

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

**PLANTIOS DE *Hymenaea courbaril* L. EM ÁREA ALTERADA NA REGIÃO
DE MANAUS: INFLUÊNCIA DOS FATORES DE SÍTIOS DO SOLO NOS
ESTOQUES DE BIOMASSA, NUTRIENTES E NA FOTOSSÍNTESE**

RODRIGO PINHEIRO BASTOS

Manaus, Amazonas

Abril, 2011

RODRIGO PINHEIRO BASTOS

**PLANTIOS DE *Hymenaea courbaril* L. EM ÁREA ALTERADA NA REGIÃO
DE MANAUS: INFLUÊNCIA DOS FATORES DE SÍTIOS DO SOLO NOS
ESTOQUES DE BIOMASSA, NUTRIENTES E NA FOTOSSÍNTESE**

ORIENTADOR: JOÃO BAPTISTA SILVA FERRAZ, Dr.

CO-ORIENTADOR: JOSÉ FRANCISCO DE C. GONÇALVES, Dr.

Fonte financiadora: INPA/PRJ 12.51
Bolsa: CAPES/INCT

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre na área de concentração: Recuperação de Áreas Degradadas.

Manaus, Amazonas

Abril, 2011

B327

Bastos, Rodrigo Pinheiro

Plantios de *Hymenaea courbaril* L. em área alterada na região de Manaus: influência dos fatores de sítios do solo nos estoques de biomassa, nutrientes e na fotossíntese / Rodrigo Pinheiro Bastos. --- Manaus : [s.n.],2011. xii, 100 f. : il. color.

Dissertação(mestrado) -- INPA, Manaus, 2011

Orientador : João Batista Silva Ferraz

Co-orientador : José Francisco de C. Gonçalves

Área de concentração : Recuperação de Áreas Degradadas

1. Áreas degradadas – Recuperação. 2. Jatobá. 3. Reflorestamento. 4. Ecofisiologia – Amazônia. I. Título.

CDD 19. ed. 634.9

Sinopse:

O objetivo desse estudo foi investigar a influência de diferentes tipos de sítio do solo nos estoques de biomassa, nutrientes e na fotossíntese em plantios de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) sobre área degradada pela agricultura na região de Manaus, AM

Palavras-chave: jatobá, reflorestamento, ecofisiologia, restauração, Amazônia

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus eternos mestres:

Waldomiro, Cidnéia e Adriana.

AGRADECIMENTOS

Ao INPA - Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais pela vivência;

Ao INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Madeiras da Amazônia e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida;

Ao meu orientador Dr. João Ferraz, pela disciplina, competência, confiança, respeito e acima de tudo amizade;

Ao co-orientador Dr. José Francisco, pelos conselhos e por me ensinar a arte da Fisiologia Vegetal;

Aos professores do Programa de Ciências de Florestas Tropicais pelos conhecimentos transmitidos;

À Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales pela concessão da área de estudo e apoio durante a realização do experimento;

Aos meus exemplos de humildade e amor, amados pais e irmã, pelo total e incondicional apoio nessa jornada científica no coração da Amazônia;

À família que podemos escolher. Chamo-a de amigos

À grandiosa equipe do grupo RRAD (CPST/INPA): Jair, Karen, Maurício, Jhenyfer, Patrícia;

A toda equipe do LTSP (INPA): Edvaldo, Orlando, Raimundo e Cláudia pela ajuda na fase laboratorial;

À equipe do Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Vegetal: Vanderlei, Saul, Gilberto, Larissa, Flávia, Rebeca, Ana, Lourayne e ao Carlos, pelas excursões de coleta dos dados e ensinamentos do IRGA;

Aos futuros mestres e doutores das turmas do CFT, e dos demais programas de pós-graduação do INPA, sem esquecer, claro, da melhor secretária do Instituto, Valdecira, pela paciência, carinho e pelos momentos de descontração;

Às super amigas: uma goiana Claryana Araújo, especialista em Botos, por como saber fazer ciência com responsabilidade e inteligência, sem perder a

paciência; e à mineirinha Raiane Viana por sua humildade, solidariedade e exemplo de perseverança;

À minha namorada Jaqueline Dranka, por fazer dos momentos de estresse tranquilos e dos momentos tranquilos, pura felicidade. Sempre com palavras de apoio, incentivo e muito carinho;

Aos meus eternos amigos-irmãos-goianos: Pedro Maia (Djames), Gustavo Lorente (Malarvino) e Ricardo Vilela (The Monkey) pela honra de saber na essência como é ser do mesmo sangue.

Aos companheiros/amigos de república: Robson (Xiru), Gustavo (Canelídeos), Pedro (Krainovic), Rafael (Lost) e aquele que foi o “canga” da selva de pedra, Manaus desde 2008: Stieger;

Resumindo, a todos aqueles que de alguma forma estão presentes nessa dissertação e que proporcionaram a realização deste trabalho e curso, digo:
FELIZ É O HOMEM QUE AGRADECE AQUELES QUE O AJUDAM!

RESUMO

Este trabalho descreve a influência de tipos de adubação em uma área degradada e reflorestada com *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), uma espécie florestal de múltiplo uso.

No **Capítulo I** os objetivos foram determinar as características morfológicas, físico-químicas do solo e a biomassa nos plantios de *H. courbaril*. Os plantios foram realizados nos meses de abril nos anos de 2001 e 2002. O primeiro, no espaçamento de 3 x 2 m, sendo uma parte sem qualquer adubação, tratamento (SA). O segundo, também no espaçamento de 3 x 2 m, numa outra parte com um histórico de adubação orgânica, tratamento (AO). O terceiro plantio (2002), no espaçamento de 5 x 2 m, teve adubação química (AQ) com 150 g/cova de Fosmag® (NPK 15:5:10, +B e S) durante o plantio e nos quatro anos seguintes, com a mesma dosagem. O solo na área do experimento é um Latossolo Amarelo, oligotrófico, muito argiloso.

A eficiência da adubação orgânica (AO) sobre as características químicas do solo degradado foi notável. Os teores de macro e micronutrientes nas camadas superficiais do solo desse tratamento sempre foram maiores do que nos outros dois tratamentos (p. ex. N: 2,48 g kg⁻¹ AO; 1,77 g kg⁻¹ AQ e 1,36 g kg⁻¹ SA). A influência da AO foi observada até horizontes mais profundos do perfil de solo (50 cm). Os valores de pH, tanto em H₂O quanto em KCl, foram maiores quando os valores de carbono eram menores, sempre em horizontes mais profundos. O estoque de biomassa foi cerca de 20 vezes maior nos indivíduos de *H. courbaril* no tratamento AO (273 Mg ha⁻¹) do que no SA (13 Mg ha⁻¹). Esse estoque sempre foi maior nos compartimentos troncos e galhos finos, nos três tratamentos.

No **Capítulo II** os objetivos foram determinar os estoques de nutrientes nos compartimentos das árvores e investigar as variáveis ecofisiológicas nos plantios de *H. courbaril* em área degradada sobre processo de restauração com a influência de três históricos de adubação. Os indivíduos de *H. courbaril* analisados foram os mesmos do Capítulo I.

Os estoques de nutrientes foram nitidamente maiores nos indivíduos do plantio com adubação orgânica para todos os nutrientes p. ex P: 46,55 g/arv AO; 13,97 g/arv AQ e 4,24 g/arv SA. O compartimento tronco estocou grande

parte dos nutrientes, mas sempre menor que 50 % do estocado total em média por árvore. O compartimento que mais estocou nutrientes nos três plantios foi Galhos Finos ($\varnothing < 10$ cm). Os maiores valores de $A_{\text{máx}}$ também foram encontrados nas árvores dos plantios do tratamento AO (14,28 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ AO; 11,35 AQ e 9,58 SA). Também para o tratamento AO, foram encontrados os maiores valores de eficiência fotoquímica do PSII (0,73 AO; 0,69 AQ e 0,33 SA).

Os plantios com a espécie *H. courbaril* sobre influência de adubação orgânica se mostraram eficientes para acúmulo de nutrientes no solo, biomassa, nutrientes nos compartimentos arbóreos e maior desempenho fotossintético.

Palavras-chave: jatobá, reflorestamento, ecofisiologia, restauração, Amazônia.

ABSTRACT

This research describes the influence of three fertilization types on a degraded area with *Hymenaea courbaril* plantation, a multiple purposes neotropical tree species. Changes in soil characteristics, tree aerial biomass and nutrient stocks, as well, ecophysiological parameters were investigated.

The objectives of **Chapter I** were to determine morphological, physical and chemical soil characteristics (a very clayey, oligotrophic, Latossolo Amarelo / Oxissol) and the biomass of three plantations. Two plantations established in April 2001, had spacing 3 x 2 m, one received no fertilization (treatment SA) and the second received green manure (treatment AO). The third plantation (April 2002) with spacing 5 x 2 m received chemical fertilization (treatment AQ) in each planting hole (AQ; 150 g Fosmag®; NPK 15:5:10, + B e S). The fertilization was made at planting time and repeated the next four years with the same amount of fertilizer close to the trees.

Green manure (AO) altered significantly soil chemical properties. In the superficial soil layers, the macro- and micronutrient content was higher than with chemical fertilization e.g. N: 2,48 g kg⁻¹ (AO); 1,77 g kg⁻¹ (AQ) and 1,36 g kg⁻¹ (SA). In deeper layers (50 cm) of the soil profile the AO increased pH values (H₂O e KCl) as carbon was reduced. *H. courbaril* trees were taller and biomass was twenty times greater with AO (273 Mg ha⁻¹) than with SA (13 Mg ha⁻¹) and AQ (34 Mg ha⁻¹). In all treatments higher biomass was observed in trunks and fine branches (Ø < 10 cm) than trunks and thick branches (Ø > 10 cm).

Chapter II objectives were to determine in *H. courbaril* the nutrients stocks in the tree compartments (leaves, fine branches, coarse branches and trunks) and investigate photosynthetic variables. All nutrient stocks were higher in trees with green fertilization e.g. P: 46,55 g/tree (AO) 13,97 g/tree (AQ) e 4,24 g/tree (SA). The thin branches (Ø < 10 cm), in trees of all treatments, were the compartment with the highest nutrient stocks. The trunk compartment had always less than 50 % of nutrient stock per tree.

The green manure resulted in significant higher maximum photosynthesis (A_{max}) of *H. courbaril* (14,28 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹) compared to AQ (11,35 µmol

CO₂ m⁻² s⁻¹) and SA (9,58 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹). PSII photochemistry efficiency was also improved: Fv/Fm = 0,73 (AO) 0,69 (AQ) and 0,33 (SA).

The *H. courbaril* plantation under influence of green fertilization was the most efficient to accumulate nutrients in the soil, as well as, higher biomass and nutrient stocks in the aerial compartments and a higher photosynthetic performance.

In comparison to chemical fertilization, green manure had a higher impact on improved soil characteristics of degraded areas and biomass production of *H. courbaril*, probably because of the beneficial influence of C capture by photosynthesis and increase in photochemistry efficiency of PSII

Key-words: jatobá, reforestation, ecophysiology, restoration, Amazonia.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
INTRODUÇÃO GERAL.....	17
OBJETIVO GERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19

Capítulo I: Estoques de biomassa em plantios de *Hymenaea courbaril* sob influência de diferentes tipos de adubação em solo de área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM..... 20

INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
Área de estudo.....	22
Histórico da área.....	23
Formação dos plantios.....	23
Análise dos solos na área dos plantios.....	26
Biomassa das árvores do plantio.....	28
Determinação da Biomassa Fresca.....	30
Determinação da Biomassa Seca.....	32
Delineamento estatístico experimental.....	33
RESULTADOS.....	34
DISCUSSÃO.....	51
CONCLUSÃO.....	58

Capítulo II: Estado nutricional, fotossíntese e fluorescência da clorofila <i>a</i> em plantios de <i>Hymenaea courbaril</i> L. sobre área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM	60
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
Área de estudo – ver Capítulo I.....	61
Histórico da área – ver Capítulo I.....	61
Formação dos plantios – ver Capítulo I	61
Determinação dos teores de nutrientes nos compartimentos das árvores	61
Ecofisiologia.....	62
Trocas gasosas.....	62
Fluorescência da clorofila <i>a</i>	63
Pigmentação.....	63
Delineamento estatístico experimental	64
RESULTADOS	65
DISCUSSÃO.....	81
CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

LISTA DE TABELAS

Capítulo I: Estoques de biomassa em plantios de *Hymenaea courbaril* sob influência de diferentes tipos de adubação em solo de área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

Tabela 1 - Dados morfológicos do Perfil 1 (AO) do plantio de <i>H. courbaril</i> com adubação orgânica.....	35
Tabela 2 - Dados morfológicos do Perfil 2 (AQ) do plantio de <i>H. courbaril</i> com adubação química.....	37
Tabela 3 - Dados morfológicos do Perfil 3 (SA) do plantio de <i>H. courbaril</i> sem adubação.....	39
Tabela 4 - Classificação das cores do solo seco (Munsell) de cada horizonte nos perfis dos três tratamentos Adubação Orgânica (AO), Adubação Química (AQ) e Sem Adubação (SA) dos plantios de <i>H. courbaril</i> (jatobá).....	41
Tabela 5 - Teores de areia, silte e argila nos horizontes nos perfis de solo nos tratamentos (SA, AQ e AO) nos plantios de <i>H. courbaril</i>	43
Tabela 6 - Densidade do solo nos horizontes de cada perfil nos três tratamentos (SA, AQ e AO) nos plantios de <i>H. courbaril</i>	43
Tabela 8 - Valores de macro e micronutrientes, alumínio trocável e pH nos perfis de solo nos plantios de <i>H. courbaril</i> (jatobá) nos tratamentos com adubação orgânica (AO), adubação química (AQ) e sem adubação (SA). CAMES – Rod. AM-010, km 41. Manaus – AM.....	46
Tabela 9 - Valores da biomassa aérea total, do estoque de biomassa por hectare e dados biométricos nos três tratamentos de adubação dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>).....	47
Tabela 10 - Biomassa nos compartimentos aéreos e distribuição percentual nas árvores de <i>H. courbaril</i>	48
Tabela 11 - Biomassa aérea dos compartimentos arbóreos das árvores (n=30) nos plantios de <i>H. courbaril</i> (jatobá) três tratamentos.....	49

Capítulo II: Estado nutricional, fotossíntese e fluorescência da clorofila a em plantios de *Hymenaea courbaril* L. sobre área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

Tabela 1 - Teores de carbono nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	65
Tabela 2 - Teores de nitrogênio nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.	66
Tabela 3 - Teores de fósforo nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	67
Tabela 4 - Teores de potássio nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	68
Tabela 5 - Teores de magnésio nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.	69
Tabela 6 - Teores de cálcio nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	70
Tabela 7 - Teores de ferro nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	71
Tabela 8 - Teores de manganês nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.	72
Tabela 9 - Teores de zinco nos compartimentos arbóreos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>), nos três tratamentos de adubação.....	73
Tabela 10 - Estoques médios* de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn na biomassa aérea das árvores de <i>H. courbaril</i> em três plantios (adubação orgânica, adubação química e sem adubação).	75
Tabela 11 - Teores e estoques médios de biomassa , C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn nos compartimentos das árvores dos plantios de <i>H. courbaril</i> em três tratamentos (AO, AQ e SA).....	76
Tabela 12 - Estoques médios* de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn na biomassa aérea e percentagem desses estoques no compartimento tronco das árvores de <i>H. courbaril</i> em três plantios (adubação orgânica, adubação química e sem adubação)	77
Tabela 13 - Fotossíntese em função da irradiância das plantas de <i>H. courbaril</i> nos diferentes tratamentos de adubação.....	78
Tabela 14 - Trocas gasosas e características fotossintéticas em árvores de <i>Hymenaea courbaril</i> em três tratamentos de adubação (AO, AQ e SA).	79

Tabela 15 - Média dos valores de fluorescência dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de <i>H. courbaril</i>	80
Tabela 16 - Valores de clorofila total das plantas de <i>H. courbaril</i> nos diferentes tratamentos de adubação.....	80
Tabela 17 - Loadings da análise de componentes principais nos compartimentos folhas e galhos finos dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de <i>H. courbaril</i>	82

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I: Estoques de biomassa em plantios de *Hymenaea courbaril* sob influência de diferentes tipos de adubação em solo de área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

Figura 1- Imagem de satélite da CAMES e localização dos tratamentos dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>Hymenaea courbaril</i>).....	23
Figura 2 - Plantio de <i>H. courbaril</i> (<i>Hymenaea courbaril</i>), aos 9 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento SA (sem adubação). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).....	24
Figura 3 - Plantio de <i>H. courbaril</i> (<i>Hymenaea courbaril</i>), aos 9 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AO (adubação orgânica). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).....	25
Figura 4 - Plantio de <i>H. courbaril</i> (<i>Hymenaea courbaril</i>), aos 8 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AQ (adubação química). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).....	26
Figura 5 - Corte de árvores do plantio de <i>H. courbaril</i> para medição de biomassa fresca. CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).	28
Figura 6 - Amarração do compartimento galhos finos (GF) para posterior pesagem.....	29
Figura 7 - Esquema de coleta dos compartimentos analisados nas árvores de <i>H. courbaril</i>	30
Figura 8 - Balança de braço para pesagem da biomassa fresca de cada compartimento. CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).....	31

Figura 9 - Alíquotas dos compartimentos Galho Grosso (GG) e Tronco (Tr) para posterior pesagem de biomassa seca, Tratamento 2 – Adubação Orgânica (AO).....	32
Figura 10 - Distribuição das cores (solo seco) em função das profundidades nos perfis de solo dos três plantios de <i>H. courbaril</i> (tratamentos SA, AQ e AO).	42
Figura 11 - Funções de profundidade para os valores do pH _{H2O} e pH _{KCl} nos perfis de solo dos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>Hymenaea courbaril</i>) com os tratamentos de adubação orgânica (AO), adubação química (AQ) e sem adubação (SA).	45
Figura 12 - Biomassa aérea total e distribuição nos compartimentos nos três tipos de tratamento (Sem Adubação; Adubação Química e Adubação Orgânica) do plantio de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>).....	50

Capítulo II: Estado nutricional, fotossíntese e fluorescência da clorofila *a* em plantios de *Hymenaea courbaril* L. sobre área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

Figura 1 - Análise multivariada de componentes principais dos compartimentos Folhas e Galhos Finos nos tratamentos de adubação (AO, AQ, SA) dos plantios de <i>H. courbaril</i>	74
Figura 2 - Fotossíntese em função da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de <i>H. courbaril</i> (<i>H. courbaril</i>). CAMES, Rod. AM-010, km - 41.....	83

INTRODUÇÃO GERAL

A extensão das áreas florestais no mundo corresponde a cerca de 4 bilhões de hectares, cobrindo mais de 30% da área continental do planeta (FAO, 2009). Por outro lado, as florestas plantadas correspondem a 7% da área florestal mundial (FAO, 2011).

