



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



**ATRIBUTOS EDÁFICOS E ECOFISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE MOGNO
BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA, PA.**

MANOEL TAVARES DE PAULA

BELÉM

2008



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



**ATRIBUTOS EDÁFICOS E ECOFISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE MOGNO
BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO
MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA, PA.**

MANOEL TAVARES DE PAULA

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia (UFRA) e à Embrapa Amazônia Oriental,
para obtenção do Título de Doutor em Ciências
Agrárias - Área de Concentração Agroecossistemas
Sustentáveis da Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho

BELÉM

2008

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação
da Biblioteca da UFRA

De Paula, Manoel Tavares

Atributos edáficos e ecofisiológicos em plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*, King) em sistemas agroflorestais no município de Santa Bárbara, PA. / Manoel Tavares de Paula. - Belém, 2008.

111f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

1 Sistemas agroflorestais - Amazônia 3. Mogno 4. Solos 5. Ecofisiologia 6. Silvicultura I. Título.

CDD – 634.99081



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



**ATRIBUTOS EDÁFICOS E ECOFISIOLÓGICOS EM PLANTAS DE MOGNO
BRASILEIRO (*Swietenia macrophylla*, King) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO
MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA, PA.**

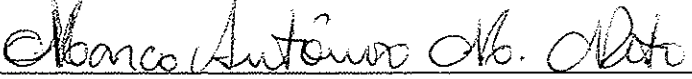
MANOEL TAVARES DE PAULA

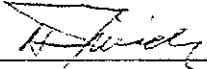
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia (UFRA) e à Embrapa Amazônia Oriental,
para obtenção do Título de Doutor em Ciências
Agrárias - Área de Concentração Agroecossistemas
Sustentáveis da Amazônia.

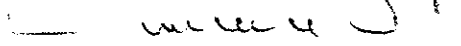
Aprovada em 11 de setembro de 2008

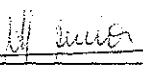
BANCA EXAMINADORA


Benedito Gomes dos Santos Filho, Doutor - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia


Marco Antônio Menezes Neto, Doutor - 1º Examinador
Universidade Federal do Pará


Heráclito Eugênio Oliveira da Conceição, Doutor - 2º Examinadora
Embrapa Amazônia Oriental


Francisco de Assis Oliveira, Doutor - 3º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia


Mário Lopes da Silva Júnior, Doutor - 4º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso pelas bênçãos recebidas e por ter iluminado meu caminho durante esta difícil caminhada.

Ao Prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho, meu orientador no Mestrado e agora no Doutorado, agradeço o apoio, dedicação e excelente orientação em todas as etapas deste trabalho;

Ao professor Dr. Orlando Shigueo Ohashi pelo apoio excelente co-orientação, principalmente nos trabalhos de campo;

Ao professor Dr. Hugo Alves Pinheiro, pela valiosa co-orientação;

À Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, minha Universidade querida, onde realizei minha formação de graduação, pós-graduação e tive a oportunidade de ser Professor de Botânica, agradeço pelas facilidades concedidas;

À Universidade do Estado do Pará - UEPA, onde atualmente sou Professor do Curso de Tecnologia Agroindustrial, pela oportunidade de frequentar o curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela bolsa de estudo;

Ao "Projeto de Conservação e Educação Ambiental na Amazônia Oriental" – PROJETO GUNMA, por ter permitido que este trabalho fosse desenvolvido na sua área no município de Santa Bárbara (PA).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, através de sua unidade descentralizada, Embrapa Amazônia Oriental - EAD, por possibilitar a realização das análises e de solos e de levantamento climatológico nos seus laboratórios;

A minha amiga e Secretária do Curso Shirley Costa pela dedicação, carinho e compreensão;

Ao Prof. Raimundo Parente de Oliveira pela análise estatística do trabalho, pela amizade e pelo repasse de experiências;

Aos Professores Yvens Ely e Cândido Neto pela valiosa colaboração durante os levantamentos biofísicos e análises bioquímicas;

Aos colegas de pós-graduação, Paulo Bitencourt, Raimundo Conde, Eliana Abreu, Meirevalda Redig, Kátia Sena, Gleicilene Brasil, Leila Maria, Luciana Cristina e Joel Correa pelo companheirismo e amizade;

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

DEDICATÓRIA

A Deus,
e aos meus pais José (in memorian) e Hilda

AGRADEÇO

A minha esposa Denize, aos meus queridos filhos
Karina Manoela e Leonam Gabriel, meus irmãos,
Marinete, Milton (in memorian), José Mauricio (in
memorian), Mauro, Mário, Miguel, Marco José,
Marilda e Mônica de Nazaré.

DEDICO.

RESUMO

DE PAULA, Manoel Tavares. Atributos edáficos e ecofisiológicos em plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*, King) em sistemas agroflorestais no município de Santa Bárbara, PA.

O objetivo do trabalho foi de avaliar o desenvolvimento do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), sob arranjo de sistemas agroflorestais (SAFs), formado com outras meliáceas e cultivos agrícolas, através da dinâmica dos atributos químicos do solo, de parâmetros ecofisiológicos (bioquímicos, biofísicos e químicos) e de crescimento das plantas de mogno e sua interação com o meio ambiente, em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso), no município de Santa Bárbara, PA. Os Sistemas Agroflorestais foram implantados no ano de 2004, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições. Cada bloco constituiu-se dos seguintes tratamentos: SAF1 = mogno brasileiro x mogno africano x feijão caupi; SAF2 = mogno brasileiro x feijão caupi; SAF3 = mogno brasileiro x cedro australiano x feijão caupi e SAF4 = mogno brasileiro x cupuaçu x feijão caupi. As avaliações dos atributos químicos do solo, de parâmetros ecofisiológicos (biofísicos, bioquímicos e químicos) foram realizadas em 2007 em dois períodos de amostragem: seco e chuvoso. As avaliações de crescimento (altura e diâmetro) foram realizadas de dezembro de 2004 a dezembro de 2007. Os atributos químicos do solo não diferiram entre os SAFs, independente da profundidade e do período. A camada superficial do solo dos SAFs apresentou melhor fertilidade no período chuvoso em comparação ao seco. O solo dos SAFs mostrou melhor fertilidade em comparação como o solo da floresta secundária, após 4 anos de implantação dos sistema. Durante as medições biofísicas diárias no horário das 07:00 às 17:00 h foi verificado maiores valores médios da transpiração (E), condutância estomática (g_s), condutividade hidráulica (K_L) e menor potencial hídrico no xilema (Ψ_x) da folha no período seco, em comparação ao chuvoso, bem como, maiores valores médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura da folha (T_{fol}), temperatura do ar (T_{ar}), Déficit de Pressão de Vapor d'água entre a folha e atmosfera (DPV_{FA}) e menores teores de umidade (UR). Entretanto, no horário das 13:00 h, observou-se menores valores da transpiração (E), condutância estomática (g_s) e potencial hídrico no xilema (Ψ_x), no período seco em comparação ao chuvoso. Para a condutividade hidráulica (K_L) não foi observada diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso no horário das 13:00 h. O período seco induziu maiores valores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, prolina, aminoácidos solúveis totais (AST) e menores teores de amido e proteínas solúveis totais (PST) em comparação ao período chuvoso, ou seja, as plantas de mogno desenvolvem estratégias de defesa ao déficit hídrico para sobrevivência no período seco. O conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) das folhas de mogno não foi afetado pelos Sistemas agroflorestais. As folhas de mogno apresentam conteúdos adequados de N, Ca, Mg e valores de P e K abaixo dos níveis recomendados para espécies florestais. O período chuvoso apresentou maiores concentrações de N, P, K e menores teores de Ca e Mg nas folhas, em comparação com o período seco. Em 2005, os incrementos médios mensais em altura e diâmetro não diferiram entre os períodos. Já em 2006, o período chuvoso apresentou maior incremento médio mensal em diâmetro e altura. Em 2007 ocorreu maior incremento médio mensal de crescimento em altura e diâmetro no período seco em comparação ao chuvoso.

Palavras-chave: Sistemas agroflorestais - Amazônia, mogno, solos, ecofisiologia, silvicultura.

ABSTRACT

DE PAULA, Manoel Tavares. Ecophysiological and soil attributes in plants of Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in agroforestry systems in Santa Barbara, PA.

The objective of the work was to evaluate the development of Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla* King), under arrangement of agroforestry systems (SAFs), formed with other Meliaceae and crops through the dynamics of soil chemical properties of ecophysiological parameters (biochemical, biophysical and chemical) and plant growth of mahogany and its interaction with the environment in two sampling periods (dry and wet), in Santa Barbara, PA. The agroforestry systems were established in 2004, using a randomized block design with four treatments and five replications. Each block is made up of the following treatments: SAF1 = Brazilian mahogany x African mahogany x caupi bean; SAF2 = Brazilian mahogany x caupi bean; SAF3 = Brazilian mahogany x Australian cedro x caupi bean; SAF4 = Brazilian mahogany x cupuaçu x caupi bean. Assessments of soil chemical properties of ecophysiological parameters (biophysical, biochemical and chemical) were held in 2007 at two sampling periods: dry and rainy. Evaluations of growth (height and diameter) were made from December 2004 to December 2007. The soil chemical properties did not differ between the SAFs, regardless of depth and period. The topsoil of the SAFs showed better fertility during the rainy season compared to dry. The soil fertility of the SAFs was better compared to the secondary forest soil after 4 years of implantation of the system. For biophysical measurements, the daily schedule from 07:00 to 17:00 was found higher average values of transpiration (E), stomatal conductance (g_s), hydraulic conductance (K_L) and lower water potential in the xylem (Ψ_x) of the sheet dry period, compared to the rainy season, as well as higher average values of photosynthetic active radiation (PAR), leaf temperature (T_{leaf}), air temperature (T_{air}), Vapor Pressure Deficit of water between the leaf and atmosphere (DPV_{FA}) and lower levels of humidity (RH). However, the of 13:00 hour, we observed lower values of transpiration (E), stomatal conductance (g_s) and xylem water potential (Ψ_x) during the dry season compared to rainy. For the hydraulic conductance (K_L) was not significantly different between the dry and wet periods in the schedule of 13:00 h. The dry period induced greater amounts of total soluble carbohydrates (TSC), sucrose, proline, total soluble amino acids (AST) and lower content of starch and total soluble protein (TSP) compared to the rainy season, mahogany plants develop defense strategies for survival to drought in dry periods. The content of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) from the leaves of mahogany was unaffected by Agroforestry. The leaves of mahogany display appropriate content, Ca, Mg and K and P values below recommended levels for forest species. The rainy season had higher concentrations of N, P, K and lower Ca and Mg in leaves, compared to the dry period. In 2005, the average monthly increment in height and diameter did not differ between periods. In 2006, the rainy season had a higher average monthly increment in diameter and height. Greatest increase occurred in 2007 average monthly growth in height and diameter in the dry season compared to rain.

Keywords: Agroforestry – Amazon, mahogany, soils, ecophysiology, forestry

SUMÁRIO

p.

RESUMO

ABSTRACT

LISTAS DE TABELAS

LISTAS DE FIGURAS

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO GERAL	2
1.1.1	Objetivos Específicos	2
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	SISTEMAS AGROFLORESTAIS	3
2.1.1	Classificação dos Sistemas agroflorestais	4
2.1.1.1	Bases estruturais	4
2.1.1.2	Funcional	4
2.1.1.3	Ecologica	4
2.1.1.4	Socioeconômica	4
2.1.2	Visão Geral dos Sistemas Agroflorestais nos Trópicos	5
2.1.3	Sistemas agroflorestais do tipo Taungya	5
2.2	COMPONENTES ARBÓREOS, PERENES E CULTIVOS AGRÍCOLAS.	6
2.2.1	Família Meliaceae Juss	6
2.2.1.1	O mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King, 1948)	6
2.2.1.2	Mogno-Africano (<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.)	7
2.2.1.3	Cedro Australiano (<i>Toona ciliata</i> var. <i>australis</i> M. Roem, 1846)	8
2.2.1.4	Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> Schum)	9
2.2.1.5	Feijão Caupi ou Feijão da colônia (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walper)	9
2.3	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DA PLANTA	11
2.3.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	11
2.3.2	Matéria Orgânica (MO)	12
2.3.3	Fósforo disponível (P)	13
2.3.4	Potássio (K)	14
2.3.5	Cálcio (Ca)	15
2.3.6	Magnésio (Mg)	15

2.3.7	Alumínio (Al)	16
2.3.8	Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	16
2.4	PARÂMETROS BIOFÍSICOS E BIOQUÍMICOS	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	28
3.3	AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS	29
3.3.1	Avaliações biofísicas	29
3.3.2	Avaliações bioquímicas	30
3.3.2.1	Determinações das concentrações de carboidratos solúveis totais (CST) em folhas	30
3.3.2.2	Determinação das concentrações de sacarose em folhas	31
3.3.2.3	Determinações das concentrações de amido em folhas	31
3.3.2.4	Determinações das concentrações de aminoácidos solúveis totais em folhas	32
3.3.2.5	Determinações das concentrações de prolina em folhas	33
3.3.2.6	Determinação das concentrações de proteínas solúveis totais (PST) em folhas	33
3.3.3	Avaliações químicas (macronutrientes)	34
3.4	AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO	34
3.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	36
4.1.1	pH em água	36
4.1.2	Matéria Orgânica (MO)	39
4.1.3	Fósforo disponível (P)	41
4.1.4	Potássio (K)	43
4.1.5	Cálcio (Ca)	45
4.1.6	Magnésio (Mg)	47
4.1.7	Alumínio (Al)	49
4.1.8	Hidrogênio + Alumínio (H+Al)	51
4.1.9	Soma de Bases	53
4.1.10	Capacidade de Troca de Cátions (CTC)	55
4.1.11	Porcentagem de Saturação por Bases (V%)	57
4.1.12	Porcentagem de Saturação por Alumínio (m%)	59

4.2	AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE MOGNO NOS SAFs	61
4.2.1	Avaliações biofísicas	61
4.2.2	Avaliações bioquímicas	69
4.2.3	Análises Químicas (Macronutrientes	72
4.3	AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS DE MOGNO NOS SAFs. ...	74
5	CONCLUSÕES	78
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	80
	APÊNDICE	90

LISTA DE TABELAS

p.

Tabela 1	Transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) nos sistemas agroflorestais (SAFs), não considerando o período. Santa Bárbara-PA, 2007 .	64
Tabela 2	Transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), referente à interação das horas do dia com os períodos de observação em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) nos SAFs. Santa Bárbara-PA, 2007.	64
Tabela 3	Comparação de média geral da transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), entre os períodos, independente dos tratamentos (SAFs) em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) nos SAFs. Santa Bárbara-PA, 2007.	67
Tabela 4	Teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácidos solúvel total (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) em folhas de plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os SAFs, independente do período. Santa Bárbara-PA, 2007.	70
Tabela 5	Teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácidos solúvel total (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) em folhas de plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os SAFs, em dois períodos de observação (seco e chuvoso). Santa Bárbara-PA, 2007.	70
Tabela 6	Interação entre os teores de sacarose entre os tratamentos em dois períodos (seco e chuvoso) em folhas de plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara-PA, 2007.	72
Tabela 7	Médias dos teores foliares de macronutrientes em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os tratamentos (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4), Santa Bárbara-PA, 2007.	73
Tabela 8	Médias dos teores foliares de macronutrientes em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os períodos em sistemas agroflorestais, Santa Bárbara-PA, 2007.	73
Tabela 9	Médias de altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os tratamentos (SAFs) de 12/2004 a 12/2007 em Santa Bárbara-PA, 2007.	74
Tabela 10	Médias de altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) em sistemas agroflorestais, entre os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007 em Santa Bárbara-PA, 2007.	75
Tabela 11	Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) entre os tratamentos (SAFs) nos anos de 2005, 2006 e 2007 em Santa Bárbara-PA, 2007 .	75

Tabela 12	Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro do caule (cm) de plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), entre os anos de 2005, 2006 e 2007 em sistemas agroflorestais em Santa Bárbara-PA, 2007 .	76
Tabela 13	Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro (cm) para os anos de 2005, 2006 e 2007 plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King), em dois períodos (seco e chuvoso) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara-PA, 2007 .	76
Tabela 14	Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro (cm) para plantas de mogno (<i>Swietenia macrophylla</i> King) da interação dos anos com os períodos (seco e chuvoso) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara- PA, 2007	77

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 Parque Ecológico de Gunma, município de Santa Bárbara-PA, 2007.....	24
Figura 2 Médias mensais de precipitação (A), temperatura (B), umidade (C), brilho solar (D) e evaporação (E) no município de Santa Bárbara-PA, 2007. Fonte: Embrapa Amazônia oriental.	25
Figura 3 Arranjo espacial da distribuição dos Sistemas Agroflorestais na área de estudo em Santa Bárbara-PA, 2007.	27
Figura 4 Médias dos valores de pH, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	38
Figura 5 Médias dos valores de MO, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (D). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	40
Figura 6 Médias dos teores de P, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Profundidades (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Profundidades pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	42
Figura 7 Médias dos teores de K, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (D). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	44
Figura 8 Médias dos valores de Ca, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	46
Figura 9 Médias dos valores de Mg, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	48
Figura 10 Médias das concentrações de alumínio, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	50
Figura 11 Médias das concentrações de H+Al, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.	52

- Figura 12 Médias dos valores de SB, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 54
- Figura 13 Médias das concentrações de CTC, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 56
- Figura 14 Médias dos valores V%, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey 5% de probabilidade. 58
- Figura 15 Médias dos valores m%, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 60

1. INTRODUÇÃO

Em consequência das pressões mundiais com relação à exploração predatória dos recursos naturais, a preocupação com as questões ambientais passou a fazer parte das políticas de desenvolvimento adotadas, principalmente, nos países mais avançados, e que culminou na realização da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972. Durante a Conferência Mundial sobre Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro em 1992, foi assegurada a proteção dos ecossistemas das florestas tropicais, como uma tarefa mundial.

Neste contexto o Governo Brasileiro vem implementando diversas ações legais, fiscalizadoras, de investimentos e de conscientização visando conter os danos ao meio ambiente em todas as regiões do país, com destaque principalmente, para a região Amazônica que possui cerca de dois terços das florestas nativas do Brasil e aproximadamente 15% da superfície florestal do planeta. Entretanto, apesar de todos os esforços do Governo para proteger a floresta tropical densa da região Amazônica, os desmatamentos ainda persistem causando problemas ambientais, sociais e econômicos para a região.

O Estado do Pará é o segundo maior estado brasileiro com uma superfície de 1,248,042 Km², representa 16,66% do território brasileiro e 26% da Amazônia, possuindo aproximadamente 1,140,000 Km² de florestas, porém desse total mais de 12% (aproximadamente 140,000 Km²) encontram-se em estado de degradação. Os processos de degradação ambiental na região são causados, principalmente pelas atividades madeireiras, crescimento demográfico, expansão das plantações comerciais, atividades pecuárias, mineração e agricultura itinerante (FEARNSIDE, 1992).

Nas últimas décadas, em decorrência da exploração desordenada dos recursos florestais pelas atividades agropecuárias, diversas espécies da nossa flora já desapareceram e outras já entraram na lista das espécies ameaçadas de extinção no Pará, como é o caso do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), o que levou o Governo Brasileiro a emitir o Decreto Nº 4.722 de 05/06/2003, que proíbe a exploração do mogno até 2008 (BRASIL, 2003). O mogno é uma espécie de grande interesse econômico, devido sua excelente aceitação pelos mercados regional, interestadual e internacional, pois sua madeira é de alta qualidade para a indústria, sendo utilizado no mundo todo para a confecção de mobiliários de luxo (LORENZI, 2002).

Na atualidade um dos itens fundamentais da política ambiental do Estado do Pará reside no estímulo as ações de reflorestamento com objetivo de recuperar as extensas áreas de mata secundárias não produtivas para diminuir a pressão sobre a floresta remanescente e ao mesmo tempo melhorar as condições sociais e econômicas das comunidades envolvidas na atividade madeireira.

Entretanto, ainda hoje pouco se conhece sobre a tecnologia de plantio de espécies florestais nativas da região, envolvendo dinâmica das propriedades físicas e químicas dos solos, bem como as suas respostas fisiológicas sob diferentes condições de regimes pluviométricos em condições de campo, tampouco os fatores que governam tais mecanismos. Além disso, são necessários estudos sobre o desenvolvimento sustentado dessas espécies que viabilize novos sistemas de produção que possibilitem sua exploração em longo prazo, mas que ao mesmo tempo produza renda com o plantio de novas culturas, como por exemplo em Sistemas Agroflorestais (SAFs).

Os Sistemas agroflorestais (SAFs) são modelos antigos de exploração de espécies florestais com cultivos agrícolas ou animais que vem sendo testado pelos pesquisadores como uma forma de uso da terra na região, pois são considerados alternativas apropriadas para os trópicos úmidos por apresentarem estrutura semelhante à floresta primária, que concilia a produção de alimentos, a manutenção da capacidade produtiva dos solos, aliado a presença de grande biodiversidade (SMITH et al., 1996 e YOUNG, 1989).

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar os atributos edáficos e ecofisiológicos em plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*, King) em sistemas agroflorestais (SAFs) no município de Santa Bárbara-PA.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar a dinâmica dos atributos químicos do solo dos SAFs formado com mogno, meliáceas e cultivos agrícolas, em comparação com o solo em condições de vegetação secundária;
- Realizar avaliações ecofisiológicas em plantas de mogno nos SAFs, através de análises, biofísicas, bioquímicas e químicas (macronutrientes);
- Avaliar o crescimento das plantas de mogno nos SAFs, através de medições biométricas de diâmetro e altura;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os sistemas agroflorestais são formas de uso e manejo dos recursos naturais nas quais espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras, bambus, etc.) são utilizadas em associação deliberada com cultivos agrícolas ou com animais, em uma mesma área ou numa sequência temporal para múltiplos produtos e serviços (MONTAGNINI et al., 1992; NAIR, 1993).

Para Brienza Júnior (1982), a demanda crescente de madeiras nobres, aproveitamento de terras abandonadas em decorrência de agricultura nômade, necessidade de produção de alimentos para região e aproveitamento de áreas decorrentes de pastagens degradadas são aspectos importantes a serem considerados para adoção de sistemas agroflorestais na Amazônia.

De acordo com Alvim (1991) de todas as opções para se tentar conter a ação do desmatamento, os sistemas agroflorestais têm sido indicados para ocupar as áreas alteradas, em uma tentativa de reproduzir a floresta. Além disso, para Falesi; Baena (2002) e Nair (1993) as estruturas desses agroecossistemas oferecem condições de controlar a erosão, melhorar a estrutura do solo, fazendo retornar a fauna e, sobretudo, dar ao produtor o retorno financeiro capaz de melhorar a qualidade de vida de sua família.

Segundo Jardim; Ribeiro; Rosa (2004), além do cultivo de fruteiras nativas, a produção de madeiras nobres também surge como cenário sócio-econômico alternativo à realidade da exploração madeireira, agrícola e pecuária vigente na Amazônia. Porém, o elevado custo de produção da madeira cultivada e a relativa demora para gerar retorno financeiro tornam essa atividade inviável ao pequeno produtor amazônida, geralmente descapitalizado e desorganizado na imensidão da região. Daí surge a necessidade de, em áreas degradadas, se buscar a associação do cultivo dessas essências florestais com culturas anuais, fruteiras regionais e criação de pequenos animais em sistemas agroflorestais (SAFs), para que sejam viabilizados modelos de exploração agrícola sustentável, que se contribuam para a manutenção da grande biodiversidade amazônica e, através do crescimento econômico, tornem possível a fixação do homem a terra.

2.1.1 Classificação dos Sistemas Agroflorestais

De acordo com Nair (1993), os sistemas agroflorestais podem ser classificados segundo os seguintes critérios:

2.1.1.1 Bases estruturais:

Refere-se a composição dos componentes, incluindo arranjo espacial dos componentes arbóreos, estratificação vertical de todos os componentes, e arranjo temporal dos diferentes componentes. Quanto à composição dos componentes os sistemas agroflorestais são classificados em agrossilvicultura, caracterizado pela combinação de espécies cultivadas (incluindo arbustos) com árvores; silvipastoris, nesse tipo as árvores são plantas em pastagens, juntamente com animais; agrossilvipastoris, combinação de cultivos agrícolas, pastagens com animais e árvores e outros sistemas que envolvem a combinação de árvores com apicultura e criação de peixe.

Baseado no arranjo dos componentes no sistema que em combinação de várias espécies envolve as dimensões de espaço e tempo. O arranjo espacial de plantas em sistemas agroflorestais varia de misturas densas (como em jardim caseiro) ou abertos como em muitos sistemas silvipastoris. O arranjo temporal de plantas em sistemas agroflorestais tem sido descrito como coincidente, concomitante, sobreposto, separado e interpolado.

2.1.1.2 Funcional

Refere-se a maior função ou papel do sistema, usualmente fornecido pelo componente arbóreo, que poderá ser de produção serviços ou proteção da natureza, como por exemplo, quebra vento, abrigo de animais e de conservação do solo.

2.1.1.3 Ecológica

Refere-se à condição ambiental e adequação dos sistemas ecológicos, baseada na suposição de que certos tipos de sistemas podem ser mais apropriados para determinadas condições ecológicas, ou seja, pode haver diferentes conjuntos de sistemas agroflorestais em terras áridas e semi-áridas, montanhas tropicais, planície tropicais úmidas, etc.

2.1.1.4 Socioeconômica

Refere-se à escala de produção e ao nível tecnológico e de manejo do sistema. Os sistemas agroflorestais podem atender a diferentes escalas de produção, atingindo níveis

comercial, intermediário e de subsistência, e utilizar diferentes níveis tecnológicos e de manejo como alto, médio e baixo.

2.1.2. Visão Geral dos Sistemas Agroflorestais nos Trópicos

De acordo com Nair (1993), os principais tipos sistemas agroflorestais distribuídos nos trópicos, são: sistema agrossilvicultural (melhoria de pousio, sistema taungya, jardins de árvores, alley cropping, multiuso de árvores e arbustos em terras, plantio de combinação de culturas, agrofloresta para produção de lenha e quebra ventos, cerca de conservação do solo) sistema silvipastoril (produção de forragem, banco de proteínas, cercas vivas de forragens, árvores e arbustos sobre pastagens) sistema agrossilvipastoril (cobertura das árvores como cobertura morta, adubação verde, conservação do solo e quintal envolvendo um largo número de plantas herbáceas e madeiras e/ou animais) e outros sistemas (pesca agroflorestal ou aquaforest, várias formas de agricultura itinerante e apicultura com árvores).

2.1.3 Sistemas agroflorestais do tipo Taungya

É um tipo de sistema agrossilvicultural que consiste na associação de plantas arbóreas florestais com o cultivo de plantas anuais. Segundo Dubois; Viana; Anderson (1996), o sistema agroflorestal Taungya foi desenvolvido por engenheiros florestais ingleses há mais de noventa anos, sendo utilizado em grande escala na Índia, Indonésia, Nigéria e outros países africanos. Possui sinônimos como: Consorciação florestal; Cultura agroflorestal tropical; em francês, "Plantation sur culture ou méthode sylvo-agricole"; em inglês, "Agri-silviculture, Agri-silvicultural plantation e for-agri-for". Tem a finalidade de diminuir os custos do estabelecimento de florestas plantadas e destinadas a produção de madeira.

Nos sistemas do tipo Taungya os cultivos alimentícios são produzidos durante as primeiras fases de desenvolvimento das árvores florestais, geralmente nos primeiros 2 a 3 anos. O principal objetivo do SAF Taungya é a produção de madeira, não de alimento. No Brasil esse sistema foi introduzido após a implantação de incentivos fiscais decretados pelo Governo Federal, para fomentar o reflorestamento em grande escala tornando o Brasil um dos maiores exportadores de celulose e papel. Está sendo utilizado quase que exclusivamente para baratear a formação de florestas de eucaliptos (KRISHNAMURTHY; ÁVILA, 1999).

Alguns estudos com esse tipo de sistema agroflorestal já foram desenvolvidos, em Manaus, como o de Canto; Brienza Júnior; Correa (1981) que estudaram um sistema envolvendo, guaraná, feijó e caupi nas entre linhas das duas espécies. Outro ensaio foi com feijó (4 x 3 m) em linhas triplas distanciadas 14 m uma da outra e caupi em toda a área. No

sistema com as três culturas o caupi ocupou área de 36,4 % e rendimento de 373 kg/ha, enquanto que somente com feijó a área ocupada foi de 72,7 % com rendimento de 805 kg/ha. O feijó aos 196 dias de plantio com guaraná e caupi atingiu a altura de 0,58 m e plantado somente com caupi atingiu 0,49 m.

Trabalho realizado por Falesi; Baena (1999) em que avaliaram um SAF no município de Igarapé-Açu, PA, envolvendo mogno africano (*Khaya. Ivorensis*) e plantas anuais nas entrelinhas, como o milho, feijão e macaxeira, concluiu que é perfeitamente possível o estabelecimento desse sistema, porque essa prática reduziu os custos de implantação do SAF.

2.2. COMPONENTES ARBÓREOS, PERENES E CULTIVOS AGRÍCOLAS.

2.2.1 Família Meliaceae Juss

Compreende cerca de 51 gêneros, que abrangem aproximadamente 1.400 espécies pantropicais em grande parte, sendo poucas as subtropicais e de regiões temperadas. A família é dividida em quatro subfamílias, cada uma delas dividida em diversas tribos. Na flora do Brasil estão representadas espécies das subfamílias *Melioideae* e *Swietenioideae* – a primeira subordinando os gêneros *Trichilia*, *Cabralea* e *Guarea*, e a segunda, *Cedrela*, *Swietenia* e *Carapa* (BARROSO, 1991).