No centro-sul do Brasil, a silvicultura evoluiu como uma atividade voltada principalmente para a produção de matéria prima para indústrias baseadas na utilização de madeiras e fibras. Tais plantios se restringem às espécies e procedências de árvores que melhor atendem às necessidades industriais e que melhor respondem, em termos de produtividade, às condições geradas pelo emprego de alta tecnologia silvicultural (Shimizu, 2006). Assim, a maioria dos plantios é constituída por florestas de *Eucalyptus* spp (60%) e por florestas de *Pinus* spp (36%), que juntas, são as principais espécies formadoras das florestas plantadas no país (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2010).

Os primeiros plantios florestais experimentais na Amazônia ocorreram na década de 50, (Pitt, 1961; Dubois, 1970; Higuchi, 1981), mas, até 1980, o principal interesse estava em experimentos nas florestas naturais, que procuravam acelerar o crescimento da regeneração de espécies florestais madeireiras desejáveis (Pitt, 1961; Silva, 1989; Silva *et al.*, 1996).

Por outro lado, e não menos importantes, os plantios florestais com o objetivo de restaurar áreas degradadas estão em voga, não apenas para recuperar a capacidade reprodutiva de sítios degradados, mas também, para promover os benefícios que os serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas recobertas por florestas trazem aos seres humanos (Padilla e Pugnaire, 2006; Palmer e Filoso, 2009; Griscom e Ashton, 2011).

Plantios florestais para recuperação de áreas degradadas, além de assimilarem CO₂ da atmosfera, podem ter alta produtividade devido ao manejo e tratos silviculturais, benefícios econômicos, boa demanda e maior variedade de produtos para os mercados (Evans e Turnbull, 2004).

Os fatores que favorecem o crescimento das plantas aumentam o volume madeira e, portanto, o acúmulo de biomassa e a assimilação de CO₂ da

atmosfera (Mello, *et al.*, 2010). Dessa forma, é necessário desenvolver estudos quanto a métodos de quantificação nos diversos componentes da planta, possibilitando assim, entender melhor o “sequestro” e o “armazenamento” de carbono da atmosfera pelas florestas (Watzlawick *et al.*, 2006; Watzlawick *et al.*, 2009).

Acúmulo de biomassa e assimilação de CO₂ são parâmetros indissociáveis dos processos fisiológicos, mais precisamente fotossintéticos. Assim, requerimento primário para a realização do processo fotossintético é a absorção da radiação pelos cloroplastos. Nos cloroplastos estão os pigmentos receptores responsáveis pela absorção máxima de luz: clorofilas, carotenos e xantofilas (Larcher, 2001)

Por tanto, dentre os indicadores de estresse para plantas crescendo em ambientes com períodos de altas temperaturas, baixa umidade e alta radiação estão as clorofilas e os carotenoides (Hendry e Price, 1993; Morais *et al.*, 2007).

Várias áreas, após exploração e desflorestamento, geralmente, ficam degradadas, onde barreiras químicas, físicas e biológicas, frequentemente, dificultam os processos de regeneração natural da floresta secundária. Dentre essas barreiras se destacam a baixa quantidade de sementes, as condições microclimáticas desfavoráveis (alta irradiância e altas temperaturas) para a germinação das sementes e para o estabelecimento das mudas, as limitações consequentes da degradação do solo gerando baixa disponibilidade de nutrientes, os períodos com menor disponibilidade hídrica e a competição com a vegetação espontânea mais agressiva. (Silva *et al.*, 2006; Ferreira *et al.*, 2009).

Diante desses obstáculos que a planta precisa enfrentar para incrementar biomassa e estocar nutrientes, há algumas ações antrópicas que podem facilitar e/ou acelerar esses processos. O manejo do solo com a incorporação de matéria orgânica é um dos principais métodos e de menor custo que se pode citar (Shevtsova *et al.*, 2003; Kashuck *et al.*, 2010; Lindell *et al.*, 2010)

Dessa forma, faz-se necessário o estudo de investimento em estoques de biomassa, de nutrientes e nos processos ecofisiológicos de espécies nativas plantadas sobre áreas degradadas. A espécie florestal *Hymenaea courbaril* L.,

classificada como sucessional tardia e de interesse ecológico-econômico (Ducke, 1935) é objeto de pesquisa desse estudo.

OBJETIVO GERAL: Investigar as influências do manejo do solo no acúmulo de biomassa, nutrientes e nos parâmetros fisiológicos de árvores de (*Hymenaea courbaril* L.) em plantios sobre área degradada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar as propriedades **morfológicas** (distribuição de horizontes e cor); **físicas** (textura e densidade); e **químicas** (teores de C_{tot} , matéria orgânica, N_{tot} , P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Al) dos solos sobre plantios de *H. courbaril* com diferentes tipos de manejo do solo (Capítulo I);
- 2) Avaliar estoques de biomassa e sua distribuição nos compartimentos arbóreos das árvores de *H. courbaril* nos plantios sobre área degradada (Capítulo I);
- 3) Avaliar as trocas gasosas (fotossíntese máxima, respiração no escuro, condutância estomática e transpiração) em árvores de *H. courbaril* nos plantios sobre área degradada (Capítulo II)
- 4) Analisar a fluorescência da clorofila a, teor de clorofila total em árvores de *H. courbaril* nos plantios sobre área degradada (Capítulo II);
- 5) Avaliar o estado nutricional das árvores e estoque de nutrientes em seus compartimentos aéreos (folhas, galho finos, galhos grossos, tronco e casca – Capítulo II).

Capítulo I: Estoques de biomassa em plantios de *Hymenaea courbaril* sob influência de diferentes tipos de adubação em solo de área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

INTRODUÇÃO

Na Amazônia, os plantios florestais podem desempenhar um papel importante na recuperação e/ou restauração das áreas degradadas. Estudos como o de Salomão (2003) têm mostrado que os plantios florestais podem facilitar ou acelerar os processos de sucessão florestal. Isso ocorre, principalmente, em áreas onde as atividades antrópicas são intensas e as barreiras ecológicas à sucessão persistem, prejudicando a recolonização por espécies arbóreas nativas. Em alguns casos, têm-se utilizado espécies exóticas em plantios de recuperação de áreas degradadas visto que algumas destas espécies não são susceptíveis às doenças que normalmente atacam as espécies nativas. Além disso, espécies exóticas podem apresentar bom desempenho sob condições de alta irradiância, baixa disponibilidade de nutrientes (Santos Junior *et al.*, 2006) e notado crescimento em sítios alterados.

Num cenário de impactos antrópicos extensivos sobre os ecossistemas, a reparação de danos constitui uma tarefa fundamental, em que a ecologia da restauração deve ser um componente integral no manejo do uso da terra, que para ser efetivamente aplicável deve apresentar uma base conceitual consistente (Hobbs e Harris, 2001).

A Sociedade para Restauração Ecológica (SER, 2004), considera que restauração ecológica é uma atividade que inicia e/ou acelera o processo da recuperação de um ecossistema que foi destruído, alterado ou degradado, com respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade.

Plantios florestais com espécies nativas de importância econômica têm sido utilizados para restaurar áreas degradadas e, ao mesmo tempo, criar oportunidade para o futuro aproveitamento sustentável de seus produtos madeireiros e não madeireiros. A utilização dessas áreas abandonadas para reflorestamentos com espécies de importância econômica, pode também contribuir para a redução da exploração predatória de madeira, e assim, reduzir

as taxas de desmatamento (Evans e Turnbull 2004). Tais reflorestamentos, além de contribuírem para restaurar os serviços ambientais prestados pelas florestas (manutenção do ciclo hidrológico; estabilização climática; prevenção das erosões; manutenção da biota e da fertilidade dos solos), podem também contribuir para a fixação do carbono atmosférico na biomassa florestal. Para a restauração dos serviços ambientais, reflorestamentos com um grande número de espécies florestais têm sido utilizados visando aumentar a fertilidade dos solos e da sucessão secundária em áreas altamente impactadas pela mineração (Ferraz, 1993; Salomão, 2003; Ferraz, 2008)

Espécies arbóreas de crescimento rápido tem sido uma estratégia adotada em muitos plantios florestais para fins de recuperação de áreas antropicamente alteradas, objetivando um rápido acúmulo de biomassa na vegetação e nos horizontes superficiais do solo. No ambiente edáfico, o acúmulo de biomassa é importante para a estabilização das propriedades físicas e químicas do solo, aumentando a quantidade de matéria orgânica e, por consequência, melhorando a capacidade de retenção de água e de nutrientes, formando um ambiente mais propício ao estabelecimento de espécies nativas provenientes da regeneração natural e/ou artificial (Marenco *et al.*, 2001; Marenco e Lopes, 2009).

Diante das mudanças climáticas globais e aumento das áreas antropicamente perturbadas, não há como citar restauração ecológica sem levar em consideração o crescimento, desenvolvimento, sequestro e acúmulo de carbono das árvores. Portanto, segundo o IPCC (2006), a biomassa deve ser estimada, separadamente, considerando os seguintes componentes: (1) biomassa acima do nível do solo, que inclui tronco, galhos grossos e finos, casca, flores, frutos e folhas; (2) a biomassa abaixo do solo ou biomassa de raízes maiores do que 2 mm em diâmetro de base (sugerido) e (3) biomassa de matéria morta ou necromassa, que são todos os materiais vegetais mortos não contidos na serrapilheira. Não se inclui raízes menores que 2 mm de diâmetro pela dificuldade de mensuração e separação da necromassa e também porque estas raízes possuem alta taxa de ciclagem, geralmente de acordo com a sazonalidade, não se comportando como um estoque de carbono na pedosfera. Todavia, a biomassa de raízes menores que 2 mm de diâmetro tem grande importância na ciclagem e absorção de nutrientes.

Os objetivos desse capítulo são: avaliar as propriedades **morfológicas** (distribuição de horizontes, cor e textura); **físicas** (compactação, densidade); e **químicas** (teores de C_{tot} , matéria orgânica, N_{tot} , P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Al e acidez) dos solos sobre plantios de *H. courbaril* com diferentes tipos de manejo do solo e avaliar os estoques de biomassa e sua distribuição nos compartimentos arbóreos das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os plantios de *Hymenaea courbaril* (jatobá) estão localizados em área pertencente à Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales (CAMES), situada na Rodovia AM-010, km 41. As coordenadas geográficas são 2°48'72" latitude S e 59°53'32" longitude W (Figura 1). A estação agroclimatológica, situada na Embrapa Amazônia Ocidental, está localizada a 10 km da área de estudo. A temperatura média anual é de 25,9° C e uma precipitação média anual de 2587 mm (Antonio, 2009). O período chuvoso vai de dezembro a maio e o período da seca compreende os meses de julho a outubro. O clima local é do tipo Af (tropical chuvoso), segundo a classificação de Köppen (1946).

O substrato geológico da região é a Formação Alter do Chão. O tipo de solo na região é o Latossolo-Amarelo, textura muito argilosa (Sombroek, 2001). Na área do plantio o tipo de solo é o Latossolo Amarelo Álico, oligotrófico, de textura muito argilosa (Hirai *et al.*, 2003). O tipo vegetacional original da área foi floresta primária de terra firme (floresta densa perenifólia, Veloso *et al.*, 1991; Ribeiro *et al.*, 1999).



Figura 1- Imagem de satélite da CAMES e localização dos tratamentos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá). SA = sem adubação; AQ = adubação química; AO = adubação orgânica

Histórico da área

O desmatamento da cobertura vegetal original ocorreu em 1958. Na década de 60 foi implantado o cultivo de hortaliças, pimenta-do-reino e de citros. A partir da década de 80, até meados dos anos 90 a área foi abandonada. Em 1996 foram feitos sucessivos cortes da cobertura vegetal de regeneração natural e roçadas mecanizadas. A vegetação cortada era empurrada e depositada na parte mais baixa do terreno. Nesse processo, ocorreu também a remoção da camada de solo mais rica em matéria orgânica (superficial) e a compactação da superfície. Durante o período de seca de 2000, a vegetação secundária foi cortada, parte do solo superficial raspado e novamente empurrados para a parte mais baixa do terreno para a formação do plantio florestal. Desta forma parte da área recebeu ao longo desse período contínuas adições de matéria orgânica

Formação dos plantios

Os plantios foram realizados em abril de 2001 e abril de 2002. O primeiro foi dividido em duas partes. Uma no espaçamento de 3 x 2 m, sem

qualquer adubação, tratamento SA e a outra parte, também no espaçamento de 3 x 2 m, mas com um histórico de adubação orgânica, caracterizando o tratamento AO. O segundo plantio (2002), no espaçamento de 5 x 2 m, adubado com 150 g/cova de Fosmag® (NPK 15:5:10, B e S) durante o plantio e nos quatro anos seguintes, com a mesma dosagem (tratamento AQ). As árvores desse último tratamento receberam tratos silviculturais de condução de copa.



Figura 2 - Plantio de *H. courbaril* (jatobá), aos 9 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento SA (sem adubação). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).



Figura 3 - Plantio de *H. courbaril* (jatobá), aos 9 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AO (adubação orgânica). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).



Figura 4 - Plantio de *H. courbaril* (jatobá), aos 8 anos, sobre área degradada pela agricultura. Tratamento AQ (adubação química). CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).

Análise dos solos na área dos plantios

Descrição Morfológica

Um perfil de solo foi feito em cada tratamento para descrição da cor, dos horizontes e coleta de solo para análises físicas e químicas em cada horizonte (Munsell, 1990; FAO-ISRC, 2006). Os perfis tiveram a dimensão: 1,5 m x 1,2 m x 2,0 m (Santos *et al.*, 2005).

Análises Físicas

Em cada tratamento, para a determinação da densidade do solo, as amostras indeformadas foram retiradas nas profundidades de cada horizonte pré-determinado, com três repetições, em cilindros de Kopecky com volume de 50 cm³, envolvidos com filme de PVC (Blake e Hartge, 1986).

As amostras foram transportadas para o Laboratório Temático de Solos e Plantas - LTSP do INPA, onde foram determinados: densidade e granulometria (conteúdo de areia total, silte e argila total. (Embrapa, 2005). A análise granulométrica foi realizada a partir do método de dispersão total, o qual se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, onde o teor de argila foi determinado a partir de uma alíquota de 20 mL da suspensão, a areia total foi separada por tamisação (peneiras) e os teores de silte por diferença em relação ao valor de 100% da amostra original (Embrapa, 1997).

Análises Químicas

Para as análises químicas, os solos amostrados foram secos ao ar, destorroados e passados em peneira com malha de 2 mm de abertura, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar – TFSA (Embrapa, 2005; Santos *et al.*, 2005). As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA.

Foram determinados os seguintes atributos químicos do solo: **pH_{H2O}** e **pH_{KCl}** por potenciometria (Embrapa, 2009), os valores de fertilidade foram determinados pelos métodos: **C_{tot.}**: determinado pelo método Walkley-Black (Embrapa, 2009); **N_{tot.}**: determinados pelo método de Kjeldahl. **P_{disp.}**, **K_{disp.}**, **Mn**, **Fe** e **Zn**: foram extraídos pela solução Mehlich 1 (duplo ácido: HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) (Mehlich, 1953; Embrapa, 2009). A leitura do P foi realizada no espectrofotômetro Shimadzu UV-VIS-1240, ($\lambda = 660$ nm). Os demais elementos lidos no espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin Elmer 1100B), com chama ar-acetileno; **Ca²⁺** e **Mg²⁺** e **Al³⁺**: a extração foi realizada com solução de KCl 1 mol L⁻¹ (Raij *et al.*, 2001; Van Reeuwijk, 2002; Embrapa, 2009). A determinação de Ca²⁺ e Mg²⁺ foi realizada no espectrofotômetro de absorção atômica, com chama ar-acetileno. O Al³⁺ foi determinado pelo método de titulação com NaOH.

Matéria orgânica: calculada a partir do teor de carbono orgânico, com base no pressuposto de van Bemmelen, de que a matéria orgânica do solo contém 58% de C orgânico (Embrapa, 2009).

Biomassa das árvores do plantio

As árvores dos plantios tiveram suas alturas totais (Ht) e seus diâmetros à altura do peito (1,30 de altura do solo) mensurados. A biomassa aérea foi determinada em 30 árvores. Considerando cada árvore do povoamento como uma unidade amostral, foram selecionados 10 indivíduos para o abatimento por tratamento, o que constituiu a fração amostral dos plantios.

Os valores de biomassa foram quantificados a partir do método destrutivo, onde a árvore é abatida (Figura 5) e seus compartimentos pesados em campo (Figura 6).

Dessa forma, foram pesados os compartimentos folha (F), galho fino (GF - $\varnothing < 10$ cm), galho grosso (GG - $\varnothing \geq 10$ cm) e tronco (Tr) (Figura 7).



Figura 5 - Corte de árvores do plantio de *H. courbaril* para medição de biomassa fresca. CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).



Figura 6 - Amarração do compartimento galhos finos (GF) para posterior pesagem.

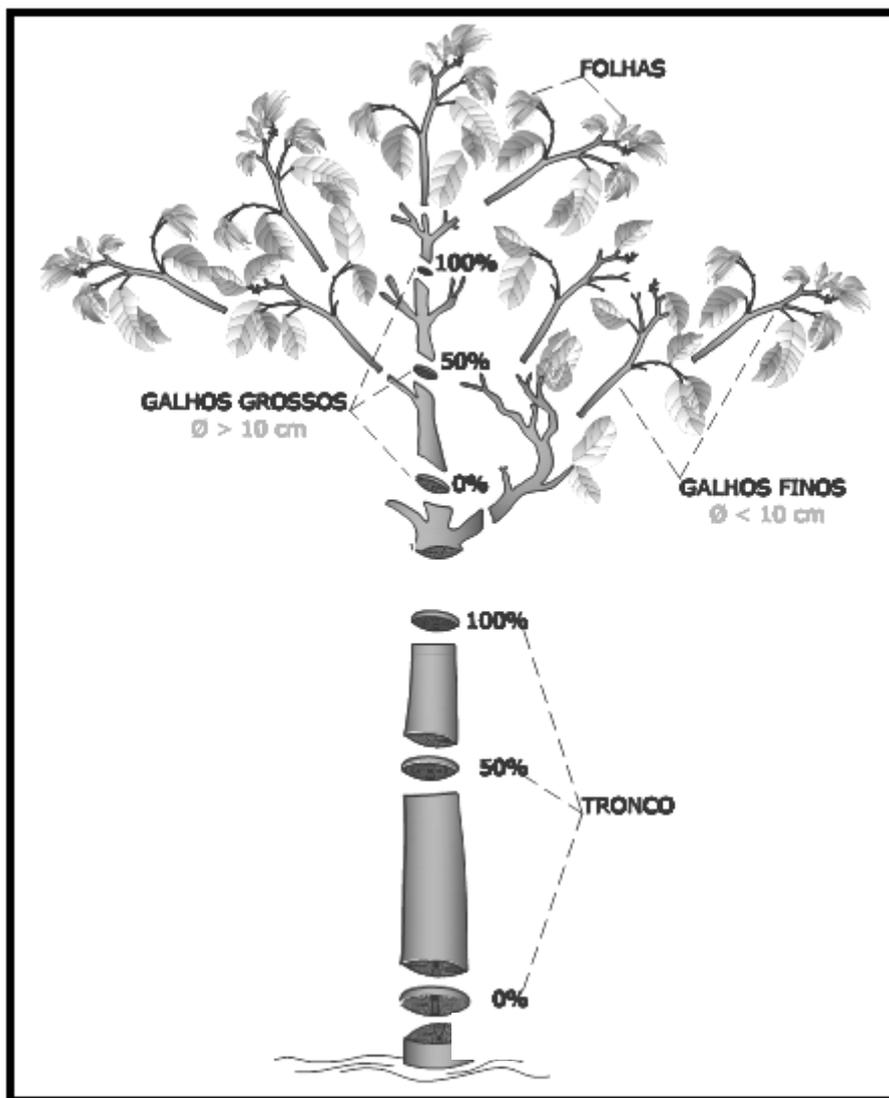


Figura 7 - Esquema de coleta dos compartimentos analisados nas árvores de *H. courbaril*.

Determinação da Biomassa Fresca

A quantificação da biomassa fresca das folhas foi feita com o auxílio de uma balança de mola (HOMS, Modelo 50) com capacidade de 25 kg e precisão de 250 g, enquanto que para a quantificação da biomassa fresca dos galhos e troncos foi utilizada uma balança de braço (Postfrei) com capacidade de 81 kg e precisão de 50 g (Figura 8). As balanças, antes do uso no campo, foram calibradas com pesos aferidos.



Figura 8 - Balança de braço para pesagem da biomassa fresca de cada compartimento. CAMES, Rod. AM-010, km 41 (Manaus-AM).

Dos compartimentos GG e Tr foram retiradas alíquotas compostas por discos de 3 cm seccionados a 0% (base), 50% e 100% (ápice) (Figura 9). Estes discos foram acondicionados em sacos de papel, identificados e levados ao Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP do INPA para determinação da biomassa seca e análise nutricional.

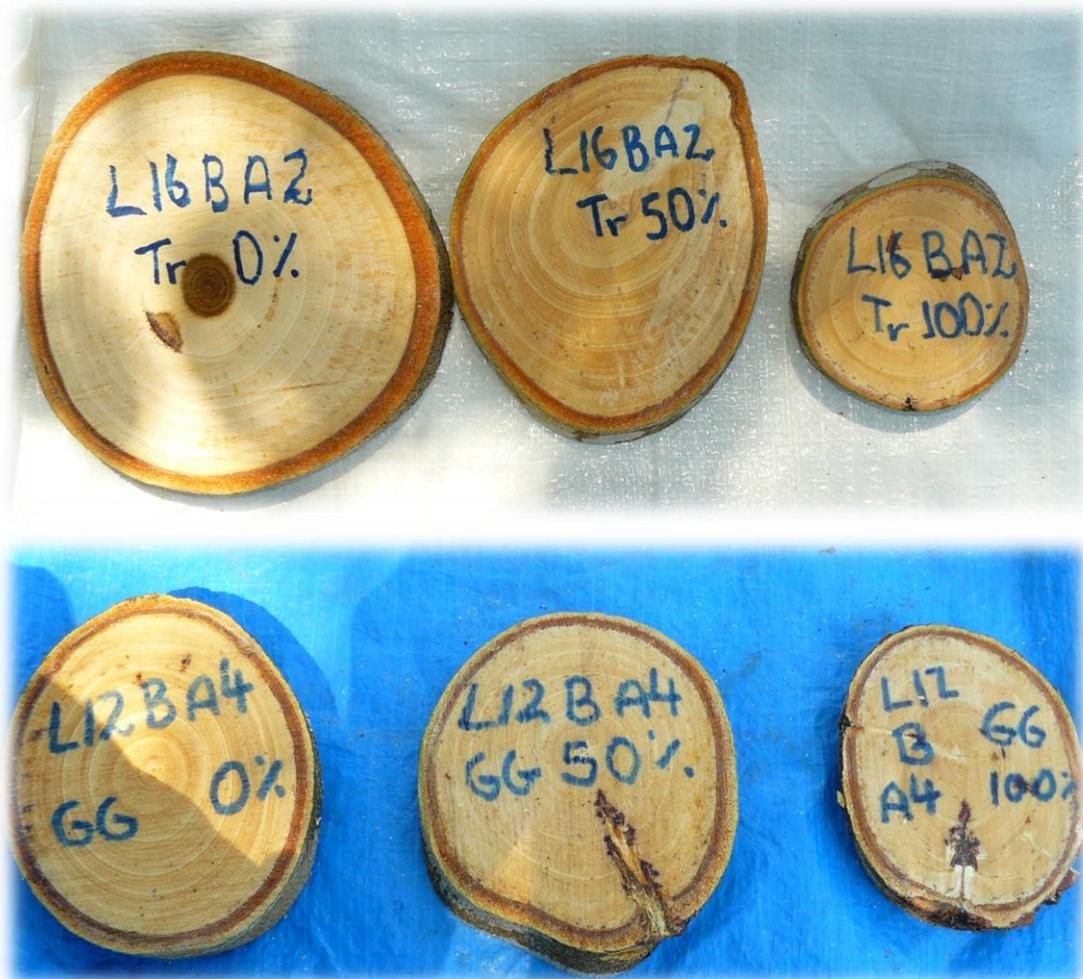


Figura 9 - Alíquotas dos compartimentos Galho Grosso (GG) e Tronco (Tr) para posterior pesagem de biomassa seca, Tratamento 2 – Adubação Orgânica (AO).

Determinação da Biomassa Seca

Para a determinação da biomassa seca as alíquotas foram colocadas para secar em estufa (Advantec FV-830) com ventilação forçada e temperatura controlada entre 100 - 105 °C, por um período mínimo de 72 horas, até atingir massa constante. Em seguida as amostras foram pesadas em balança digital (Mettler PM30-K) com capacidade de 32 kg e precisão de 1,0 g. A partir da relação entre massa seca (105 °C) e massa verde, obteve-se um coeficiente (k) e a biomassa seca da árvore conforme as equações 1 e 2.

Eq. 1

$$k = Ms \cdot Mf^{-1}$$

Onde:

k = Coeficiente

Ms = Massa seca a 105°C

Mf = Massa fresca

Eq. 2

$$Bs = k \cdot Bf$$

Onde:

Bs = Biomassa seca

k = Coeficiente

Bf = Biomassa fresca

Para determinação do estoque de biomassa foi feita uma multiplicação entre a biomassa média de cada tratamento e a quantidade de árvores por hectare correspondente ao espaçamento (p.ex. Espaçamento 3 x 2 m = 1666 arv/ha).

Delineamento estatístico experimental

As unidades amostrais foram coletadas de acordo com metodologia de Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC. Foram feitas análises de variância (ANOVA – *One Way*) seguidas de *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$) para verificar a diferença entre médias. A Análise de Componentes Principais (ACP) também foi utilizada, como ferramenta, quando foi necessário analisar mais de duas variáveis dependentes como, por exemplo, no caso dos nutrientes dos compartimentos arbóreos (Capítulo II)

RESULTADOS

Descrição dos Horizontes

Nas tabelas abaixo (Tabela 1, 2 e 3) são apresentados os dados da descrição morfológica dos perfis de solos abertos nas áreas dos plantios dos três tratamentos. Nas descrições morfológicas, as avaliações foram feitas de acordo com as classes descritas no *Guidelines for Soil Description* (FAO-ISRIC, 2006) e no Manual de Descrição de Coleta de Solo no Campo (Santos *et al.*, 2005).

Perfil:	1 – Tratamento Adubação Orgânica
Data:	08.06.2010
Classificação:	Latossolo Amarelo Argiloso
Localização:	AM-010, km 41, Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales - CAMES
Situação:	Platô
Relevo:	Plano
Vegetação original:	Ombrófila Densa de Terra Firme (Veloso, 1991)
Uso atual:	Plantio de <i>Hymenaea courbaril</i> em abril de 2001
Clima:	“Af” – Köppen
Regime de Temperatura do Solo:	“HT” = Hipertérmico
Topografia:	“S” = Vertente
Posição:	“BO” = Base (linha de drenagem)

Tabela 1 - Dados morfológicos do Perfil 1 (AO) do plantio de *H. courbaril* com adubação orgânica.

Prof. (cm)	Horiz.	Cor (Munsell)	DESCRIÇÃO
0 – 22	Ah	10YR 6/2	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – média; Tipo – granular.</p> <p>Consistência: friável; pouco aderente a aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – comuns; Tamanho – grande; Tipo – intersticial.</p> <p>Porosidade: Muito alta</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados</p> <p>Raízes: Abundância – comuns; Tamanho – médias a grossas.</p> <p>Características Biológicas: Grande quantidade de canais e dejetos de oligoquetas. Presença de térmitas e formigas.</p>
22 – 35	ABh	10YR 6/3	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: friável; aderente; plástico.</p> <p>Poros: Muitos poros de tamanho médio a grande dos tipos intersticial, canais e vesículas.</p> <p>Porosidade: Muito alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – comuns; Tamanho – médias.</p> <p>Características Biológicas: Média quantidade de canais e dejetos de oligoquetas. Presença de térmitas e formigas.</p>
35 – 50	Bh	10YR 7/2	<p>Estrutura: Grau – forte; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares e angulares.</p> <p>Consistência: firme a friável; aderente; levemente plástico.</p> <p>Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas, intersticial e canais.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: Grande quantidade de canais e dejetos de oligoquetas. Presença de térmitas e formigas.</p>
50 – 80	Bw1	10YR 8/4	<p>Estrutura: Grau – moderada; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares e angulares.</p> <p>Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e grandes; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>

80 – 120	Bw2	10YR 8/4	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>
120 – 160	Bw3	10YR 8/4	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: friável; aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>
160 < 200	Bw4	10YR 8/4	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: friável; aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>

Perfil:	2 – Tratamento Adubação Química
Data:	17.06.2010
Classificação:	Latossolo Amarelo Argiloso
Localização:	AM-010, km 41, Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales - CAMES
Situação:	Platô
Relevo:	Plano
Vegetação original:	Ombrófila Densa de Terra Firme (Veloso, 1991)
Uso atual:	Plantio de <i>Hymenaea courbaril</i> em abril de 2002
Clima:	“Af” – Köppen
Regime de Temperatura do Solo:	“HT” = Hipertérmico
Topografia:	“S” = Vertente
Posição:	“CR” = Crista

Tabela 2 - Dados morfológicos do Perfil 2 (AQ) do plantio de *H. courbaril* com adubação química.

Prof. (cm)	Horiz.	Cor (Munsell)	DESCRIÇÃO
0 – 12	Ah	10YR 7/3	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – fina; Tipo – granular. Consistência: friável; pouco aderente a aderente; plástico. Poros: Abundância – comuns; Tamanho – grande; Tipo – intestinal. Porosidade: Muito alta Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados Raízes: Abundância – comuns; Tamanho – médias a grossas. Características Biológicas: Grande quantidade de canais e dejetos de oligoquetas.
12 – 30	Bh	10YR 8/3	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares. Consistência: friável; aderente; plástico. Poros: Muitos poros de tamanho médio a grande dos tipos intestinal, canais e vesículas. Porosidade: Muito alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou

			<p>Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – comuns; Tamanho – médias.</p> <p>Características Biológicas: Média quantidade de canais e detritos de oligoquetas.</p>
30 – 75	Bw1	10YR 8/3	<p>Estrutura: Grau – forte; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares e angulares.</p> <p>Consistência: firme a friável; aderente; levemente plástico.</p> <p>Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas, intersticial e canais.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>
75 – 115	Bw2	10YR 8/3	<p>Estrutura: Grau – moderada; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares e angulares.</p> <p>Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e grandes; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>
115 – 155	Bw3	10YR 8/3	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>
155 < 200	Bw4	10YR 8/3	<p>Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares.</p> <p>Consistência: friável; aderente; plástico.</p> <p>Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas.</p> <p>Porosidade: Alta.</p> <p>Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados.</p> <p>Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas.</p> <p>Características Biológicas: não observada.</p>

Perfil:	3 – Tratamento Sem Adubação
Data:	14.06.2010
Classificação:	Latossolo Amarelo Argiloso
Localização:	AM-010, km 41, Cooperativa Agrícola Mista Efigênio Sales - CAMES
Situação:	Platô
Relevo:	Inclinado
Vegetação original:	Ombrófila Densa de Terra Firme (Veloso, 1991)
Uso atual:	Plantio de <i>Hymenaea courbaril</i> em abril de 2001
Clima:	“Af” - Köppen
Regime de Temperatura do Solo:	“HT” = Hipertérmico
Topografia:	“S” = Vertente
Posição:	“CR” = Crista

Tabela 3 - Dados morfológicos do Perfil 3 (SA) do plantio de *H. courbaril* sem adubação.

Prof. (cm)	Horiz.	Cor (Munsell)	DESCRIÇÃO
0 – 4	Ah	10YR 7/3	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – fina; Tipo – granular. Consistência: friável; pouco aderente a aderente; plástico. Poros: Abundância – comuns; Tamanho – grande; Tipo – intesticial. Porosidade: Muito alta Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados Raízes: Abundância – comuns; Tamanho – médias. Características Biológicas: Grande quantidade de canais e dejetos de oligoquetas.
4 – 21	B+ h1	10YR 8/4	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares. Consistência: friável; aderente; plástico. Poros: Muitos poros de tamanho médio a grande dos tipos intesticial, canais e vesículas. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – comuns; Tamanho –

			médias. Características Biológicas: Quantidade reduzida de canais e dejetos de oligoquetas. Presença de térmitas e formigas.
21 – 48	B+h2	10YR 8/4	Estrutura: Grau – forte; Tamanho – média; Tipo – blocos subangulares e angulares. Consistência: firme a friável; aderente; levemente plástico. Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas, intersticial e canais. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas. Características Biológicas: não observada.
48 – 75	Bw1	10YR 8/4	Estrutura: Grau – moderada; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares e angulares. Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico. Poros: Abundância – comuns; Tamanho – pequenos e grandes; Tipo – vesículas. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – poucas; Tamanho – finas. Características Biológicas: não observada.
75 – 120	Bw2	10YR 8/4	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares. Consistência: muito friável a friável; levemente aderente; plástico. Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – muito poucas; Tamanho – finas. Características Biológicas: não observada.
120 - 160	Bw3	10YR 8/4	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares. Consistência: friável; aderente; plástico. Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – muito poucas; finas. Características Biológicas: não observada.
160<200	Bw4	10YR 8/4	Estrutura: Grau – fraca; Tamanho – muito pequenas; Tipo – blocos subangulares. Consistência: friável; aderente; plástico. Poros: Abundância – muitos; Tamanho – pequenos e muito pequenos; Tipo – vesículas. Porosidade: Alta. Cerosidade, Cimentação, Concentrações ou Nódulos Minerais: não observados. Raízes: Abundância – muito poucas; finas. Características Biológicas: não observada.

ANÁLISES DE SOLO

Cor do Solo

A cor do solo em todos os tratamentos se manteve no matiz 10YR que é igual espectro dominante da cor (amarelo-velho; Tabela 4). Os horizontes superficiais (Ah) dos tratamentos SA e AQ foram classificados como a cor de nome bruno-muito-claro-acinzentado (valor/croma = 7/3). Os demais horizontes desses mesmos tratamentos foram classificados com valor/croma = 8/4 e 8/3 respectivamente

Tabela 4 - Classificação das cores do solo seco (Munsell) de cada horizonte nos perfis dos três tratamentos Adubação Orgânica (AO), Adubação Química (AQ) e Sem Adubação (SA) dos plantios de *H. courbaril* (jatobá).

Sem Adubação – SA			Solo Seco	
Horizonte	Prof. (cm)	Matiz	Valor /Croma	Nome
Ah	0-4	10YR	7/3	bruno-muito-claro-acinzentado
B+h1	4-21		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
B+h2	21-48		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw1	48-75		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw2	75-120		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw3	120-165		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw4	165<200		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Adubação Química - AQ				
Ah	0-12	10YR	7/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Bh	12-30		8/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw1	30-75		8/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw2	75-115		8/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw3	115-155		8/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw4	155<200		8/3	bruno-muito-claro-acinzentado
Adubação Orgânica - AO				
Ah	0-22	10YR	6/2	cinzento-brunado-claro
ABh	22-35		6/3	bruno-claro-acinzentado
Bh	35-50		7/2	cinzento-claro
Bw1	50-80		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw2	80-120		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw3	120-160		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado
Bw4	160<200		8/4	bruno-muito-claro-acinzentado

AO = Adubação orgânica; AQ = Adubação química; SA = Sem adubação; Prof. = Profundidade

No tratamento AO, os três primeiros horizontes, até 50 cm de profundidade, foram classificados como “cinzento-brunado-claro”, “bruno-claro-acinzentado” e “cinzento claro”, com os valor/croma = 6/2, 6/3 e 7/2 (Figura 10). A partir do quarto horizonte foi classificado como “bruno-muito-claro-acinzentado”.