2.2.1.1 O mogno (*Swietenia macrophylla* King, 1948)

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) pertence à família Meliaceae (BARROSO, 1991). Segundo Loureiro; Silva; Alencar, (1979) o mogno é uma espécie do tropico americano com larga distribuição, desde a península de Yucatan no México, até a Colômbia, Venezuela, Peru e extremo ocidental da Amazônia brasileira, ocorrendo em manchas dispersas ao longo dos estados do Acre, Sudoeste do Amazonas, Rondônia, Norte do Mato Grosso e Sul do Pará (PATINO, 1996).

Ocorre com abundância nas terras úmidas, algumas vezes pantanosas, sendo, porém freqüente nas ribanceiras e ladeiras bem drenadas, que recebem alta precipitação. É uma árvore de grande porte, atingindo até 30 m de altura, com 0,5-0,80 m de diâmetro do caule, podendo chegar a 50m com 2m de diâmetro do caule. A madeira do mogno é moderadamente pesada (0,55 a 0,70 g/cm³), altamente resistente ao ataque de fungos e insetos, fácil de trabalhar recebendo acabamento esmerado, devido a sua superfície lisa e brilhante

Segundo Silva, et al. (2005) o plantio do mogno a céu aberto deve ser realizado com espécies de rápido crescimento, como *Anadenanthera macrocarpa* Benth (angico), *Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong (orelha-de-negro), *Inga cilíndrica* (Vell.) Mart. (Ingá), *Triplaris gardneriana* Wedd. (pajéu), *Astronium fraxinifolium* Schott (gonçalo-alves) e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr (garapa), a fim de protegê-lo do possível ataque da broca (*Hypsipyla grandella*).

De acordo com Whitmore (1983), o mogno encontra-se geralmente em florestas classificadas como tropical seca. Nessas áreas, a temperatura anual média é de 24 °C, com precipitação anual entre 1.000mm-2.000mm e índice anual de chuva para evapotranspiração 1,0-20. O mogno também é encontrado em florestas úmidas e zonas subtropicais.

Estudos realizados no sul do Pará indicam maior presença de mogno nas margens dos igarapés sazonais. Esse fato tem sido atribuído a dois fatores: primeiro, a um aumento na frequência de distúrbio associado com a oscilação hídrica provocada pela existência de uma estação seca e chuvosa distintas; segundo, à boa taxa de crescimento das mudas de mogno nas áreas baixas, devido aos solos ricos em nutrientes presentes nessas áreas, se comparados aos solos empobrecidos existentes nas partes altas do terreno (GROGAN, 2001).

De acordo com Lorenzi (2002) a madeira do mogno é indicada para mobiliários de luxo, objetos de adornos, painéis, lambris, régua de cálculo, esquadrias, folhas taqueadas decorativas e laminado, contraplacados especiais, acabamentos internos, em construção civil como guarnições, venezianas, rodapés, molduras, assoalhos, etc. Segundo Grogan; Barreto; Veríssimo (2002) o mogno (*S. macrophylla*) é uma das espécies de maior valor madeireiro do mundo – em 2001, um metro cúbico de mogno serrado de qualidade superior foi vendido por cerca de US\$1.200 (preço FOB).

2.2.1.2 Mogno-Africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)

O mogno-africano (*K. ivorensis*) é originário da costa ocidental africana, constituindo extensas florestas na Guiné Congolesa. É natural da Costa do Marfim, Gana, Togo, Benim, Nigéria e Sul de Camarões. Ocorre desde 0 a 450 metros de altitude, normalmente em vales úmidos, suportando inclusive inundações durante o período das chuvas (FALESI; BAENA, 1999).

É planta heliófita, sendo tolerante à sombra durante a fase jovem. No ambiente natural, frutifica duas vezes no ano, mas na região de Belém-PA, constatou-se a florada

somente uma vez. É uma árvore de porte elevado, caducifólia nos climas áridos, atingindo alturas de 40m a 50m e DAP de até 200 cm. As árvores do gênero *Khaya* são conhecidas comercialmente por diferentes nomes: Acajou D'Afrique, na França e Bélgica; na Inglaterra e Estados Unidos como African mahogany; na Alemanha denomina-se *Khaya mahagoni*; na Holanda como Afrikaans mahoganie e mogno-africano pelos Portugueses (FALESI; BAENA, 1999 e LAMPRECHT, 1990).

O mogno-africano tem uso comercial extraordinário, devido às características tecnológicas e a beleza da madeira. É usada em movelaria, fraqueado, construção naval e em sofisticadas construções interior. Essa madeira é de elevada durabilidade, fácil de trabalhar e secar. O alburno tem coloração marrom-amarelada e o cerne marrom-avermelhada. É uma árvore de grande importância para região amazônica, não somente pelo seu valor econômico ser dos mais elevados no comércio internacional, mas também ao se considerar o aspecto ambiental, devido ao crescimento relativamente rápido, promovendo a recuperação de áreas alteradas (FALESI; BAENA, 1999).

A *Khaya ivorensis* encontra boas condições ambientais para o cultivo no município de Igarapé-Açu e, sem dúvida, no resto da região do nordeste paraense. No período chuvoso, às árvores têm crescimento maior do que no período de estiagem. Nos dois primeiros anos de estabelecimento dos sistemas é viável o uso do solo, nas entrelinhas das *Khayas*, com cultivos anuais de milho, feijão, macaxeira, etc, pois esta prática reduz o custo de implantação do Sistema Agroflorestal (FALESI; BAENA, 1999).

2.2.1.3 Cedro Australiano (*Toona ciliata* var. *australis* M. Roem, 1846)

A espécie *Toona ciliata* var. *australis* pertence à família meliaceae, é originária da África e da Ásia. São árvores que atingem altura de até 50m, com aproximadamente 1,5m de DAP. De modo geral, é árvore decídua, monopodial com folhas alternas, pendentes compostas, paripenadas, de 30 a 50 cm de comprimento, com seis a doze pares de folíolos, com frequência sete, às vezes as folhagens chegam a 1m de comprimento (BARROSO, 1991). Este gênero é nativo das regiões asiáticas, com uma espécie ocorrendo nos trópicos australianos, adaptou-se bem ao Brasil, onde encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, principalmente no sul da Bahia e em toda região Sudeste.

É uma árvore de crescimento rápido, muito produtiva, chegando a atingir oito metros de altura e quinze centímetros de diâmetro com três anos de idade, proporcionando assim, um

bom retorno financeiro em um curto espaço de tempo, quando comparado aos cedros nativos e a outras essenciais florestais, inclusive o mogno. É excelente para serraria e indústria moveleira (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003).

Estudos realizados por Tsukamoto Filho et al. (2002) com tona e cafeeiro, em sistema agroflorestal, concluíram que este arranjo é economicamente viável, ressaltando que este fato se deve principalmente à introdução do produto madeira no sistema.

2.2.1.4 Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex.Spreng) K. Schum

Vegetal de porte arbóreo perene, o cupuaçu pertence à família Esterculiaceae, com distribuição tropical ou subtropical e raramente em regiões temperadas. São plantas frutíferas que apresentam folhas simples inteiras, alternas. As flores são andróginas, actinomorfas, pentâmeras, dispostas em inflorescências axilares. O ovário é supero pentacarpelar e pluriovulado. O fruto é uma cápsula loculicida e as sementes possuem endosperma (BARROSO, 1991).

O cupuaçuzeiro é encontrado desenvolvendo-se esporadicamente nas matas do sul e nordeste da Amazônia Oriental, nordeste do Maranhão e atualmente disseminado por toda a bacia amazônica brasileira e a dos países vizinhos.

Seu fruto é o maior entre os do gênero, sendo considerado um dos melhores da flora regional, cuja demanda é cada vez mais crescente, devido ao sabor agradável da polpa e sua rentabilidade como cultura perene. Alguns consideram o cupuaçu como um cacau, uma vez que suas sementes, após a secagem, possibilitam o preparo de um tipo de chocolate claro, considerado por muitos, como mais fino que obtidos das sementes de cacau. No Estado do Pará a passagem da exploração do cupuaçuzeiro do extrativismo para o plantio racional, gerando considerável aumento das áreas de monocultivo tem propiciado o aumento da incidência de doenças a cultura, como, por exemplo, a vassoura-de-bruxa, doença de origem fúngica responsável por prejuízos aos ciclos vegetativos e produtivos do cupuaçuzeiro (CALZAVARA, 1987).

2.2.1.5 Feijão-caupi ou Feijão da colônia (*Vigna unguiculata* [L.] Walper)

O Feijão-caupi ou Feijão da colônia, cientificamente chamado *Vigna unguiculata* [L.] Walper, pertence à família Fabaceae (subf. Papilionoideae). Trata-se de uma planta herbácea de pequeno porte, constituída de ramos finos mais ou menos volúveis. Suas folhas

são de tamanho médio compostas de três pecíolos (trifoliada). O seu fruto é uma vagem tenra, com baixo teor de fibras, de coloração verde-clara e formato ereto.

Originário da África, o feijão caupi foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses. Atualmente, seu cultivo se concentra nas regiões Nordeste e Norte, onde constitui em um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população de baixa renda (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

Segundo Andrade Júnior; Rodrigues (2002), o feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) e não conter colesterol. Apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, tem a habilidade para fixar nitrogênio do ar.

O feijão-caupi é uma leguminosa eminentemente tropical, vegetando bem em climas localizados entre as latitudes 20 N° e 20 S°, e temperatura média anual em torno de 20 a 30°C (ARAÚJO et al., 1984). Seu cultivo depende, sobremaneira, do regime pluviométrico e regularidade na distribuição de chuva, principalmente nas fases mais críticas da floração e de enchimento de vagens (MAFRA, 1979). Pode ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque para os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos Amarelos, Argissolo e Neossolos (MELO; ITALIANO; CARDOSO, 1988).

Segundo Freire Filho; Lima; Ribeiro (2005), no estado do Pará, o feijão-caupi se destaca como uma importante fonte de emprego e renda na região do Nordeste Paraense e foi introduzido há mais de 50 anos por imigrantes nordestinos. O estado do Pará destaca-se como o quarto produtor nacional de feijão-caupi. Com relação à produção obtida, a região nordeste do Brasil atinge uma produtividade que varia de 300 a 450 kg/ha, o estado do Pará de 500 a 800 Kg/ha e a microrregião Bragantina de 900 a 1200 kg/ha, destacando-se os municípios de Augusto Corrêa, Bragança, Capanema e Traquateua, com as maiores áreas plantadas, representando mais de 60% do total plantado na microrregião.

FERREIRA (2004), estudando os atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal-PA observou que as raízes do feijão-caupi atingiram até 60 cm de profundidade mas, a maior quantidade (77%) foi encontrada entre 0 e

30 cm, lateralmente verificou que o sistema radicular é bem distribuído, não havendo diferença entre as quantidades encontradas próximo às plantas com as encontradas aos 35 cm distante.

2.3 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DA PLANTA

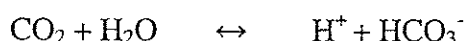
2.3.1 Pontencial hidrogeniônico (pH)

O termo pH define a acidez ou a alcalinidade de uma substância. A escala de pH cobre uma amplitude de 0 a 14, um valor de pH igual a 7,0 é neutro. Valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima de 7,0 são básicos. O pH da maioria dos solos produtivos varia entre os valores de 4,0 e 9,0. O pH do solo simplesmente mede a atividade do íon hidrogênio e é expresso em termos de logaritmo (INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO, 1998). O pH ideal para a maioria das culturas está em torno de 6,0, onde ocorre maior disponibilidade de todos os nutrientes (FAGERIA; ZIMMERMANN, 1998). Segundo Malavolta (1980), a maioria dos solos cultivados apresentam pH que vai de 4,0 a 8,0, sendo que no Brasil como um todo o pH médio está em torno de 5,5. De acordo com Falesi; Baena; Dutra (1980) e Vieira; Santos, (1987) o índice de pH da maioria dos solos da Amazônia, normalmente está situado na faixa que varia entre 4,0 e 5,5.

O pH do solo é influenciado por vários fatores, incluindo: material de origem, precipitação, decomposição da matéria orgânica, vegetação nativa, tipo de cultura, profundidade do solo, adubação nitrogenada e inundação. Os solos formados de rochas ou material de origem básica geralmente possuem valores de pH mais altos do que aqueles formados de rochas ácidas. A água da chuva, passando pelo solo, lixívia os nutrientes básicos, como o cálcio e o magnésio que são substituídos por elementos acidificantes como o hidrogênio, o manganês e o alumínio. Assim os solos formados sob condições de alta pluviosidade são mais ácidos do que aqueles formados sob condições áridas. A acidez geralmente aumenta com a profundidade do solo, exceto em áreas de baixa pluviosidade. O pH é um regulador da fertilidade do solo por manter estreita relação com a disponibilidade de cátions, saturação por bases, saturação por alumínio e a capacidade de troca de cátions (PAVAN; MIYAZAWA, 1996).

A concentração de íons hidrogênio (pH) é uma propriedade importante dos solos porque afeta o crescimento das raízes e os microorganismos do solo. O crescimento radicular é normalmente favorecido em solos levemente ácidos, a valores de pH entre 5,5 e 6,5. Os

fungos normalmente predominam em solos ácidos; as bactérias tornam-se mais abundantes em solos alcalinos. A acidez promove a intemperização de rochas que libera K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Mn^{2+} e aumenta a solubilidade de carbonatos, sulfatos e fosfatos. O aumento da solubilidade dos nutrientes facilita a disponibilidade dos mesmos para as plantas. Os principais fatores que reduzem o pH do solo são a decomposição da matéria orgânica e a quantidade de chuva. O dióxido de carbono é produzido como resultado da decomposição da matéria orgânica e equilibra-se com a água do solo segundo a seguinte reação:



Esta reação libera íons hidrogênio (H^+), reduzindo o pH do solo. A decomposição microbiana do material orgânico também produz amônia e sulfeto de hidrogênio, que pode ser oxidado no solo, formando os ácidos fortes, ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), respectivamente. Os íons hidrogênio podem deslocar K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Mn^{2+} do complexo de troca de cátions do solo. A lixiviação pode, então, remover esses íons das camadas superiores do solo, deixando o solo mais ácido. Por outro lado a intemperização de rochas em regiões áridas libera K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Mn^{2+} para o solo, mas, devido à baixa pluviosidade esses íons não são lixiviados das camadas superiores do solo e este se mantém alcalino (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo Veiga; Hebette (1992), a expansão da agricultura na Amazônia é bastante discutida tanto pela dificuldade de sustentabilidade como em função da preocupação mundial com o desmatamento da floresta tropical úmida, considerada importante na conservação dos solos, pois de acordo com Ferraz (1992), os desmatamentos diminuem drasticamente a capacidade de produção dos solos, o que resulta em notável redução da biodiversidade, podendo alterar também o clima local. Além disso, segundo Fernandes; Serrão (1992), aproximadamente 75% da bacia Amazônica possui solos ácidos e não férteis classificados como Oxisols e Ultisols, caracterizados por baixa reserva de nutrientes, alta toxidez de alumínio e baixa disponibilidade de fósforo.

2.3.2 Matéria orgânica (MO)

A matéria orgânica é o resultado de transformações por resto de microorganismos, de animais e principalmente plantas (MALAVOLTA, 1980). Segundo o Instituto da Potassa & Fosfato (1998), os níveis adequados de matéria orgânica são benéficos ao solo de várias formas: (1) melhoram as condições físicas; (2) aumentam a infiltração de água; (3) melhoram

o solo para o preparo; (4) diminuem as perdas por erosão; (5) fornecem nutrientes para as plantas; (6) aumenta a CTC. A maioria dos benefícios ocorre em função dos produtos liberados à medida que os resíduos orgânicos são decompostos no solo. A matéria orgânica do solo está continuamente sendo decomposta pelos microorganismos em ácidos orgânicos, dióxido de carbono (CO_2) e água, formando ácido carbônico. O ácido carbônico, por sua vez, reage com os carbonatos de cálcio e magnésio no solo para formar bicarbonatos solúveis que são lixiviados, deixando o solo mais ácido.

Segundo Muzilli (1983) e Sindiras; Pavan (1986), a alteração do teor de matéria orgânica, tanto em quantidade como em qualidade, tem implicações graduais nas alterações de pH, na toxidez de alumínio, na dinâmica de nitrogênio, do fósforo e de outros nutrientes.

De acordo com Nair (1993) os sistemas agroflorestais promovem a manutenção ou aumento da matéria orgânica pela deposição no solo pela deposição de biomassa, como restos de folhas, galhos, flores, frutos e raízes.

De acordo com Falesi (1972), os solos sob mata tropical apresentam baixos teores de nutrientes, em função da ciclagem condicionada pela rápida decomposição da matéria orgânica, fazendo com que os nutrientes se encontrem na biomassa e não no solo, constituindo um mecanismo de conservação de nutrientes, para manter a exuberância da vegetação florestal. De acordo com Cantarella; Abreu; Berton (1992) a matéria orgânica diminui o efeito de elementos tóxicos como alumínio e contribui para o desenvolvimento de microorganismos.

2.3.3 Fósforo disponível (P)

Segundo Malavolta (1980), nas regiões tropicais e subtropicais, como acontece no Brasil, o fósforo é o elemento cuja falta no solo mais frequentemente limita a produção, particularmente das culturas anuais: em 90% das análises de terra feita no País encontram-se teores baixos de P “disponível”, isto é menores do que 10 ppm (10 mg/dm^3). No cerrado é freqüente encontrar-se apenas 1 ppm ou 1 mg/dm^3 . O ácido ortofosfórico, H_3PO_4 , dá por dissociação três espécies iônicas, dependendo do pH do meio: H_2PO_4^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ e $\text{H}_2\text{PO}_4^{3-}$. Na faixa de pH que vai de 4 a 8, predomina H_2PO_4^- .

O fósforo (como fosfato, PO_4^{3-}) é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídeos que compõem as membranas vegetais. É também componente de

nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA. Sintomas característicos da deficiência de fósforo incluem crescimento reduzido em plantas jovens e uma coloração verde escura das folhas, as quais podem encontrar-se mal formadas e conter pequenas manchas de tecido morto, chamadas manchas necróticas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Nos solos altamente intemperizados dos trópicos (Ultissolos e Oxissolos), o alumínio e o ferro presentes nas partículas de argila são muito estáveis a valores de pH tão baixos quanto 5,0. Quando o pH do solo atinge valores menores que 5,3, o Al^{+3} e Fe são liberados para a solução do solo, e eles reagem rapidamente com o fosfato para formar compostos insolúveis que precipitam, contribuindo para o processo total da fixação do fósforo.

Baixos teores de fósforo (3 mg/dm^3), na camada de 0-20 cm, foram observados por KATO, et al. (1999) estudando o solo de uma floresta secundária na região Amazônica. Cardoso; Martins; Veiga (1992) e Silva; Silva Jr; Melo (2006) mostraram que há acúmulo de P na camada superficial dos solos cultivados devido à pouca mobilidade e à baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio.

2.3.4 Potássio (K)

O potássio é absorvido pelas raízes em forma iônica, K^+ , sendo o processo especialmente ativo e servindo a solução do solo como fonte de nutrientes. Considerando-se que 45 ppm ($0,115 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de K^+ no solo indiquem um conteúdo baixo para as plantas, as análises de terra feitas em diferentes regiões do País mostraram as seguintes porcentagens de valores aquém desse limite: Amazônia 40 ($0,102 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Nordeste – 30 ($0,076 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Centro – 40 ($0,102 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$); Sul – 10 ($0,025 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Uma das funções do potássio na planta é a sua influência na abertura e fechamentos dos estômatos, pois a abertura dos estômatos é um efeito altamente específico do K^+ junto com a luz; faltando K^+ os estômatos não se abrem regularmente, há menos entrada de gás carbônico e, portanto, menor intensidade fotossintética (MALAVOLTA, 1980).

O potássio, presente nas plantas com cátion K^+ , desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais. Ele também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese. O primeiro sintoma visível da deficiência de potássio é clorose em manchas ou marginal, que, então, evolui para necrose, principalmente

nos ápices foliares, nas margens e entre as nervuras. Em muitas monocotiledôneas, essas lesões necróticas podem formar-se inicialmente nos ápices foliares e margens, então, estender-se em direção à base (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.3.5 Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{+2} , sendo a absorção diminuída por altas concentrações de K^+ e de Mg^{+2} no meio como também por muito N-NH_4^+ . Como os teores de Ca^{+2} nos solos ácidos das regiões tropicais são em geral baixos, onde a saturação por Al é maior, poderá haver falta de cálcio para as culturas mais exigentes (MALAVOLTA, 1980).

Os íons cálcio (Ca^{2+}) são utilizados na síntese de novas paredes celulares, em particular a lamela média, que separa células em divisão. O cálcio também é utilizado no fuso mitótico durante a divisão celular. Ele é requerido para o funcionamento normal das membranas vegetais e foi-lhe atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas das plantas, tanto sinais ambientais quanto hormonais. Sintomas característicos da deficiência de cálcio incluem a necrose de regiões meristemáticas jovens, como os ápices radiculares ou folhas jovens, nas quais a divisão celular e a formação de paredes são mais rápidas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.3.6 Magnésio (Mg)

A absorção do magnésio pelas plantas se faz na forma de Mg^{+2} . De acordo com Malavolta (1980), nos solo brasileiros o Mg^{+2} trocável varia entre os limites de 0,2 (arenitos geralmente) e 1,5 mg/100 g (terra roxa estruturada). Segundo Ferreira (2004), várias tabelas de recomendação de adubação e calagem para vários estados brasileiros, consideram os teores de Mg entre 0,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo e 0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo como médios e acima de 0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de solo como alto.

Em células vegetais, os íons magnésio (Mg^{2+}) têm um papel específico na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA. O magnésio também é parte da estrutura em anel da molécula de clorofila. Um sintoma característico da deficiência de magnésio é a clorose entre as nervuras foliares, ocorrendo primeiro nas folhas mais velhas por causa da mobilidade de tal elemento. Um sintoma adicional da deficiência de magnésio pode ser a abscisão foliar prematura (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.3.7 Alumínio (Al)

O Al é um dos elementos mais comuns na crosta terrestre, ocorrendo em minerais silicatos primários e secundários (como as argilas), em compostos amorfos e criptocristalinos, além de se apresentar também na matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980).

De acordo com o INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO (1998), o alumínio é um constituinte das partículas de argila do solo e sua toxicidade é teoricamente possível na maioria dos solos onde o pH diminui para níveis suficientemente baixos, que provocam decomposição nas estruturas minerais da argila (geralmente pH abaixo de 5,5, mas particularmente abaixo de 5,0). Quando esse ponto é alcançado, parte do alumínio, formalmente constituinte das partículas de argila, migra para a fração trocável ou para a solução do solo. Valores de alumínio superiores a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são considerados nocivos para a maioria das culturas OSAKI, (1991) e RAIJ et al., (1996).

Segundo MAZZOCATO, et al. (2002) maioria dos solos destinados à produção agrícola no Brasil apresenta problemas de acidez e toxidez por alumínio (Al^{3+}), com teores que atingem freqüentemente níveis tóxicos para as plantas (SILVA; NOVAIS; SEDIYAMA, 1984). Sua toxicidade é, em geral, o fator limitante no aumento da produtividade das culturas em solos ácidos, e seu efeito manifesta-se pela limitação no desenvolvimento do sistema radicular, bem como por sua interferência na absorção, transporte e utilização de nutrientes. Para KUMAR; DUSHENKOV; MOTTO (1995) e WAGATSUMA; ISHIKAWA; OBATA (1995) a absorção e o acúmulo de alumínio em diferentes partes da planta afetam células e suas organelas em nível morfológico, citogenético e fisiológico, prejudicando seu desenvolvimento, principalmente da parte radicular.

Correa; Consoli; Centurion (2001) observaram aumento nos valores de Al com aumento da profundidade, estudando as propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico sob cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Senna (2006) verificou maiores concentrações de Al, (H+Al) no período chuvoso em comparação ao seco em sistema agroflorestal em Marituba (PA).

2.3.8 Capacidade de troca de cátions (CTC)

De acordo com Kiehl (1979) a capacidade de troca de catiônica (CTC) é definida como sendo a soma total de catiônicos que um solo pode adsorver, sendo expressa em equivalentes miligramas (e.mg) ou milequivalente (m.e. ou m.eq.) por 100 gramas de material

seco em estufa (e.mg/100 g ou m.e./ 100 g ou me/100 g). Segundo Malavolta (1980) a capacidade de troca catiônica (CTC) pode, pois ser definida como a capacidade que os colóides do solo possuem para reter cátions, sendo diretamente dependente da quantidade de cargas negativas presente.

Segundo o Instituto da Potassa & Fosfato (1998) a CTC depende da quantidade e do tipo de argila e de matéria orgânica presentes, pois um solo com alto teor de argila pode reter mais cátions trocáveis do que um solo com baixo teor de argila, além disso, a CTC aumenta com o aumento no teor de matéria orgânica.

O grau com que um solo pode adsorver ou trocar íons é denominado capacidade de troca de cátions (CTC) e é altamente dependente do tipo de solo. Um solo com grande capacidade de troca de cátions geralmente tem uma maior reserva de nutrientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.4 PARÂMETROS BIOFÍSICOS E BIOQUÍMICOS

Segundo Taiz; Zeiger (2004) a água é o constituinte mais abundante nos tecidos vegetais vivos, podendo chegar a 95% em espécies como a alface. Desempenha diversas funções nos tecidos vegetais, dentre eles, a sua conhecida atuação como solvente, constituindo, dessa forma, o meio para o movimento das moléculas no simplasto e apoplasto. Além disso, influencia a estrutura molecular e as propriedades de proteínas, membranas, ácidos nucleicos e outros constituintes celulares. Em outra importante função, a água constitui o ambiente em que ocorre a maioria das reações químicas na célula, participando de várias reações essenciais. Por meio da solução aquosa, os minerais são transportados até a superfície radicular. Devido seu alto calor específico, a água em células assegura que as flutuações de temperatura sejam lentas nas plantas.

Segundo Passioura (1997), a seca é considerada uma circunstância na qual as plantas sofrem redução do seu crescimento ou produtividade, devido à insuficiência do suprimento de água, ou a um grande déficit de umidade do ar, mesmo com o suprimento de água adequado do solo.

O estresse hídrico que é comumente atribuído à seca se desenvolve quando a perda de água excede a absorção em intensidade, suficiente para causar dentre outros, o decréscimo no conteúdo de água da planta, a redução do turgor e, conseqüentemente o decréscimo na expansão celular e alterações de vários processos fisiológicos essenciais, podendo modificar

também a morfologia, a anatomia e os componentes bioquímicos da mesma. Esse estresse pode ser causado pela rápida transpiração ou lenta absorção de água, ou ainda pela combinação de ambos em época quente ou seca (SANTOS, 1996). O estresse pode ser definido em sentido geral como uma pressão excessiva de algum fator adverso que apresenta a tendência de inibir o normal funcionamento dos sistemas (NIUX, et al., 1995).

Os processos fisiológicos e metabólicos das plantas são influenciados pela disponibilidade hídrica do solo, afetando fortemente o crescimento e a produtividade das espécies. A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura dos estômatos, com isso havendo comprometimento no acúmulo de fotoassimilados, o que implica redução da produtividade (MORAIS, 2003). O conhecimento de como as plantas utilizam a água do solo e de como respondem aos níveis de armazenamento a partir do balanço hídrico, pode ser uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo, visando o melhor uso possível das reservas de água do solo pelas culturas (SILVA, et al., 2003).

Segundo Taiz; Zeiger (2004), por ser a cutícula quase impermeável à água, a maior parte da transpiração foliar resulta da difusão do vapor de água através do poro estomático. Os poros estomáticos microscópicos proporcionam uma rota de baixa resistência para o movimento e difusão de gases por meio da epiderme e da cutícula. Ou seja, os poros estomáticos reduzem à resistência a difusão de água pelas folhas. As mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação na perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono necessária à fixação continuada de CO_2 durante a fotossíntese.

Segundo Larcher (2000), a causa inicial para uma redução temporária no grau de abertura estomática pode ser uma redução na intensidade luminosa, o ar seco (especialmente quando associado ao vento), o déficit hídrico, as temperaturas extremas e os gases tóxicos, além disso, salienta que a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar.

A água é um dos fatores importantes no desenvolvimento e estabelecimento das plantas, no qual o efeito do estresse hídrico sobre o vegetal é muito variado e depende principalmente da intensidade a que a planta está submetida. Há de se levar em consideração o fato de que a baixa disponibilidade de água no solo é considerada umas das principais condições de estresse do ambiente, por ser responsável por várias alterações fisiológicas

capazes de influenciar de maneira significativa sobre o crescimento e a sobrevivência das espécies vegetais (SANTOS; SANTOS, 1996).

De acordo com Nogueira (1997), o déficit hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, visto que o estresse geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese. Muitos desses efeitos refletem mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente. Uma das primeiras reações das plantas às condições de déficit hídrico é o fechamento dos estômatos (PASIN, et al. 1991). Segundo Barlow (1983) o fechamento estomático, provocado pela diminuição da disponibilidade de água no solo, provoca diminuição da taxa de transpiração da planta. Sendo esse um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra perdas exageradas de água e eventual morte por dessecação.

As plantas ao absorverem CO₂, inevitavelmente perdem água através das folhas. Tal perda de água ocorre principalmente através dos estômatos, os quais apresentam mecanismos para controlar o grau de abertura de seus poros. O déficit de água é relativo, isto é, o potencial da água na folha que induz o fechamento estomático em uma determinada espécie pode ter apenas pequeno efeito em outra. O controle estomático da condutância foliar é um mecanismo importante, através do qual as plantas limitam suas perdas de água, sendo freqüentemente utilizado como indicador de déficit hídrico (Mc DERMIT, 1989).

A transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente, principalmente a temperatura e o déficit de saturação do ar (INOUE, 1988). Segundo Larcher (2000), as perdas de água pela maioria das espécies vegetais são determinadas principalmente por: demanda climática, que é a resultante das relações entre radiação, déficit de saturação de vapor da atmosfera, temperatura e velocidade do vento; mecanismos fisiológicos relacionados com a resposta estomática a fatores ambientais; estrutura da copa, particularmente pelo índice de área foliar e disponibilidade de água no solo.

Inoue (1989), estudando a transpiração em clones jovens de *Populus nigra* e *P. trichocarpa* em relação a radiação solar, verificou que a taxa de transpiração dos clones foi influenciada pela intensidade de radiação, pois a transpiração aumentou lentamente com a elevação da radiação solar ao longo da faixa sob estudo. De uma maneira geral, a perda de água através da transpiração está relacionada com a fotossíntese, pois ambos os processos utilizam o mesmo caminho de difusão desde o mesófilo da folha até o ambiente, através do

estômato. Assim, conforme se eleva a transpiração também aumenta a fotossíntese (INOUE, 1998).

À medida que a disponibilidade de água no solo diminui, a taxa de transpiração decresce como resultado do fechamento dos estômatos. Esse é um dos importantes mecanismos de defesa que as plantas apresentam contra perdas exageradas de água, e eventual morte por dessecação. Uma das principais respostas das plantas ao déficit hídrico é o fechamento dos estômatos e com isto, a diminuição do CO_2 para o mesófilo foliar, o que causa a queda da fotossíntese. Isto possibilita que avaliações fisiológicas, como as medidas de trocas gasosas, possam ser utilizadas para avaliar os efeitos da deficiência hídrica em plantas (GLENN; SCORZA; BASSETT, 2000).

A condutância estomática pode ser entendida como um poderoso mecanismo fisiológico que as plantas vasculares possuem para o controle da transpiração. Segundo Turner (1986), as interações entre a água e os fatores bioquímicos da própria planta, com os edafoclimáticos que regem o fluxo e a demanda hídrica, são importantes na abertura e no fechamento dos estômatos, sendo determinadas pelo turgor das células-guarda e das células epidérmicas, considerando que as formas de defesa das plantas contra a desidratação são o controle da transpiração e o desenvolvimento de mecanismos de ajuste osmótico.

Porto (1989), estudando a condutância foliar em cultivares de mandioca, em relação à difusão de vapor de água (Cf), verificou que todas as cultivares reduziram a Cf em função da diminuição da umidade relativa do ar, sugerindo uma associação negativa entre este parâmetro climático e o Cf. Tatagiba, et al. (2007), estudando o efeito da época seca e chuvosa no comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* no estado do Espírito Santo, verificaram que os maiores valores da condutância estomática, transpiração e do potencial hídrico foliar foram encontrados na época chuvosa, em virtude do excedente hídrico no solo, enquanto que na época seca, a deficiência hídrica promoveu redução dessas variáveis fisiológicas.

Quando o ambiente apresentar déficit hídrico, as plantas podem utilizar mecanismos de tolerância como o ajuste osmótico, para que a célula absorva água e mantenha o potencial de pressão em níveis adequados. Com o déficit hídrico, os solutos da célula ficam concentrados, tornando mais negativo o seu potencial osmótico (PATAKAS et al., 2002). Uma das primeiras tentativas de manter o nível hídrico no interior da planta é o fechamento dos estômatos, porém, a consequência desse evento fisiológico é a restrição das trocas gasosas

entre o interior da folha e atmosfera, causando redução na assimilação de CO₂, utilizado no processo fotossintético (LARCHER, 2000).

Segundo Salisbury; Ross (1992), em uma situação de boa disponibilidade de água, as plantas cultivadas geralmente apresentam altas taxas de transpiração. À medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para a diminuição da perda de água e economia da água disponível no solo.

Medina; Machado; Gomes (1989), estudando a condutância estomática, transpiração e fotossíntese, em laranja valência, sob déficit hídrico, verificaram que mesmo sem deficiência hídrica no solo, e em fluxo sintético de fótons saturante a condutância decaía, após as 9:00-10:00 h, quando o déficit de pressão de vapor e a temperatura aumentavam. A taxa da transpiração aumentou naqueles mesmos horários, apesar da queda da condutância, causando queda da eficiência instantânea no uso da água após as 8:00 h. Nas plantas sob deficiência hídrica, no oitavo dia após ter sido iniciado estresse, a taxa de fotossíntese era praticamente nula às 8:00h, quando o potencial de água atingiu os valores de -2,0 a -2,5 MPa.

A capacidade de acumular prolina, observada durante a falta de água, tem sido associada com a tolerância das plantas a essa condição desfavorável. Assim, Jager; Meyer (1977), estudando plantas de feijão, evidenciaram a possível importância ecológica desse fato para a planta, por ser um mecanismo de adaptação para superar períodos curtos de seca. Sendo a prolina um aminoácido altamente hidrófilo, capaz de estabilizar colóides e processos metabólicos no tecido, armazenando carbono, nitrogênio, energia, os citados autores consideraram a possibilidade de plantas com maior habilidade em acumular prolina suportarem maiores déficits hídricos. Segundo Zaifnejad; Clark; Sullivan (1997), o acúmulo de prolina não está associado somente às plantas que se desenvolvem sob condições de estresse hídrico, mas também pode ser verificado em plantas sob condições de elevada acidez do solo; assim, os mecanismos fisiológicos envolvidos nessa resposta devem ser similares.

As formas de defesa da planta contra a desidratação são o controle da transpiração e o desenvolvimento de mecanismos de ajuste osmótico (TURNER, 1986). O acúmulo intracelular de solutos osmoticamente ativos em resposta às condições de reduzida disponibilidade de água e salinidade é um importante mecanismo desenvolvido pelas plantas que toleram a seca com baixo potencial hídrico. Este mecanismo, denominado ajustamento osmótico, tem sido verificado em várias espécies e é considerado um dos mais eficazes para manutenção da turgescência celular, permitindo, principalmente, a manutenção da abertura

estomática e fotossíntese sob condições de baixo potencial hídrico no solo. Embora o ajustamento osmótico não impeça que a taxa fotossintética seja reduzida sob condições de estresse hídrico, a manutenção da turgescência permite que a fotossíntese e outras importantes atividades fisiológicas sejam mantidas, ainda que baixas (JÚNIOR, et al., 2007). O decréscimo no potencial de água das plantas pode ser mitigado por ajustamento osmótico decorrente da acumulação de solutos no citoplasma das células. Entre os solutos bioquimicamente compatíveis destaca-se a prolina, que não causa efeito negativo quando acumulado em alta concentração na célula e, além do ajustamento osmótico, pode apresentar outros efeitos protetores (BRAY et al., 2000).

Estudando a disponibilidade de água nas relações hídricas de seringueira, Cascardo; Oliveira; Alves (1993) observaram que apesar de queda do potencial hídrico foliar (Ψ_x), as plantas conseguiram manter a turgescência foliar, o que sugere um ajuste osmótico, que foi confirmado em parte pelos altos teores de açúcares e aminoácidos em plantas não irrigadas. Aumento nos teores de aminoácidos livres em plantas em déficit foi detectado por vários autores em folhas de seringueira, aveia, pinus e feijão (CASCARDO; OLIVEIRA; ALVES, 1993 e ARGANDONA; PAHLICH, 1991; FREIRE, 1990). Em seringueira, a prolina parece ser o aminoácido com maior contribuição para esse aumento (CORREA; RANZINI; FERREIRA, 1987).

Cascardo; Oliveira; Alves, 1993, observaram aumento no teor de proteínas, em folhas plantas de seringueira em déficit hídrico, pois normalmente o déficit hídrico leva a diminuição do teor de proteína, provavelmente devido a paralisação da síntese protéica, e ou a hidrólise de proteínas. Cascardo; Oliveira; Alves, 1993, observaram aumento no carboidratos solúveis totais, em folhas plantas de seringueira em déficit hídrico. De acordo com Morgan (1984), plantas sob condições de baixa disponibilidade de água ocorre diminuição no teor de amido e acúmulo de açúcares solúveis.

Quick et al. (1989) detectaram aumento na síntese de sacarose, quando da diminuição do potencial osmótico do meio, através do aumento da atividade da enzima sacarose-fosfato-sintetase (SPS) e de uma queda na síntese de amido. Eles concluíram que o aumento na síntese de sacarose é uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico e que a mesma poderia contribuir com o déficit hídrico.

Segundo Hamond; Burton (1983), a sacarose como produto da fotossíntese é a principal forma de transporte de açúcar na planta para sustentar o crescimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram realizados em plantas de mogno em Sistemas Agroflorestais (SAFs), com outras meliáceas, cultivos perenes e agrícolas no Parque Ecológico de Gunma (PEG), localizado no km 18 da rodovia Augusto Meira Filho (PA-391), sentido Belém-Mosqueiro, município de Santa Bárbara, localizado no nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas aproximadas de 01°13'00.86"S e 48°17'41.18"W (Figura 1).

O "Projeto de Conservação Florestal e Educação Ambiental na Amazônia Oriental" ou simplesmente, Projeto Gunma, teve seu início em janeiro de 2004 em parceria com a Agência de Cooperação Internacional do Japão – JICA, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM, a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Amazônia – Embrapa Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG. O Parque Ecológico de Gunma possui área total de 540 ha, sendo constituído de 400 ha de floresta primária e 140 ha de floresta secundária e com benfeitorias de experimentos agrícolas. O projeto Gunma busca como resultado a conscientização da população local para a importância da conservação florestal, visto que, o processo de desmatamento vem se tornando muito acelerado na região amazônica. Espera-se alcançar estes resultados através da implementação de atividades de educação ambiental junto às comunidades e às escolas próximas ao Parque Ecológico de GUNMA, bem como, pelo desenvolvimento e difusão da tecnologia de reflorestamento e sistemas agroflorestais aos pequenos agricultores da região, sendo o Parque Ecológico de Gunma o centro irradiador destas idéias para as outras regiões do Brasil e do Mundo.

O clima local é do tipo tropical úmido Af_i, segundo a classificação climática de Köppen, com índice pluviométrico anual de 2.500 e 3.000 mm, caracterizando-se por apresentar precipitação pluviométrica maior ou igual a 60 mm no mês mais seco do ano. A temperatura média anual é de 26,0 °C. A média anual da umidade relativa do ar é de 85% (SUDAM, 1984). As médias de precipitação, temperatura, umidade, brilho solar e evaporação, registradas no período do estudo, estão apresentadas na Figura 2.

Os solos do Parque variam muito, incluindo latossolos e concrecionários lateríticos na terra firme e solos hidromórficos aluviais, nas várzeas (RADAMBRASIL, 1974).

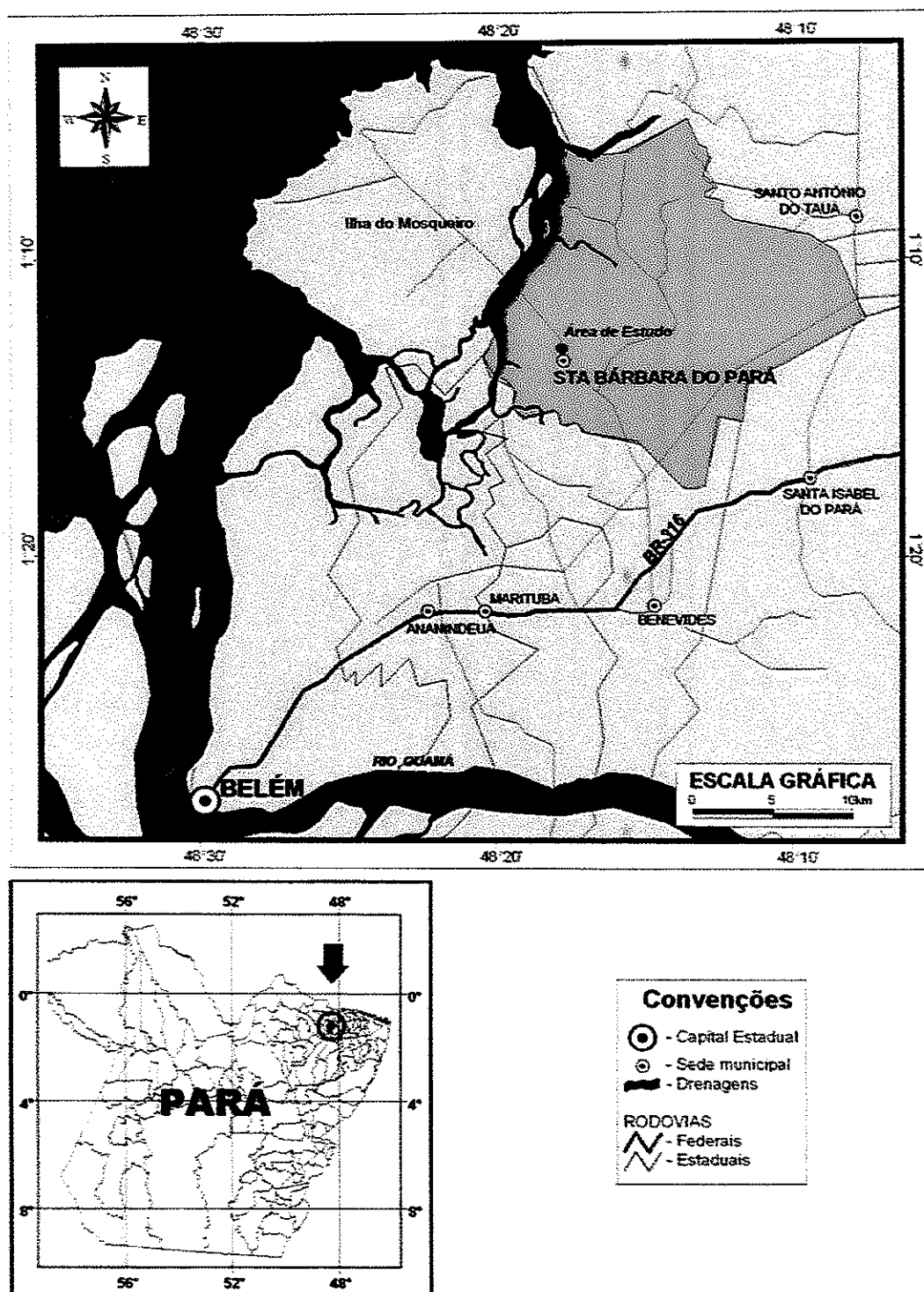


Figura 1- Parque Ecológico de Gunma, município de Santa Bárbara-PA, 2007.

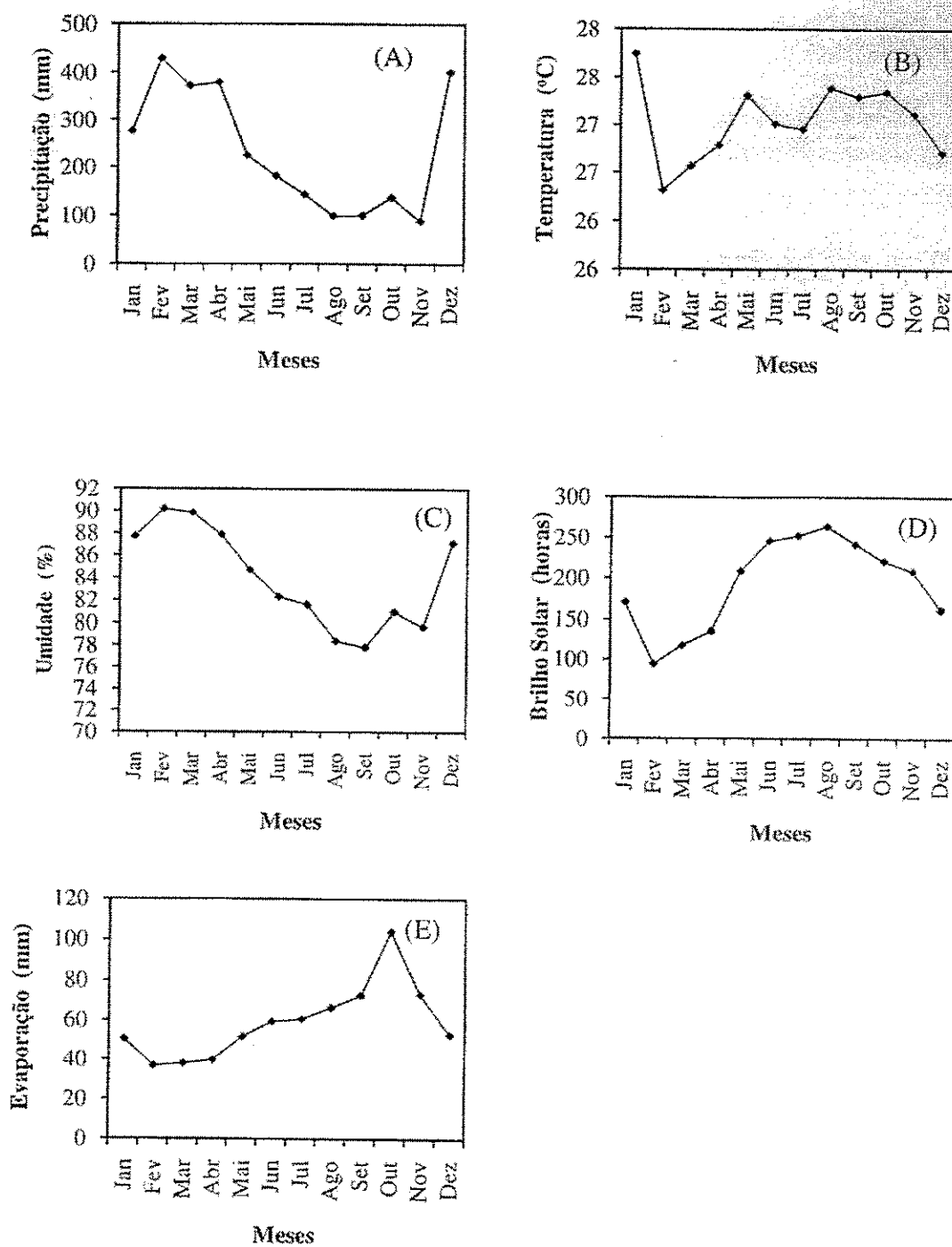


Figura 2 – Médias mensais de precipitação (A), temperatura (B), umidade (C), brilho solar (D) e evaporação (E) no município de Santa Bárbara-PA, 2007. Fonte: Embrapa Amazônia oriental.

Às plantas de mogno estudadas, com aproximadamente quatro anos de idade, encontravam-se plantadas em arranjo agroflorestais (SAFs) do tipo Taungya composto das espécies florestais de valor comercial *Swietenia macrophylla* King (mogno brasileiro), *Khaya ivorens* A Chev (mogno africano) e *Toona ciliata* var. *australis* M. Roem (cedro australiano) – que foram combinadas duplamente com *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex.Spreng) K. Schum. (cupuaçu) e com a cultura de ciclo curto *Vigna unguiculata* (L.) Wlap. (feijão caupi), tendo, esta última, sido plantada concomitantemente com as espécies florestais. Os sistemas agroflorestais foram implantados, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições. Cada bloco constitui-se dos seguintes tratamentos (SAFs): SAF1 = mogno brasileiro x mogno africano x feijão caupi; SAF2 = mogno brasileiro x feijão caupi; SAF3 = mogno brasileiro x cedro australiano x feijão caupi e SAF4 = mogno brasileiro x cupuaçu x feijão caupi (Figura 3).

Para implantação do experimento, em maio de 2004, uma área de 1,7 ha de ecossistema original de floresta secundária foi derrubada com trator de esteira, depois realizada as operações de encoivramento, aração, gradagem e abertura das covas. Antes do plantio das espécies florestais, o solo da área foi amostrado para determinação de sua fertilidade inicial. Para plantio das espécies florestais e do cupuaçu foi realizada adubação das covas na seguinte quantidade: 500g de calcário dolomítico; 150g de yorin master e 1kg de Bokashi. A adubação do feijão caupi foi realizada à lanço, utilizando-se 300 kg/ha de NPK (4x10x10) + Zn. Em junho de 2004, realizou-se o plantio das espécies florestais, com espaçamento 4m x 3m entre as plantas. Em julho de 2004, entre as linhas das espécies florestais, semeou-se o feijão caupi (manteiguinha branco) a lanço, sendo necessários 60 kg de sementes para o plantio de 1,7 hectares. O cupuaçu foi plantado em 03/2005 também em linhas duplas, com espaçamento de 4m x 3m entre as plantas. Esse arranjo resultou numa densidade de plantas, assim distribuídas: espécies florestais (1000: das quais 760 equivalem ao mogno brasileiro, 120 ao mogno africano e 120 o cedro australiano) e cupuaçu (120), conforme mostrado na Figura 3. A colheita do feijão foi realizada em 10/2004 com uma produção de 60 sacos de 60 kg de vagem seca, com rendimento aproximado de 847 kg/ha de grãos. Em 03/2005 foi realizada a 2ª adubação das espécies florestais na seguinte quantidade de adubo/planta: sulfato triplo (56g), yorin (267g), cloreto de potássio (217g em duas aplicações de 108,5g) e uréia (90g em duas aplicações de 45g).

A avaliação do plantio do mogno brasileiro nos Sistemas Agroflorestais foi realizada através da análise dos atributos químicos do solo, de parâmetros ecofisiológicos (biofísicos,

bioquímicos e químicos) e de crescimento (altura da planta e diâmetro do caule) das plantas de mogno.

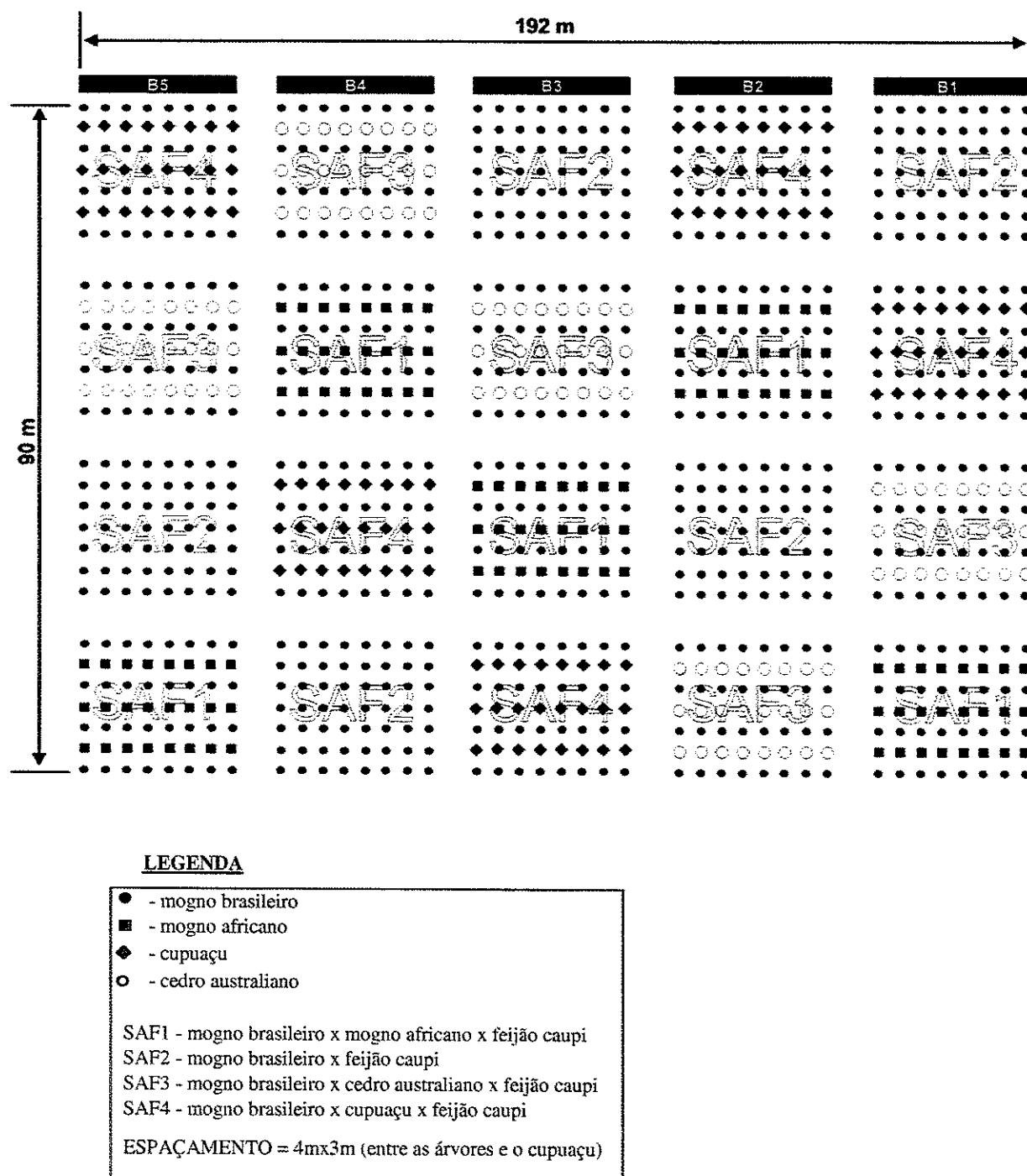


Figura 3 - Arranjo espacial da distribuição dos Sistemas Agroflorestais na área de estudo em Santa Bárbara-PA, 2007.

3.2 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Para fins da análise químicas do solo dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) e da Floresta Secundária (FS) do entorno da área de estudo foram feitas coletas de solo, com auxílio de um trado pedológico, tipo "holandês", amostras compostas a partir de 10 amostras simples, foram coletadas nas seguintes profundidades (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm) em cada um dos SAFs, e na Floresta Secundária, em dois períodos, seco (maio) e chuvoso (novembro) no ano de 2007. As análises foram realizadas no laboratório de Análises de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1997).

As análises químicas das amostras de solo foram: 1) pH em água, determinado por potenciometria, utilizando a relação solo:água 1:2,5; 2) cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o alumínio trocável, obtidos por extração em solução KCl 1 mol L⁻¹ com titulação, sendo que o cálcio e o magnésio foram determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio, por titulação com NaOH a 0,025 N; 3) sódio (Na) e potássio (K), por extração em solução de H₂SO₄ + HCl com determinação por fotometria de chama; 4) fósforo (P), por extração segundo solução extratora de Mehlich (1984), composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo:solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama; 5) matéria orgânica (MO), através da determinação do N pelo método micro-Kjedhall e ¹³C com oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio; 6) A acidez potencial (H⁺+Al³⁺) foi extraída com solução de acetato de cálcio a 1N pH 7,0, e em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N.

A partir dos resultados obtidos na análise química do solo foram calculados os valores para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem de saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

3.3 AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS

3.3.1 Avaliações biofísicas

Para avaliar o comportamento biofísico das plantas de mogno no sistema agroflorestal foram realizadas medidas da transpiração ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$), radiação fotossinteticamente ativa ($\mu\text{mol}^2\cdot\text{s}^{-1}$), umidade relativa (%), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$). As mensurações da transpiração (E), condutância estomática dos estômatos do vapor d'água (g_s), radiação fotossinteticamente ativa (RAF) foram realizadas utilizando-se um porômetro de estado estável da marca LI-COR, mod. LI1600 – C, ajustado para as condições da região. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida utilizando-se um sensor quântico LI-COR modelo QUANTUM Q22341 acoplado ao porômetro.

Para análise das medições biofísicas foi escolhida uma planta de mogno em cada um dos SAFs (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4), num total de 4 plantas por bloco e 20 plantas no total dos 5 blocos. Em cada planta foi selecionada uma folha composta totalmente desenvolvida, onde foram medidos dois folíolos maduros (F1 e F2), na porção intermediária do limbo foliar, em uma área útil de 2 cm^2 , dos quais foi retirada a média. As medições foram realizadas ao longo do dia, nos seguintes horários: 07:00 h, 09:00 h, 13:00 h, 15:00 h e 17:00 h, em dois períodos: seco (novembro) e chuvoso (maio) no ano de 2007.

O potencial hídrico foi determinado na antemanhã (Ψ_{am}), entre 4:30 e 5:30 h, e ao longo do dia (potencial hídrico do xilema, Ψ_x), nos mesmos horários das determinações de trocas gasosas, utilizando-se uma bomba de pressão do tipo Scholander (mod. PMS Instrument Co., Corvallis, USA), conforme descrito por DaMatta et al. (1993).

A partir dos dados de condutância estomática (g_s), déficit de pressão de vapor d'água (DPV_{FA}) e potencial hídrico para horário, a condutividade hidráulica (K_L) foi calculada utilizando-se a equação $K_L = (g_s \times \text{DPV}_{\text{FA}}) / (\Psi_{\text{am}} - \Psi_x)$ (HUBBARD et al., 1999; DONOVAN et al., 2000).

As médias de temperatura e umidade relativa do ar foram determinadas ao longo das medições de trocas gasosas, em intervalos de uma hora, utilizando-se um termohigrômetro (mod. 5203, Incoterm, RS, Brasil), e o déficit de pressão de vapor d'água entre folha e atmosfera (DPV_{FA}) foi estimado de acordo com Landsberg (1986), levando-se em

conta a temperatura e umidade relativa do ar e a temperatura da folha em cada horário de avaliação. As médias de todas as variáveis ambientais, inclusive aquelas determinadas durante a porometria (RAF e T_f) e estimada matematicamente (DPV_{FA}) caracterizam as condições ambientais durante o experimento.

3.3.2 Avaliações bioquímicas

Amostras para a determinação dos teores foliares de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácido solúvel total (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) foram coletadas a partir de folíolos completamente maduros. As folhas com os folíolos foram destacados das plantas no horário das 13:00 h, em dois períodos: seco (novembro) e chuvoso (maio) no ano de 2007, no mesmo dia em que foram conduzidas as medições de trocas gasosas e do potencial hídrico e imediatamente acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de ventilação forçada até a massa constante, a qual foi realizada a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) por 72 h. Após a secagem, os mesmos foram triturados a pó fino, armazenados em frascos hermeticamente fechados e colocados em um dessecador até o momento da análise.