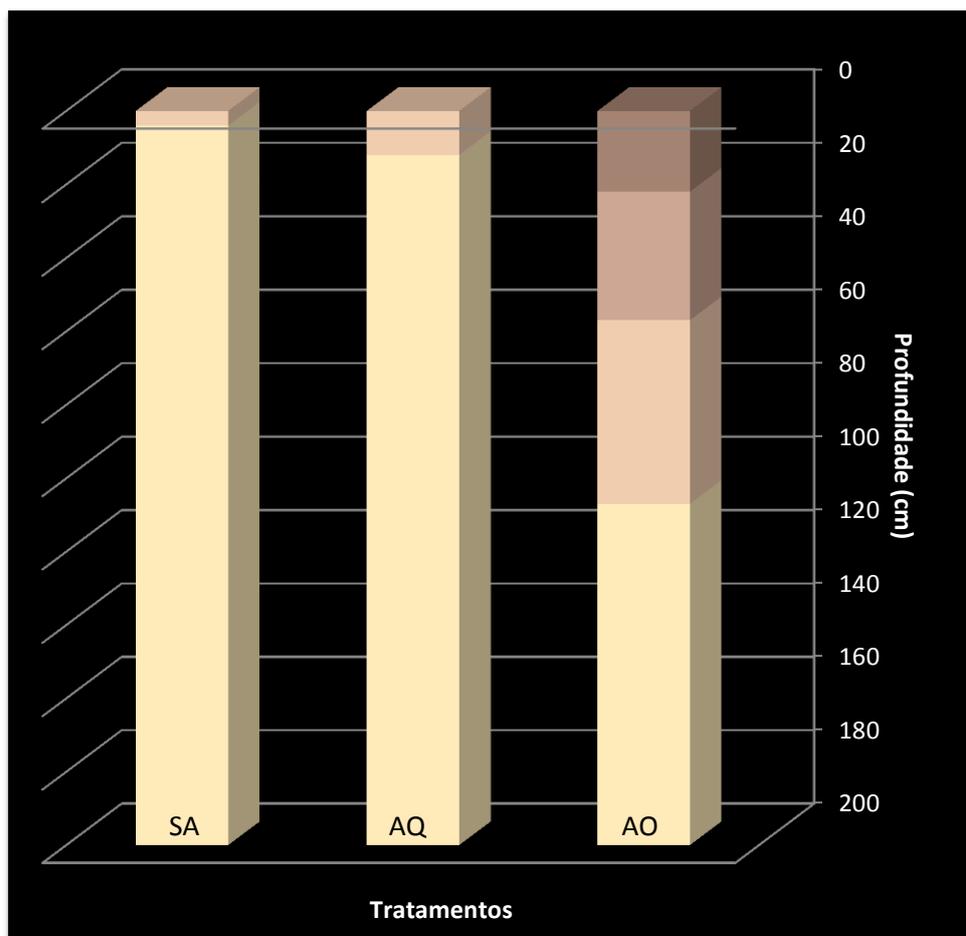


Figura 10 - Distribuição das cores (solo seco) em função das profundidades nos perfis de solo dos três plantios de *H. courbaril* (tratamentos SA, AQ e AO).

Textura

Os teores de areia decresceram com o aumento da profundidade de cada perfil nos três tratamentos (Tabela 5). No tratamento SA, o teor de areia variou entre 49 a 144 g kg⁻¹. No tratamento AQ, o teor de areia variou entre 45 a 132 g kg⁻¹. E no tratamento AO, a variação foi de 71 a 144 g kg⁻¹. Os teores de argila, por sua vez, tiveram uma distribuição inversa, aumentando com a

profundidade no perfil. As variações nos teores de argila foram de 855 – 952 g kg⁻¹ (tratamento SA); 856 – 950 g kg⁻¹ (AQ) e 814 – 929 g kg⁻¹ (AO).

Tabela 5 - Teores de areia, silte e argila nos horizontes nos perfis de solo nos tratamentos (SA, AQ e AO) nos plantios de *H. courbaril*.

SA			AQ			AO					
Prof (cm)	-----g.kg ⁻¹ -----		Prof (cm)	-----g.kg ⁻¹ -----		Prof (cm)	-----g.kg ⁻¹ -----				
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila		
0-4	144	1	855	0-12	132	11	856	0-22	144	42	814
4-21	107	0	903	12-30	84	0	906	22-35	130	10	860
21-48	120	3	880	30-75	77	10	912	35-50	145	2	853
48-75	72	0	928	75-115	69	0	931	50-80	106	0	894
75-120	57	0	943	115-155	50	0	950	80-120	80	0	920
120-165	49	0	951	155<200	45	36	919	120-160	82	4	918
165<200	49	0	952					160<200	71	0	929

SA= Sem adubação; AQ= Adubação química; AO= Adubação orgânica; Prof.= Profundidade

Densidade (ρ)

No geral, as densidades observadas nos horizontes variaram entre 1,06 a 1,26 g cm⁻³. No tratamento SA, a densidade determinada foi de 1,18 g cm⁻³, no horizonte Ah e de 1,23 g cm⁻³ nos horizontes B+h1 e Bw3. No tratamento AQ, a densidade foi de 1,11 g cm⁻³, no horizonte Ah e de 1,20 g cm⁻³ nos horizontes Bh e Bw4. No tratamento AO, a densidade foi de 1,06 g cm⁻³ no horizonte Ah e de 1,26 g cm⁻³ no horizonte Bw1. (Tabela 6).

Tabela 6 - Densidade do solo nos horizontes de cada perfil nos três tratamentos (SA, AQ e AO) nos plantios de *H. courbaril*.

SA			AQ			AO		
Prof. (cm)	Horizonte	(g.cm ⁻³)	Prof. (cm)	Horizonte	(g.cm ⁻³)	Prof. (cm)	Horizonte	(g cm ⁻³)
0-4	Ah	1.18	0-12	Ah	1.11	0-22	Ah	1.06
4-21	B+h1	1.23	12-30	Bh	1.20	22-35	ABh	1.18
21-48	B+h2	1.19	30-75	Bw1	1.19	35-50	Bh	1.24
48-75	Bw1	1.18	75-115	Bw2	1.16	50-80	Bw1	1.26
75-120	Bw2	1.20	115-155	Bw3	1.17	80-120	Bw2	1.23
120-165	Bw3	1.23	155<200	Bw4	1.20	120-160	Bw3	1.17
165<200	Bw4	1.21				160<200	Bw4	1.19

SA= Sem adubação; AQ= Adubação química; AO= Adubação orgânica; Prof.= Profundidade

Carbono e Nutrientes nos Solos

Os valores de carbono total (C_{tot}) no plantio com adubação orgânica (AO) variaram entre 24,08 g kg⁻¹ (horizonte Ah) e 0,41 g kg⁻¹ (Bw4; Tabela 7). No solo do plantio sem adubação (SA), os valores de C_{tot} variaram entre 16,68 e 1,34 g kg⁻¹. O solo do plantio com adubação química (AQ) teve valores intermediários, de 20,55 a 0,98 g kg⁻¹. Para N, os valores variaram entre 2,48 g kg⁻¹ e 0,61 g kg⁻¹, nos horizontes Ah (tratamento AO) e Bw4 (AQ). Assim como o observado para os valores de carbono, os teores de nitrogênio também tiveram uma nítida redução dos horizontes superficiais para os mais profundos (Tabela 8).

Os valores de $P_{disp.}$ no solo tratamento AO variaram entre 10,23 e 0,16 mg kg⁻¹, nos horizontes Ah e Bw3, mostrando forte queda abaixo de 20 cm de profundidade. Nos tratamentos com AQ e SA, abaixo do horizonte Ah os teores de $P_{disp.}$ foram sempre abaixo de 1,00 mg kg⁻¹. Os valores de $K_{troc.}$ oscilaram entre 0,322 (tratamento AO, Ah) e 0,001 cmol_c kg⁻¹ (tratamentos AQ e SA, Bw4). Para $Ca_{troc.}$ os valores variaram entre 0,526 e 0,002 cmol_c kg⁻¹, nos horizontes Ah e Bw2 dos tratamentos AO e SA. Nesses mesmos tratamentos, os valores de $Mg_{troc.}$ variaram entre 0,165 (Ah) e 0,004 (Bw2 e Bw3) cmol_c kg⁻¹.

As concentrações dos micronutrientes Mn, Fe e Zn decresceram ao longo das profundidades dos perfis de solo, nos três tratamentos (Tabela 8). Os maiores valores para o Mn (6 a 7 mg kg⁻¹) foram observados no tratamento AO. A partir de aproximadamente 30 cm de profundidade foram observados valores que variaram de 2 a 3 mg kg⁻¹ nos três tratamentos. Os teores de Fe e Zn mais elevados também foram observados no solo do plantio com AO (174 e 1,9 mg kg⁻¹). Ambos os elementos apresentaram os menores valores nos horizontes mais profundos (Bw2, Bw3, Bw4) do tratamento AQ.

Acidez trocável (Al^{3+}) e acidez ativa do solo (pH_{H_2O} , pH_{KCl})

Para o $Al_{troc.}$ os teores variaram entre 2,02 e 0,32 cmol_c kg⁻¹, nos horizontes Ah e Bw4, no tratamento AO (Tabela 8). No mesmo tratamento foram observados os solos mais ácidos (pH_{H_2O} variando de 3,70 a 5,00). No

tratamento AQ foram observados os solos menos ácidos, com o $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ variando de 3,97 a 5,51). No plantio sem adubação (SA) os valores da acidez do solo, variaram entre 4,25 e 5,22. Em todos os tratamentos (AO, AQ e SA), com o aumento da profundidade do perfil houve um aumento dos valores do pH, sendo os valores mais altos sempre observados nos horizontes mais profundos dos perfis (Figura 11). Os valores do pH_{KCl} foram sempre mais baixos do que os valores do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$.

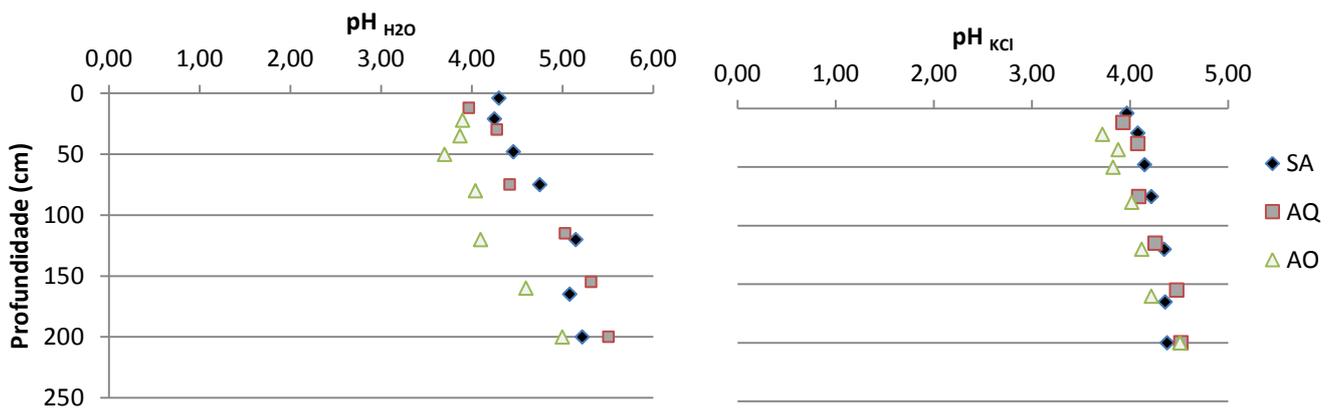


Figura 11 - Funções de profundidade para os valores do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e pH_{KCl} nos perfis de solo dos plantios de *H. courbaril* (jatobá) com os tratamentos de adubação orgânica (AO), adubação química (AQ) e sem adubação (SA).

Tabela 7 - Valores de macro e micronutrientes, alumínio trocável e pH nos perfis de solo nos plantios de *H. courbaril* (jatobá) nos tratamentos com adubação orgânica (AO), adubação química (AQ) e sem adubação (SA). CAMES – Rod. AM-010, km 41. Manaus – AM.

Trat.	Hor.	Prof. -cm-	C ---g kg ⁻¹ ---	N mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Ca -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Mg -----cmol _c kg ⁻¹ -----	Mn -----mg kg ⁻¹ -----	Fe -----mg kg ⁻¹ -----	Zn -----mg kg ⁻¹ -----	Al cmol _c kg ⁻¹	pH	pH
													H ₂ O	KCl
AO	Ah	0-22	24.08	2.48	10.23	0.322	0.526	0.165	7.3	165.2	1.9	2.02	3.90	3.72
AO	ABh	22-35	19.95	1.25	3.52	0.151	0.072	0.062	6.7	174.2	0.7	1.85	3.87	3.88
AO	Bh	35-50	12.57	0.9	1.26	0.081	0.042	0.037	3	168	0.4	1.74	3.70	3.83
AO	Bw1	50-80	2.87	0.78	0.61	0.040	0.030	0.025	2.8	88.7	0.3	1.39	4.04	4.02
AO	Bw2	80-120	1.86	0.86	0.19	0.029	0.027	0.021	2.6	18.3	0.3	1.23	4.10	4.12
AO	Bw3	120-160	1.73	0.72	0.16	0.040	0.017	0.012	2.5	13.2	0.4	1.06	4.60	4.22
AO	Bw4	160->200	0.41	0.63	0.45	0.036	0.057	0.016	2.4	8.4	0.3	0.32	5.00	4.51
AQ	Ah	0-12	20.55	1.77	2.65	0.046	0.080	0.103	3.9	33.2	1.1	1.53	3.97	3.93
AQ	Bh	12-30	6.98	0.87	0.19	0.013	0.022	0.025	3.4	30.3	0.5	1.15	4.28	4.08
AQ	Bw1	30-75	3.71	0.81	0.42	0.005	0.017	0.016	3.1	15.3	0.3	1.09	4.42	4.09
AQ	Bw2	75-115	2.61	0.81	0.26	0.005	0.030	0.021	2.9	4.4	0.1	0.76	5.03	4.26
AQ	Bw3	115-155	0.85	0.66	0.19	0.003	0.025	0.012	2.6	2.9	0.1	0.5	5.32	4.48
AQ	Bw4	155->200	0.98	0.61	0.23	0.001	0.020	0.008	2.3	2.4	0.1	0.33	5.51	4.52
SA	Ah	0-4	16.68	1.36	2.45	0.036	0.096	0.021	3.6	27.6	0.7	1.38	4.30	3.97
SA	B+h1	4-21	9.38	2.14	0.81	0.014	0.013	0.024	3.3	37.9	0.4	1.17	4.25	4.08
SA	B+h2	21-48	5.47	1.04	0.35	0.008	0.005	0.012	3.6	28.2	0.4	1.04	4.46	4.15
SA	Bw1	48-75	7.8	0.63	0.58	0.003	0.004	0.008	3	14.1	0.3	0.97	4.75	4.22
SA	Bw2	75-120	3.03	0.67	0.23	0.004	0.002	0.004	2.7	4.8	0.4	0.75	5.15	4.35
SA	Bw3	120-165	2.97	0.81	0.23	0.006	0.004	0.004	2.5	3.6	0.5	0.58	5.08	4.36
SA	Bw4	165->200	1.34	0.74	0.23	0.001	0.008	0.006	2.6	7.5	0.5	0.64	5.22	4.38

Trat.= Tratamento; Hor.= Horizonte; Prof.= Profundidade; AO = Adubação orgânica; AQ = Adubação química e SA = Sem adubação.

BIOMASSA

Os menores valores para a biomassa aérea total das árvores foram observados no plantio com tratamento SA e variaram entre 1,50 a 19,63 kg/árvore (Tabela 8). No plantio com tratamento AQ a variação foi de 14,45 a 61,59 kg. Os maiores valores de biomassa aérea foram observados no plantio com AO (86,00 - 382,75 kg/árvore).

Tabela 8 - Valores da biomassa aérea total, do estoque de biomassa por hectare e dados biométricos nos três tratamentos de adubação dos plantios de *H. courbaril* (*H. courbaril*).

Trat.	Biomassa (kg)				
	Média	Máx	Mín	CV (%)	Estoque (Mg/ha)
AO	164.2 ± 85.7	382.76	86.00	52.21	273.5
AQ	33.6 ± 15.3	61.59	14.45	45.54	33.6
SA	7.8 ± 5.7	19.63	1.50	73.60	12.9
	Ht (m)				
	Média	Máx	Mín		
AO	7.16 ± 3.93	14.00	0.90		
AQ	5.45 ± 2.28	10.64	1.10		
SA	3.58 ± 2.24	11.00	0.90		
	DAP (cm)				
	Média	Máx	Mín		
AO	8.88 ± 5.23	22.50	2.00		
AQ	6.86 ± 2.76	14.50	2.50		
SA	4.59 ± 3.32	17.50	1.50		

Trat.= Tratamento; Ht= altura total; DAP= diâmetro a 1,30 m de altura do solo; Máx = valor máximo; Mín.= valor mínimo; CV = coeficiente de variação;

Os maiores incrementos de biomassa, nos três tratamentos de adubação (AO, AQ e SA) foram nos compartimentos troncos e galhos finos. Nos tratamentos AO e SA o maior incremento foi no compartimento Galhos Finos (38% e 54%). Já no tratamento AQ o maior incremento foi no compartimento Tronco (53%). Os compartimentos folhas foram os que tiveram o menor incremento em biomassa nos três tratamentos (Tabela 9).

Tabela 9 - Biomassa nos compartimentos aéreos e distribuição percentual nas árvores de *H. courbaril*.

Tratamentos	AO*		AQ*		SA*	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	%
Troncos	54.76	33.62	17.98	53.47	2.68	34.45
Galhos Grossos ¹	41.43	25.44	1.17	3.48	0.51	6.56
Galhos Finos ²	61.15	37.55	12.89	38.33	4.17	53.56
Folhas	5.53	3.39	0.92	2.74	0.47	6.05
Total	162.86	100.00	33.63	100.00	7.78	100.00

* = biomassa média de 10 árvores; 1= $\varnothing \geq 10$ cm; 2= $\varnothing < 10$ cm

Nas árvores do plantio com tratamento AO a biomassa dos troncos variou de 34,77 a 79,83 kg/árvore (Tabela 10). As árvores do plantio SA tiveram, nesse mesmo compartimento, valores entre 0,19 e 8,10 kg/árvore (AO). A biomassa dos galhos grossos variou entre 2,62 a 139,38 kg/árvore no tratamento AO. A biomassa média desse compartimento nas árvores do tratamento AO foi cerca de 8 vezes maior do que nos tratamentos AQ e SA. Vale salientar que oito árvores no tratamento AQ e 9 no SA não tinham o compartimento galhos grossos. Para os galhos finos foram determinadas, nos tratamentos AO e AQ, biomassas médias (61,15 e 12,89 kg/árvore) maiores do que nos galhos grossos (41,43 e 5,86 kg/árvore). No tratamento AO a biomassa média desse compartimento foi 15 vezes maior do que no tratamento SA. As folhas das árvores no tratamento AO tiveram uma biomassa média de 5,53 kg/árvore. No tratamento SA foram determinadas as menores biomassas de folhas, com um valor médio de 0,59 kg/árvore.

Tabela 10 - Biomassa aérea dos compartimentos arbóreos das árvores (n=30) nos plantios de *H. courbaril* (jatobá) três tratamentos.

Troncos -----kg/árvore-----			Galhos Grossos ($\varnothing \geq 10$ cm) -----kg/árvore-----			Galhos Finos ($\varnothing < 10$ cm) -----kg/árvore-----			Folhas -kg/árvore-----			
AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	AO	AQ	SA	
34.77	20.25	0.19	113.96	8.68	NE	64.02	28.39	1.42	8.16	2.72	0.07	
79.83	8.98	1.16	13.19	3.03	NE	23.33	19.17	1.30	4.79	1.81	NE	
62.49	32.42	0.79	139.38	NE	NE	167.16	20.20	4.40	13.73	2.72	1.42	
37.87	28.70	0.54	11.07	NE	NE	46.52	13.47	0.78	2.07	0.52	0.10	
40.43	20.59	1.18	57.47	NE	NE	46.49	6.22	1.81	5.47	NE	0.78	
34.91	19.18	5.95	9.86	NE	NE	34.50	8.29	5.44	5.18	0.19	1.68	
67.43	16.33	3.14	7.39	NE	NE	46.10	9.84	6.48	1.55	NE	NE	
61.23	12.75	0.30	23.05	NE	5.10	70.91	8.44	3.73	3.63	1.17	0.13	
50.48	7.45	3.03	36.29	NE	NE	51.90	6.48	5.44	6.80	0.10	0.18	
78.12	13.17	8.10	2.62	NE	NE	60.55	8.42	10.88	3.89	NE	0.34	
Valor Médio	54.76	17.98	2.41	41.43	5.86	5.10	61.15	12.89	4.17	5.53	1.32	0.59

AO= tratamento adubação orgânica; AQ= tratamento adubação química; SA= tratamento sem adubação; NE= não existente.

Por meio da Figura 12 é possível, visualmente, comparar as biomassas das árvores e a distribuição nos compartimentos dos três tratamentos de adubação (SA, AQ e AO) nos plantios de *H. courbaril* (*H. courbaril* – Figura 12)

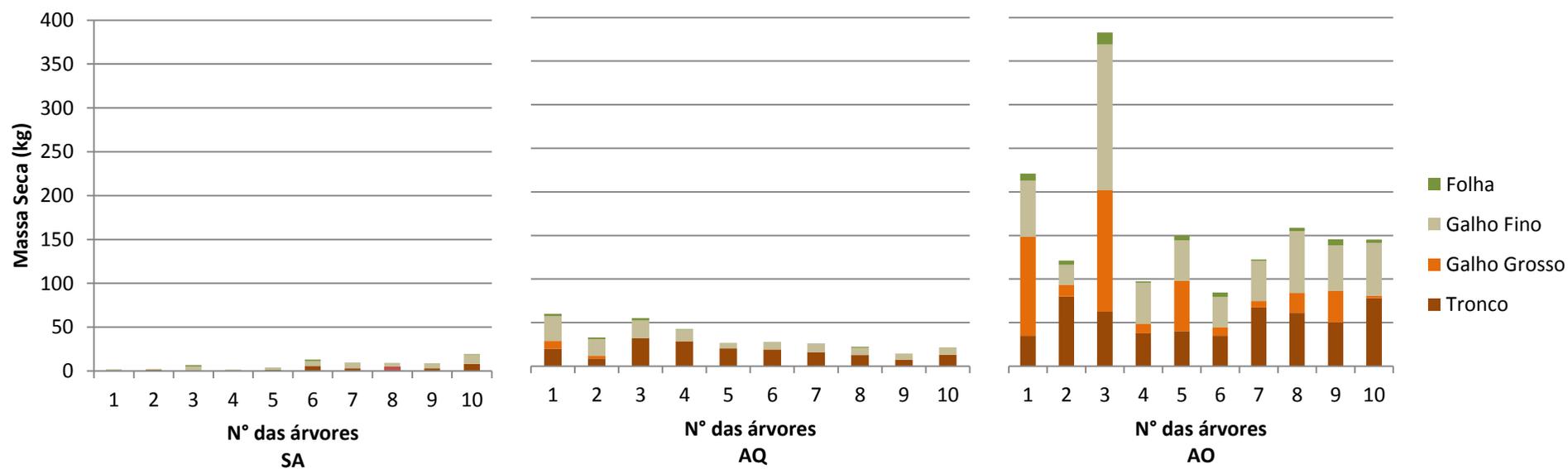


Figura 12 - Biomassa aérea total e distribuição nos compartimentos nos três tipos de tratamento (Sem Adubação; Adubação Química e Adubação Orgânica) do plantio de *H. courbaril* (*H. courbaril*).

DISCUSSÃO

Cor do solo

O solo do perfil no plantio sem adubação indica uma típica distribuição de cores em Latossolos Amarelos de áreas degradadas, apenas nos primeiros centímetros da superfície do solo há uma tonalidade bruno-muito-clara, indicando baixos teores de matéria orgânica e um horizonte Ah de espessura muito reduzida (0 - 4 cm). Isso confirma a observação na superfície do terreno nesse plantio, onde parte está exposta, ou seja, sem cobertura vegetal. Nesse tratamento, a cor nas outras profundidades se mantém muito uniforme, indicando menores teores de matéria orgânica. No plantio do tratamento AO, fica evidenciada a forte influência do acúmulo de matéria orgânica nas cores do solo até os 50 cm de profundidade (horizonte Bh - Tabela 4). As cores brunadas e acinzentadas são claros indicativos de maiores teores de carbono no solo conforme o observado nos resultados das análises químicas do solo. A adubação química favoreceu especialmente o desenvolvimento de gramíneas entre as árvores, que por sua vez, contribuíram para a proteção contra a perda de solo e para o aumento de carbono nas camadas superficiais do solo (Bh até 30 cm).

Textura

Os altos teores de argila nos três perfis confirmam a inclusão desse solo na categoria “muita argilosa”, na classe dos Latossolos Amarelos (Lucas *et al.*, 1984; Embrapa 2006). Teores de argila muito altos foram descritos para muitos solos dessa classe na Amazônia Central (Sombroek, 2001; Ranzani, 1980; Chauvel, 1981; Jahnel, 1993; Ferraz *et al.*, 1998; Ohta *et al.*, 2003). Os teores mais baixos de argila na camada superficial do perfil com adubação orgânica são devidos às frequentes incorporações de resíduos vegetais feitas nessas profundidades. A degradação prévia desse solo e os posteriores tratamentos de adubação nos plantios de *H. courbaril* não alteraram as classes de textura

originais desses solos, indicando assim, que impactos causados pela derrubada da floresta e estabelecimento de agricultura/fruticultura não alteraram a distribuição original da textura desses solos. Geralmente essas alterações ocorrem em casos extremos de degradação do solo e perturbações antropogênicas, como por exemplo, mineração (Ferraz, 1993; Salomão, 2003; Chodak e Niklinska, 2010) e desmatamento de encostas.

Densidade (ρ)

Os maiores valores da densidade ($1,26 \text{ g cm}^{-3}$) foram observados nas camadas superficiais do solo, no tratamento SA, refletem o histórico de uso do terreno que, após o desmatamento e utilização agrícola da área a vegetação secundária foi repetidamente retirada por meio de trator. A superfície desse solo apresenta ainda várias partes ainda sem cobertura de herbáceas, o que impede também a redução da densidade superficial pela ação das raízes da dessa vegetação secundária. Nos solos do plantio com adubação química, o intenso enraizamento das gramíneas crescendo devido ao estímulo desse tipo de adubação provavelmente promoveu uma diminuição na densidade do solo superficial. Os menores valores da densidade foram observados nos horizontes superficiais no solo do plantio com adubação orgânica (AO), refletindo a maior incorporação de resíduos vegetais e a maior intensidade de cobertura vegetal por gramíneas, nas camadas superficiais do solo. Nestes horizontes (até 50 cm de profundidade) foram detectados também os maiores teores de matéria orgânica nos solos do plantio ($24,08$ até $12,07 \text{ g kg}^{-1}$ de carbono).

De maneira geral, pode-se dizer que tantos impactos causados pelo desmatamento, como pelo uso agrícola do solo e pela “limpeza” mecanizada do terreno não tiveram influência na densidade nas camadas (Bw2 e Bw3) do solo. A uniformização nos valores da densidade das camadas do solo sub-superficial (até 200 cm) indica que os impactos da forma de utilização desses solos não atingem profundidades maiores que 60 cm. Os valores mínimos e máximos encontrados para a densidade do solo são esperados para a classe de Latossolos Amarelos muito argilosos.

pH

Os valores do pH indicaram que os solos dos plantio podem ser classificados como tendo acidez elevada a muito elevada. Os horizontes mais profundos podem chegar a ter acidez média ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,1 a 6,0; Freire, 2003). O aumento dos valores do pH com o aumento da profundidade dos solos, observados em todos os tratamentos, confirma as observações feitas por Chauvel (1981), Ferreira *et al.* (2001) em perfis de Latossolos Amarelos feitos em áreas de floresta primária. No tratamento com adubação orgânica os menores valores observados refletem a maior liberação de ácidos orgânicos (ácidos húmicos e fúlvicos) resultantes da decomposição dos resíduos vegetais utilizados na adubação. Os maiores valores do pH no perfil do plantio com adubação química foram provavelmente causados pelas bases contidas no adubo químico. No plantio sem adubação, os valores do $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ e pH_{KCl} , quando comparados com os valores em perfis das florestas primárias, indicou similaridade na variação dos valores encontrados por Ferreira *et al.* (2001), nos primeiros 60 cm de profundidade (de 4,20 a 4,51 e 3,90 a 4,14, respectivamente). Os valores mais altos do pH observados nos horizontes mais profundos dos perfis de solo podem estar relacionados à menor quantidade de matéria orgânica. Resultados semelhantes foram descritos por Chauvel (1981) e Machado (2008) em que os menores valores de pH foram observados em áreas com maior quantidade de carbono.

Carbono e nutrientes do solo

Os maiores valores de carbono orgânico total foram sempre observados nos horizontes mais superficiais, havendo um forte decréscimo dos teores com o aumento da profundidade. Os maiores valores de carbono observados podem ser considerados como elevados para solos tropicais (Cochrane *et al.*, 1985; Freire, 2003; Camargos, 2005). Esses valores se aproximam daqueles encontrados nos solo superficial (0-10 cm) em florestas primárias, na região de Manaus ($41,4 \text{ g kg}^{-1}$; Ferreira *et al.*, 2001). No solo do plantio com adubação

orgânica a diminuição dos teores de carbono não é redução abrupta até os 50 cm de profundidade, indicando assim, a maior eficiência deste tipo de adubação no aumento dos teores de matéria orgânica do solo nas camadas sub-superficiais (Ferreira, 2009). Nas camadas mais profundas (aproximadamente 200 cm), nota-se uma semelhança nos valores de carbono orgânico nos três tratamentos.

No plantio com adubação química, foram observados alto valor no teor de carbono do solo superficial (0 a 12 cm), que caem drasticamente no horizonte sequente (12 a 30 cm). Esse maior acúmulo no horizonte superficial é provavelmente devido à adubação química, que acarretou na maior produção de liteira e maior desenvolvimento das raízes vegetação herbácea.

Os valores de carbono orgânico observados no plantio com adubação orgânica atingiram níveis semelhantes ($26,10 \text{ g kg}^{-1}$) com aqueles encontrados em solos com prática de adubação orgânica, como por exemplo, em *homegardens* em Roraima – RR, Brasil (Pinho *et al.*, 2010)

Os valores de nitrogênio observados no horizonte Ah do tratamento adubação orgânica podem ser considerados como altos se comparados aos valores observados nos solo superficial da mata primária (Ferreira *et al.*, 2001). Esse aumento nos teores de nitrogênio é devido à intensa decomposição dos restos da vegetação secundária e posterior mineralização dos compostos orgânicos de nitrogênio. Essa influência, no entanto, limita-se as camadas superficiais do solo (até 30 cm). A partir dessa profundidade os solos possuem teores semelhantes, indicando a rápida lixiviação de nitrato e amônio nas camadas mais profundas do solo.

Os valores de fósforo observados no horizonte (Ah 0-22 cm) do tratamento com adubação orgânica podem ser considerados como de boa disponibilidade ($8-12 \text{ mg dm}^{-3}$; Cochrane *et al.*, 1985; Alvarez *et al.*, 1999; Freire, 2003; Camargos, 2005) para solos com teores de argila maior que 60%.

Esses valores chegam a superar os valores de P encontrados no solo superficial da floresta primária (2 mg dm^{-3}) (Ferreira, 2001; Hirai *et al.*, 2003). Já nos horizontes superficiais dos plantios com adubação química e sem adubação, os valores são semelhantes daqueles observados no solo com floresta natural ($2,65$ e $2,45 \text{ mg kg}^{-1}$)

O teor de potássio (K) no horizonte mais superficial no plantio com adubação orgânica pode ser classificado como “muito bom” ($> 120 \text{ mg dm}^{-3}$ Alvarez *et al.*, 1999; Cochrane *et al.*, 1985). Esse valor é até duas vezes maior do que o encontrado em mata primária (Ferreira *et al.*, 2001). A adubação orgânica mostrou um ação de alta profundidade na distribuição do K ao longo do perfil. Assim, o alto teor de K observado no horizonte Ah é cerca de 10 vezes maior do que o teor observado no horizonte Bw4 (160-> 200 cm). Por outro lado, os horizontes mais profundos dos tratamentos AQ e SA possuem valores de K cerca de 40 vezes menores do que os horizontes mais superficiais (Cochrane *et al.*, 1985; Alvarez *et al.*, 1999; Freire, 2003; Camargos, 2005). Para os tratamentos AQ e SA os valores observados nos horizontes superficiais foram nitidamente inferiores ao observado por Ferreira (2001) no solo superficial de mata primária (0-10 cm = 57 mg dm^{-3} e 10-20 cm = 24 mg dm^{-3})

Os teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), no horizonte superficial do tratamento com adubação orgânica, podem ser classificados como “baixos” ($0,41 < \text{Ca} < 1,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; $0,16 < \text{Mg} < 0,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Freire, 2003), quanto a fertilidade. Os demais horizontes subsequentes podem ser classificados como “muito baixos” ($\text{Ca} < 0,40 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e $\text{Mg} < 0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Alvarez *et al.*, 1999) nos três tratamentos, para esses dois nutrientes.

Para o Ca, nota-se que no tratamento AQ, foram observados relativamente maior influência dessa adubação no horizonte mais profundo, onde este tem teores de Ca apenas quatro vezes menores do que no horizonte mais superficial. Já para os tratamentos AO e SA os horizontes mais profundos possuem 10 vezes menos Ca do que aqueles dos horizontes mais superficiais (aproximadamente 10 vezes menos Ca). Quando comparados comparado com os teores de Ca e Mg em solo de floresta primária da região de Manaus, nota-se que os teores desse nutrientes no solo superficial do tratamento AO são quase 3 vezes maiores do que aqueles observados na mesma profundidade desses solos 40 e 38 g kg^{-1} (Ferreira *et al.*, 2001).

Já os solos superficiais dos tratamentos AQ e SA têm valores semelhantes aos encontrados solos da mesma floresta. Porém, ao contrário do que foi observado nesses solos, com o aumento da profundidade do perfil, não foi observado um aumento nos teores de Ca. Tal fato pode ser devido à maior

lixiviação do Ca durante o período em que a vegetação secundária era suprimida.

A adubação orgânica teve maior eficiência, tanto no teor de Mg no horizonte superficial, quanto no teor do mesmo nutriente ao longo do perfil. O horizonte Ah do tratamento AO chega até 1,5 e 8 vezes mais Mg do que nos tratamentos AQ e SA nos mesmos horizontes, respectivamente. Todavia, quando o horizonte mais superficial do tratamento com matéria orgânica é comparado com a floresta primária, o teor de Mg na mesma profundidade (até 20 cm) é quase 2 vezes menor.

Os mais altos teores de Ferro foram observados nos horizontes do solo onde foi realizada a adubação orgânica. Isto se deve provavelmente à complexação do Fe com as substâncias húmicas do solo. Os teores decrescentes de Fe observados em todos os perfis são uma característica comum aos Latossolos da região (Jahnel, 1993). Maiores teores de Fe tratadas com adubação orgânica também foram observados por Lima *et al.* (2005).

A distribuição do Mn ao longo do perfil segue o padrão encontrado nos Latossolos da região. No entanto, a diferença entre os teores observados nas camadas mais superficiais e as mais profundas do perfil, não ultrapassam o fator 3. Os nítidos maiores teores de Mn observados nos dois primeiros horizontes do tratamento AO são devidos à liberação deste nutriente contido na matéria orgânica. Assim como Ferro e Manganês, os menores valores Zinco são observados com o aumento da profundidade do solo. Os maiores teores observados no horizonte mais superficial no tratamento de AO foram devidos à liberação desse nutriente consequente da mineralização da matéria orgânica

Biomassa

O **maior valor da biomassa aérea total**, determinado para o plantio do tratamento AO (273,5 Mg ha⁻¹), é inferior a maioria dos valores estimados para florestas primárias (entre 228 e 420 Mg ha⁻¹, Nascimento e Laurance, 2004). Em florestas secundárias de 10 anos de idade, sobre áreas de antigas pastagens, Uhl *et al.* (1988) determinaram 80 Mg ha⁻¹ de biomassa aérea. Em florestas secundárias de 20 anos, Salomão *et al.* (1996) determinaram uma

biomassa aérea de 81 Mg ha⁻¹, e na mesma tipologia florestal, com idades de 6, 10 e 25 anos, Lima (2001) determinou biomassas de 26, 56 e 110 Mg ha⁻¹, respectivamente.

O maior acúmulo de biomassa observado no plantio AO, quando comparado aqueles observados nos plantios dos tratamentos AQ e SA (33,6 e 12,9 Mg ha⁻¹) foram devidos a maior fertilidade do solo no tratamento AO. Efeitos positivos da maior fertilidade dos solos sobre o aumento da biomassa florestal também foram reportados por Laurance *et al.* (1999). Os valores mais altos da biomassa no tratamento AQ, em relação ao SA, podem também ser explicados pela maior oferta de nutrientes após as adubações. Davidson *et al.* (2004) também observaram um aumento significativo na biomassa arbórea após a adubação com N e N+P em florestas secundárias sobre Latossolos Amarelos, na região de Paragominas (PA).

Em plantios de tachi-branco (*Sclerolobium paniculatum*) aos sete anos de idade, em áreas de cerrado, no Amapá, Castro *et al.* (1998) estimaram biomassas aéreas variando entre 0,719 e 1,315 Mg ha⁻¹. Valores maiores, da ordem de 41 Mg ha⁻¹, foram determinados em plantio de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), em Butiá (RS) (Caldeira *et al.*, 2001).

Em plantios de *Mimosa caesalpiniaefolia*, aos 8 e 11 anos de idade, em Itambé (PE) foram determinados valores de biomassa aérea de 66,22 e 80,78 Mg ha⁻¹ (Moura *et al.*, 2006). Em plantios de eucalipto, na região de Timóteo (MG), com sete anos de idade, foram determinados valores de biomassa de 148 Mg ha⁻¹, e na região da Depressão Central (RS), em plantios da mesma idade, 149,9 Mg ha⁻¹ (Santana *et al.*, 2008).