3.3.2.1 Determinações das concentrações de carboidratos solúveis totais (CST) em folhas

O método utilizado foi o de Dubois et al. (1956), 50 mg de massa seca (MS) em pó foram pesados e colocados em tubos de ensaio de 15 mL e homogeneizados com 5 mL de água destilada e colocados em banho-maria por 30 min a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os tubos de ensaio foram retirados do banho-maria e levados para extração das amostras através da centrifugação em centrífuga de bancada (1000 rpm) durante 10 minutos, no qual os sobrenadantes coletados, retirou-se uma alíquota de 100 μL do sobrenadante (realizando o teste de diluição), junto com 400 μL de H_2O em tubos de ensaio e sob agitação vigorosa e homogeneização através do vortex. Depois foi adicionado 0,5 mL de fenol 5%, agitando novamente vortex e adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H_2SO_4 concentrado. Assim, foram agitados os tubos colocados na bancada para repouso por 20 minutos e sua leitura foi feita no espectrofotômetro a 490 nm, tendo como branco a utilização de água destilada (em substituição ao extrato) + reagentes, que foram colocados nas seguintes proporções de 0,5 mL de água destilada + 0,5 mL de fenol 5% +

2,5 mL de H_2SO_4 . Para o cálculo das concentrações de carboidratos solúveis totais utilizou-se uma curva-padrão de glicose e os resultados foram expressos em mmol de glicose/g MS.

3.3.2.2 Determinação das concentrações de sacarose em folhas

A determinação das concentrações de sacarose foram determinadas segundo o método de Van Handel (1968). 30 mg de massa seca foram homogeneizados em tubos de eppendorf de 2,0 mL, contendo 1,5 mL de solução de MWC (metanol, clorofórmio e água; 12:5:3 v/v/v), e agitado em “shacker” durante 30 minutos a temperatura ambiente. O homogeneizado foi centrifugado a 10000 rpm por 30 minutos e coletado o sobrenadante, e o resíduo foi novamente extraído com igual volume de MCW, seguindo-se uma nova centrifugação e coleta do sobrenadantes, no qual os mesmos foram reunidos para obtenção do extrato total. A cada 2,0 mL do sobrenadante adicionou-se 0,5 mL de clorofórmio e 750 μL de água deionizada, seguindo-se sob agitação e centrifugação (2000 rpm) durante 10 minutos para a separação da fase aquosa. Após esse processo foi retirada com uma pipeta de Pasteur a fração aquosa metanólica (superior), a partir daí os tubos com a fração aquosa metanólica foram levados ao banho-maria e aquecidos a 35 °C por um período de 30 minutos a 45 minutos para evaporação do clorofórmio residual então foi determinado o volume restante.

A quantificação das amostras foi realizada tomando-se alíquotas de 100 μL da fase aquosa adequadamente diluída adicionando-se 100 μL de KOH 30%. Após vigorosa agitação a mistura foi aquecida a 100 °C por 10 minutos e, após resfriamento, foi adicionado imediatamente, 3,0 mL de solução de antrona 0,2%, em ácido sulfúrico e a mistura ficou sob agitação e aquecida a 40°C por 20 minutos. Após resfriamento, agitaram-se as amostras por 10 segundos e foram realizadas as leituras em espectrofotômetro a 620 nm. Para os cálculos, uma curva padrão de sacarose foi preparada e os resultados foram expressos em mg de sacarose/g MS.

3.3.2.3 Determinações das concentrações de amido em folhas

O método utilizado foi segundo Dubois et al. (1956). Foi feita uma extração etanólica (50 mg do pó da matéria seca / 5,0 mL de etanol 80%, 30 min a 80 °C) e depois foi feita uma nova extração, sendo que agora com 5,0 mL de HClO_4 a 30% por 30 minutos a 25 °C. A primeira e a segunda extração foram levadas para centrifugar (2000 rpm) por 10

minutos e coletados os sobrenadantes. Os sobrenadantes de cada extração foram unidos e aferidos ao volume de 10 mL com água destilada para obtenção do extrato total. Nos tubos de ensaio foram colocados 100 μ L do sobrenadante + 400 μ L de H₂O destilada e agitando-se em vortex, adicionando-se 0,5 mL de fenol 5% e agitando no vortex, logo depois foi adicionado uniformemente e de uma única vez no centro do tubo (com pipeta graduada) 2,5 mL de H₂SO₄ concentrado e novamente agitado os tubos em vortex e levado após 20 minutos de repouso ao espectrofotômetro a 490 nm. Para o cálculo das concentrações de amido utilizou-se uma curva-padrão de glicose e os resultados mmol de glicose/g de resíduo.

3.3.2.4 Determinações das concentrações de aminoácidos solúveis totais (AST) em folhas

Foi utilizado o método descrito segundo Peoples et al. (1989), 100 mg de massa seca (MS) em pó foram pesados e colocados em tubo de ensaio com rolha de borracha. Foram acondicionados 5 mL de água destilada e a suspensão foi colocada para ferver em banho-maria por 30 minutos. Em seguida, os tubos foram deixados à temperatura ambiente por alguns minutos e, posteriormente, centrifugados em centrífuga de mesa, a 3000 rpm por 10 minutos. Após, o sobrenadante foi coletado em tubo de ensaio e o resíduo ressuspendido com outros 5 mL de água destilada, repetindo-se o procedimento da extração anterior. Em seguida os extratos foram coletados em tubo de ensaio graduado e o volume completado com água destilada até atingir 10 mL.

A reação foi preparada em tubo de ensaio, com rolha, adicionando-se 0,1 mL de extrato + 0,4 mL de água destilada + 1 mL de tampão citrato 0,2 M pH 5,0 + 1 mL do reagente de ninhidrina (10 mL de KCN 0,01 M + 590 mL de metil cellosolve 100% + 5 g de ninhidrina). A mistura foi homogeneizada através de agitação de tubos de ensaio foram removidos do banho-maria e a reação foi interrompida em banho de gelo e acrescentado 1,5 mL de etanol 50% (v/v). Depois de atingida a temperatura ambiente, as leituras foram feitas em espectrofotômetro a 570 nm, usando-se água destilada (em substituição ao extrato) + reagente como branco. As concentrações de aminoácidos solúveis totais foram determinadas a partir da curva-padrão, através de uma mistura-padrão de L-asparagina + L-glutamina (Sigma) e os resultados expressos em μ mol de AA / g MS.

3.3.2.5 Determinações das concentrações de prolina em folhas

Foi utilizado o método descrito por Bates; Waldren; Teare (1973), 50g de massa (MS) em pó foram pesados e, em seguida, levados para tubos de ensaio de 15 mL e adicionados 5 mL de água destilada e colocados para tubos de ensaio de 15 mL de água destilada e colocados em banho-maria por durante 30 minutos a 100 °C. Após a extração, as amostras foram centrifugadas durante 20 minutos em centrífuga de bancada (1000 rpm), logo após o processo de centrifugação, foi retirado os 1 mL do sobrenadante coletado de cada amostra e transferido imediatamente para tubos de ensaios, no qual foram adicionados + 1,0 mL de ninhidrina ácida + 1,0 mL de ácido acético glacial (99,5%), os tubos de ensaios foram hermeticamente fechados, agitados em vortex e colocados novamente em banho-maria a 100 °C por 1 hora. Após 1 hora, a reação foi interrompida com banho gelo e adicionando 2,0 mL de tolueno e agitado vigorosamente em vórtex por 20 segundos (o tolueno extraiu a substância cromófora formando um complexo colorido = róseo para vermelho). Assim que foi atingida a temperatura ambiente, foi feito processo de aspiração com o auxílio de uma pipeta de Pasteur de plástico a fase não-aquosa (cromóforo + tolueno = Parte superior). A leitura foi feita em espectrofotômetro a 520 nm usando tolueno como branco. As concentrações de prolina foram determinadas a partir da curva-padrão com L-prolina p.a (Sigma) e os resultados foram expressos em μmol prolina/g MS.

3.3.2.6 Determinação das concentrações de proteínas solúveis totais (PST) em folhas

As concentrações de proteínas solúveis totais foram determinadas segundo o método de Bradford (1976). Em tubo de ensaio de 15 mL foram adicionados 100 mg de pó da matéria seca liofilizada em 5,0 mL do tampão de extração (Tris-HCl 25 mM pH 7,6). Em seguida, os tubos foram agitados durante 2 horas no shaker com os tubos devidamente lacrados. Após a extração, os tubos foram centrifugados em centrífuga de bancada (2000 rpm) por 10 minutos, em seguida os sobrenadante foram coletados para dosagem das proteínas solúveis. Nos tubos de ensaio foram adicionados 100 μL da amostra ou ponto de diluição (no caso da curva padrão) + 2,5 mL do reagente de Bradford. Após este processo os tubos manualmente foram agitados delicadamente (para não desnaturar as proteínas). Com 15 minutos de repouso as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 595 nm, contra o branco que encerra 100 μL de água + 2,5 mL do reagente de Bradford. As

concentrações de proteínas solúveis totais foram estimadas a partir da curva padrão construída com soro albumina bovina p.a (Sigma). Os resultados foram expressos em mg proteínas /g MS.

O reativo de Bradford é preparado adicionando-se 105,26 mg de Comassie Blue G (SIGMA 95%) + 50,0 mL de Álcool Etílico em um Becker (coberto com papel alumínio) e deixar sob agitação com barra magnética durante um mínimo de 15 minutos e no máximo por 1 hora. Após, transferir para um balão volumétrico (coberto com papel alumínio) de 1000 mL com água destilada. Realizar duas filtrações com papel de filtro. Adicionar em frasco escuro coberto com papel alumínio.

3.3.4. Avaliações químicas (macronutrientes)

As determinações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) foram realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental conforme metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). Os resultados foram expressos em grama por quilograma (g/kg). Para determinação de macronutrientes foram tomados folíolos de folhas fisiologicamente ativas de plantas mogno no horário das 13:00 h no mesmo dia em que foram conduzidas as medições de trocas gasosas e realizada a coleta para às análises bioquímicas, em dois períodos: seco (novembro) e chuvoso (maio) no ano de 2007.

3.4 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO

As avaliações dendrométricas de altura da planta e diâmetro do caule à altura do peito (DAP) das plantas de mogno foram efetuadas de junho de 2004 a dezembro de 2007. Para medições da altura utilizou-se uma vara métrica. Já o diâmetro foi mensurado com utilização de paquímetro a 1,3 m a partir do solo.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo que os dados foram avaliados, em função das diferentes variáveis estudadas: a) os atributos químicos do solo foram analisados em arranjo fatorial 4x3x2, constando de quatro SAFs, três profundidades e dois períodos, com três repetições; b) para comparação dos sistemas agroflorestais (SAFs) com a floresta secundária (FS) foi utilizado um fatorial 2x3x2, contando de dois

tratamentos (SAFs e FS), três profundidades e dois períodos com três repetições; c) as avaliações ecofisiológicas (biofísicas e bioquímicas) foram realizadas através de fatorial $4 \times 2 \times 5$, constando de quatro SAFs, dois períodos e cinco horários com cinco repetições; d) as determinações químicas (macronutrientes) foram realizadas com a utilização de um esquema fatorial 4×2 , correspondente a quatro SAFs e dois períodos de coleta, com cinco repetições; e) as avaliações de crescimento foram analisadas, obedecendo a um esquema fatorial $4 \times 2 \times 4$, constando de dois períodos e quatro anos com cinco repetições.

Os dados foram tratados pelo software NTIA desenvolvido pela EMBRAPA - Informática para Agropecuária, Campinas/SP, versão 4.2.1 de outubro de 1995. A significância dos fatores estudados foi feita pelo teste F e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de significância de 5% (PIMENTEL GOMES, 1978).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises de variância dos atributos químicos do solo dos sistemas agroflorestais (SAFs), e da comparação do solo dos sistemas agroflorestais (SAFs) com o solo da floresta secundária, das variáveis ecofisiológicas (biofísicas, bioquímicas e químicas) e de crescimento (altura e diâmetro) das plantas de mogno, encontram-se em Apêndices.

4.1 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

4.1.1 pH em água

Os solos dos sistemas agroflorestais formados com mogno, em combinação com outras meliáceas e cultivos agrícolas, não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) com relação ao valor do pH em água (Figura 4A).

Os dados do pH, em função das diferentes profundidades no solo dos sistemas agroflorestais são apresentados na Figura 4B. Não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) para os valores de pH, entre as profundidades 0-5cm (5,5) e 5-10cm (5,4), entretanto diminuiu ($P\leq 0,05$) na profundidade de 10-20cm (5,3), ou seja, houve um aumento da acidez com a profundidade (Figura 4B). Segundo Malavolta (1980), acidez geralmente aumenta com a profundidade do solo. De acordo com Falesi; Baena; Dutra (1980); Vieira; Santos, (1987) a faixa de pH da maioria dos solos da Amazônia normalmente está situado na faixa que varia entre 4,0 e 5,5. Entretanto, considera-se em torno de 6,0, o pH ideal para a maioria das culturas, como para as culturas de soja, feijão, milho e trigo, faixa onde ocorre maior disponibilidade de todos os nutrientes (FAGERIA; ZIMMERMANN, 1998). Sena (2006) não observou diferença entre as profundidades (0-5cm, 5-10cm e 10-20cm), comparando o efeito da profundidade de um latossolo amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais em comparação com a floresta secundária, em Marituba-PA, onde encontrou valores que variaram de 4,0 a 4,3.

As médias de pH, entre os diferentes períodos de coleta dos solos dos sistemas agroflorestais (Figura 4C), mostraram maiores valores ($P\leq 0,05$) no período chuvoso (5,6), em comparação com o período seco (5,2). Rodrigues (2006), observou maiores médias de

pH na estação chuvosa (5,25) em comparação com a estação seca (4,98), estudando sistemas agroflorestais composto por meliáceas no município de Aurora do Pará-PA. Pereira; Veloso; Gama (2000), também observaram maiores valores de pH no período chuvoso, em latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental.

Os resultados da interação significativa entre os sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) e os períodos (seco e chuvoso) para os valores de pH são apresentados na Figura 4D. No período seco os valores de pH nos SAF1 (5,2), SAF2 (5,3), SAF3 (5,2) e SAF4 (5,2) não diferiram estatisticamente entre si ($P>0,05$). Já no período chuvoso os SAF3 (5,8) e SAF4 (5,6) apresentaram médias de pH semelhantes ($P>0,05$) ao SAF1 (5,5) e maiores valores ($P\leq 0,05$) em comparação ao SAF2 (5,4), o qual apresentou valor semelhante ($P>0,05$) ao SAF1 (5,5). Também pode ser observado que no período chuvoso os SAF1, SAF3 e SAF4 apresentaram maiores valores de pH ($P\leq 0,05$), em comparação com o período seco, já o SAF2 não diferiu estatisticamente ($P>0,05$), entre os períodos. Sena (2006) não observou diferenças significativas para os valores de pH entre os períodos seco e chuvoso, avaliando os atributos químicos e carbono microbiano em um latossolo amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais no município de Marituba-PA.

Os dados referentes à comparação do solo da floresta secundária (FS) com os solos do SAFs encontram-se na Figura 4E. O solo da área dos sistemas agroflorestais (SAFs) apresentou maiores valores médios de pH (5,4) ($P\leq 0,05$), em comparação com o solo da floresta secundária (4,6), ou seja, o solo dos SAFs apresentaram-se menos ácido em comparação com o solo da FS, após 4 anos de implantação dos sistemas agroflorestais. Tais resultados podem ser explicados pelo fato de que nas áreas dos SAFs foi realizada uma correção do solo, colocando-se 500g de calcário dolomítico, em cada cova de plantio das espécies florestais. Além disso, de acordo com Barreto (2006), os solos sob mata geralmente apresentam menores valores de pH, uma vez que a mineralização da matéria orgânica e os exudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo. Segundo Nair (1993) a redução da acidez é um dos efeitos benéficos das árvores, presentes nos sistemas agroflorestais sobre o solo, pois tendem a adicionar bases na sua superfície. Neves, et al. (2007) comparando o cultivo do café em cultivo tradicional

com sistema agroflorestal, observaram que o sistema agroflorestal favoreceu a manutenção do pH.

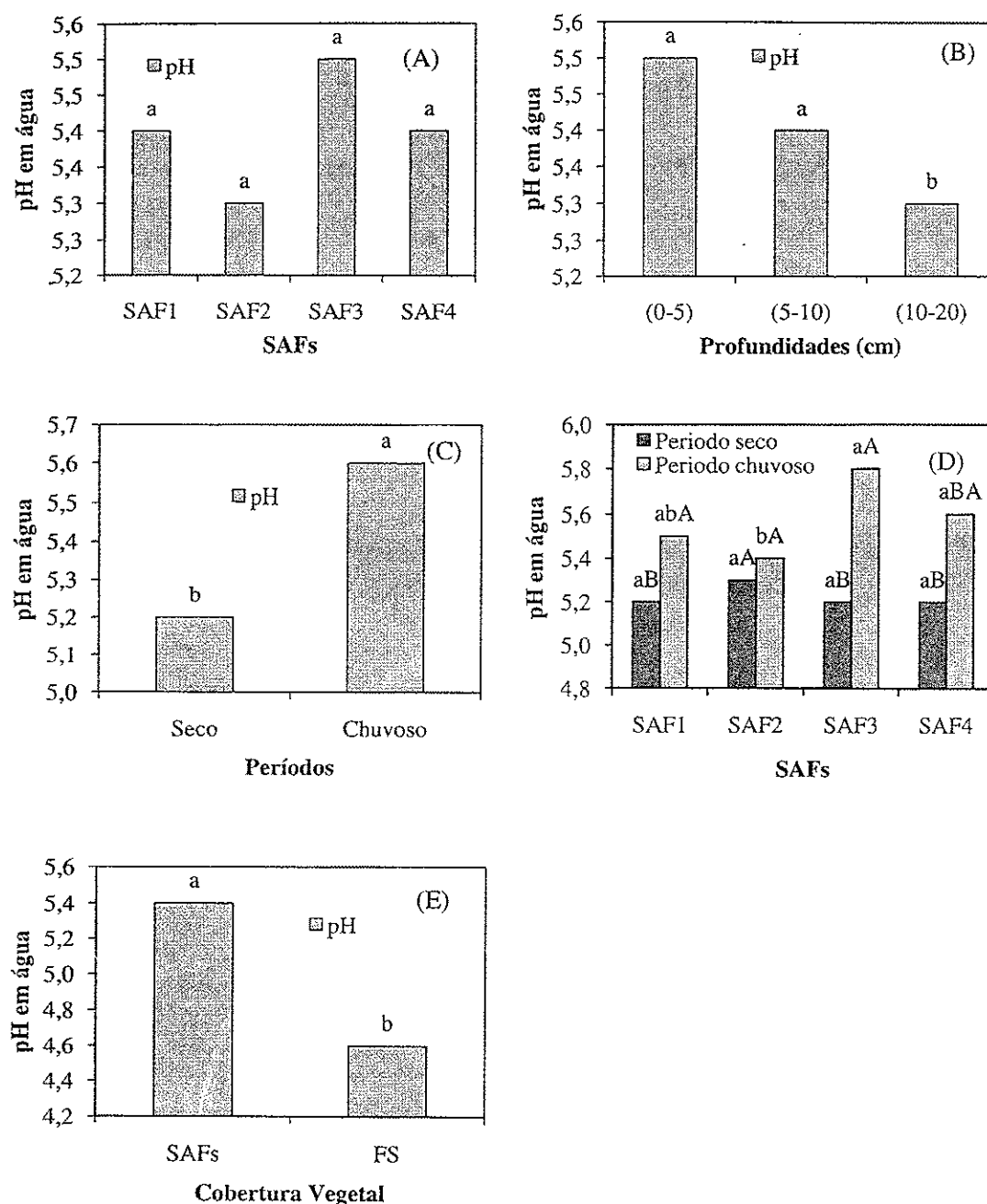


Figura 4 – Médias dos valores de pH, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.2 Matéria Orgânica (MO)

Independente do período de coleta e da profundidade, os solos dos SAFs não foram afetados significativamente ($P>0,05$) com relação ao teor de MO (Figura 5A).

Na área do solo dos SAFs (Figura 5 B), os valores de MO diminuíram ($P\leq 0,05$) com as profundidades de 0-5 cm (23,5 g/kg), 5-10cm (17,1 g/kg) e de 10-20 cm, respectivamente, ou seja, houve uma redução do conteúdo de MO com a profundidade do solo. Moreira e Malavolta (2004), verificaram uma diminuição significativa de matéria orgânica nas camadas inferiores a camada de 0-10,cm, em diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

Apesar de numericamente o período chuvoso apresentar valor superior (18,6 g/kg) de MO em comparação com período seco (17,0 g/kg), os dois períodos não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) com relação ao referido parâmetro (Figura 5C). Sena (2006) também não observou diferença significativa no conteúdo de MO entre os período seco e chuvoso, estudando diferentes sistema agroflorestais em comparação com uma floresta secundária no município de Marituba-PA. Já Pereira; Veloso; Gama (2000), verificaram maior valor conteúdo de M.O no período chuvoso em comparação com o seco, analisando as propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental.

De acordo com a Figura 5D, pode-se verificar que o solo dos SAFs apresentaram maior ($P\leq 0,05$) conteúdo de matéria orgânica (17,89 g/kg) em comparação com o solo da floresta secundária (14,9 g/kg). O aumento de MO na área dos SAFs, em comparação com a floresta secundária, após 04 anos de implantação do sistema, pode ser explicado pelo aporte de matéria orgânica deixado pelo plantio do feijão caupi e por restos vegetais de espécies pioneiras de rápido crescimento, as quais eram constantemente roçadas na área dos SAFs. Além disso, segundo Falesi, (1972) e Schubart; Franken; Luizão (1984), ocorre uma rápida decomposição da matéria orgânica em solos sob mata tropical, constituindo um mecanismo de conservação de nutrientes, para manter a exuberância da vegetação florestal.

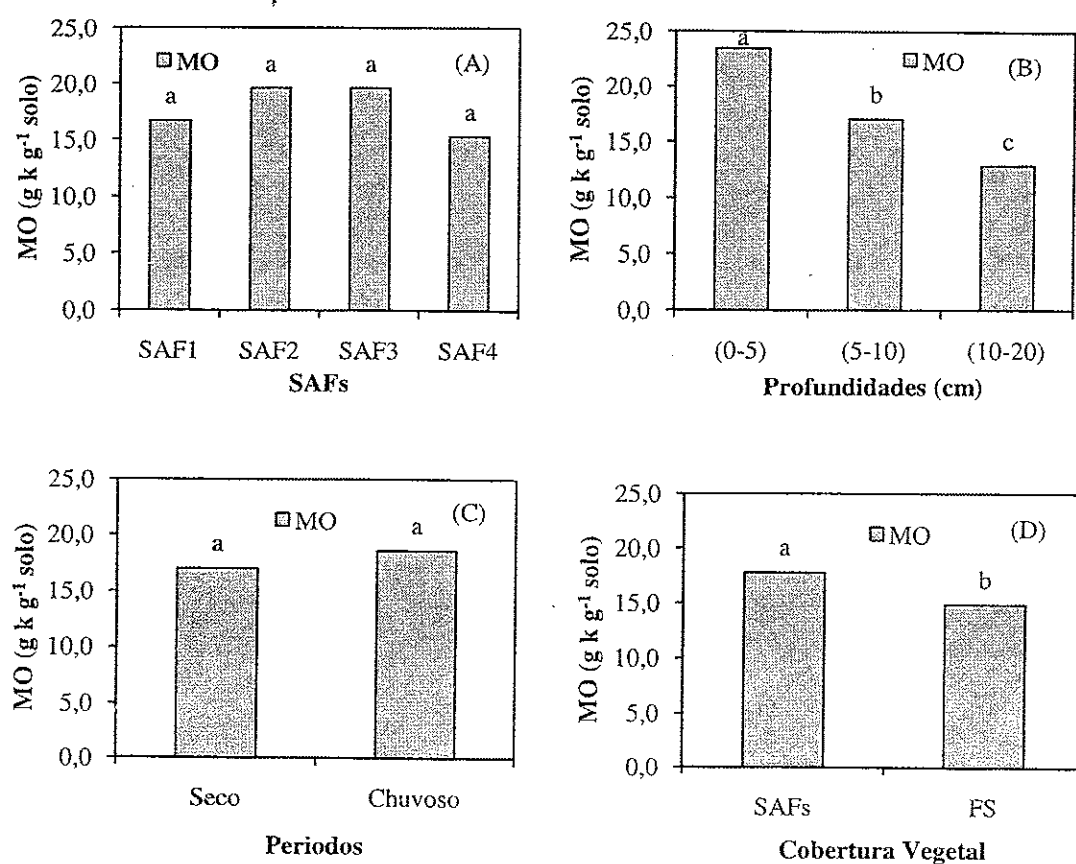


Figura 5 – Médias dos valores de MO, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (D). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

4.1.3 Fósforo disponível (P)

O teor de P não foi afetado significativamente em função dos sistemas agroflorestais ($P > 0,05$), independente da profundidade do solo e do período (Figura 6A).

Com relação aos teores de P na área dos SAFs, a profundidade de 0-5 cm apresentou valor médio de $1,87 \text{ mg/dm}^3$, significativamente superior ($P \leq 0,05$), em comparação com as profundidades de 5-10 cm ($1,42 \text{ mg/dm}^3$) e 10-20 cm ($1,25 \text{ mg/dm}^3$), que não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre si (Figura 6B). Em todas as profundidades estudadas foram obtidos valores médios baixos de P, ou seja, menores de 10 mg/dm^3 (MALAVOLTA, 1980). Silva; Silva Jr; Melo (2006) também verificaram diminuição no teor de P disponível com a profundidade em Latossolo Amarelo no Estado do Pará.

O valor médio de P para o período seco ($1,61 \text{ mg/dm}^3$) não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) do período chuvoso ($1,42 \text{ mg/dm}^3$), na área dos sistemas agroflorestais (Figura 6C). Rodrigues (2006) observou maiores médias de P na estação chuvosa em comparação com a estação seca em sistemas agroflorestais com meliáceas município de Aurora do Pará-PA.

No período seco a profundidade de 0-5 cm apresentou maior concentração de P ($P \leq 0,05$) em comparação com as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, as quais não apresentaram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$), Figura 6D. Perez et al. (2004), e Araújo, et al. (2004) observaram em sistemas agroflorestais, valores mais elevados de P na superfície do solo, decrescendo com a profundidade. O período chuvoso não apresentou diferença no conteúdo de P entre as profundidades ($P > 0,05$), porém a profundidade de 0-5 cm apresentou maior concentração de P ($P \leq 0,05$) no período seco em comparação com o chuvoso. Já as profundidades 5-10 e 10-20 cm não apresentaram diferenças ($P > 0,05$), entre os períodos (Figura 6D).

O valor médio de P encontrados no solo dos sistemas agroflorestais ($1,72 \text{ mg/dm}^3$) não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) em relação a floresta secundária ($1,72 \text{ mg/dm}^3$). Sena 2006, observou menor teor de P na floresta secundária ($2,28 \text{ mg/dm}^3$), em comparação com

sistema de manejo formado com cacau + pupunha ($4,42 \text{ mg/dm}^3$) no município de Marituba-PA.

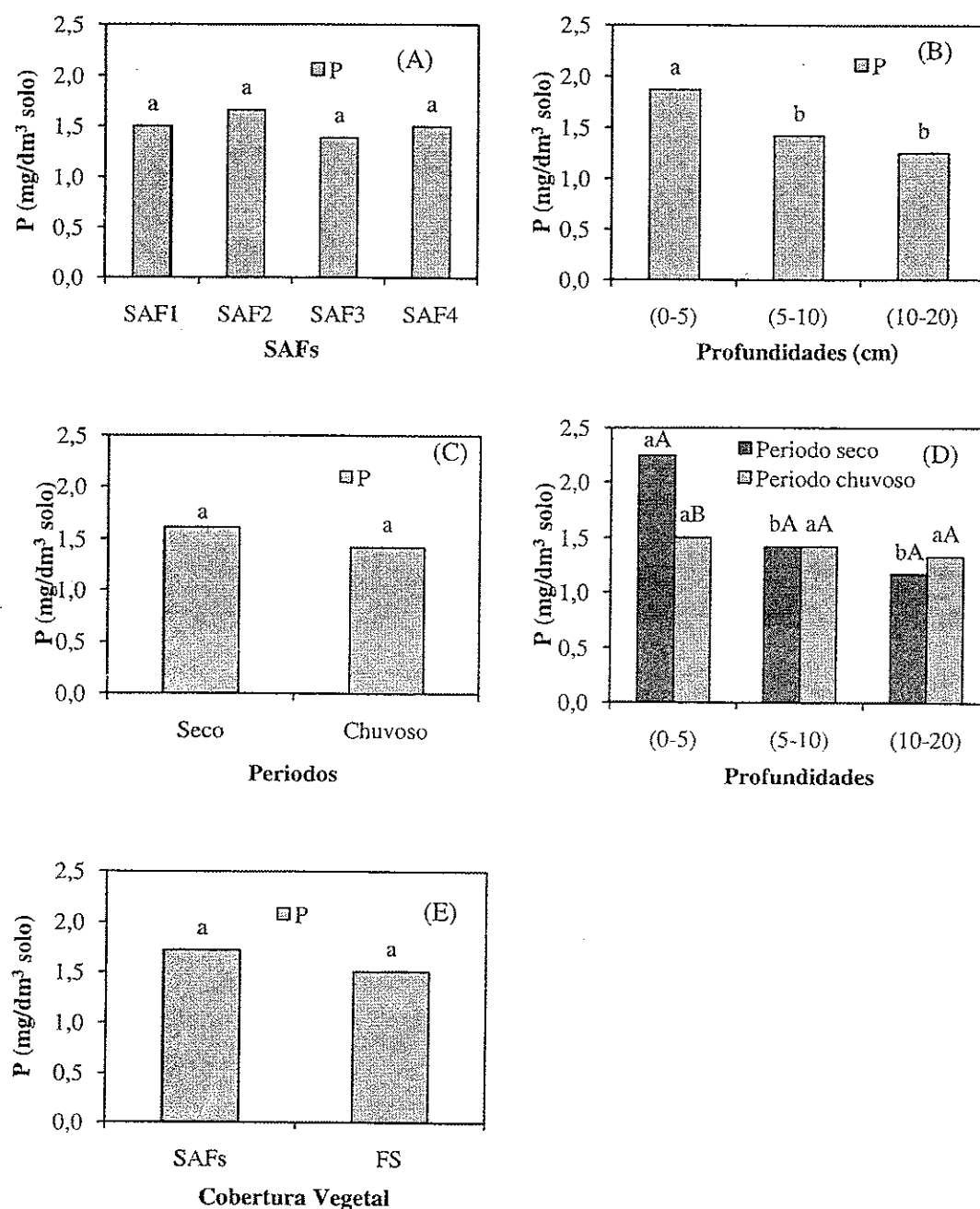


Figura 6 – Médias dos teores de P, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Profundidades (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os Períodos x Profundidades pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.4 Potássio (K)

Na Figura 7A, observa-se que não houve diferenças significativas ($P>0,05$) entre os sistemas agroflorestais para os teores de K.

A profundidade 0-5 cm apresentou maiores teores de potássio ($0,05 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) ($P\leq 0,05$), em comparação com as profundidades de 5-10 cm ($0,04 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) e 10-20 cm ($0,04 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$), que não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) (Figura 7B). Resultados semelhantes foram observados por Rodrigues (2006), que obteve em sistemas agroflorestais as médias de potássio de 0,04 a $0,05 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$, valores considerados baixos, pois Vieira; Vieira (1983) considera que valores de K menores que $0,11 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$ seja insuficiente para as plantas. Ferreira (2004) verificou diminuição nos teores de K com a profundidade, analisando os atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal-PA.

Na área dos SAFs (Figura 7C), os teores de K foram afetados significativamente ($P\leq 0,05$) em função do período, verificando-se no período chuvoso valores mais elevados de potássio ($0,05 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) em comparação com o período seco ($0,04 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Pereira (2000) também verificou maior valor K no período chuvoso em comparação com o seco, analisando as propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia. Já Rodrigues (2006) não observou valores significativos para médias de K entre as estações secas e chuvosas, em sistemas agroflorestais com meliáceas no município de Aurora do Pará-PA.

De acordo com a Figura 7D, observar-se que o valor médio de potássio de $0,05 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$, observado no solo da floresta secundária não diferiu significativamente ($P>0,05$) em comparação com os valores obtido no solo dos sistemas agroflorestais ($0,04 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Marques (2001) verificou aumento nos valores de K em sistema agroflorestal na região do Tapajós (PA), após dez anos de implantação do sistema, quando comparada com a primeira coleta, realizada antes da implantação do SAF.

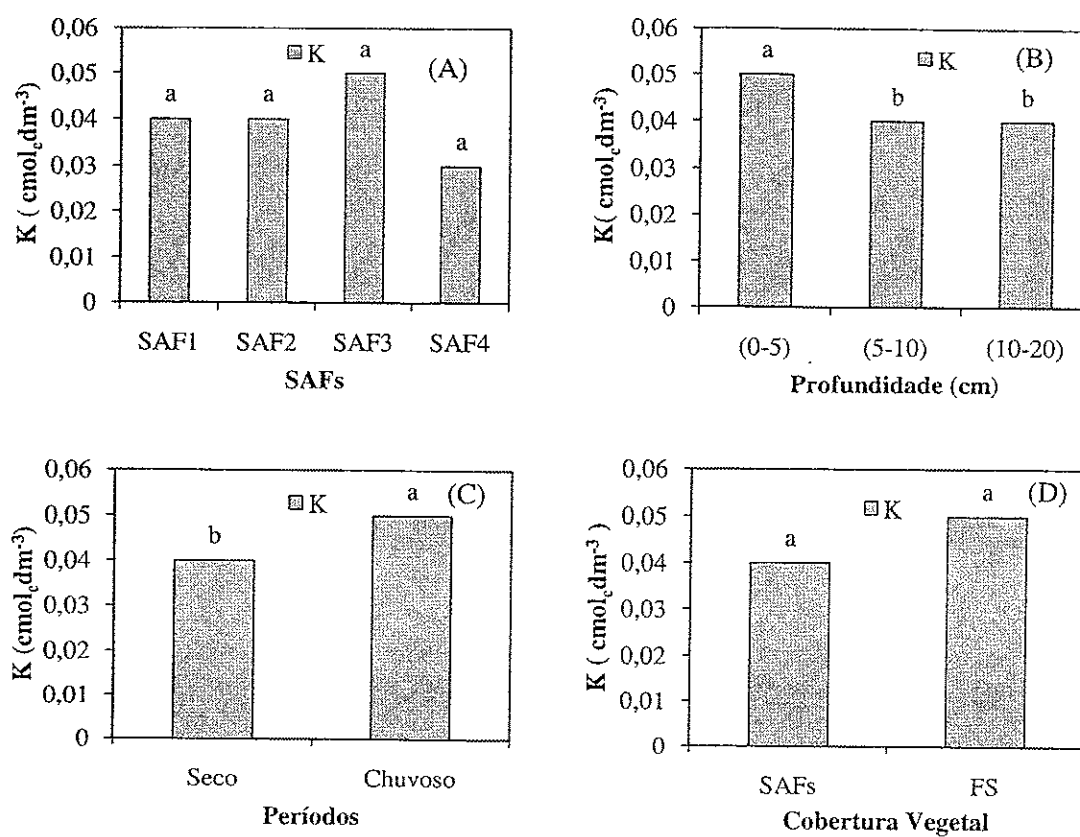


Figura 7 – Médias dos teores de K, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (D). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.5 Cálcio (Ca)

O solos dos sistemas agroflorestais formados com mogno, em combinação com outras meliáceas e cultivos agrícolas, não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) com relação aos teores de Ca (Figura 8A).

De acordo com a Figura 8B, pode-se observar que os teores de Ca diminuíram ($P\leq 0,05$) com as profundidades de 0-5 cm ($1,88 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), 5-10 cm ($1,41 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e de 10-20 cm ($0,88 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Segundo Vieira; Vieira (1983), para as culturas agrícolas, valores de Ca abaixo de $1,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de solo seco são considerados insuficientes, na faixa de $1,50$ e $3,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de solo é considerado regular e acima de $3,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de solo seco é bom. Araújo et al. (2004), trabalhando com diferentes sistemas agroflorestais em Argissolo Amarelo da Amazônia Ocidental, observou maiores teores de Ca sempre nos primeiros centímetros do solo, decrescendo com a profundidade.

Nos sistemas agroflorestais (Figura 8C), na estação chuvosa foram observados maiores valores de cálcio ($1,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) ($P\leq 0,05$), em comparação com o período seco ($1,28 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Sena (2006) e Rodrigues (2006), estudando o solo de SAFs em Marituba-PA e Aurora do Pará-PA, respectivamente, não observaram diferenças significativas para os teores de Ca em coleta realizada no período de maior precipitação, em relação a coleta realizada no período de menor precipitação.

Para o Ca, as interações significativas dos sistemas agroflorestais com os períodos são apresentadas na Figura 8D. Não foram observadas diferenças significativas para o Ca ($P>0,05$), entre os SAFs, tanto no período seco como no chuvoso. Os SAF1 e SAF2 não diferiram entre os períodos, porém os SAF3 e SAF4 apresentaram maiores valores de Ca ($P\leq 0,05$) no período chuvoso, em comparação com período seco (Figura 8D). Segundo YAMADA et al. (1982) o aumento da umidade do solo, provoca um aumento na concentração de cátions divalentes na solução do solo.

Observa-se na Figura 8E, que o solo dos sistemas agroflorestais (SAFs) apresentou maior valores de Ca ($1,39 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) ($P\leq 0,01$) em comparação com o solo da área da floresta secundária ($0,43 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) independente da profundidade e do período. Barreto et

al (2006), observaram maiores valores de Ca em solo de sistemas agroflorestais em comparação com solo sob a floresta.

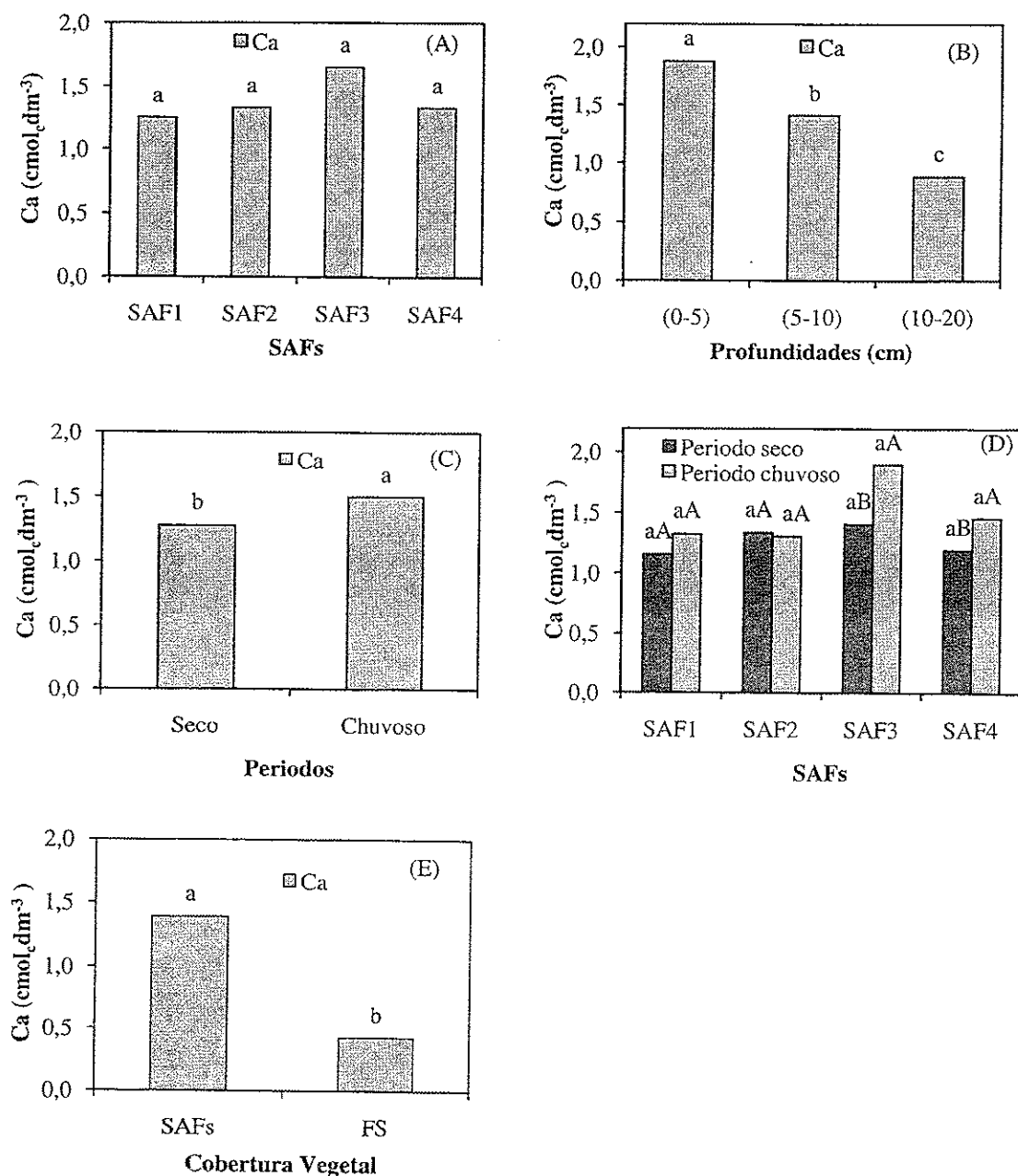


Figura 8 – Médias dos valores de Ca, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.6 Magnésio (Mg)

Os sistemas agroflorestais (SAFs) não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) para as médias dos teores de magnésio (Figura 9A).

Para os teores de magnésio (Figura 9B), a profundidade de 0-5 cm ($0,79 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$) em comparação com a profundidade de 10-20 cm ($0,69 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), as quais não diferiram ($P>0,05$) da profundidade de 5-10 cm ($0,50 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). As concentrações de Mg observadas nas três profundidades são consideradas regulares, observando-se Vieira; Vieira (1983), que considera para a agricultura, teores insuficiente de Mg quando as concentrações ficam abaixo de $0,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ de solo seco, regular valores na faixa de $0,50$ - $1,00 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e bom teores acima de $1,00 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$.

Os valores de Mg foram afetados em função do período (Figura 9C), observando-se no período chuvoso valor médio de $0,74 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$, significativamente superior ($P\leq 0,05$) àquele obtido no período seco ($0,58 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Sena (2006) observou que os valores encontrados para magnésio trocável em fevereiro/2004 (período mais chuvoso) foi o dobro daqueles obtidos em outubro/2004, período considerado mais seco, trabalhando com latossolo amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais em Marituba-PA. Rodrigues (2006) não observou diferenças significativas para o Mg entre os períodos seco e chuvoso no solo de sistemas agroflorestais com meliáceas no município de Aurora do Pará-PA.

O solo da área dos sistemas agroflorestais (SAFs) apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$) de Mg ($0,66 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) em comparação com os teores ($0,35 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) observados no solo da floresta secundária (Figura 9D). Ferreira (2004) não observou diferença significativa no teor de magnésio na profundidade de 10-20 cm, comparando o solo de um sistema agroflorestal ($0,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) com o solo de uma floresta secundária ($0,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), trabalhando em latossolo amarelo no município de Castanhal-PA.

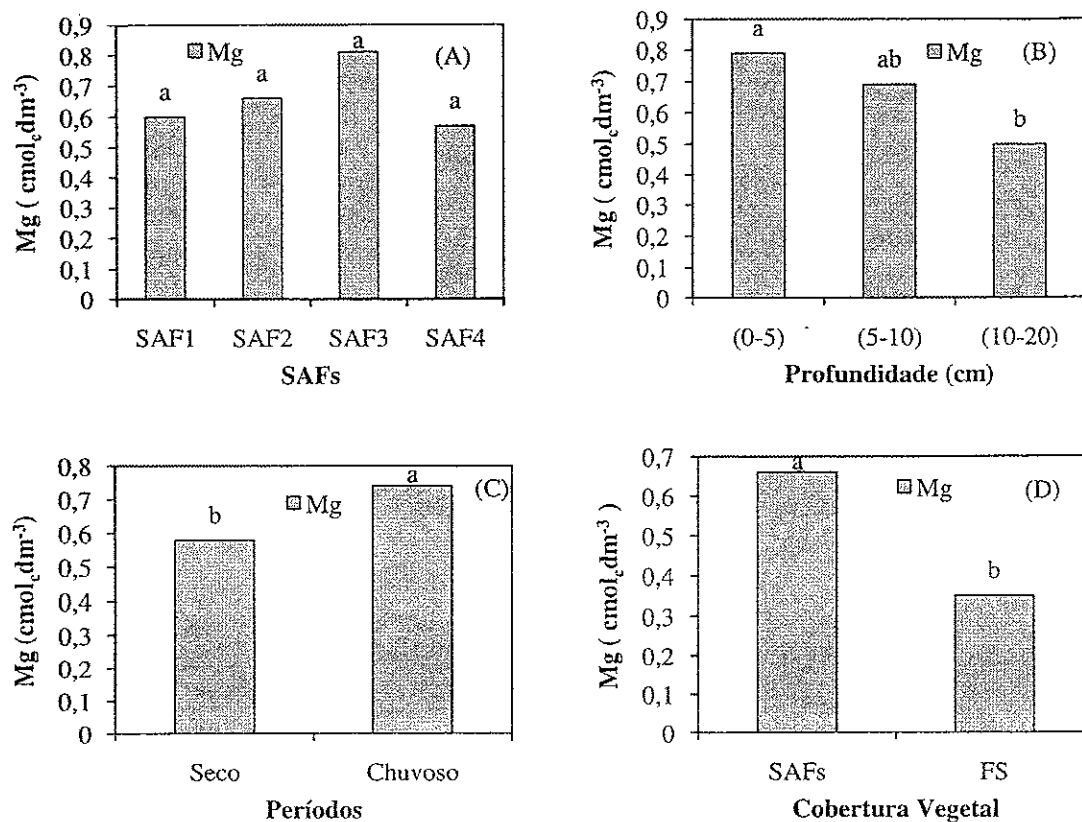


Figura 9 – Médias dos valores de Mg, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.7 Alumínio (Al)

Não foi observada diferença significativa ($P>0,05$), quanto aos teores de Al trocável, entre os sistemas agroflorestais, independente da profundidade e do período de coleta (Figura 10A).

O solo da área dos sistemas agroflorestais apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$) de alumínio trocável na profundidade de 10-20 cm ($0,47 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$), em comparação com as profundidades de 0-5 cm ($0,30 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) e 5-10 cm ($0,21 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$), que não apresentaram diferença estatisticamente ($P>0,05$) entre si (Figura 10B). Segundo Raij et al. (1996), valores de alumínio superiores a $0,5 \text{ cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ são considerados nocivos para a maioria das culturas. Freitas (2005), estudando o efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades químicas e físicas do solo no cerrado do Sudeste Paraense, verificou aumento nos teores de alumínio trocável da superfície para as camadas subsuperficiais.

Na área dos sistemas agroflorestais (Figura 10C), os teores de alumínio trocável observados no período seco ($0,34 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) não diferiram estatisticamente ($P>0,05$), em comparação com os valores encontrados no período chuvoso ($0,31 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Rodrigues (2006), não observou diferenças significativas para médias de Al trocável entre os períodos seco e chuvoso, em sistemas agroflorestais com meliáceas município de Aurora do Pará, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Os resultados da interação significativa entre os sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) e os períodos (seco e chuvoso) para os valores de alumínio trocável são apresentados na Figura 10D. Não foi verificada diferenças significativas ($P>0,05$) para os valores das médias de Al, entre os SAFs, tanto no período seco como no período chuvoso. O SAF1 não diferiu estatisticamente do SAF4 ($P>0,05$) para os teores de Al, com relação aos períodos seco e chuvoso, porém o SAF2 apresentou maiores concentrações de Al ($P\leq 0,05$) no período chuvoso, em relação ao seco, enquanto o SAF3 apresentou maiores valores de alumínio ($P\leq 0,05$) no período seco em comparação ao chuvoso.

De acordo com a Figura 10E, pode ser verificado que o solo da área dos sistemas agroflorestais apresentou menores valores ($P\leq 0,01$) de alumínio ($0,33 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) em comparação com o solo da floresta secundária ($0,96 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$), que apresentou valor

4.1.8 Hidrogênio + Alumínio (H+Al)

A concentração do íon hidrogênio associado ao íon alumínio (H+Al), que caracteriza a acidez potencial, não diferiu significativamente ($P>0,05$), em função dos sistemas agroflorestais (Figura 11A).

Os valores da acidez potencial não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) com relação a profundidade (Figura 11B), variando de $3,63 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$ (0-5 cm), $3,39 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$ (5-10 cm) e $3,33 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$ (10-20 cm). Rodrigues (2006) não verificou diferença significativa para H+Al com relação à profundidade de amostragem, comparando de sistemas agroflorestais com capoeira e pastagem.

Nos sistemas agroflorestais (Figura 11C), os teores médios de H+Al não apresentaram diferença ($P>0,05$) com relação aos períodos seco ($3,42 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) e chuvoso ($3,50 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Sena (2006) também não observou diferença em diferentes sistemas de uso da terra (cacau + açaí, pupunha, cacau + pupunha, açaí e floresta secundária) em Marituba-PA.

Na Figura 11D pode ser observado os resultados da interação significativa entre os sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) e os períodos (seco e chuvoso) para a acidez potencial. Tanto no período seco como no chuvoso não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) para o H+Al, entre os SAFs. Os SAF1, SAF3 e SAF4 não diferiram estatisticamente entre si, com relação aos períodos, já o SAF2 apresentou maiores concentrações de H+Al no período chuvoso em comparação com o período seco ($P\leq 0,05$).

De acordo com a Figura 11E, observa-se que o solo da área da floresta secundária apresentou maior valor de H+Al ($5,49 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) em comparação com a concentração ($P\leq 0,05$) observada no solo dos sistemas agroflorestais ($3,45 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). O baixo valor médio de pH (4,6) e alto teor de H+Al (5,49), observado no solo da floresta secundária caracteriza elevada acidez. Barreto et al. (2006), observaram menores concentrações de H+Al em solo de sistemas agroflorestais e pastagem em comparação com solo sob a floresta.

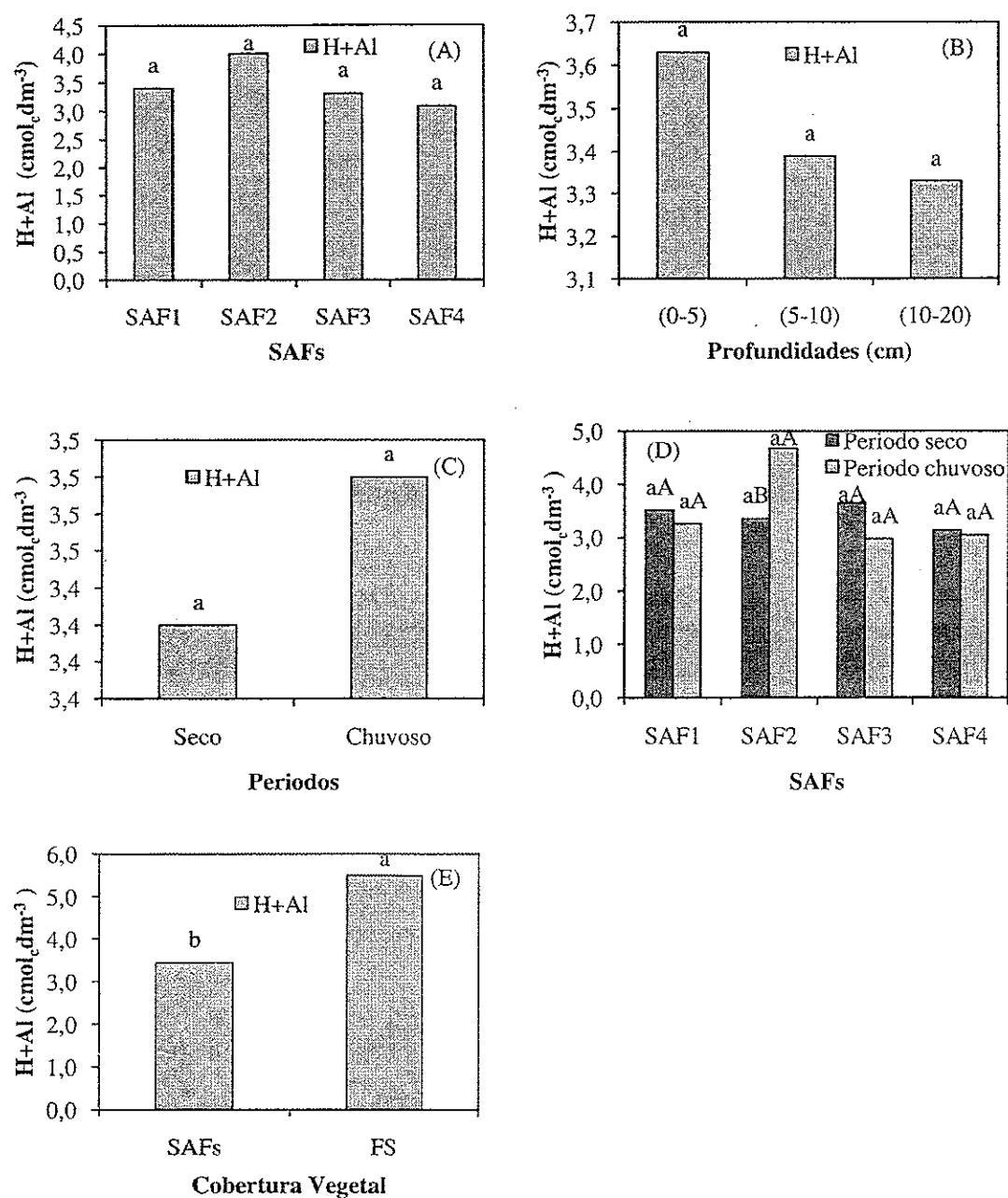


Figura 11 – Médias das concentrações de H+Al, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.9 Soma de Bases

Em relação à soma de bases (SB), não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) entre os sistemas agroflorestais (Figura 12A).

Na área dos SAFs, os valores da SB diminuíram significativamente com as profundidades de 0-5cm ($2,76 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), 5-10cm ($2,18 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) e de 10-20 cm ($1,44 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), respectivamente (Figura 12B). Resultados já esperados, pois foram observadas maiores concentrações de Ca, K, e Mg nas camadas superficiais do solo dos sistemas agroflorestais, o que provavelmente também propiciou maiores valores de pH nas camadas de 0-5cm e 5-10 cm em comparação com a camada de 10-20 cm.

A SB foi afetada em função dos períodos (Figura 12C), observando-se no período chuvoso ($2,32 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), valores significativamente superiores ($P\leq 0,05$) àqueles obtidos no período seco ($1,94 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Concordando com os maiores teores de Ca, K e Mg no período chuvoso em comparação ao seco no solo dos sistemas agroflorestais. Em consequência observando-se também maiores valores de pH no período chuvoso em comparação com o seco.

Nos dados apresentados na Figura 12D, observa-se que o solo da área dos sistemas agroflorestais (SAFs) apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$) de SB ($2,13 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) em comparação com a floresta secundária ($0,89 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$). Provavelmente, o maior conteúdo de matéria orgânica na área dos SAFs em comparação com a floresta secundária pode ter propiciado o aumento da SB e do pH na área dos sistemas agroflorestais em comparação com a floresta secundária. Entretanto, Silva; Silva Jr; Melo (2006) não observaram correlação entre o conteúdo de matéria orgânica e a soma de base estudando os efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará.

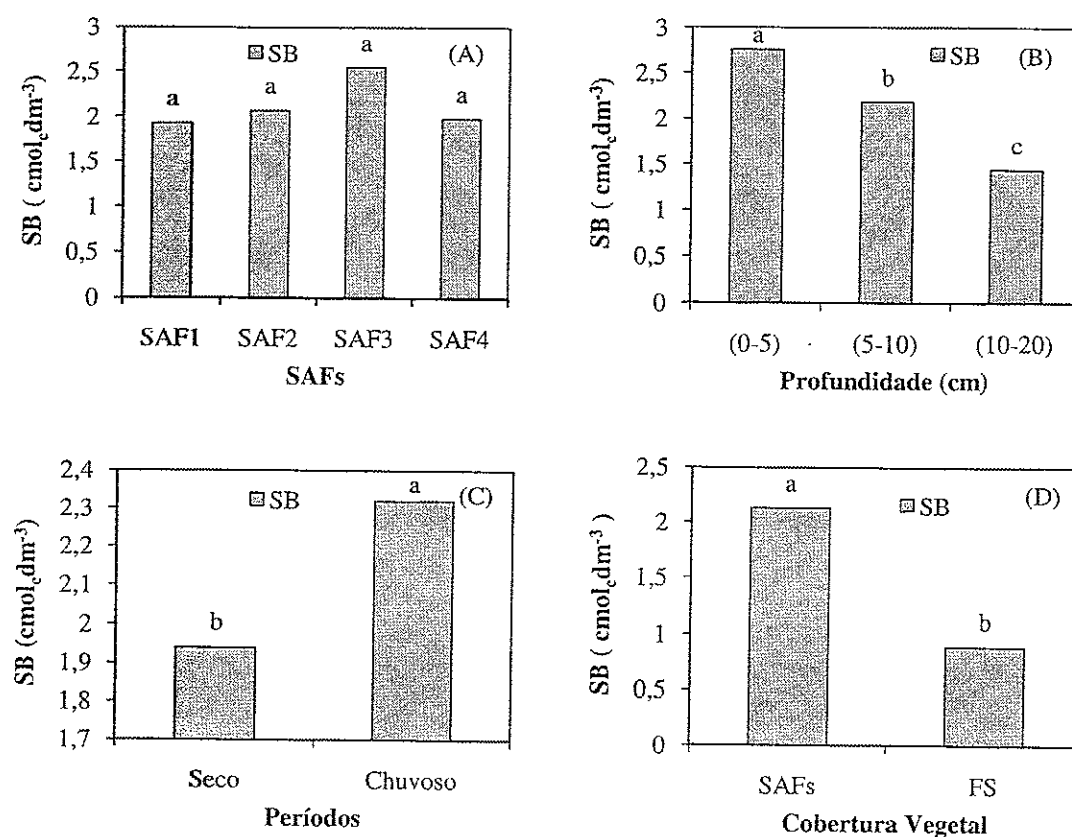


Figura 12 – Médias dos valores de SB, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.10 Capacidade de troca de cátions (CTC)

Não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) para a capacidade de troca de cátions (CTC) entre os sistemas agroflorestais (Figura 13A).

Para a CTC na área dos SAFs (Figura 13B), a profundidade de 0-5 cm ($6,39 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) apresentou maiores valores da CTC ($P\leq 0,05$), em comparação com as profundidades de 5-10 cm ($5,58 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) e de 10-20 cm ($\text{cmol}_e\text{dm}^{-3}$), ou seja, houve um decréscimo da CTC com aumento da profundidade de coleta.

Para o parâmetro CTC na área dos SAFs (Figura 13C), o período chuvoso ($5,81 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) apresentou valores médios significativamente superiores ($P\leq 0,05$), quando comparado com o período seco ($5,36 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Rodrigues (2006) verificou redução acentuada da capacidade de troca de cátions (CTC) na estação chuvosa em comparação com a estação seca, estudando sistemas agroflorestais composto por meliáceas utilizadas como indicadores biológicos da qualidade do solo.

A Figura 13 D, apresenta os resultados para a interação significativa entre os sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) e os períodos (seco e chuvoso). Tanto no período seco como no chuvoso, não foi observada diferenças significativas entre os SAFs ($P>0,05$) para os valores da CTC. Os SAF1, SAF3 e SAF4 não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) entre os períodos seco e chuvoso, enquanto SAF2, apresentou maior CTC no período chuvoso CTC ($P\leq 0,05$), em comparação com o período seco.