Em relação à **distribuição da biomassa (percentual) nos compartimentos** das árvores, os reduzidos valores observados nos galhos grossos do plantio **SA** contrastam com os altos valores da biomassa alocada nos **galhos finos**. O percentual de biomassa estocada nesse compartimento chega a superar os valores da biomassa do tronco. O *H. courbaril* é uma árvore conhecida por ter forte ramificação lateral, especialmente na fase inicial do plantio, quando ainda não ocorre uma derrama natural dos galhos. No plantio de maior crescimento (**AO**), a forte derrama natural manteve uma maior quantidade de **galhos grossos** na metade superior da copa, o que levou a uma maior percentagem de biomassa em comparação com os outros dois

tratamentos. Neles (AQ e SA) o percentual de biomassa nos galhos finos foi maior, especialmente no tratamento SA, onde 90% das árvores possuíam apenas galhos finos, devido a reduzida altura das árvores e intenso esgalhamento lateral. Também contribuiu para um maior investimento de biomassa nos galhos finos, o fato desses plantios não terem recebido poda de condução. Essa maior ramificação de galhos finos no plantio SA foi também responsável pelo dobro do percentual de biomassa de folhas em relação as árvores dos outros plantios (AO e AQ).

De uma maneira geral, a forma de crescimento (arquitetura da árvore) do *H. courbaril*, também explica as diferenças na **distribuição percentual** de biomassa quando comparada com a observada em plantios jovens de **outras espécies** (p.ex. tronco -aprox. 50% > galhos - 20% > folhas - 18% > casca - 12%; Caldeira et al., 2001). Os resultados deste estudo se aproximam mais daqueles observados em plantios de *Mimosa caesalpiniaefolia* com 8 e 11 anos de idade, onde Moura *et al.* (2008) observaram a seguinte ordem de distribuição da biomassa: tronco (51,53 e 44,58%), galhos (44,99 e 53,40%), e folhas (1,10 e 0,62%).

CONCLUSÃO

Os índices valor/croma mais baixos na matiz de cor 10YR dos solos nas camadas mais superficiais dos perfis podem servir como indicativo de matéria orgânica e nutrientes. Os processos de degradação dos solos causados pela derrubada da floresta e sucessivas remoções da vegetação secundária não influenciaram a distribuição da textura nos Latossolos Amarelos desses plantios. A adubação orgânica contribuiu para uma redução nos valores de densidade e da resistência à penetração no solo superficial.

Nas camadas superficiais do solo a adubação orgânica promove um aumento nos teores dos macro e micronutrientes P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. Os efeitos da adubação orgânica, especialmente no que se refere aos teores de matéria orgânica do solo, fizeram-se notar também nos horizontes subsuperficiais. Esta adubação, também, promove um aumento nos valores de acidez do solo até as suas camadas mais profundas, quando comparada com

os outros tratamentos. Entretanto, esse aumento da acidez não teve influência no crescimento das árvores nos plantios e no acúmulo de biomassa aérea.

Na fase inicial dos plantios, o investimento em biomassa aérea ocorreu mais nos compartimentos dos Troncos e Galhos Finos. O plantio de *H. courbaril* quando realizado em sítios com altos teores de matéria orgânica e nutrientes apresenta valores de biomassa equivalentes aos das principais espécies exóticas plantadas em outras regiões do país.

Capítulo II: Estado nutricional, fotossíntese e fluorescência da clorofila *a* em plantios de *Hymenaea courbaril* L. sobre área alterada pela agricultura na região de Manaus-AM

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que influenciam o crescimento das árvores está a disponibilidade de luz, que é essencial para o fluxo de energia e, portanto, de nutrientes nos sistemas biológicos (Evans, 1989; Larcher, 2003; Gonçalves *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2006; Schaberg *et al.*, 2011). O crescimento da planta é fortemente determinado por sua capacidade de interceptar a luz solar e pela eficiência em utilizar a energia luminosa no processo fotossintético. Contudo, os processos fotossintéticos podem sofrer alterações pela influência de outros fatores externos além da luz: CO₂, água, nutrientes, temperatura – e internos: condutância estomática, concentração de fotoassimilados, concentração dos nutrientes nas folhas e os teores de pigmentos cloroplastídicos (Dewar *et al.*, 1998; Thornley, 1998, Kull, 2001; Albert *et al.*, 2011).

Todavia, por mais importante que seja e por quantos benefícios a irradiância possa trazer para o bom desempenho fotossintético das plantas, mudanças abruptas na intensidade luminosa podem exceder o limite de tolerância das plantas ao fluxo de energia (Lichtenthaler e Wellburn, 1983; Engel e Poggiani, 1991; Gonçalves *et al.*, 2001; Larcher, 2003; Jiao *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Morais *et al.*, 2007). Normalmente, o excesso de luz e outros tipos de estresse (p. ex. reduzida disponibilidade de nutrientes e água no solo) ocorrem em áreas perturbadas e/ou degradadas formadas por ações antrópicas ou por efeitos naturais e, até mesmo, em plantios comerciais. (Denslow *et al.*, 1990; Nussbaum *et al.*, 1995; Parrota *et al.*, 1997; Gonçalves e Santos Júnior, 2005; Fang *et al.*, 2008; Tonini *et al.*, 2008).

A reduzida oferta de nutrientes pode comprometer o crescimento das espécies, já que os nutrientes primários como N, P, K exercem funções primordiais no tocante à assimilação de carbono e manutenção do estado

hídrico das plantas (Arora *et al.*, 2001; Graciano *et al.*, 2006; Chaudhary *et al.*, 2008)

Trabalhos sobre exigências nutricionais de espécies florestais, especialmente as nativas, como o *H. courbaril*, são escassos (Carpanezzi *et al.*, 1976; Kirkby e Römheld, 2007; Makoto e Koike, 2007; Viveiros, 2007). Geograficamente, essa espécie se apresenta em populações nativas de áreas de cerrado, sendo caracterizada, ecologicamente, como pouco exigente em fertilidade e umidade do solo. Por outro lado, há trabalhos indicando que o *H. courbaril* reage significativamente a maiores teores de nutrientes no solo (Gurgel Filho *et al.*, 1982;).

Os objetivos desse capítulo são: em plantios de *Hymenaea courbaril* em área degradada e submetidos a três tratamentos de adubação (orgânica, química e sem adubação) determinar os teores e os estoques de nutrientes em seus compartimentos aéreos (folhas, galho finos, galhos grossos e tronco); avaliar as trocas gasosas (fotossíntese líquida, respiração no escuro, condutância estomática e transpiração); analisar a fluorescência da clorofila a e teor de clorofila total.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo – ver Capítulo I

Histórico da área – ver Capítulo I

Formação dos plantios – ver Capítulo I

Determinação dos teores de nutrientes nos compartimentos das árvores

Para a determinação das concentrações de macro e micronutrientes foliares foram coletadas folhas recém adultas, em bom estado fitossanitário, situadas no terço superior da árvore (Silva *et al.*, 2006) de 10 indivíduos de cada tratamento. As amostras foliares foram secas em estufa a 65⁰ C até peso constante. Cada amostra com 0,5 g de matéria seca foi submetida a uma pré digestão, durante uma noite, e posteriormente a uma digestão úmida digestão

úmida ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) na proporção de 3:1 a uma temperatura gradativa de até 200°C , durante cerca de 8 horas (Embrapa, 2009). O carbono foi determinado pelo método Walkley-Black (Embrapa, 2009); Nitrogênio pelo método de Kjeldahl. O P foi determinado pelo método molibdato de amônio e medido colorimetricamente no espectrofotômetro (Shimadzu UV-VIS 1240) em comprimento de onda de 725 nm. Os macronutrientes K, Ca e Mg e os micronutrientes (Mn, Fe e Zn) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin Elmer 1100B) a partir de extratos diluídos 20 vezes. As determinações dos teores de nutrientes nos outros compartimentos das árvores (Galhos Finos, Galhos Grossos (sub-amostras retiradas a 0, 50 e 100% do comprimento do compartimento), Tronco (sub-amostras retiradas a 0, 50 e 100% do comprimento do compartimento), Casca dos Galhos Grossos (sub-amostras retiradas a 0, 50 e 100% do comprimento do compartimento) e Casca Tronco (sub-amostras retiradas a 0, 50 e 100% do comprimento do compartimento)) seguiram os mesmos procedimentos dos teores foliares.

Determinação dos estoques dos nutrientes nos compartimentos aéreos

O cálculo dos estoques de nutrientes foi feito a partir da multiplicação da biomassa média (ver Capítulo I) e o teor médio por nutriente em cada compartimento. Não foram determinados os estoques para os compartimentos Casca do Tronco e Casca do Galho Grosso.

Ecofisiologia

As variáveis ecofisiológicas mensuradas foram: fotossíntese, respiração no escuro, condutância estomática, transpiração, fluorescência da clorofila a e teor de clorofila total.

Trocas gasosas

As medidas de trocas gasosas foram realizadas no período entre 9:00 e 11:30 horas, em cinco indivíduos por tratamento. Em cada planta foi selecionada uma folha completamente expandida, em estado fitossanitário adequado, exposta a pleno sol no terço superior da copa. Nas árvores mais

altas, tais folhas foram alcançadas por meio da construção de andaimes. A fotossíntese (A), respiração (R_d), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) foram determinadas por meio de um analisador de gás infravermelho (IRGA) portátil, de sistema aberto, (LI-COR LI-6400), conforme metodologia descrita por Santos Júnior *et al.* (2006). A curva de luz foi obtida à densidade de fluxo de fótons (PPFD) de 0 a 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com a câmara foliar ajustada para concentração de CO_2 , temperatura e vapor de H_2O em torno de $380 \pm 4 \mu\text{mol mol}^{-1}$, $31 \pm 1^\circ\text{C}$ e $21 \pm 1 \text{ mmol mol}^{-1}$, respectivamente.

Fluorescência da clorofila a

A determinação da fluorescência da *clorofila a* foi realizada utilizando um fluorômetro portátil (PEA, MK2–9600) em três folhas completamente expandidas, em bom estado fitossanitário, em cada indivíduo. Os dados foram coletados também entre 09:00 e 11:30 horas nos mesmos indivíduos em que foram determinadas as trocas gasosas em cada tratamento. As folhas selecionadas estiveram sujeitas a um período de adaptação de 20 min no escuro, suficiente para a completa oxidação dos centros de reação. Estas folhas foram, então, expostas a pulsos de luz saturante à intensidade de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e comprimento de onda de 650 nm por 5 s (Gonçalves *et al.*, 2005). Dessa forma a fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) foram obtidos.

Pigmentação

Os valores de quantidade de pigmentos, no caso, **clorofila a** foram medidos utilizando um clorofilômetro (SPAD-502, Minolta, Japão) em três pontos da folha para obtenção de uma média. As folhas de 10 indivíduos foram examinadas em cada tratamento. A determinação do teor de clorofila foi feita pelo método de Arnon (1949), conforme descrito por Marengo e Lopes (1994). Os teores de clorofila foram expressos por unidade de área foliar ($\mu\text{mol cm}^{-2}$)

Delineamento estatístico experimental

A metodologia experimental utilizada foi a de delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo três tratamentos (AO, AQ e SA) com dez repetições cada. Exceção para as variáveis de trocas gasosas que foram cinco repetições (indivíduos amostrados). Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância por meio do *software* estatístico SYSTAT 12.0 para Windows (Systat Software, Inc. 2007). Logo após, foi aplicado o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para comparação entre os valores médios dos tratamentos.

RESULTADOS

Nutrientes nos compartimentos arbóreos

Carbono (C)

De uma maneira geral, os maiores teores de carbono foram encontrados no compartimento folhas dos três tratamentos, AO, AQ e SA (52,9, 52,7 e 53,1 dag kg⁻¹). O compartimento que teve os menores teores de carbono foi o CGG 50% no tratamento sem adubação (28,3 dag kg⁻¹; Tabela 1). Para os teores de carbono no compartimento GF e Tr 50% foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 1 - Teores de carbono nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----C (dag kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	52.9	a	52.7	a	53.1	a
GF	44.9	a	45.0	ab	42.7	ac
GG 100%	48.7	a	51.4	a	46.2	a
GG 50%	50.2	a	48.7	a	48.9	a
GG 0%	44.9	a	46.0	a	44.6	a
Tr 100%	43.6	a	44.7	a	44.4	a
Tr 50%	47.3	ab	45.1	a	42.0	ac
Tr 0%	43.0	a	45.0	a	44.0	a
CGG 100%	38.5	a	30.8	a	41.1	a
CGG 50%	37.4	a	34.4	a	28.3	a
CGG 0%	36.6	a	30.8	a	29.9	a
CTr 100%	37.2	a	36.2	a	33.9	a
CTr 50%	33.7	a	33.5	a	33.8	a
CTr 0%	34.6	a	32.1	a	37.1	a

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p < 0,05), Teste de Tukey.

Nitrogênio (N)

Os maiores teores do nutriente nitrogênio foram encontrados no compartimento folhas dos tratamentos AO, AQ e SA (16,79 – 17,21 – 20,13 g kg⁻¹). Nos demais compartimentos foram encontrados valores que variaram de 4,12 g kg⁻¹ no compartimento GG 100% do tratamento AO a 7,21 g kg⁻¹ no compartimento GF do tratamento SA (Tabela 2). Nos compartimentos Folhas e Galhos Finos foram observadas diferenças significativas.

Tabela 2 - Teores de nitrogênio nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----N (g kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	16.79	ab	17.21	a	20.13	ac
GF	6.23	ab	6.59	a	7.21	ac
GG 100%	4.12	a	5.05	b	5.07	b
GG 50%	4.13	a	5.22	a	5.11	a
GG 0%	4.18	a	4.76	a	5.15	a
Tr 100%	4.37	ab	4.93	a	5.83	ac
Tr 50%	4.58	a	5.41	a	5.47	a
Tr 0%	3.76	a	4.58	a	5.02	a
CGG 100%	5.38	a	5.95	a	5.49	a
CGG 50%	5.88	a	6.09	a	6.24	a
CGG 0%	5.35	a	6.12	a	7.48	a
CTr 100%	5.47	a	6.40	b	6.10	ab
CTr 50%	5.03	a	5.85	a	6.19	a
CTr 0%	5.47	a	6.35	b	6.43	b

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p < 0,05), Teste de Tukey.

Fósforo (P)

Os maiores teores de fósforo foram encontrados no compartimento folhas dos três tratamentos AO, AQ e SA (0,799 , 0,884 e 1,205 g kg⁻¹; Tabela 3). Nos demais compartimentos os valores de fósforo variaram de 0,199 g kg⁻¹ no compartimento Tr 0% do tratamento AO a 0,408 g kg⁻¹ no compartimento GF do tratamento AQ. Para o nutriente P, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 3 - Teores de fósforo nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----P (g kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	0.799	a	0.884	a	1.205	a
GF	0.350	a	0.408	a	0.405	a
GG 100%	0.190		0.368		0.219	
GG 50%	0.206	a	0.332	b	0.239	ab
GG 0%	0.211	a	0.349	b	0.226	ac
Tr 100%	0.231	a	0.304	a	0.225	a
Tr 50%	0.245	a	0.309	a	0.325	a
Tr 0%	0.199	a	0.306	a	0.208	a
CGG 100%	0.314	a	0.287	a	0.239	a
CGG 50%	0.295	a	0.274	a	0.290	a
CGG 0%	0.289	a	0.313	a	0.400	a
CTr 100%	0.296	a	0.202	b	0.207	bc
CTr 50%	0.296	a	0.209	b	0.258	ab
CTr 0%	0.334	a	0.285	b	0.265	ac

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr =Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100%= sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p< 0,05), Teste de Tukey.

Potássio (K)

Os maiores valores de K foram observados no compartimento folhas nos três tratamentos AO, AQ e SA (3,89 – 3,54 – 6,11 g kg⁻¹). No tratamento SA, os teores de potássio variaram de 6,11 a 1,00 g kg⁻¹. No AQ, os teores variaram de 3,54 a 1,13 g kg⁻¹ e no tratamento AO, os teores variaram de 3,89 a 1,11 g kg⁻¹ (Tabela 4). Nos compartimentos de GG e Tronco, os valores de K variaram na ordem de 1,00 g kg⁻¹. Para esse nutriente foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 4 - Teores de potássio nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----K (g kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	3.89	a	3.54	ab	6.11	ac
GF	2.70	a	2.95	a	3.20	a
GG 100%	1.15	a	1.25	a	1.30	a
GG 50%	1.14	a	1.31	a	1.50	a
GG 0%	1.11	a	1.13	a	1.00	a
Tr 100%	1.11	a	1.31	a	1.34	a
Tr 50%	1.14	a	1.50	ab	1.66	b
Tr 0%	1.47	a	1.24	a	1.43	a
CGG 100%	2.59	a	3.49	a	3.54	a
CGG 50%	2.44	a	3.66	b	4.60	bc
CGG 0%	2.30	a	3.45	ab	4.88	b
CTr 100%	2.39	a	2.58	ab	3.29	b
CTr 50%	2.39	a	2.69	a	3.39	a
CTr 0%	2.60	a	3.33	b	3.54	bc

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p < 0,05), Teste de Tukey.

Magnésio (Mg)

Os maiores teores de magnésio estão no compartimento folhas dos três tratamentos AO, AQ e SA (1,27 - 1,58 - 1,31 g kg⁻¹). Nos compartimentos GG e Tr os valores de Mg variam na ordem de 0,30 a 0,40 g kg⁻¹. O menor valor deste nutriente foi encontrado em mais de um compartimento dos tratamentos AQ e SA (0,31 g kg⁻¹; Tabela 5). Para esse nutriente não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 5 - Teores de magnésio nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----Mg (g kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	1.27	a	1.58	a	1.31	a
GF	1.24	a	1.29	a	1.18	a
GG 100%	0.35	a	0.31	a	0.42	a
GG 50%	0.32	a	0.31	a	0.36	a
GG 0%	0.35	a	0.33	a	0.32	a
Tr 100%	0.38	a	0.47	b	0.40	ab
Tr 50%	0.39	a	0.42	a	0.42	a
Tr 0%	0.32	a	0.36	a	0.34	a
CGG 100%	0.53	a	0.33	a	0.34	a
CGG 50%	0.47	a	0.33	a	0.38	a
CGG 0%	0.42	a	0.34	a	0.42	a
CTr 100%	0.35	a	0.35	a	0.35	a
CTr 50%	0.35	a	0.33	a	0.35	a
CTr 0%	0.31	a	0.33	a	0.34	a

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. ($p < 0,05$), Teste de Tukey.