Os maiores valores Ca e Mg e menores teores de H+Al nos sistemas agroflorestais ($P\leq 0,05$), em comparação com a floresta secundária (Figura 13E), provavelmente contribuíram para que não houvesse diferença significativa ($P>0,05$) com relação a CTC, entre o solo da floresta secundária ($6,39 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$) e o solo dos sistema agroflorestais ($5,58 \text{ cmol}_e\text{dm}^{-3}$). Sena (2006) observou maiores valores de CTC na floresta secundária em comparação com outros sistemas de uso da terra (cacau + açaí, pupunha, cacau + pupunha e açaí) em Marituba-PA.

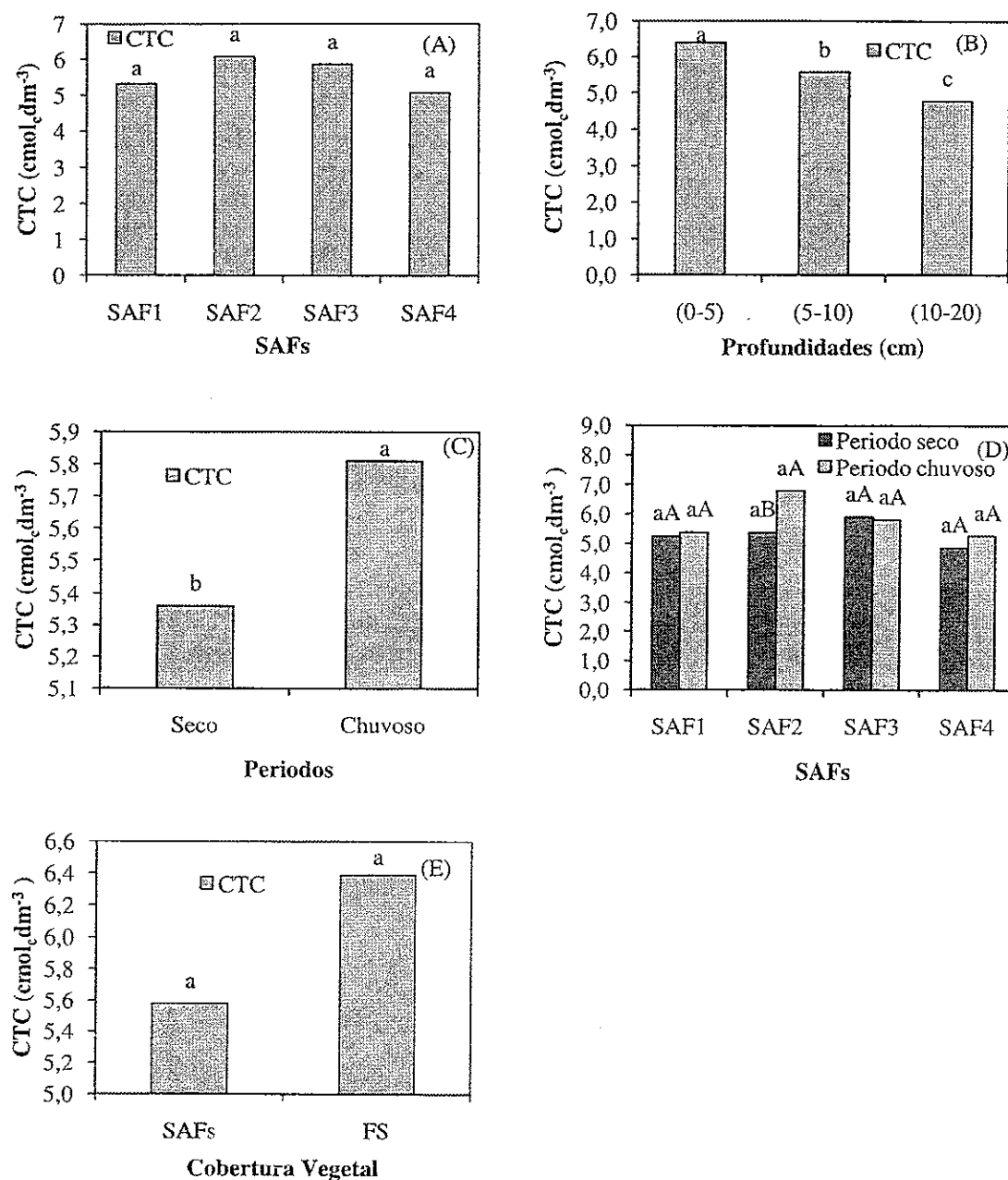


Figura 13 – Médias das concentrações de CTC, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.11 Porcentagem de Saturação por Bases (V%)

A porcentagem de saturação bases (V%) não diferiu estatisticamente ($P>0,05$), em função dos sistemas agroflorestais (Figura 14A).

Para o V% não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre as profundidades de 0-5 cm (43,7%) e 5-10 cm (38,9%), as quais apresentaram maiores valores ($P\leq 0,05$) em comparação com a profundidade de 10-20 cm (30,46%) (Figura 14B). No presente estudo os valores de V% obtidos nas diferentes profundidades no solo dos SAFs apresentaram valores abaixo de 50%, indicando solo de baixa fertilidade (KIEHL, 1979).

O V% apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$) no período chuvoso (40,08%) em comparação com o período seco (35,37%) (Figura 14C). Também pode ser verificado que os valores para saturação por bases (V%), abaixo de 50%, obtido tanto para a estação seca (35,36%) quanto para a estação chuvosa (40,07%) indica solos de baixa fertilidade.

Considerando a interação dos sistemas agroflorestais com os períodos (Figura 14D), verifica-se que os SAFs não diferiram ($P>0,05$) no período seco, já no período chuvoso os SAF1, SAF3 e SAF4 apresentaram maior valor de V% ($P\leq 0,05$) em comparação com o SAF2, que não diferiu do SAF1 ($P>0,05$). Os SAF3 e SAF4 apresentaram maiores valores de V% no período chuvoso em comparação ao período seco ($P\leq 0,05$), já os SAF1 e SAF2 não diferiram estatisticamente entre os períodos ($P>0,05$).

Para o V% (Figura 14E), o solo da floresta secundária apresentou valores significativamente ($P\leq 0,05$) inferiores (15,11%) em comparação com solos dos sistemas agroflorestais (37,72%). Barreto et al. (2006), observaram maiores valores de V% em solo de sistemas agroflorestais em comparação com solo sob a floresta.

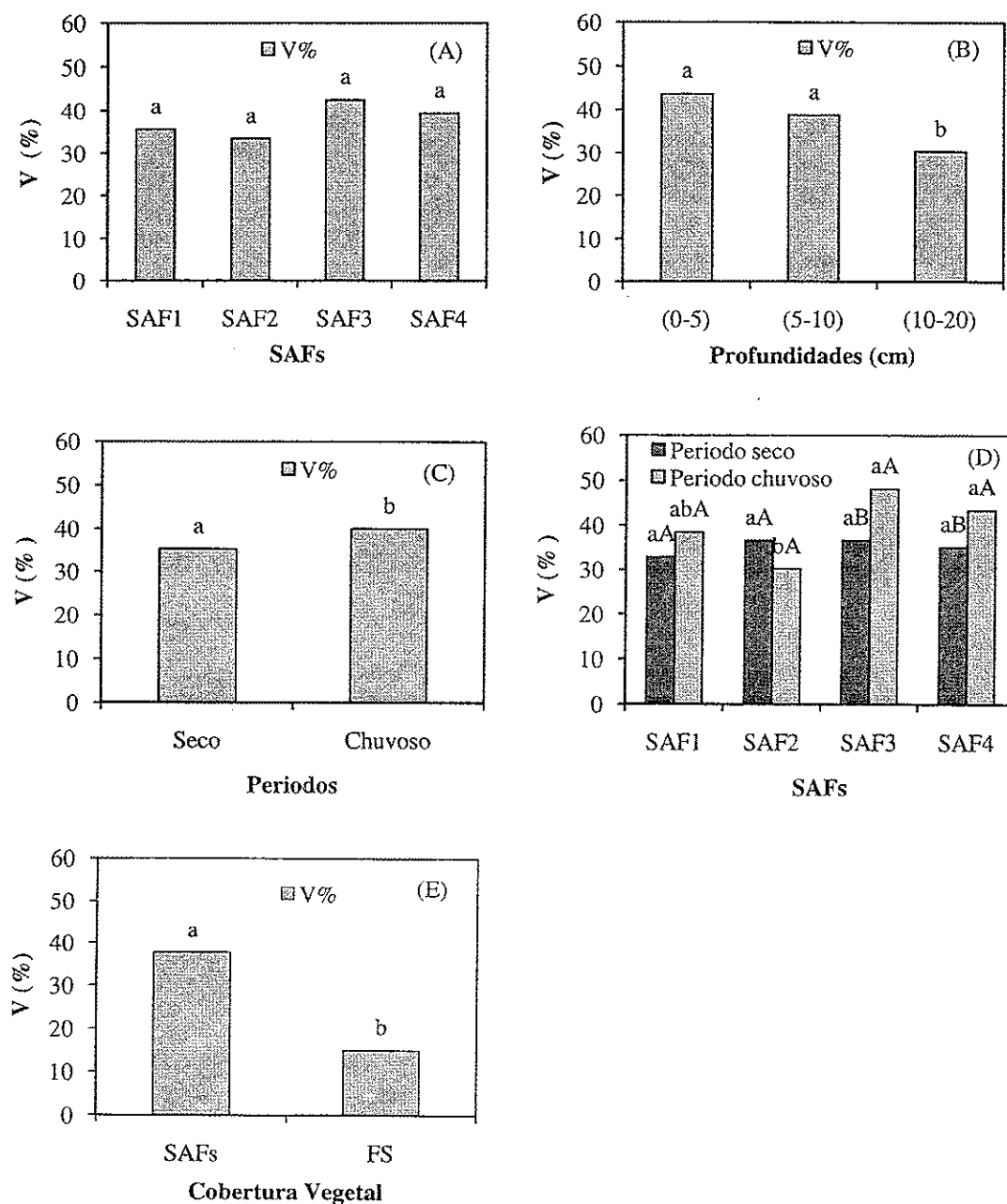


Figura 14 – Médias dos valores V%, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.

4.1.12 Porcentagem de Saturação por Alumínio (m%)

Para saturação por alumínio (m%) não foi observada diferença estatística ($P>0,05$), entre os sistemas agroflorestais (Figura 15A).

Para o m% na área dos SAFs (Figura 15B), a profundidade 10-20cm (30,46%) apresentou maiores valores ($P\leq 0,05$), em comparação com profundidades de 0-5cm (7,61%) e de 5-10cm (13,64%), ou seja, houve um aumento de m% com a profundidade.

Para os valores de m% não foram observadas diferenças significativas ($P\leq 0,05$) entre o período seco (17,29%) e o chuvoso (14,26%) (Figura 15C).

A interação significativa entre os sistemas agroflorestais com os períodos são apresentados são apresentadas na Figura 15D. Não foi observada diferenças significativas ($P>0,05$) para os valores das médias de m%, tanto no período seco como no período chuvoso. O SAF1 não diferiu estatisticamente do SAF2 ($P>0,05$) porém, os SAF3 e SAF4 apresentaram maiores valores médios de m% ($P\leq 0,05$) no período seco em comparação com o chuvoso.

De acordo com a Figura 15E, observa-se para o m% maiores valores ($P\leq 0,05$) na floresta secundária (51,99%), em comparação com os sistemas agroflorestais (15,77%). Barreto (2006) observou maiores valores da saturação por alumínio (m%) na mata em comparação com sistemas agroflorestais, estudando as características químicas e físicas de um solo no sul da Bahia.

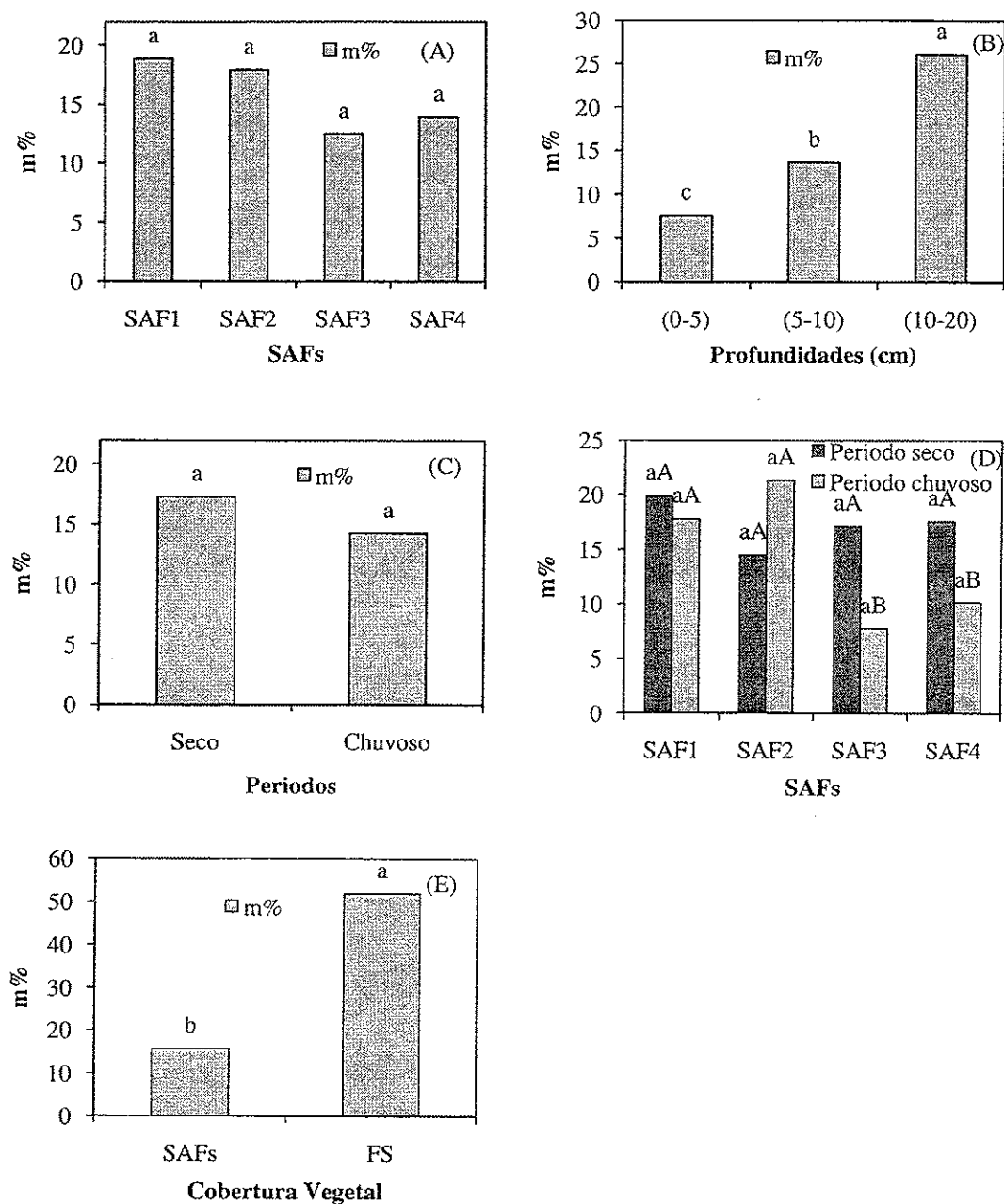


Figura 15 – Médias dos valores m%, em função dos SAFs (A), Profundidades do solo (B), Períodos de coleta (C), SAFs x Períodos (D) e Cobertura Vegetal (E). Santa Bárbara-PA, 2007. As letras minúscula comparam os SAFs, Profundidades, Períodos e a Cobertura Vegetal, e as maiúscula comparam os SAFs x Períodos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2 AVALIAÇÕES ECOFISIOLÓGICAS EM PLANTAS DE MOGNO NOS SAFs.

4.2.1 Avaliações biofísicas

Consideráveis alterações no potencial hídrico do xilema (Ψ_x), condutância estomática (g_s) e transpiração (E) durante as determinações de trocas gasosas estão relacionadas às condições ambientais as quais as plantas estão submetidas. Por essa razão, durante todo o período experimental foram registradas as variações diurnas da temperatura do ar (T_{ar}), temperatura da folha (T_{fol}), umidade relativa do ar (UR) e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), enquanto o déficit de pressão de vapor d'água entre folha e atmosfera (DPV_{FA}) foi estimado matematicamente. Foi observado que as médias das referidas variáveis, tomadas para um mesmo horário, foram relativamente constantes ao longo das medições, indicando que as determinações das variáveis fisiológicas foram realizadas sob as mesmas condições ambientais.

Durante as análise biofísicas a radiação fotossintética ativa (RFA) variou de $84,96 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $1081,98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no período seco, e de $62,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $724,93 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no período chuvoso, tendo o valor mais alto sido registrado às 11:00 h e o mais baixo ao início da manhã (07:00 h) e no final do dia às 17:00 h, para os dois períodos (Figura 16A). Valendo ser salientado que durante as medições no período seco não aparecia nuvem, enquanto no período chuvoso os dias apresentavam-se constantemente nublados e com chuvas.

A UR do ar variou em média no período seco de 73 a 92 %, enquanto no período chuvoso a variação foi de 85 a 96%. Tanto no período seco como no período chuvoso, foi observado que a umidade (Figura 16B) apresentou comportamento inverso àquele apresentando pela RFA (Figura 16A).

A média da temperatura do ar (T_{ar}) variou de 25 a 33 °C no período seco, e de 27,5 a 32 °C no período chuvoso (Figura 16C).

As médias das temperaturas das folhas (T_{fol}) expostas à radiação solar variou de 27,13 °C (07:00 h) a 33,93 °C às 11:00 h no período seco, e de 27,28 °C (07:00 h) a 31,37 às 11:00 h no período chuvoso (Figura 16D).

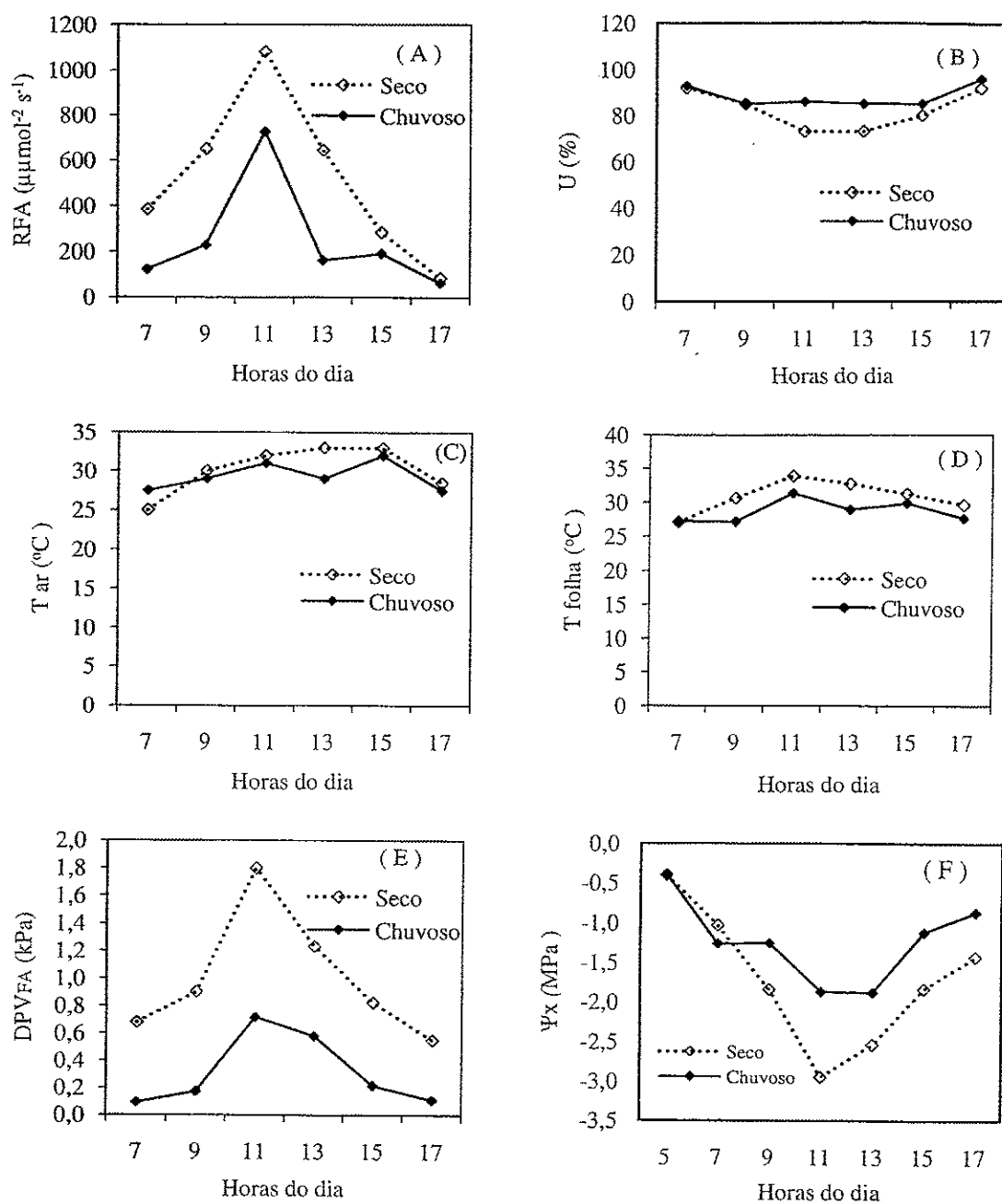


Figura 16 - Curso diário da radiação fotossinteticamente ativa (A); umidade relativa (B); temperatura do ar (C); temperatura foliar (D) déficit de pressão e vapor entre folha e atmosfera (E) e potencial hídrico (F) em plantas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King), em dois períodos, chuvoso (linha cheia e símbolos pretos) e seco (linha tracejada e símbolos brancos) em Santa Bárbara-PA, 2007.

Considerando-se as médias observadas para Tar, Tfol e UR, foi observado que o déficit de pressão de vapor entre o ar e a folha (DPV_{FA}) variou de 0,55 kPa (17:00 h) a 1,8 kPa (11:00 h), no período seco, e de 0,09 kPa (07:00 h) a 0,72 kPa (15:00 h) no período chuvoso (Figura 16E). O déficit de pressão de vapor d'água entre o interior da folha e o ar externo (DPV_{FA}) é um importante fator ambiental que afeta o funcionamento estomático. Segundo Streck (2003) ainda hoje, os resultados de resposta estomática ao DPV_{FA} em plantas superiores e os possíveis mecanismos propostos para explicar esta resposta são conflitantes na literatura. Quando existe resposta estomática ao DPV_{FA} , o mecanismo que causa esta resposta também não é bem entendido, sendo duas hipóteses propostas para este mecanismo. A hipótese de “feedforward” é de que a condutância estomática (g_s) diminui diretamente com o aumento do DPV_{FA} , com o ácido abscísico sendo o sinal para a resposta. Na hipótese de “feedback” ou retroalimentação, g_s diminui com o aumento do DPV_{FA} devido ao aumento na transpiração foliar, o que abaixa o potencial de água na folha. Estes dois mecanismos têm sido objeto de debates na comunidade científica, pois existem resultados publicados na literatura que suportam ambas as hipóteses.

Os efeitos da variação do comportamento da quantidade de água nas plantas de mogno ao longo do dia mostrou que o valor do potencial hídrico de antemanhã (Ψ_{am}) às 05:00 h foi reduzido de -0,4 MPa para -1,88 MPa (13:00 h), no período chuvoso, e de -0,4 MPa (05:00 h) para -2,95 MPa (11:00 h) no período seco (Figura 16 F).

A análise da média geral dos resultados dos SAFs indicou que não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as variáveis analisadas, transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico do xilema (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), para as plantas de mogno brasileiro cultivadas nos quatro diferentes sistemas agroflorestais, não levando em consideração o período (Tabela 1), ou seja, as referidas variáveis biofísicas não foram influenciadas pelos modelos agroflorestais implantados no experimento de estudo.

Tabela 1 – Transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico do xilema (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos sistemas agroflorestais (SAFs), não considerando o período. Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (SAFs)	E ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Ψ_x (MPa)	K_L ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$)
SAF1	23,14 a	1,84 a	1,71 a	0,33 a
SAF2	23,57 a	1,91 a	1,65 a	0,30 a
SAF3	20,02 a	1,63 a	1,63 a	0,34 a
SAF4	23,22 a	1,86 a	1,65 a	0,33 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), referente à interação das horas do dia com os períodos de observação em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos sistemas agroflorestais (SAFs). Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Horas do dia	E ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		Ψ_x (MPa)		K_L ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
7	33,88 aA	22,09 abB	4,35 aA	1,41 aB	-1,03 aA	-1,26 bB	0,36 abA	0,10 cB
9	18,05 cA	16,31 bcA	1,89 cdA	1,04 aB	-1,84 cB	-1,25 bA	0,41 abA	0,19 bcB
11	24,41 bA	21,06 abcA	1,57 dA	1,00 aB	-2,95 eB	-1,87 cA	0,56 aA	0,48 aA
13	17,05 cB	22,81 abA	1,25 dA	1,67 aA	-2,54 dB	-1,88 cA	0,42 abA	0,36 abA
15	34,18 aA	25,04 aB	1,31 bA	2,79 aB	-1,84 cB	-1,12 abA	0,28 bA	0,25 abcA
17	19,36 cbA	15,55 cA	2,46 cbA	0,95 aB	-1,43 bB	-0,87 aA	0,27 bA	0,22 bcA

¹ Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula coluna para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 2 é apresentada a comparação das médias dos horários dentro de cada período e entre os períodos para as variáveis estudadas: transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico do xilema (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L).

Com relação aos horários, no período seco não houve diferença significativas ($P>0,05$) entre as médias da transpiração (E) nos horários de 07:00 e 15:00 h, os quais apresentaram médias superiores da E em relação aos demais horários. O horário de 11:00 h apresentou média da E semelhante ao horário das 17:00 h ($P>0,05$), porém superior aos horários de 09:00 e 13:00 h ($P\leq 0,05$), que não diferiram estatisticamente ($P>0,05$) do horário das 17:00 h. Vale ser salientado que a menor taxa de transpiração ($17,05 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) que ocorreu às 13:00h, no período seco, coincidiu com o menor valor do potencial hídrico do xilema ($-2,54 \text{ Mpa}$) na folha para o referido período. No período chuvoso, as médias da E dos horários de 07:00, 09:00, 11:00, 13:00 e 15:00 h, não diferiram estatisticamente entre si ($P>0,05$), porém apresentaram maiores valores em comparação com os horários das 17:00 h ($P\leq 0,05$), os quais não diferiram estatisticamente entre si ($P>0,05$). Também não apresentaram diferenças estatísticas entre si ($P>0,05$), às médias da E dos horários das 07:00, 09:00, 11:00 e 13:00 h.

A comparação das médias da interação entre os períodos, mostrou que os valores das médias da E no período seco no horário de 09:00, 11:00 e 17:00h não apresentaram diferenças estatísticas ($P>0,05$) nos mesmos horários no período chuvoso, porém o período seco apresentou maiores valores da média da E ($P\leq 0,05$), nos horários de 07:00 e 15:00 h, em comparação ao período chuvoso, entretanto o horário das 13:00 h no período seco apresentou menor valor da E ($17,05 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em comparação ao chuvoso com E de $22,81 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para o mesmo horário ($P\leq 0,05$), resultado já esperado, pois o valor do potencial hídrico do xilema às 13:00 h, no período seco ($-2,54 \text{ MPa}$) foi mais negativo ($P\leq 0,05$) em comparação com o valor do potencial hídrico de $-1,88 \text{ MPa}$ obtido para o período chuvoso, indicando que o potencial hídrico foi quem controlou a abertura e fechamento dos estômatos às 13:00 h para a E , independente das demais variáveis ambientais entre os dois períodos (seco e chuvoso) nas folhas de mogno nos sistemas agroflorestais, resultados semelhantes foram observados por autores como, Salisbury; Ross (1992), Pasin, et al. (1991), os quais observaram redução na transpiração com aumento do déficit hídrico na folha. Tatagiba, et al. (2007) estudando o efeito da época seca e chuvosa no comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* no estado do Espírito Santo também

verificaram uma redução da transpiração com a deficiência hídrica no solo no período seco, em comparação ao período chuvoso com excedente de água no solo.

Os resultados para a condutância estomática (g_s) no período seco, mostraram maiores valores das médias no horário das 07:00 h, em comparação com os demais horários ($P \leq 0,05$). Os valores de g_s não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre os horários das 15:00 e 17:00 h, os quais apresentaram valores superiores ($P \leq 0,05$) em comparação aos horários das 13:00 e 11:00 h que apresentaram valores das médias semelhantes, entre si ($P > 0,05$). No período chuvoso as médias de g_s não apresentaram diferenças estatísticas com relação aos horários ($P > 0,05$). As médias da g_s , entre os períodos, apresentaram maiores valores no período seco ($P \leq 0,05$) em comparação ao chuvoso nos horários das 07:00, 09:00, 11:00, 15:00 e 17:00 h. Já o horário das 13:00 h não apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os dois períodos. Tatagiba et al. (2007), Júnior, et al. (2005) e Paiva; Fernandes; Rodrigues (2005) observaram redução da condutância estomática (g_s) com redução da disponibilidade hídrica em experimentos localizados na região Sudeste do Brasil, local com estações do ano bem definidas, diferente do que acontece na região Norte do Brasil que mesmo na estação seca ocorre chuvas frequentes.