Cálcio (Ca)

Os maiores teores de cálcio estão nos compartimentos CTr e CGG nos três tratamentos que variam na ordem de 11,00 a 18,00 g kg⁻¹. Valores semelhantes também foram observados nos compartimentos folhas e galhos finos do tratamento AO. Os menores teores foram encontrados nos compartimentos GG e Tr, também nos três tratamentos e variaram na ordem de 1,00 a 2,00 g kg⁻¹ (Tabela 6). Para o Ca foram observadas diferenças significativas.

Tabela 6 - Teores de cálcio nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----Ca (g kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	12.47	a	13.91	a	6.70	b
GF	11.78	a	8.43	b	9.37	ab
GG 100%	1.24	a	1.19	a	1.64	a
GG 50%	1.13	a	0.98	a	1.06	a
GG 0%	1.31	a	1.40	a	1.56	a
Tr 100%	1.33	a	1.15	a	2.72	b
Tr 50%	1.35	a	1.13	a	2.68	b
Tr 0%	1.37	a	1.71	a	2.39	a
CGG 100%	12.76	a	13.52	a	14.90	a
CGG 50%	12.93	a	13.23	a	13.84	a
CGG 0%	14.22	a	12.76	a	18.20	a
CTr 100%	15.64	a	12.66	a	11.71	a
CTr 50%	15.64	a	13.89	a	13.78	a
CTr 100%	15.64	a	12.66	a	11.71	a

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p < 0,05), Teste de Tukey.

Ferro (Fe)

Os maiores teores de ferro foram observados no compartimento folhas dos três tratamentos AO, AQ e SA (73,20 - 77,63 - 61,75 mg kg⁻¹). Os menores valores desse nutriente foram encontrados no compartimento GG 50% do tratamento AQ e no compartimento CTr 100% do tratamento SA (11,00 e 11,67 mg kg⁻¹). Para Fe não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de adubação (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores de ferro nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----Fe (mg kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	73.20	a	77.63	a	61.75	a
GF	39.30	a	36.40	a	42.00	a
GG 100%	24.00	a	24.50	a	18.00	a
GG 50%	16.70	a	11.00	a	16.00	a
GG 0%	29.30	a	31.00	a	32.00	a
Tr 100%	42.10	a	32.30	a	31.14	a
Tr 50%	34.44	a	31.40	a	37.00	a
Tr 0%	36.50	a	39.30	a	33.00	a
CGG 100%	29.40	a	45.50	a	30.00	a
CGG 50%	21.10	a	33.00	b	32.00	ab
CGG 0%	19.60	a	34.00	b	33.00	bc
CTr 100%	15.40	a	14.70	ab	11.67	ac
CTr 50%	15.40	a	15.50	a	15.00	a
CTr 0%	20.10	a	40.60	b	23.83	ac

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr = Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100% = sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p < 0,05), Teste de Tukey.

Manganês (Mn)

Os maiores teores de manganês foram observados nos compartimentos F (297,00 , 248,38 e 218,63 mg kg⁻¹) e GF (168,30 , 84,40 e 124,20 mg kg⁻¹) dos tratamentos AO, AQ e SA. Os menores valores estão no compartimento Tr 100% (19,90 , 11,00 e 27,71 mg kg⁻¹) Para Mn, no compartimento GF, foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 8 - Teores de manganês nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----Mn (mg kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	297.00	a	248.38	a	218.63	a
GF	168.30	a	84.40	b	124.20	ab
GG 100%	21.20	a	13.50	a	26.00	a
GG 50%	23.80	a	17.00	a	32.00	a
GG 0%	28.70	a	22.50	a	32.00	a
Tr 100%	19.90	a	11.00	a	27.71	a
Tr 50%	32.22	a	27.70	a	41.83	b
Tr 0%	26.70	a	27.30	a	33.00	a
CGG 100%	89.20	a	78.00	ab	106.00	ac
CGG 50%	83.00	a	73.50	a	100.00	a
CGG 0%	88.30	a	73.50	a	124.00	a
CTr 100%	75.80	a	59.80	a	81.00	a
CTr 50%	75.80	a	65.30	a	96.00	a
CTr 0%	83.50	a	67.80	a	95.00	b

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr =Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100%= sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p< 0,05), Teste de Tukey.

Zinco (Zn)

Os maiores teores de zinco encontrados foram no compartimento folhas para os tratamentos AO, AQ e SA (49,40 , 74,88 e 60,88 mg kg⁻¹). Os menores valores foram no compartimento GG 100% (9,40 e 7,00 mg kg⁻¹ para AO e SA; Tabela 9). Para zinco foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 9 - Teores de zinco nos compartimentos arbóreos dos plantios de *H. courbaril* (jatobá), nos três tratamentos de adubação.

Compartimento	-----Zn (mg kg ⁻¹)-----					
	AO		AQ		SA	
Folha	49.40	a	74.88	b	60.88	ab
GF	29.30	a	34.60	a	38.40	a
GG 100%	9.40	a	16.50	a	7.00	a
GG 50%	12.80	a	14.00	a	13.00	a
GG 0%	12.00	a	16.00	ab	25.00	b
Tr 100%	17.80	a	17.40	a	16.71	a
Tr 50%	15.78	a	15.70	a	18.17	a
Tr 0%	14.20	a	15.40	a	14.22	a
CGG 100%	17.90	a	27.00	a	21.00	a
CGG 50%	16.40	a	27.00	b	24.00	ab
CGG 0%	16.80	a	26.50	b	21.00	ab
CTr 100%	17.60	a	23.70	b	27.67	bc
CTr 50%	17.60	a	24.50	b	19.33	ac
CTr 0%	19.00	a	23.70	b	22.17	ab

AO = Tratamento adubação orgânica; AQ = Tratamento adubação química; SA = Tratamento sem adubação; F = Folhas, GF = Galhos Finos, GG = Galhos Grossos, Tr =Tronco, CGG = Casca Galhos Grossos e CTr = Casca Tronco. 0% = sub-amostra retirada na parte basal do compartimento; 50% = sub-amostra retirada na parte mediana do compartimento e 100%= sub-amostra retirada no ápice do compartimento.

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. (p< 0,05), Teste de Tukey.

As análises de componentes principais (ACP) relacionaram a variação dos macro e micronutrientes nos compartimentos Folhas e Galhos Finos. Essa análise , também, mostrou por agrupamento dos scores ao longo do gradiente do eixo principal 1 que há diferença entre os três tratamentos de adubação nos plantios de *H. courbaril* (Figura 1).

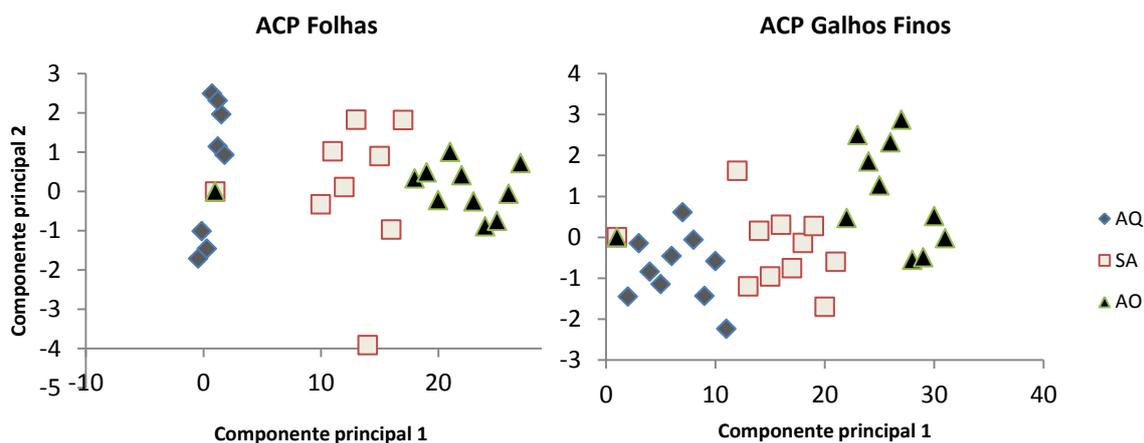


Figura 1 - Análise multivariada de componentes principais dos compartimentos Folhas e Galhos Finos nos tratamentos de adubação (AO, AQ, SA) dos plantios de *H. courbaril*.

Estoques de nutrientes nos compartimentos aéreos

O tratamento que mais estocou nutrientes foi o com adubação orgânica. Na maioria dos nutrientes, esse tratamento estocou cerca de 10 vezes mais nutrientes do que o tratamento sem adubação. O estoque de carbono, por exemplo, foi quase 15 vezes maior no tratamento AO, quando comparado com o SA (Tabela 10).

Tabela 10 - Estoques médios* de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn na biomassa aérea das árvores de *H. courbaril* em três plantios (adubação orgânica, adubação química e sem adubação).

	AO	AQ	SA
Biom. área média (kg/arv)	162.86	32.97	7.78
C (kg/arv)*	74.70	17.45	5.66
N (g/arv)	877.38	226.38	74.44
P (g/arv)	46.55	13.97	4.24
K (g/arv)	301.37	74.24	27.35
Ca (g/arv)	914.13	157.93	57.20
Mg (g/arv)	116.69	27.96	8.58
Fe (g/arv)	115.57	114.78	103.95
Mn (g/arv)	14.38	1.92	0.89
Zn (g/arv)	3.40	0.93	0.31

AO= Adubação orgânica; AQ= Adubação química; SA= Sem adubação; n= 10 árvores.

Os maiores teores de nutrientes foram encontrados nas folhas do tratamento SA. Esse resultado, não esperado, pode ser explicado pela teoria do efeito de diluição (Jarrel e Beverly, 1981). Esse efeito ocorre quando há uma maior concentração de nutrientes em plantas com crescimento limitado. O mesmo foi observado para os nutrientes N, P e K. Já para o Ca e Mn os maiores teores foram encontrados no tratamento com adubação orgânica. No compartimento galhos finos, os maiores teores de N, K, Fe e Zn foram encontrados no tratamento SA. Os maiores valores de P, Ca e Mn, nesse compartimento, foram encontrados no tratamento com adubação orgânica. Os compartimentos troncos e galhos finos foram os que mais estocaram nutrientes. Na Tabela 11 é possível observar com detalhe os estoques para cada nutriente analisado nos diferentes compartimentos.

Tabela 11 - Teores e estoques médios de biomassa, C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn nos compartimentos das árvores dos plantios de *H. courbaril* em três tratamentos (AO, AQ e SA).

	TRONCO				GALHO GROSSO		
	AO	AQ	SA		AO	AQ	SA
Biom (kg)	54.76	17.98	2.68	Biom (kg)	41.43	5.85	5.10
C (dag kg ⁻¹)*	44.63	44.93	43.46	C (dag kg ⁻¹)*	47.94	48.71	46.56
C (kg)**	24.44	8.10	1.20	C (kg)**	19.86	2.85	2.37
N (g kg ⁻¹)	4.24	4.97	5.44	N (g kg ⁻¹)	4.14	5.01	3.52
N (g)	232.02	89.38	14.58	N (g)	171.65	29.31	17.95
P (g kg ⁻¹)	0.22	0.31	0.25	P (g kg ⁻¹)	0.20	0.35	0.23
P (g)	12.32	5.50	0.68	P (g)	8.39	2.05	1.16
K (g kg ⁻¹)	1.24	1.35	1.48	K (g kg ⁻¹)	1.13	1.23	1.27
K (g)	68.02	24.30	3.95	K (g)	47.01	7.20	6.46
Ca (g kg ⁻¹)	1.35	1.33	2.60	Ca (g kg ⁻¹)	1.23	1.19	1.42
Ca (g)	74.06	23.89	6.96	Ca (g)	50.93	6.96	7.24
Mg (g kg ⁻¹)	0.36	0.41	0.39	Mg (g kg ⁻¹)	0.34	0.32	0.37
Mg (g)	19.96	7.46	1.03	Mg (g)	14.11	1.85	1.87
Fe (mg kg ⁻¹)	37.68	34.33	33.71	Fe (mg kg ⁻¹)	23.33	22.17	22.00
Fe (g)	2.10	0.62	0.09	Fe (g)	0.97	0.13	0.11
Mn (mg kg ⁻¹)	26.27	22.00	34.18	Mn (mg kg ⁻¹)	24.57	17.67	30.00
Mn (g)	1.43	0.40	0.09	Mn (g)	1.02	0.10	0.15
Zn (mg kg ⁻¹)	15.93	16.17	16.37	Zn (mg kg ⁻¹)	11.40	15.50	15.00
Zn (mg)	0.87	0.29	0.04	Zn (mg)	0.47	0.09	0.07

	GALHOS FINOS				FOLHAS		
	AO	AQ	SA		AO	AQ	SA
Biom (kg)	61.15	12.89	4.17	Biom (kg)	5.53	1.32	0.59
C (dag kg ⁻¹)*	44.94	45.01	42.67	C (dag kg ⁻¹)*	52.91	52.71	53.08
C (kg)**	27.48	5.80	1.78	C (kg)**	2.92	0.70	0.31
N (g kg ⁻¹)	6.23	6.59	7.21	N (g kg ⁻¹)	16.79	17.21	20.13
N (g)	380.96	84.97	30.04	N (g)	92.76	22.72	11.87
P (g kg ⁻¹)	0.35	0.41	0.40	P (g kg ⁻¹)	0.80	0.88	1.21
P (g)	21.43	5.26	1.69	P (g)	4.42	1.17	0.71
K (g kg ⁻¹)	2.70	2.95	3.20	K (g kg ⁻¹)	3.89	3.54	6.11
K (g)	164.86	38.08	13.33	K (g)	21.49	4.67	3.60
Ca (g kg ⁻¹)	11.78	8.43	9.37	Ca (g kg ⁻¹)	12.47	13.91	6.70
Ca (g)	720.22	108.72	39.04	Ca (g)	68.92	18.36	3.95
Mg (g kg ⁻¹)	1.24	1.29	1.18	Mg (g kg ⁻¹)	1.27	1.58	1.31
Mg (g)	75.58	16.58	4.90	Mg (g)	7.04	2.08	0.77
Fe (mg kg ⁻¹)	39.30	36.40	42.00	Fe (mg kg ⁻¹)	73.20	77.63	61.75
Fe (g)	2.40	0.47	0.18	Fe (g)	0.40	0.10	0.04
Mn (mg kg ⁻¹)	168.30	84.40	124.20	Mn (mg kg ⁻¹)	297.00	248.38	218.63
Mn (g)	10.29	1.09	0.52	Mn (g)	1.64	0.33	0.13
Zn (mg kg ⁻¹)	29.30	34.60	38.40	Zn (mg kg ⁻¹)	49.40	74.88	60.88
Zn (mg)	1.79	0.45	0.16	Zn (mg)	0.27	0.10	0.04

AO= adubação orgânica; AQ= adubação química; SA= sem adubação; Biom= biomassa média de 10 árvores; * = teor médio do nutriente; **= estoque médio do nutriente

O fato dos maiores estoques percentuais de nutrientes estarem alocados nos troncos das árvores do tratamento AQ reflete a maior porcentagem de biomassa nesse compartimento desse tratamento. Essa maior biomassa, por sua vez, é devido à poda de condução e tratos silviculturais. Dos nutrientes estudados, a ordem de **distribuição percentual no compartimento tronco** foi C>N=P>Zn>K>Mg>Mn>Ca>Fe. As menores distribuições percentuais dos estoques de nutrientes foram observadas no tratamento sem adubação. O compartimento tronco, mesmo sendo, um dos compartimentos que mais estocou nutrientes (46% de Carbono – AQ), não chega a 50% do total de nutrientes estocado (Tabela 12).

Tabela 12 - Estoques médios* de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn na biomassa aérea e porcentagem desses estoques no compartimento tronco das árvores de *H. courbaril* em três plantios (adubação orgânica, adubação química e sem adubação)

	AO			AQ			SA		
	Est. na árvore	Est. no Tr	% no Tr	Est. na árvore	Est. no Tr	% no Tr	Est. na árvore	Est. no Tr	% no Tr
C (kg/arv)*	74.70	24.44	32.72	17.45	8.10	46.42	5.66	1.20	21.20
N (g/arv)	877.38	232.02	26.44	226.38	89.38	39.48	74.44	14.58	19.58
P (g/arv)	46.55	12.32	26.46	13.97	5.50	39.39	4.24	0.68	15.98
K (g/arv)	301.37	68.02	22.57	74.24	24.30	32.73	27.35	3.95	14.46
Ca (g/arv)	914.13	74.06	8.10	157.93	23.89	15.13	57.20	6.96	12.17
Mg (g/arv)	116.69	19.96	17.10	27.96	7.46	26.66	8.58	1.03	12.07
Fe (g/arv)	115.57	2.10	1.82	114.78	0.62	0.54	103.95	0.09	0.09
Mn (g/arv)	14.38	1.43	9.94	1.92	0.40	20.83	0.89	0.09	10.11
Zn (g/arv)	3.40	0.87	25.59	0.93	0.29	31.18	0.31	0.04	12.90

AO= Adubação orgânica; AQ= Adubação química; SA= Sem adubação; Tr= Tronco. Est. = Estoque

Trocas gasosas

Os valores de fotossíntese em função da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) variaram da seguinte forma: de 0,03 a 11,35 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 0,04 a

14,28 CO₂ μmol m⁻² s⁻¹ quando a RFA foi de 25 a 2000 μmol m⁻² s⁻¹, nos tratamentos AQ e AO. Já no tratamento sem adubação os valores foram de 0,52 a 9,58 CO₂ μmol m⁻² s⁻¹ quando a RFA foi de 50 a 2000 μmol m⁻² s⁻¹ (Tabela 13). Quando a RFA é zero, os valores de fotossíntese medidos no IRGA são negativos, pois expressam os valores de respiração, já que não há luz. Dessa forma, a respiração no escuro variou de 1,11 a 1,25 CO₂ μmol m⁻² s⁻¹, nos tratamentos AQ e SA respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13 - Fotossíntese em função da irradiância das plantas de *H. courbaril* nos diferentes tratamentos de adubação

RFA (μmol m ⁻² s ⁻¹)	Fotossíntese (CO ₂ μmol m ⁻² s ⁻¹)		
	AO	AQ	SA
0	-1.18	-1.11	-1.25
25	0.04	0.03	-0.55
50	1.31	1.10	0.52
75	2.14	2.25	1.49
100	3.08	3.07	2.26
250	6.47	6.45	4.94
500	9.39	8.58	6.75
750	11.49	9.70	7.63
1000	12.50	10.47	8.29
1500	13.70	11.24	9.05
2000	14.28	11.35	9.58

RFA= Radiação fotossinteticamente ativa; AO= Adubação orgânica; AQ= Adubação química; SA= Sem adubação. (n=5)

Os maiores valores de fotossíntese máxima ($A_{m\acute{a}x}$) foram encontrados no tratamento AO e diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos valores do tratamento SA, sendo até 1,5 vezes maior. Já o tratamento AQ, mesmo sendo 1,3 vezes maior que o SA, não diferiu significativamente ($p > 0,05$). Para as outras variáveis ecofisiológicas (respiração no escuro, condutância estomática e transpiração) os tratamentos não diferiram significativamente entre si (Tabela 14).