Para o Ψ_x no período seco, o maior valor foi observado às 07:00 h (-1,03) e o valor mais negativo ($P \leq 0,05$) ocorreu no horário das 11:00 h (-2,95 MPa), seguido pelos valores das 13:00 h (-2,54), 09:00 h (-1,84), 15:00 (-1,84) e 17:00 h (-1,43) ($P \leq 0,05$), respectivamente. Já no período chuvoso os maiores valores do Ψ_x ($P \leq 0,05$) foram observados às 17:00 (-0,87) e 15:00 h (-1,12). O horário das 15:00 h não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) dos horários das 07:00 e 09:00 h, os quais apresentaram valores médios superiores ($P \leq 0,05$) do que aqueles observados nos horários das 11:00 (-1,87) e 13:00 h (-1,88) que não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$). A relação da interação entre os períodos mostrou que com, exceção do horário das 07:00 h, os demais horários apresentaram menores valores do Ψ_x no período seco em comparação ao período chuvoso ($P \leq 0,05$). O fato do período seco ter apresentado valores médios do potencial hídrico (Ψ_x) mais negativos pode ter sido consequência dos menores índices de precipitação no período seco. Além disso, os valores mais baixos de Ψ_x em função da baixa disponibilidade hídrica do solo podem indicar uma estratégia de ajuste osmótico utilizada pelas plantas nos períodos de menor quantidade de água no solo, onde há redução no potencial hídrico para que haja absorção de água mais efetiva e manutenção da turgescência das células do tecido foliar (MARTIN, 2004).

As respostas obtidas neste estudo seguiram o mesmo padrão das observadas por Cordeiro (2007), Carvalho (2005), Valandro, et al. (2004) e Nogueira et al. (2001) que verificaram uma redução do potencial hídrico com aumento do estresse hídrico em plantas de mogno, paricá, aceroleira e tomateiro, respectivamente.

Conforme detectado no presente estudo, no período seco, o horário das 11:00 h, apresentou valores médios de K_L semelhantes ($P>0,05$) a aqueles observados nos horários das 07:00, 09:00 e 13:00 h, porém com valor superior aos obtidos nos horários das 15:00 e 17:00 h ($P\leq 0,05$), semelhantes entre si ($P>0,05$), os quais não diferiram estatisticamente dos horários das 07:00, 09:00 e 13:00 h ($P>0,05$). O período chuvoso, seguiu o mesmo padrão observado para o período seco, com maiores valores ($P\leq 0,05$) de K_L observados no horário das 11:00 h que não diferiu estatisticamente ($P>0,05$) dos horários das 13:00 e 15:00 h, os quais apresentaram valores médios semelhantes ($P>0,05$) aos apresentados nos horários das 09:00 e 17:00 h que não diferiram estatisticamente dos horários de 07:00 e 15:00 h ($P>0,05$). Com relação à interação entre os dois períodos, os horários das 07:00 e 09:00 h apresentaram maiores valores de K_L no período seco em comparação aos mesmos horários no período chuvoso ($P\leq 0,05$), já a comparação entre os demais horários não apresentou diferenças significativas ($P>0,050$) entre os valores de K_L entre os dois períodos. Cordeiro (2007) estudando os aspectos biofísicos de plantas de jovens de mogno, em dois regimes hídricos verificou que o déficit hídrico provocou decréscimos na condutividade hidráulica (K_L) em relação às plantas sob plena irrigação.

A comparação das médias gerais para as variáveis estudadas, não levando em consideração os tratamentos (SAFs) e os horários é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação de média geral da transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico do xilema (Ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), entre os períodos (seco e chuvoso), independente dos tratamentos (SAFs) em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos SAFs. Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (SAFs)	E ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	g_s ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Ψ_x (Mpa)	K_L ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$)
Seco	24,20 a	2,46 a	- 1,94 b	0,38 a
Chuvoso	20,77 b	1,16 b	- 1,37 a	0,26 b

¹Letras seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados foi observado que o período seco ($24,2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) apresentou maior valor médio ($P \leq 0,05$) da transpiração (E) em comparação como o período chuvoso ($20,77 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Valendo ser salientado que no período chuvoso foi observado maior valor de UR e menores médias de RAF, T_{ar} , T_{fol} , DP_{FA} , o que provavelmente provocou uma redução da E no período chuvoso, apesar deste período apresentar maior potencial hídrico (Ψ_x) nos tecidos, ou seja, em condições de campo, para as plantas de mogno, a luz e os demais fatores relacionados com a transpiração, provavelmente contribuíam de forma decisiva para maior E no período seco em comparação ao período chuvoso, quando se analisou o curso diário E . Segundo Larcher (2000), a causa inicial para uma redução temporária no grau de abertura estomática pode ser uma redução na intensidade luminosa, o ar seco, o déficit hídrico, as temperaturas extremas e os gases tóxicos, além disso, salienta que a transpiração intensifica-se com a diminuição da umidade relativa e com o aumento da temperatura do ar.

A comparação dos valores das médias para condutância estomática (g_s) entre os períodos, indicou que esta acompanhou a transpiração, com maiores valores ($P \leq 0,05$) no período seco ($2,46 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), em comparação aos valores obtidos no período chuvoso ($1,16 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Tatagiba, et al. (2007), Júnior, et al. (2005) e Paiva; Fernandes; Rodrigues (2005) observaram redução da condutância estomática (g_s) com redução da disponibilidade hídrica em experimentos localizados na região Sudeste do Brasil, com estações do ano bem definidas, diferente do que acontece na região Norte do Brasil, local onde mesmo na estação seca ocorre chuvas frequentes.

Os valores médios do potencial hídrico (Ψ_x) em folhas no período seco ($-1,94 \text{ Mpa}$) foram mais negativos ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso ($-1,37 \text{ Mpa}$). Apesar das plantas de mogno terem apresentado maior Ψ_x nas folhas no período chuvoso, em comparação com o seco, as plantas transpiraram mais no seco, provavelmente por influência das demais variáveis ambientais (UR, RAF, T_{ar} , T_{fol} , DP_{FA}), entretanto quando se analisa o horário das 13:00h, o período chuvoso com potencial hídrico ($-1,88 \text{ Mpa}$) transpirou mais em comparação ao seco com potencial hídrico de ($-2,54 \text{ Mpa}$), concordando com resultados obtidos por Cordeiro (2007) e Carvalho (2005) que verificaram uma redução do potencial hídrico com aumento do estresse hídrico em plantas de mogno e paricá, respectivamente.

O período seco apresentou maior valor médio de condutividade hidráulica (K_L) ($0,38 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$) superior ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso ($0,26 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$), acompanhando os maiores valores médios da transpiração no período chuvoso. Cordeiro (2007) estudando os aspectos biofísicos de plantas de jovens de mogno, em dois regimes hídricos verificou que o déficit hídrico provocou decréscimos expressivos na condutividade hidráulica (K_L) em relação às plantas sob plena irrigação.

4.2.2 Avaliações bioquímicas

Os resultados dos teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácidos solúveis totais (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) das avaliações bioquímicas realizadas no tecido foliar de plantas de mogno são apresentados na Tabela 4. De acordo com os resultados, pode-se constatar que não houve diferenças ($P > 0,05$) entre os sistemas agroflorestais (SAFs) para nenhum das variáveis bioquímicas estudadas, bem como não houve interação estatística entre os tratamentos e os períodos, com exceção para a sacarose que apresentou interação ($P \leq 0,05$).

A média dos teores de carboidratos solúveis totais (CST) nas folhas das plantas de mogno analisadas durante o período seco foi 20,85% superior ($P \leq 0,05$), em comparação com as médias das plantas avaliadas durante o período chuvoso (Tabela 5). No caso da referida pesquisa no horário da coleta às 13:00 h, o período seco apresentou maior déficit hídrico na folha, em comparação com o período chuvoso, o que provavelmente, provocou a elevação dos teores de carboidratos nos tecidos no período seco, atuando como um regulador osmótico, mantendo os níveis de água na folha, bem como o equilíbrio osmótico das células. Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores, Oliveira Neto (2008); Carvalho (2005) e Silveira, et al. (2003) em plantas de sorgo, paricá e feijão, respectivamente, revelando que há estratégias fisiológicas e bioquímicas semelhantes, entre as espécies em déficit hídrico.

Em relação à sacarose, a elevação foi de 118,06 % superior em plantas analisadas no período seco ($P \leq 0,05$) em relação às plantas analisadas no período chuvoso (Tabela 5). Deve ser ressaltado que o aumento no teor de sacarose no período seco, provavelmente está relacionado com o ajuste osmótico que deve ser mantido durante o período de déficit hídrico. Segundo Kerbaui (2004) ocorre um aumento da atividade da sacarose-fosfato sintase e da síntese de sacarose nos tecidos foliares em resposta à seca.

Tabela 4 – Teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácidos solúveis totais (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) em folhas de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os SAFs, independente do período. Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos	CST	Sacarose	Amido	AST	Prolina	PST
SAFs	mmol glicose g ⁻¹ MS	mmol sacarose g ⁻¹ MS	mmol g ⁻¹ resíduo	μmolAA .g ⁻¹ MS	μmol g ⁻¹ MS	μmol g ⁻¹ MS
SAF1	2,23 a	524,13 a	8,63 a	9,32 a	9,82 a	0,36 a
SAF2	2,02 a	542,95 a	7,59 a	8,82 a	9,84 a	0,40 a
SAF3	2,01 a	575,53 a	6,76 a	8,24 a	9,77 a	0,40 a
SAF4	1,94 a	548,85 a	8,15 a	8,35 a	9,18 a	0,36 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Teorês de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose, amido, aminoácidos solúveis totais (AST), prolina e proteínas solúveis totais (PST) em folhas de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os SAFs, em dois períodos de observação (seco e chuvoso). Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Períodos	CST	Sacarose	Amido	AST	Prolina	PST
	mmol glicose g ⁻¹ MS	mmol sacarose g ⁻¹ MS	mmol g ⁻¹ resíduo	μmolAA g ⁻¹ MS	μmol g ⁻¹ MS	μmol g ⁻¹ MS
Seco	2,78 a	751,22 a	0,33 b	12,61 a	10,56 a	7,42 b
Chuvoso	1,32 b	344,50 b	0,43 a	2,41 b	8,74 b	9,95 a

¹ Médias seguidas pela mesma minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias dos teores de amido em folhas de plantas de mogno analisadas no período seco foram reduzidos em 30,3% ($P \leq 0,05$) em comparação com as folhas de plantas analisadas durante o período chuvoso (Tabela 5). Segundo Martinez et al. (2007), aumentos no conteúdo de carboidratos em plantas sob estresse, estão associados com a diminuição do conteúdo de amido da célula, além da queda da capacidade de fotossíntese que paralisará o crescimento celular e reduzirá a síntese de sacarose para exportação. Para Mitra (2001) a diminuição na concentração de amido, em plantas sob déficit hídrico, pode estar ligada a ação das enzimas α e β -amilase, formando novos açúcares como a sacarose com o intuito de ajuste osmótico e a inativação da enzima chave na síntese de amido a ADP-glicose pirofosforilase. Oliveira Neto (2008), também observou redução nas concentrações de amido em plantas de sorgo sob deficiência hídrica em relação a planta controle.

O valor das médias dos teores de aminoácidos solúveis totais, no período seco, apresentaram uma elevação 423,54%, ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso (Tabela 5). Este fato se deve, provavelmente, ao aumento da atividade da enzima proteases, que quebram as proteínas de reservas em plantas expostas a períodos longos de déficit hídrico, aumentando com isso o teor de aminoácidos solúveis totais das mesmas, no intuito de se ajustar osmoticamente ao meio estressante (KERBAUY, 2004). Nath; Kumari; Sharma (2005) e Carvalho (2005) observaram aumentos significativos nos teores de aminoácidos em plantas de sorgo, pimenta e paricá, sob déficit de água. Segundo Correa et al, 1987, em seringueira, a prolina parece ser o aminoácido com maior contribuição para o aumento de aminoácidos em plantas sob déficit hídrico.

Da mesma forma houve um aumento de 20,85% nos teores de prolina nas folhas de mogno ($P \leq 0,05$) durante o período seco, em comparação com o período chuvoso (Tabela 5). Resultados Semelhantes foram observados por Lobato et al. (2008), Oliveira Neto (2008), Cordeiro (2007), Carvalho (2005) e Nogueira, et al. (2001) em plantas de feijão caupi, sorgo, paricá, mogno e acerola, respectivamente, submetidas ao déficit hídrico, os quais observaram um aumento nos teores de prolina com a diminuição de água no tecido foliar das plantas.

Os valores das médias das plantas analisadas no período seco tiveram uma redução nos teores de proteínas solúveis totais de 34% ($P \leq 0,05$) em comparação com as plantas analisadas no período chuvoso (Tabela 5). Este resultado está relacionado ao aumento da atividade de proteínas proteolíticas, que quebram as proteínas de reservas das plantas e da diminuição síntese de proteínas, haja vista, que o déficit hídrico afeta todo o seu processo bioquímico. A degradação das proteínas em aminoácidos, dentre esses a prolina, que está

diretamente ligada ao ajustamento osmótico do tecido foliar das células funciona como uma forma de defesa a falta de água (YORDANOV; VELIKOVA; TSONEV, 2000 e XIONG; SCUMAKER; ZHU, 2002).

A sacarose foi a substância que teve aumento mais expressivo, apresentando diferenças significativas nas interações entre tratamentos e períodos (Tabela 6). Os SAF1, SAF2, SAF3 não diferiram estatisticamente em relação às concentrações de sacarose no período seco, porém o SAF3 acumulou maior quantidade de sacarose em comparação com o SAF4 que não diferiu estatisticamente do SAF1 e SAF2 no referido período. Já no período chuvoso os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si com relação aos teores de sacarose, entretanto, todos os tratamentos apresentaram maiores concentrações de sacarose no período seco em comparação com o período chuvoso.

Tabela 6 - Interação dos teores de sacarose entre os tratamentos em dois períodos (seco e chuvoso) em folhas de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (SAFs)	Teor de sacarose (mmol sacarose g ⁻¹ MS)	
	Seco	Chuvoso
SAF1	737,05 ab A	311,22 a B
SAF2	737,61 ab A	348,30 a B
SAF3	845,47 a A	305,60 a B
SAF4	684,80 b A	412,90 a B

¹ Médias seguidas pela mesma minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2.3 Análises Químicas (Macronutrientes)

Os teores foliares de macronutrientes entre os SAFs não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$) (Tabela 7), independente do período analisado. Os valores das médias dos teores de N, Ca e Mg são considerados adequados para o mogno em todos os tratamentos estudados. Já os valores das médias de P, K e Ca mostraram-se abaixo dos níveis recomendados para as espécies florestais, observando Malavolta; Vitti; Oliveira (1997) que consideram como níveis adequados de macronutrientes para essências florestais em (g/Kg): N (12 a 35); P (1,0 a 2,3); K (10 a 14); Ca (3 a 12); Mg (1,5 a 5,0).

Tabela 7 - Médias dos teores foliares de macronutrientes em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os tratamentos (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4), Santa Bárbara-PA, 2007.¹

Tratamentos (SAFs)	N	P	K	Ca	Mg
g kg ⁻¹					
SAF1	15,98 a	0,78 a	4,05 a	24,20 a	1,87 a
SAF2	15,05 a	0,87 a	4,21 a	22,06 a	1,68 a
SAF3	15,11 a	0,83 a	4,95 a	24,37 a	1,64 a
SAF4	15,02 a	0,84 a	4,62 a	26,27 a	1,66 a

¹ Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados da comparação dos teores de macronutrientes, entre os períodos seco e chuvoso são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias dos teores foliares de macronutrientes em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os períodos em sistemas agroflorestais, Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Períodos	N	P	K	Na	Ca	Mg
g Kg ⁻¹						
Seco	14,07 b	0,76 b	3,70 b	0,98 b	27,16 a	1,87 a
Chuvoso	16,01 a	0,91 a	5,22 a	1,67 a	21,29 b	1,55 b

¹ Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o N foram observados maiores teores ($P \leq 0,05$) no período chuvoso (16,01 g/Kg) em comparação com o período seco (14,07 g/Kg), valores situados na faixa normal de referência para essências recomendado por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), porém abaixo dos teores de N (21,6 g/Kg) observado por Salvador et al. (1994), estudando sintomas de deficiências nutricionais em folhas velhas sadias de plantas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex.Spreng) K. Schum) cultivado em solução nutritiva.

O P apresentou teores significativamente superiores ($P \leq 0,05$) no período chuvoso (0,91 g/Kg) em comparação ao período seco (0,76 g/Kg). Segundo Marschner (1986), para o crescimento das plantas os teores ótimos de fósforo variam de 3 a 5 g/kg⁻¹ de P do peso de matéria seca. Já de acordo com Malavolta (1980) o teor de fósforo requerido pelas plantas varia dependendo da espécie e do órgão analisado, porém para o ótimo crescimento, de P na matéria seca. De maneira geral, sua exigência pelas plantas é de 1,0 a 5,0 g/Kg plantas, menor que a de N, K, Ca, e Mg, igualando-se à do enxofre.

Os resultados de K foram superiores ($P \leq 0,05$) no período chuvoso (5,22 g/Kg) em comparação com o período seco (3,70 g/Kg). Relato feito por Ulrich e Ohki (1996) citado por VIÉGAS, et al. (1998), mostra que os teores de potássio em plantas normais variam na faixa de 7 a 15 g/Kg de K, ou seja, os valores obtidos no presente estudo, tanto no período seco como no chuvoso, encontram-se abaixo dos valores normais de referência.

As concentrações de Ca no período seco (27,16 g/Kg) foram estatisticamente superiores ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso (21,29 g/Kg). De acordo com Marschner (1986), a concentração de cálcio nas plantas normais varia de 1 a 5 g/Kg de Ca. Silva (2006), estudando o crescimento de mudas de mogno sob doses crescentes de Ca, observou os maiores teores de cálcio nas folhas aos 211 dias 19,80 g/Kg

O Mg apresentou maiores teores no período seco (1,87 g/Kg) em comparação ao período chuvoso (1,55 g/Kg). Lima (2002), estudando o crescimento, composição mineral e sintomas de deficiência de macronutrientes em cupuaçuzeiro, observou teor de 7,75 g/Kg de Mg em folhas de plantas superiores e sem deficiência.

4.3 AVALIAÇÕES DE CRESCIMENTO DAS PLANTAS DE MOGNO NOS SAFs.

A análise da altura da planta e do diâmetro do caule do mogno (Tabela 9) não apresentaram diferença significativa entre os sistemas agroflorestais ($P > 0,05$), ou seja, os SAFs não afetaram o crescimento do mogno. Conde (2006), avaliando o controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* em sistema agroflorestal também não observou diferença em altura do mogno consorciado com outras meliáceas.

Tabela 9 – Médias de altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os tratamentos (SAFs) de 12/2004 a 12/2007 em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

(SAFs)	Altura (m)	Diâmetro (cm)
SAF1	3,91 a	4,57 a
SAF2	4,25 a	4,83 a
SAF3	4,14 a	4,86 a
SAF4	3,92 a	4,64 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por outro lado, a variável ano apresentou efeito altamente significativo no crescimento em altura e no diâmetro do mogno (Tabela 10). Os valores de crescimento apresentados pelo mogno aos 36 meses (7,17m) (Tabela 10) são superiores aos verificados

por Ohashi et al. (2005) que estudando o plantio do mogno (*Swietenia macrophylla* King) no estado do Pará para controle da broca das meliáceas (*Hypsipyla grandella* Zeller) observaram um crescimento de 3,56 m com 36 meses de idade. Guimarães Neto (2004) também observou menores valores de crescimento em altura de mogno em plantio homogêneo (3,27m) e consorciado (3,27 m) com 36 meses de idade na Fazenda Água Azul limpa, DF.

Tabela 10 – Médias de altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em sistemas agroflorestais, entre os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007 em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (SAFs)	Altura (m)	Diâmetro (cm)
2004	0,92 d	1,35 d
2005	2,85 c	3,65c
2006	5,28 b	5,85 b
2007	7,17 a	8,05 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apesar de apresentarem valores diferenciados, o incremento médio mensal em altura e diâmetro não diferiu estatisticamente ($P>0,05$) entre os sistemas agroflorestais (Tabela 11).

Tabela 11 - Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro do caule (cm) em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) entre os tratamentos (SAFs) nos anos de 2005, 2006 e 2007 em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (SAFs)	Altura (m)	Diâmetro (cm)
SAF1	0,18 a	0,19 a
SAF2	0,21 a	0,22 a
SAF3	0,19 a	0,21 a
SAF4	0,21 a	0,22 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios de incremento médio mensal em altura e diâmetro, entre os anos são apresentados na Tabela 12. Foi observado maior incremento médio mensal em altura ($P\leq 0,05$) no ano de 2006 (0,22m) em comparação aos anos de 2005 (0,18m) e 2007 (0,19m), os quais não diferiram estatisticamente entre si ($P>0,05$). Os resultados obtidos foram semelhantes aos observados por Batista (2005) que estudando a resistência do mogno no controle da broca das meliáceas em sistema agroflorestal, observou incremento médio mensal de 0,2 m em altura do mogno brasileiro consorciado com outras meliáceas no município de

Aurora do Pará (PA). Com relação ao diâmetro não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os três anos analisados.

Tabela 12 - Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro do caule (cm) de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), entre os anos de 2005, 2006 e 2007 em sistemas agroflorestais em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (Ano)	Altura (m)	Diâmetro (cm)
2005	0,18 b	0,21 a
2006	0,22 a	0,21 a
2007	0,19 b	0,21 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Guimarães Neto (2004) avaliando o crescimento do mogno em altura e diâmetro em sistemas homogêneo em comparação com plantio consorciado com Eucaliptus, verificou incremento médio mensal de 0,086 m no plantio homogêneo e de 0,057 m no plantio consorciado, respectivamente. Já Silva; Tucci; Hara (2007), estudando o efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King) em Latossolo amarelo verificaram crescimento médio mensal em altura de 0,68 m e de 0,012 m em diâmetro.

As médias dos incrementos mensais em altura e diâmetro, para os anos de 2005, 2006 e 2007, não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre os períodos seco e chuvoso (Tabela 13).

Tabela 13 - Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro (cm) para os anos de 2005, 2006 e 2007 plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King), em dois períodos (seco e chuvoso) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Tratamentos (Períodos)	Altura (m)	Diâmetro (cm)
Seco	0,19 a	0,22 a
Chuvoso	0,20 a	0,20 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% ($P>0,05$).

Na Tabela 14 são apresentados os valores dos incrementos médios mensais de altura e diâmetro da interação dos períodos com os anos. No período seco em 2007, os incrementos médios mensais em altura superaram ($P\leq 0,05$) os incrementos obtidos em 2005, entretanto foram semelhantes ($P>0,05$) a aqueles obtidos em 2006, os quais não diferiram ($P>0,05$) dos

incrementos obtidos em 2005. Já no período chuvoso, os valores dos incrementos médios mensais de 2006 foram superiores ($P \leq 0,05$) a aqueles obtidos para 2005 e 2007 que não diferiram estatisticamente entre si. Com relação à interação entre os períodos, em 2005 os incrementos médios em altura não diferiram ($P > 0,05$) entre os períodos seco e chuvoso. Em 2006 os incrementos médios mensais foram maiores ($P \leq 0,05$) no período chuvoso em relação ao seco. Já em 2007 foi o período seco que apresentou maiores incrementos médios mensais em altura ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso, valendo ser observado que neste ano as plantas transpiraram mais no período seco em comparação ao chuvoso, o que pode ter influenciado no maior incremento médio mensal em altura.

Tabela 14 - Incremento médio mensal em altura (m) e diâmetro (cm) para plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) da interação dos anos com os períodos (seco e chuvoso) em sistemas agroflorestais (SAFs) em Santa Bárbara, Pará. 2007¹.

Anos	Altura (m)		Diâmetro (cm)	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
2005	0,17 b A	0,18 bA	0,23 aA	0,19 b A
2006	0,18 ab B	0,26 aA	0,15 bB	0,28 aA
2007	0,22 a A	0,16 bB	0,24 aA	0,19 bB

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação ao diâmetro (Tabela 14), no período seco, os incrementos médios mensais de 2005 e 2007 não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$), porém foram superiores ($P \leq 0,05$) aos incrementos médios obtidos em 2006. Já no período chuvoso, os incrementos médios mensais em 2006 foram significativamente superiores a aqueles obtidos nos anos de 2005 e 2007, os quais não diferiram estatisticamente entre si ($P > 0,05$). Com relação à interação entre os períodos (Tabela 14), em 2005 os incrementos médios em diâmetro não diferiram ($P > 0,05$) entre os períodos seco e chuvoso. Em 2006 os incrementos médios mensais foram maiores ($P \leq 0,05$) no período chuvoso em relação ao seco. Já em 2007 foi o período seco que apresentou maiores incrementos médios mensais em diâmetro ($P \leq 0,05$) em comparação ao período chuvoso.

5 CONCLUSÕES:

Não foi observada diferença para os atributos químicos do solo, entre os SAF, porém foi verificada melhor fertilidade na camada superficial do solo no período chuvoso em comparação ao seco. O solo dos SAFs apresentou melhor fertilidade em comparação com o solo da floresta secundária, após 4 anos de implantação do sistema, provavelmente em função da adubação inicial e pelo aporte de nutrientes e de matéria orgânica deixado pelo plantio do feijão caupi e pelas espécies pioneiras, constantemente roçadas na área.

Considerando a média geral das medições biofísicas diárias no horário das 07:00 às 17:00 h, observou-se maiores valores da transpiração (E), condutância estomática (g_s) e condutividade hidráulica (K_L) no período seco, em comparação ao chuvoso, mesmo com menor potencial hídrico no xilema (Ψ_x) nas folhas, porém com maiores valores médios da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura da folha (T_{fol}), temperatura do ar (T_{ar}), Déficit de Pressão de Vapor d'água entre a folha e atmosfera (DPV_{FA}) e menores teores de umidade (UR), indicando maior relevância desses fatores ambientais para as medições biofísicas (E , g_s e K_L) ao longo do dia, em relação ao potencial hídrico do xilema (Ψ_x). Entretanto, no mesmo horário de coleta das folhas para as medições bioquímicas e químicas, ou seja, às 13:00 h, observou-se menores valores da transpiração (E), condutância estomática (g_s) e potencial hídrico no xilema (Ψ_x), no período seco em comparação ao chuvoso, indicando que no referido horário, houve predominância do potencial hídrico (Ψ_x) no controle da transpiração (E) e da condutância estomática (g_s), em relação aos demais fatores ambientais (RFA, T_{fol} , T_{ar} , UR e DPV_{FA}). Já para a condutividade hidráulica (K_L) não foi observada diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso no horário das 13:00 h.

O período seco, com maior déficit hídrico apresentou maiores concentrações de CST, Sacarose, AST, Prolina e menores teores de amido e PST, em comparação com o período chuvoso, ou seja, as plantas de mogno desenvolvem estratégias de defesa ao déficit hídrico para sobrevivência no período seco. O conteúdo de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) das folhas de mogno não foi afetado pelos Sistemas agroflorestais. As folhas de mogno apresentam conteúdos adequados de N, Ca, Mg e valores de P e K abaixo dos níveis recomendados para espécies florestais. O período chuvoso apresentou maiores concentrações de N, P, K e menores teores de Ca e Mg nas folhas, em comparação com o período seco.

O crescimento em altura e diâmetro não foi afetado pelos SAFs. Em 2005, os incrementos médios mensais em altura e diâmetro não diferiram entre os períodos. Já em 2006, o período chuvoso apresentou maior incremento médio mensal em diâmetro e altura. Em 2007 ocorreu maior incremento médio mensal de crescimento em altura e diâmetro no período seco em comparação ao chuvoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, P. de T. Agricultura apropriada para uso contínuo dos solos na região Amazônica. **Espaço Ambiente e Planejamento**, v.20, n.11, p.3-71, 1991.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. RODRIGUES, B. H. N.. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, p. 17-20, 2002.
- ARGANDONA, V. & PAHLICH, E. Water stress on proline content and enzyme activities in barley seedlings, **Phytochemistry**, Oxford, 30 (4):1093-4, 1991.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, Mar./Apr. 2004.
- ARAÚJO, J. P. P. et al. Cultura do caupi, [*Vigna unguiculata* (L.) Walp].; descrição e recomendações técnicas de cultivos. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82p. (EMBRAPA-CNPAP. **Circular técnica**, 18)
- BATISTA, T. F. C. Resistência induzida ao mogno brasileiro *Swietenia macrophylla* King por meliáceas resistentes no controle da broca *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) em consórcio e em Sistema agroflorestal. UFRA. **Tese de Doutorado**. 2005.
- BARLOW, E. W. R. Water relations of the mature leaf, In: DALE, J. F.; MILTHORPE, F. L. (Eds), **The growth and functioning of leaves**, Cambridge: University Press. p 315-345. 1983.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies, **Plant and Soil** v, 39. P. 205-207, 1973.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 1991.
- BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; QUINTINO, A. R.; FERNANDO, J. F. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro de 2006. www.ufersa.edu.br/caatinga.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, **Anal. Biochem.**, V, 72: 248-254, 1976.
- BRAY, E.A., et al. Responses to abiotic stresses, In: BUCHANAN, B., et al. (Ed.), **Biochemistry and molecular biology of plants**, Rockville: **American Society of plant physiologists**, 2000. 1158-1203 p.
- BRASIL, Presidência da República, Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto no 4.722, de 5 de junho de 2003b. **Estabelece critérios para exploração da espécie *Swietenia macrophylla* King (mogno), e dá outras providências**. Disponível em: [HTTP://www.planalto.gov.br/ccivil/03/decreto/2003/D4722.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/decreto/2003/D4722.htm). Acesso em: 24 nov. 2004.
- BRIENZA JÚNIOR, S. Freijó em sistemas agroflorestais. Belém, EMBRAPA-CPATU. **Circular Técnica** 38. 1982. 15p.
- CANTO, A. C. ; BRIENZA JÚNIOR, S. ; CORRÊA, M. P. F. **Consórcio de freijó com guaraná e culturas de ciclo curto**. Manaus, EMBRAPA-UEPAE. 3 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Pesquisa em andamento, 34). 1981.

- CARVALHO, C.J.R. Respostas de plantas de *Schizolobium amazonicum* [*S. parahyba* var. *amazonicum*] e *Schizolobium parahyba* [*Schizolobium parahybum*] à deficiência hídrica, **Revista Árvore** v, 29, p, 907-914, 2005.
- CASCARDO, J.C.M., OLIVEIRA, L.E.M.; ALVES, J. D. Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira, **Rev, Bras, Fisiol, Veg.**, 5(1):35-40, 1993.
- CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA, Jr., I. Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-PA. Pont à Pitre. Universidade dês Antilas Guianas. P.101-123. 1992.
- CALZAVARA, B. B G. **Cupuaçuzeiro (Recomendações Básicas)**. EMBRAPA – CPATU. Belém, PA. 1987.
- CONDE, R.A.R. Controle silvicultural e mecânico da broca do mogno *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 (Lepdoptera; Pyralidae) em sistema agroflorestal, Belém. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal Rural da Amazônia. 2006.
- CORREA, M.C.M; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.
- CORREA, A, F.F.; RANZINI, G, & FERREIRA, L,G,R. Relações entre o déficit hídrico e alguns processos fisiológicos e bioquímicos em quatro clones de seringueira, **Acta Amazônica**, Manaus, 16/17 (único): 3-12, 1986/87.
- CORDEIRO, Y., E. M. aspectos biofísicos e bioquímicos de plantas jovens de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) sob dois regimes hídricos, Belém. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal Rural da Amazônia. 2007.
- DAMATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R,S.; REGAZZI, A,J. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought, **Journal of Horticultural Science** v, 68, p, 741-746, 1993.
- DONOVAN, L,A.; WEST, J,B.; MCLEOD, K,W. Quercus species differ in water and nutriente characteristics in a resource-limited fall-line sandhill habitat, **Tree physiology** v, 20, p, 929-936, 2000.
- DUBOIS, M.; GILLES, K,A; HAMILTON, J,K; REBERS, P,A; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances, **Analitical Chemistry** v, 28, p, 305-356, 1956.
- DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRAF. 228 p. 1996.
- EMBRAPA-CPSN. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, nº 1).
- FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient up take by crop espécies in an oxisol. **Communications in Soil Science and Planta Analyses**, New York, v. 29, n.17. p 2675-2682, 1998.
- FALESI, I. C. **Solos da rodovia transamazônica**. Belém: IPEAN, 1972. 153 p. (IPEAN. Boletim Técnico, 55).
- FALESI, I. C., BAENA, A . R. C.; DUTRA, S. Conseqüência da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do nordeste paraense . Belém: Embrapa-CPATU, 1980. 49P. (EMBRAPA-CPATU. **Boletim de Pesquisa** 14.)

FALESI, I. C., GALEÃO, R. R. **Mogno-Africano *Khaya ivorensis* A. Chev. em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 52p.

FEARNSIDE, P.M. Avaliação e identificação das causas e dos agentes de desmatamento. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia.** Belém, 1992. **Anais.** Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N. Solo e desenvolvimento na Amazônia: lições do projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais. 2002. Disponível em: http://www.philip.inga.gov.br/publ_livres/mss%20.pdf. Acesso:18 jul abri.2007.

FERRAZ. Caracterização e Restauração de áreas degradadas. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia.** Belém, 1992. **Anais.** Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FERNANDES, E. C. M.; SERRÃO, E. A. S. Protótipo e modelos agrossilvipastoris sustentáveis. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia.** Belém, 1992. **Anais.** Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FERREIRA, C.P. **Atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal, Pará.** 2004. UFRA, Belém, 2004.Tese (Doutorado). 145 p.il.

FREIRE, A, L, O. Efeitos do déficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão de vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), Lavras, ESALQ, 1990. 86p, (Tese MS).

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-Caupi: Avanços tecnológicos.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 519p.

FREITAS, L. de SOUZA. Efeito de sistemas de manejo sobre as propriedades químicas e físicas do solo no cerrado do Sudeste Paraense. **Dissertação (Mestrado em Agronomia).** Universidade Federal Rural da Amazônia, 2005.

GLENN, D, M., SCORZA, R, BASSETT, C. Physiological and morphological traits associated with water use efficiency in the willow-leaf peach, **Hortsci.**, v,35, n,7, p, 1241-43, 2000.

GROGAN, J, E. Bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustained production from natural forests, Yale University School of Forestry & Environmental Studies, New Haven, CT, USA, **Tese de Ph.D**, 2001. 422 p.

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERISSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectivas de Manejo.** Belém: Imazon, 2002. 56p.

GUIMARAES NETO, Assis Brasil, Felfili, Jeanine Maria, SILVA, Gilson Fernandes da *et al.* Avaliação do plantio homogêneo de mogno, *Swietenia macrophylla* King, em comparação com o plantio consorciado com *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, após 40 meses de idade. **Rev. Árvore**, Nov./Dec. 2004, vol.28, no.6, p.775-784. ISSN 0100-6762

HAMMOND, J. Z. & BURTON, K. S. Leaf starch metabolism during the growth of pepper (*Capsicum annuum*) plants. **Plant Physiol.** 73: 61-65, 1983.

- HUBBARD, R.M.; BOND, B.J.; RYAN, M.G. Evidence that hydraulic conductance limits photosynthesis in old *Pinus ponderosa* trees, **Tree Physiology** v, 19, p, 165–172, 1999.
- INOUE, M.T. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*, **IPEF**, n.40, 1989.15p.
- INOUE, M. T. Estudo comparativo da fotossíntese, transpiração e resistência difusa em clones jovens de *Populus nigra* e *P. trichocarpa* em relação à radiação solar, **Rev, Bras, Fisiol, Veg.**, 1(1):25. 1998.
- INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual Internacional de Fertilidade do solo/ Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes.** – 2ed., ver. e ampl. – Piracicaba: POTAFOS, 1998.
- JAGER, H, J, & MEYER, H, R. Effect stress on growth and proline metabolism of *Phaseolus vulgaris* L, **Oecologia**, 30:83-96, 1977.
- JARDIM, F. C. S.; RIBEIRO, G. D.; ROSA, L. S. Avaliação preliminar de sistema agroflorestal no projeto água verde, Albrás, Barcarena, Pará-I. **Rev. ciênc. Agrár.**, Belém, n.41, p.25-46, jan/jun. 2004.
- JÚNIOR, P, A, V.; NETO, D.D.; OLIVEIRA, R,F, PERES, L,E,P; MARTIN, T,N.; MANFRON, P, A.; BONNECARRERE, R,A,G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico, **Acta Sci, Agron**, Maringá, v, 29, n, 4, p, 555. 2007.
- JÚNIOR, J, A, ; DA SILVA, C, R, RIBEIRO, R, V.; FOLEGATTI, M, V. Crescimento de plantas jovens de limeira ácida ‘tahiti’ sob lâminas de irrigação, **Eng, Agríc.**, Jaboticabal, v,25, n,1, p,170. 2005.
- KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field Crops Research**. 62: 225-237, 1999.
- KERBAUY, G,B. **Fisiologia Vegetal**, ed, GUANABARA KOOGAN :Rio de Janeiro, 2004.
- KIEHL,E. J. **Manual de edafologia: Relações solos planta**. Editora Agrônômica Ceres, LTDA: São Paulo, 1979.
- KRISHNAMURTHY, L.; AVILA, M. **Agroflorestaria básica**. Ed Seria. Textos básicos para la formación ambiental. n.3. 314p. 1999.
- KUMAR, P.B.A.N.; DUSHENKOV, V.; MOTTO, H. Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. **Environmental Science Technology**, v.29, p.1232-1238, 1995.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas species arbóreas – possibilidade e método de aproveitamento sustentado**. 1990.
- LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**, London: Academic Press, 1986, 198 p,
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**, São Carlos, RiMa Artes e Textos. 2000, 531p.
- LIMA, M. M. Crescimento, composição mineral e sintomas de deficiência de macronutrientes em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandifolium*). **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2002.

LORENZI, HARRI. **Árvores brasileiras : manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, Vol, 1, 4 ed, Nova Odessa , SP: Instituto Plantarum, 2002.

LOBATO, A,K,S; OLIVEIRA NETO, C,F; COSTA,R,C,L; SANTOS FILHO, B,G; CRUZ,F,J,R; LAUGHINGHOUSE IV, H,D. Biochemical and physiological behaviour of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, Under water stress during the vegetative phase, **Asian Journal of Plant Sciences**, 7 (1): p,44-49, 2008.

LOUREIRO, A.A.; SILVA,M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia. Manaus : INPA**, 1979. 245p.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo da cultura do “feijão macassar”, fisiologia, ecologia e tecnologia da produção. In: **CURSO DE TREINAMENTO PARA PESQUISADORES DE CAUPI**, I., Goiânia, 1979. Assuntos. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1979.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS, 319p. 1997.

MARQUES, L. C. T.; FERREIRA, C. P.; CARVALHO, E. J. M. Sistema agroflorestal em área de pequeno produtor na região do Tapajós, Estado do Pará: avaliação após doze anos de implantação Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 19p (Embrapa Amazônia Oriental. **Documentos**, 99).

MARTINEZ, J,P; LUTTS,S; SCHANCK,A, BAJIL, M, KINET,L,M, Is osmotic adjustment required for water stress resistance in the Mediterranean shrub *Atriplex halimus* L, v,34,p33. 2007.

MARTIN, C,E; LIN, K,C; HSU, C,C; CHIOU, W,C, 2004, Causes and consequences of high osmotic potentials in epiphytic higher plants, **Journal of Plant Physiology**, 161:1119-1124, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.

MAZZOCATO, et al. (2002). TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO EM PLÂNTULAS DE MILHO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.19

Mc DERMIT, D,K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data, **HortScience**, Alexandria, v, 25, n, 12, p, 15-38. 1989.

MEDINA, L,M; MACHADO, E,C; GOMES, M,M, A, Condutancia estomática transpiração e fotossíntese em laranja valencia, sob déficit hídrico, **Rev, Bras, Fisiol, Veg**, 11(1):29-34, 1989.

MELO, F. B.; ITALIANO, E. C.; CARDOSO, M. J. Influência a saturação por alumínio e níveis de fósforo na produção de feijão macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO PIAUI. 1998, Teresina. Teresina: Embrapa/ UEPAE de Teresina, 1988 (Embrapa-UEPAE de Teresina. **Documentos**, 9).

MITRA, J, Genetics improvement of drought resistance of crop plants, **Current Science**,v,80,p,758. 2001.

MORAIS, R, R. Ecofisiologia de espécies arbóreas crescidas sob condições de plantios na Amazônia Central, 158f, **Tese de doutorado** (Conclusão da tese de doutorado na área de Botânica). 2003.

- MOREIRA, A., MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. Agropec. Bras.** vol.39 no.11 Brasília Nov. 2004.
- MORGAN, J, M. **Osmoregulation and water stress in higher plants**, *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 35:299. 1984.
- MONTAGNINI, F. et. al. **Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones en los tropicos**. 2ª. ed. - San José, Costa Rica: IICA, 1992. 622p.
- MUZILLIO, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.
- NAIR, P, K, R. **An introduction to Agroforestry**, Dordrecht: Kluwer, ICRAF, 1993. 499 p.
- NATH, A, K.; KUMARI, S.; SHARMA, D, R. In vitro selection and characterization of water stress tolerant cultures of bell pepper. **Indian Journal Plant Physiology**. v.10, p.14-19, 2005.
- NIU, X.; BRESSAN, R, A. ; HASEGAWA, P, M, & PARDO, J, M. Ion Homeostasis in NaCl Stress Environments, **Plant Physiology**, 109:735-742, 1995.
- NOGUEIRA, R, J, M, C.; MORAES, J, A, P, V. ; BURITY, H, A; NETO E, B. Alterações na resistência difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água, **R, Bras, Fisiol, Veg.**, 13(1):75-87, 2001.
- NOGUEIRA, R.J.M.C. Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos-SP. 207p. **Tese Doutorado. 1997**
- NEVES, Yonara Poltronieri et al. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Rev. Árvore**, vol.31, no.4, p.575-588. 2007.
- OHASHI, O.S. et al. Danos e controle da broca de *Hypsipyla grandella* em plantio de mogno *Swietenia macrophylla* no estado do Pará. In: Poltroniere, L.S; Trindade, D.R; Santos, I.P.(org.). **Pragas e doenças de cultivares amazônicos**. Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2005. v. 1,.
- OLIVEIRA NETO, C, F. Crescimento, produção e comportamento fisiológico e bioquímico em plantas de sorgo (*Sorgum bicolor* [L] Moench) submetidas à deficiência hídrica, Belém, 2008, **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade Federal Rural da Amazônia.
- OSAKI, F. **Calagem e adubação**. Campinas. Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.
- PAIVA, Auricleia S., FERNANDES, Edemo J., RODRIGUES, Teresinha J. D. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Eng. Agríc.**, Jan./Apr. 2005, vol.25, no.1, p.161-169. ISSN 0100-6916.
- PAVAN, M. A.; MIYZAWA, M. **Análises químicas do solo: Parâmetros para interpretação**. Londrina: IAPAR, 1996. 48p. (IAPAR).
- PATAKAS, A, et al. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines, **Plant Sci.**, Chicago, v, 163, p, 361-367, 2002.
- PATÍÑO, V, F,. **Recursos genéticos de especies de la familia Meliaceae en los neotrópicos: prioridades para acciones coordinadas**, Roma:FAO, 1996. 120p.

- PASIN, N. H.; SANTOS FILHO, B. G., DOS SANTOS, D. S., MELLO, V. D. Desempenho de Sementes de Feijão provenientes de plantas submetidas a déficit hídrico em dois estádios de crescimento, **Pesq, Agropec, bras.**, Brasília, 26 (2): 183-192, Fev, 1991,
- PASSIOURA, J.B. Drought and drought tolerance. In: BELHASSEN, E. (Ed.). Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis. **Dordrecht: Kluwer**, 1997. p.1
- PEOPLES, M. B., FAIZAH, A.W., REAKASEM, B.; HENRIDGE, D.F., 1989. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field**, Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1989, 76 p.
- PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. Agric**, v.57, n.3, 2000.
- PEREZ, A. M.M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25, n.1, p.25. 2004.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 12a Ed, São Paulo: Ed, Nobel, 1978. 467 p,
- PINHEIRO, A.L.; LANI, J.L.; COUTO, L. **Cedro-australiano: cultivo e utilização (*Toona ciliata* M. Roem, Var. *australis* (F. Muell) Bahadur**. Viçosa: UFV. 2003. 42p.
- PORTO, M, C, M. Condutância Foliar em Cultivares de mandioca, **Rev, Bras, Fisiol, Veg.**, 1(1):93. 1989.
- QUICK, P.; SIEGL, G.; NEUHAUS, E.; FEIL, R. & STITT, M. Short-term water stress leads to a stimulation of sucrose synthesis by activating sucrose-p hosphate synthase, **Planta**, New York, 177-535-46, 1989.
- RAIJ, B. V.; CANTARELA, H. QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas. Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).
- RADAMBRASIL. **Folha SA. 22 – Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, DNPM [Levantamento de Recursos Naturais, V.5. 1974.
- RODRIGUES, R. C. Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por meliáceas, utilizadas como indicadores biológicos da qualidade do solo. **Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – UFRA**, 2006.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. The photosynthesis-transpiration compromise. In: SALISBURY, F. B. ; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4 nd. California: Wadsworth, 1992. p.66-92.
- SALVADOR, J. O; MURAOKA, T. ROSSETTO, R; RIBEIRO, G. de A. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**, v. 51, n. 3, p. 407-414, 1994.

APÊNDICE E – Quadrados médios e significância das análises químicas (macronutrientes) nas folhas das plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) em Santa Bárbara-PA. 2007¹.

Fonte de Variação	G.L	Quadrados médios					
		Fatores químicos da folha					
		N	P	K	Na	Ca	Mg
Bloco (blc)	4	0,74 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,114 ^{ns}	84,38 ^{ns}	0,122 ^{ns}
Período (per)	1	37,42 ^{**}	0,22 ^{**}	23,05 ^{**}	4,69 ^{**}	344,92 ^{**}	1,046 ^{**}
Tratamentos (SAFs)	3	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,021 ^{ns}	29,61 ^{ns}	0,123 ^{ns}
SAFs*per	3	0,53 ^{ns}	0,008 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,177 ^{ns}	58,00 ^{ns}	0,037 ^{ns}
Resíduo	28	0,496	0,017	1,19	0,174	40,57	0,135
Total	39						
Média		15,04	0,84	4,46	1,33	24,22	1,71
C.V		10,16	15,89	24,44	31,33	26,29	21,51

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

SANTOS, E. E. F.; SANTOS, M.H.L. Influência do tempo de cultivo nas características químicas de um latosso no Oeste baiano. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 29. Ribeirão Preto, **Anais**. Ribeirão Preto: SBCS, CD.1996.

SANTOS, S,H,M, dos, Comportamento fisiológico de plantas jovens de espécies vegetais sob diferentes regimes de água no solo, LAVRAS: UFLA, 117 p, (**Tese-Mestrado em Fisiologia Vegetal**), 1996.

SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 57p. 1974.

SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F.J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**. 2(10): 26-32,1984.

SENA, W. L. Avaliação dos atributos químicos e carbono microbiano de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais em comparação com a floresta secundária, Marituba, Pará. 2006. UFRA, Belém, 2006.**Tese (Doutorado)**. 103 p.il.

SIDIRAS, N.; PAVAN,N. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo vivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 10, n. 3, p. 181-184, 1986.

SILVA, S. A. S. Crescimento, teor de cálcio e controle da broca *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848, no mogno (*Swietenia macrophylla*, King) em sistema hidropônico sob doses crescentes de cálcio. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – UFRA, 2006.

SILVA, J.B.C. da; NOVAIS, R.F. de; SEDIYAMA, C.S. Comportamento de genótipos de soja em solo com alta saturação de alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.287-298, 1984.

SILVA, J. A.; LEITE, E.J.;SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I. **Banco de germoplasma de Espécies Florestais Nativas do Campo Experimental Sucupira Mogno (*Swietenia macrophylla* King) Meliaceae**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005.

SILVA, Wellington Gomes da, TUCCI, Carlos Alberto Franco, HARA, Francisco Adilson dos Santos *et al.* Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King) em Latossolo amarelo. **Acta Amaz.** vol.37, no.3, p.371-376. 2007.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A.D.A.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico, **Acta bot, bras.**, v, 17, n, 2, p, 231-246, 2003.

SILVA, G. R.; SILVA Jr., M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta Amaz.**, 2006, vol.36, no.2, p.151

SILVEIRA, J, A, G, ; COSTA, R, C, L, ; VIEGAS, R, A, ; OLIVEIRA, J, T, A, , FIGUEIREDO, M, V, B, N- compound accumulation and carbohydrate shortage on N₂ fixation in drought-stressed and rewatered cowpea plants, **Spanish Journal of Agricultural Research**, V 3, n 1, pag, 65-75. 2003.

SMITH, N. J. H.; FALES, I. C.; ALVIM, P. T.; SERRÃO, E. A. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: innovation and resiliency in pioneer and older settled areas. **Ecological Economics**. 1996. 15-27p.

SUDAM. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, PA, 125 p. 1984.

STRECK, N.A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **R. bras. Agrociência**, v. 9, n. 4, p. 317-322, out-dez, 2003.

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

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; DARDENGO, M.C.J.D.; EFFGEN, T. A. M. Comportamento Fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa, **Cerne**, Lavras, v, 13, n, 2, p, 149-159, abr./jun, 2007.

TATAGIBA, S.D.; PEZZOPANE, J.E.M. ; REIS, E.F. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção Precoce de clones de eucalipto para ambientes com Diferenciada disponibilidade de água no solo. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008.

TSUKAMOTO FILHO, A.A. et, all. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com toona (*Toona ciliata*) e cafeeiro (*Coffea arabica*) implantado na região da zona da mata de Minas Gerais: Um estudo de caso. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. Anais... Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Room.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Australian Journal of Planta Physiology*, Melbourne, v.13, n.1, p.175-190, 1986.

VEIGA, J. B.; HEBETTE, J. Produção Sustentada da Agropecuária Integrada. In: **SIMDAMAZÔNIA: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia**. Anais. Belém: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245, 1992.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose, **Anal Biochemical**, V, 22:280-283, 1968.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T. C. dos. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**, São Paulo, 1987, Agronômica Ceres.

VIEIRA, L.S. & M.N.F. VIEIRA. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, SP, 1983. 319 p.

VIÉGAS, I. de J. M; CARVALHO, J. G. de; BRASIL, E. C; SANTIAGO, E. A. de. Sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Starf.). Belém: Embrapa-CPATU, 1998, p.1-5. (Embrapa-CPATU. **Comunicado Técnico**, 84).

XIONG, L.; SCUMAKER K, S.; ZHU J-K. Cell signaling during cold, drought and stress, **The Plant Cell**. 14: 165-183, 2002.

WAGATSUMA, T.; ISHIKAWA, S.; OBATA, H., et al. Plasma membrane of younger and outer cells is the primary specific site for aluminum toxicity in roots. **Plant and Soil**, v.171, p.105-112, 1995.

WHITMORE, J.L. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (caoba, mahogany), In: D.H, Janzen, Ed., *Costa Rican Natural History*, University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, pp, 331. 1983.

YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. Potássio na Agricultura Brasileira. **Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato (EUA) e Instituto Internacional da Potassa (Suíça) 1982. 555p.**

YORDANOV I.; VELIKOVA V.,; TSONEV, T, Plant response to drought, aclimatation and stress tolerance. **Photosynthetica**, 38:171. 2000.

YOUNG, A. **Agroforestry for conservation**. CAB International, Wallingford, UK. 1989.

ZAIFNEJAD, M.; CLARK, R.B.; SULLIVAN, C.Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.338-344, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Quadros médios e significância dos atributos químicos do solo dos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) em Santa Bárbara-PA, 2007.

Quadros Médios													
Fonte de Variação	G.L	Atributos Químicos do solo											
		pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
Bloco (blc)	2	0,13 ^{ns}	405,99 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,31 ^{ns}	3,61 ^{ns}	3,08 ^{ns}	521,20 ^{ns}
Tratamentos (SAFs)	3	0,09 ^{ns}	84,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	2,84 ^{ns}	1,49 ^{ns}	4,08 ^{ns}	282,96 ^{ns}
blc*SAFs	6	0,07 [*]	97,49 ^{**}	0,51 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,42 ^{**}	0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,29 ^{ns}	1,23 ^{**}	4,89 ^{**}	102,15 ^{ns}
Profundidade (prof)	2	0,41 ^{**}	687,87 ^{**}	2,51 [*]	0,001 ^{**}	0,0008 ^{**}	6,06 ^{**}	0,51 [*]	0,41 [*]	0,55 ^{ns}	10,47 ^{**}	15,49 ^{**}	1080,4 ^{**}
SAFs*prof	6	0,02 ^{ns}	6,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	22,61 ^{ns}
Período (per)	1	2,38 ^{**}	43,28 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,003 ^{**}	0,0003 [*]	0,89 ^{**}	0,42 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,66 ^{**}	3,78 ^{ns}	399,31 ^{ns}
SAFs*per	3	0,17 [*]	13,88 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	3,38 [*]	0,19 ^{ns}	2,01 ^{ns}	273,14 ^{ns}
prof*per	2	0,02 ^{ns}	19,09 ^{ns}	1,43 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,23 ^{ns}	22,68 ^{ns}
SAFs*prof*per	6	0,02 ^{ns}	4,74 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	20,19 ^{ns}
Resíduo	40	0,03	16,48	0,34	0,000	0,000	0,06	0,09	0,02	0,66	0,23	0,59	65,33
Total	71												
Média		5,41	17,80	1,514	0,043	0,036	1,39	0,66	0,32	3,45	2,13	5,58	37,72
C.V		3,13	22,81	38,45	19,87	18,79	17,32	44,37	41,88	23,49	22,40	13,82	21,42

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

APÊNDICE B – Quadros médios e significância dos fatores experimentais das características do solo dos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3, SAF4) em comparação com o solo da floresta secundária (SF) em Santa Bárbara-PA, 2007.

Quadros Médios														
Fonte de Variação		Atributos químicos do solo												
G.L	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m	
Tratamentos (SAFs)	1	8,43 ^{**}	116,87 ^{ns}	0,001 [*]	0,002 [*]	13,07 ^{**}	1,33 [*]	5,83 ^{**}	59,84 [*]	22,03 ^{**}	9,25 ^{ns}	7357,11 ^{**}	18885,1 [*]	
blc*SAFs	10	0,08 ^{ns}	118,79 ^{**}	0,0002 [*]	0,0001 [*]	0,21 ^{ns}	0,178 [*]	0,06 [*]	7,59 ^{**}	0,79 [*]	9,10 ^{**}	119,69 ^{ns}	71,20 ^{ns}	
Profundidade (prof)	2	0,26 [*]	780,84 ^{**}	0,001 ^{**}	0,001 ^{**}	5,43 ^{**}	0,47 [*]	0,46 ^{**}	1,29 ^{ns}	9,49 ^{**}	17,73 ^{**}	907,27 ^{**}	2194,38 ^{**}	
SAFs*prof	2	0,21 ^{ns}	5,88 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,64 [*]	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,03 [*]	0,09 ^{ns}	182,29 ^{ns}	92,68 ^{ns}	
Período (per)	1	2,72 ^{**}	31,50 ^{ns}	0,003 ^{**}	0,0002 [*]	0,92 [*]	0,38 [*]	0,04 ^{ns}	2,23 ^{ns}	2,62 ^{ns}	9,69 [*]	276,09 ^{ns}	262,42 ^{ns}	
SAFs*per	1	0,00 ^{ns}	14,89 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	10,83 [*]	0,10 ^{ns}	8,85 ^{ns}	167,73 ^{ns}	51,89 ^{ns}	
prof*per	2	0,01 ^{ns}	21,87 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,32 ^{ns}	17,59 ^{ns}	48,011 ^{ns}	
SAFs*prof*per	2	0,03 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	6,47 ^{ns}	3,32 ^{ns}	
Resíduo	40	0,04	24,21	0,000	0,000	0,11	0,09	0,02	0,89	0,33	1,082	76,04	72,05	
Total	71													
Média		5,26	17,23	1,55	0,04	0,04	1,20	0,59	0,45	3,86	1,88	5,75	33,20	23,02
C.V		3,75	28,56	36,98	20,40	18,36	27,80	49,66	33,89	24,38	30,71	18,11	26,26	36,88

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

APÊNDICE C – Quadrados médios e significância dos variáveis e ecofisiológicas biofísicas, transpiração (E), condutância estomática (g_s), potencial hídrico (ψ_x) e condutividade hidráulica (K_L), em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) em Santa Bárbara-PA. 2007¹.

Fonte de Variação	G.L	Quadrados médios			
		Fatores ecofisiológicos			
		E	g_s	ψ_x	K_L
Bloco (blc)	4	194,882 ^{ns}	2,088 ^{ns}	0,217 ^{ns}	0,3867 ^{ns}
Tratamentos (SAFs)	3	163,766 ^{ns}	1,512 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,228 ^{ns}
blc*SAFs	12	48,359 ^{ns}	0,922 ^{ns}	0,075 ^{ns}	0,126 [*]
Período (per)	1	705,701 ^{**}	108,541 ^{**}	19,505 ^{**}	0,898 ^{**}
SAFs*per	3	78,443 ^{ns}	0,974 ^{ns}	0,032 ^{ns}	0,109 ^{ns}
Horário (hor)	5	1130,553 ^{**}	13,167 ^{**}	11,473 ^{**}	1,273 ^{**}
SAFs*hor	15	35,052 ^{ns}	0,538 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,061 ^{ns}
per * hor	5	428,032 ^{**}	8,256 ^{**}	1,865 ^{**}	1,195 ^{**}
SAFs*per*hor	15	47,891 ^{ns}	0,715 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,042 ^{ns}
Resíduo	176	48,958	0,757	0,126	0,069
Total	239				
Média		22,48	1,81	1,65	0,35
C.V		31,12	48,03	21,45	73,72

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

APÊNDICE D – Quadros médios e significância dos fatores bioquímicos, carboidratos solúvel total (CST), sacarose, amido aminoácido solúvel total (AST), prolina e proteína solúvel total (PST) em plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) nos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) em Santa Bárbara-PA. 2007¹.

Fonte de Variação	G.L	Quadros Médios				
		CST	Sacarose	Amido	AST	PST
Bloco (blc)	4	0,192 ^{ns}	9442,374 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,362 ^{ns}	1,192 ^{ns}
Tratamentos (SAFs)	3	0,154 ^{ns}	4513,194 ^{ns}	0,005 ^{ns}	5,565 ^{ns}	0,992 ^{ns}
blc*SAFs	12	0,589 ^{ns}	10306,419 ^{ns}	0,001 ^{ns}	3,687 ^{ns}	1,282 ^{ns}
Período (per)	1	21,389 ^{**}	1,654 ^{**}	0,102 ^{**}	1040,196 ^{**}	33,215 ^{**}
SAFs*per	3	0,065 ^{ns}	30477,042 [*]	0,0003 ^{ns}	2,951 ^{ns}	1,405 ^{ns}
Resíduo	16	0,496	5953,868	0,0013	1,816	2,258
Total	39					
Média		2,05	547,867	0,383	7,51	9,65
C.V		34,36	14,083	9,691	17,95	15,57

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.

APÊNDICE F – Quadrados médios e significância dos Incrementos médio em altura e diâmetro em plantas de mogno (Swietenia nos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

Quadrados médios		
Fonte de Variação	G.L	Fatores silviculturais
		Incremento médio em altura Incremento médio em diâmetro
Bloco (blc)	4	0,002 ^{ns} 0,003 ^{ns}
Tratamentos (SAFs)	3	0,006 ^{ns} 0,006 ^{ns}
blc*SAFs	12	0,002 ^{ns} 0,004 ^{ns}
Ano (ano)	2	0,019 [*] 0,000 ^{ns}
SAFs*ano	6	0,003 ^{ns} 0,003 ^{ns}
Período (per)	1	0,002 ^{ns} 0,007 ^{ns}
SAFs*per	3	0,011 [*] 0,006 ^{ns}
ano*per	2	0,060 ^{**} 0,093 ^{**}
SAFs*per*ano	6	0,003 ^{ns} 0,005 ^{ns}
Resíduo	78	0,003 0,005
Total	117	
Média		0,19 0,21
C.V		30,55 32,99

*= Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** = Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns = não significativo.