Tabela 14 - Trocas gasosas e características fotossintéticas em árvores de *Hymenaea courbaril* em três tratamentos de adubação (AO, AQ e SA).

Variáveis	AO		AQ		SA	
$A_{m\acute{a}x}$ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	14.28 ± 1.72	a	11.35 ± 1.27	ab	9.58 ± 2.10	bc
R_d ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	1.11 ± 0.41	a	1.11 ± 1.03	a	1.24 ± 0.64	a
g_s ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	229.84 ± 33.26	a	240.36 ± 48.24	a	238.40 ± 31.32	a
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	5.21 ± 0.70	a	3.78 ± 0.43	a	4.38 ± 0.43	a

AO = Adubação orgânica; AQ = Adubação química; SA = Sem adubação; $A_{m\acute{a}x}$ = fotossíntese máxima; R_d = Respiração no escuro; g_s = Condutância estomática e E = Transpiração. (n=5)

Letras diferentes na mesma linha identificam tratamentos que foram diferentes estatisticamente. ($p \leq 0,05$), Teste de Tukey.

Fluorescência da Clorofila a

Os valores de fluorescência inicial, máximo e variável foram 864, 3053 e 2189, no tratamento AQ, respectivamente. No tratamento com adubação orgânica foram de 845, 3299 e 2454. E no tratamento SA foram 1206, 2023 e 817, respectivamente. Os valores relativos à eficiência fotoquímica do fotossistema II foram de 0,33 , 0,69 e 0,73 respectivamente para os tratamentos SA, AQ e AO (Tabela 15). As análises da fluorescência da clorofila nas folhas mostram que há diferença significativa na fluorescência inicial (F_o), na fluorescência máxima (F_m), na fluorescência variável (F_v) e na eficiência fotoquímica do PSII (F_v/F_m) entre as árvores dos plantios de *H. courbaril* para os três tratamentos (Tabela 15). O tratamento sem adubação diferenciou significativamente dos outros tratamentos de adubação (AQ e AO).

Tabela 15 - Média dos valores de fluorescência dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de *H. courbaril*.

Tratamento	Fo		Fm		Fv		Fv/Fm	
AO	845	a	3299	a	2454	a	0.73	a
AQ	864	a	3053	a	2189	a	0.69	a
SA	1206	b	2023	b	817	b	0.33	b

AO = Adubação orgânica; AQ = Adubação química; SA = Sem adubação.

Fo= Fluorescência inicial; Fm= Fluorescência máxima; Fv= Fluorescência variável; Fv/Fm= eficiência fotoquímica do fotossistema II.

Letras diferentes na mesma coluna identificam diferença estatística entre os tratamentos de adubação ($p \leq 0,05$)

Teor de clorofila total

Os teores de clorofila total variaram, em média, de 31,28 (SA) a 41,08 $\mu\text{mol cm}^{-2}$ (AO). Os valores máximos e mínimos de clorofila total também foram nitidamente diferente entre os tratamentos de adubação. Destaca-se que o valor máximo de clorofila no tratamento AO foi quase duas vezes o valor no tratamento SA. Já para os valores mínimos essa abrupta diferença não foi observada. Mesmo assim, a diferença significativa, para esse parâmetro, foi observada entre os tratamentos AO e SA (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores de clorofila total das plantas de *H. courbaril* nos diferentes tratamentos de adubação.

Tratamento	$\mu\text{mol cm}^{-2}$		Máx.	Mín	C.V. (%)
AO	41.08 \pm 8.73	a	61.4	28.5	21.25
AQ	35.82 \pm 8.91	ab	52.5	21.3	24.87
SA	31.28 \pm 4.16	bc	37.5	22.3	13.29

SA = Sem adubação; AQ = Adubação química; AO = Adubação orgânica; Máx. = Valor máximo; Mín. = valor mínimo; C.V. = Coeficiente de variação; (n=10 \pm desvio padrão).

Letras diferentes na mesma coluna identificam diferença estatística entre os tratamentos de adubação ($p \leq 0,05$)

DISCUSSÃO

Nutrientes nos compartimentos arbóreos

Por meio de estratégia de funcionamento nos processos físicos, biológicos e fisiológicos a planta aloca e acumula o nutriente onde ele é mais necessário (Taiz e Zeiger, 2004). Por exemplo, o cálcio que é associado com a flexibilidade e sustentação da árvore está nos compartimentos da base para o ápice em ordem decrescente de concentração. Uma exceção dessa regra, no caso, são os compartimentos GF e Folhas que também necessitam um maior teor de Ca para os processos fisiológicos (Evans e Turbull, 2004; Hepler, 2005; Lautner e Fromm, 2010). Outros nutrientes como C, N, P, K, Mg, Ca essenciais para os processos fotossintéticos são mais encontrados em maiores concentrações nas folhas e nos galhos finos (Pinto, 2008) dos três tratamentos de adubação.

Quando se interpreta a Análise de Componentes Principais (ACP), podemos salientar que, para o compartimento folhas, os nutrientes que mais explicam positivamente a variação dos dados são: Ca, Mn e Fe, podendo explicar até 84% da variação dos dados. Entretanto, os nutrientes primários, N, P e K, se correlacionaram negativamente com o gradiente de variação do eixo principal 1, podendo explicar até cerca de 87% da variação dos dados. Já no compartimento galhos finos, todos os nutrientes se correlacionaram positivamente, podendo ser destacados os nutrientes N e Mg que podem explicar até 83% da variação dos dados (Tabela 17).

Tabela 17 - Loadings da análise de componentes principais nos compartimentos folhas e galhos finos dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de *H. courbaril*.

Folhas	Axis 1	Axis 2	GF	Axis 1	Axis 2
C_%	0.02484	0.3379	C_%	0.2644	-0.1492
N (g kg ⁻¹)	-0.8778	0.4228	N_(g/kg)	0.8328	-0.3987
P (g kg ⁻¹)	-0.7848	0.5615	P_(g/kg)	0.819	-0.321
K (g kg ⁻¹)	-0.8729	0.3329	K_(g/kg)	0.5663	0.007714
Mg (g kg ⁻¹)	-0.07188	0.9211	Mg_(g/kg)	0.7799	0.1577
Ca (g kg ⁻¹)	0.8422	0.3488	Ca_(g/kg)	0.1958	0.9112
Fe (mg kg ⁻¹)	0.7047	0.5468	Fe_(mg/kg)	0.2321	0.3523
Mn (mg kg ⁻¹)	0.8134	0.1612	Mn_(mg/kg)	0.4399	0.5789
Zn (mg kg ⁻¹)	0.4849	0.7217	Zn_(mg/kg)	0.5229	-0.1658

Uma vez que os **estoques totais de nutrientes nas árvores** são dependentes, em primeiro lugar, dos valores da biomassa aérea, os maiores estoques de nutrientes foram observados nas árvores do plantio AO.

Por outro lado, quando se considera a **distribuição percentual** dos estoques de nutrientes **nos compartimentos das árvores**, nota-se que menos de 50% do estoque de nutrientes das árvores estão alocados no tronco. Tal fato reflete que as percentagens alocadas nos compartimentos dos galhos grossos e finos chegam a atingir 64% da biomassa aérea total. Tal explica também os baixos estoques de carbono alocados nos troncos das árvores dos tratamentos AQ e SA. A distribuição percentual dos macronutrientes no tronco foi de N>P>K>Mg>Ca. Já para os micronutrientes foi de Zn>Mn>Fe, no tratamento AO. No tratamento AQ a ordem de distribuição percentual dos macronutrientes é a mesma do tratamento AO, no entanto os percentuais são maiores em função da maior biomassa dos troncos no tratamento AQ. O oposto foi observado para o tratamento SA, onde foram observados os menores percentuais da distribuição de macronutrientes. Neste caso os menores percentuais dos estoques de P em relação ao N, assim como, os estoques similares de Ca e Mg podem ser explicados pela alta percentagem de galhos finos das árvores no tratamento SA. De uma maneira geral a distribuição dos estoques de carbono nas árvores do plantio de *H. courbaril* é a mesma daquela observada nos compartimentos das árvores de florestas

secundárias na região de Manaus (Moura *et al.*, 2008; Pinto, 2008): Tr>GF>F>GG para C, K, Ca, Mg, Mn, Fe e Zn. Para nitrogênio Tr>F>GF>GG. Para P Tr>F>GF>GG.

Trocas gasosas

Os valores de fotossíntese nos diferentes tratamentos são semelhantes até a densidade de fluxo de fótons de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, onde há uma inflexão nas três curvas, assim, diferenciando os três tratamentos (Figura 2).

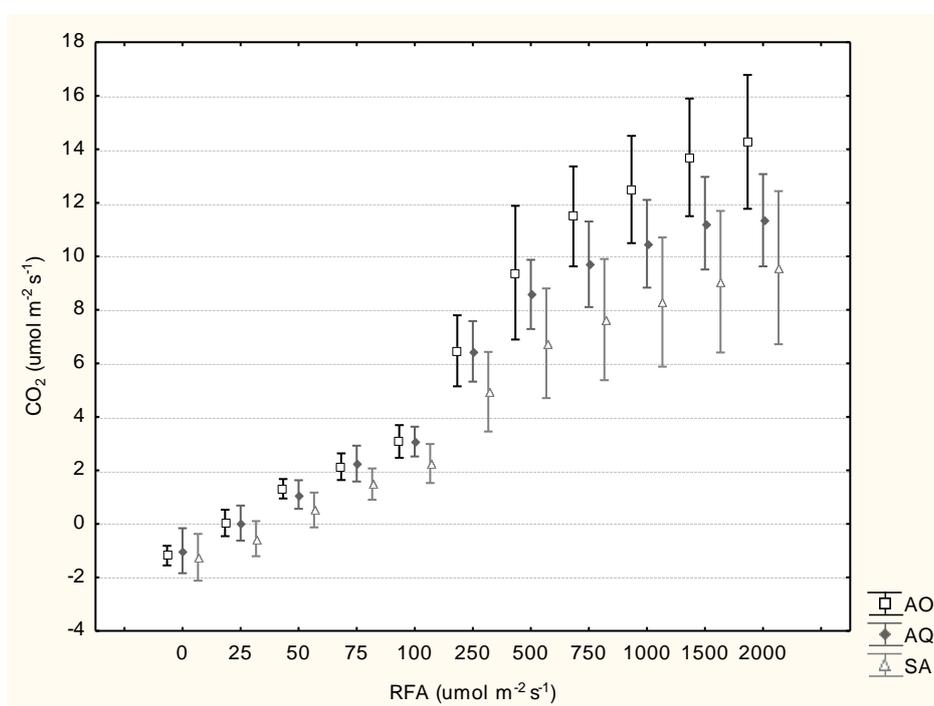


Figura 2 - Fotossíntese em função da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) dos diferentes tratamentos de adubação nos plantios de *H. courbaril* (jatobá). CAMES, Rod. AM-010, km - 41.

Os valores de fotossíntese são semelhantes aos observados por Martins e Aidar (2007) em árvores adultas de *H. courbaril* plantadas em ambiente urbano, onde em RFA de $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a taxa de assimilação de carbono pode atingir cerca de $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

O valor de fotossíntese líquida ($13,10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) no tratamento com adubação orgânica é semelhante ao observado por Ferreira *et al.* (2009) em um plantio experimental de *Bertholletia excelsa* em área altamente degradada

submetido, também, a adubação orgânica (vegetação secundária picada). Tal fato pode evidenciar a eficiência da adubação orgânica no plantio de *H. courbaril*.

Maiores valores de fotossíntese são, geralmente, associados a altas taxas de transpiração e condutância estomática, em diversas espécies arbóreas na região tropical (Reich *et al.*, 1999; Nogueira *et al.*, 2004; Santiago e Wright, 2007). No presente estudo essa afirmativa não ocorre. Onde houve maiores valores de A não necessariamente houve elevadas taxas de E e g_s .

Tal fato é descrito por Ma *et al.* (2004), onde a manutenção das elevadas taxas fotossintéticas associadas a baixos valores de transpiração e condutância estomática, são características de plantas tolerantes à menor disponibilidade de água no solo, frequente é áreas degradadas. Nesses ambientes o incremento dessa característica é imprescindível para o pleno estabelecimento das plantas (Liang *et al.*, 2006; Funk e Vitousek, 2007; Li *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2008).

Fluorescência da clorofila a

A eficiência fotoquímica do fotossistema II (F_v/F_m), no tratamento com adubação orgânica, onde foi observado o maior valor (0,73), é superior ao observado por Gonçalves e Santos Junior. (2005) em plantas jovens de *Bombacopsis macrocalyx* (0,50), mas semelhante ao observado em *Eugenia cumuni* (0,72). Espécies, estas, também indicadas para recuperação de áreas. Baixos valores de eficiência fotoquímica do fotossistema II indicam uma maior dissipação de energia na forma de calor e fluorescência (Gonçalves e Santos Junior., 2005). Tal afirmativa, pode explicar os maiores valores de fluorescência inicial (F_o) encontrados nos indivíduos do tratamento SA.

A diferença significativa entre os tratamentos AO e SA, bem como AQ e SA, também podem ser explicadas pela eficiência das adubações químicas e, principalmente, orgânica nesses plantios. Os valores da eficiência fotoquímica do PSII observados no presente estudo são **semelhantes** aos encontrados em árvores adultas de *Bertholletia excelsa* em plantio misto com aproximadamente 10 anos (Morais *et al.*, 2007). A aclimação dessas plantas a ambientes sob alta irradiação é estratégia primordial para total estabelecimento das mesmas.

Uma análise mais aprimorada da fluorescência da clorofila pode ser uma ferramenta para o monitoramento das consequências do estresse em plantas em ambientes degradados sob alta irradiância (Gonçalves *et al.*, 2005; Gonçalves *et al.*, 2010).

Teor de clorofila total

Os maiores teores de clorofila total do tratamento AO podem estar relacionados à maior disponibilidade de nitrogênio causado pela adubação orgânica como visto nos perfis de solo do capítulo I. A diferença significativa somente entre os tratamentos AO e SA, também, pode ser explicada pela eficiência da adubação orgânica quanto ao suprimento do mesmo nutriente acima citado e conseqüente teor de clorofila total foliar. Estudos indicam forte relação entre o *status* de nitrogênio foliar e o teor de clorofila (Argenta *et al.*, 2001; Schlemmer *et al.*, 2005). Como esperado, onde houve os maiores teores de clorofila total, foram também os maiores valores de fotossíntese.

CONCLUSÃO

Plantios de *H. courbaril* sobre solo degradado, mas com influência e histórico de adubação orgânica estocam a maior parte dos nutrientes arbóreos nos compartimentos troncos e galhos finos. A exportação de nutrientes causada pela colheita de troncos em plantios de *H. courbaril*, não chega nem a atingir 50% dos estoques de nutrientes armazenados em toda a árvore.

Os resultados das variáveis ecofisiológicas mostraram que os plantios sobre solos com histórico de adubação orgânica e química podem ser eficientes na promoção do parâmetro fotossíntese, destacando o tratamento com adubação orgânica. Assim são visíveis as respostas positivas dos indivíduos de *H. courbaril* proporcionados pela adubação, melhorando a qualidade dos recursos do solo anteriormente degradado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert, R. K., Mikkelsen, T. N., Michelsen, A., Ro-Poulsen, H., & Linden, L. V. D. 2011. Interactive effects of drought, elevated CO₂ and warming on photosynthetic capacity and photosystem performance in temperate heath plants. *Journal of Plant Physiology*, 168(13), 1550-1561.

Alvarez V. V. H.; Novais, R. F. de; Barros, N. F. de; Cantarutti, R. B.; Lopes, A.S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. *Recomendações técnicas para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 25-32 p.

Antônio, I. C. 2009. Boletim *Agrometeorológico 2005: Estação Agrometeorológica do Campo Experimental do km 29, da Rodovia AM – 010*. EMBRAPA Amazônia Ocidental. Manaus, AM. Documentos 65. 27 pp.

Argenta, G.; Silva, P. R. F.; Bertolini, C. G. 2001. Clorofilana folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural* 31: 715 – 722.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1-15.

Arora, A.; Singh, V. P.; Mohan, J. 2001. Effects of nitrogen and water stress on photosynthesis and nitrogen content in wheat. *Biologia Plantarum*, 44 (1): 153-155.

Blake, G. R.; Hartge, K. H. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.) *Methods of soil analysis: Part I. Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison: ASA, 1986. p.363-375.

Caldeira, M.V.W., Schumaker, M.V., Neto, R.M.R, Watzlawick, L.F.; Santos, E.M. 2001. Quantificação da biomassa acima do solo de Acácia

mearnsii De Wild., procedência Batemans Bay - Austrália. *Ciência Florestal*, 11 (2): 79-91

Camargos, S. L. 2005. *Interpretação de análise do solo*. Universidade Federal do Mato Grosso. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Departamento de Solos e Engenharia Rural. Cuiabá – MT.

Carpanezi, A. A.; Brito, J. O.; Fernandes, P.; Jark Filho, W. 1976. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. *In: Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"* Piracicaba, v.23, p.225-232.

Castro, A. W. V.; Farias Neto, J. T.; Cavalcante, E. da S. 1998. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). *Acta Amazonica*, 28(2): 141 – 146.

Chaudhary, M. I.; Adu-Gyamfi, J. J.; Saneoka, H.; Nguyen, N. T.; Suwa, R.; Kanai, S.; El-Shemy, H. A.; Lightfoot, D. A.; Fujita, K. 2008. The effect of phosphorus deficiency on nutrient uptake, nitrogen fixation and photosynthetic rate in mashbean, mungbean and soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 537-544.

Chauvel, A. 1981. Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos, distróficos, argilosos na borda de platô, na região de Manaus: mecanismos de gibbsitização. *Acta Amazonica*. 11(2): 227-245.

Chodak, M., & Niklińska, M. (2010). Effect of texture and tree species on microbial properties of mine soils. *Applied Soil Ecology*, 46 (2), 268-275.

Davidson, E. A.; Carvalho, C. J. R.; Vieira, I. C. G.; Figueiredo, R. O.; Moutinho, P.; Ishida, F. Y.; Santos, M. T. P.; Guerrero, J. B.; Kalif, K.; Sabá, R. T. 2004. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. *Ecological Applications*. 14(4) 150 – 163.

Denslow, J.S.; Schultz, J.C.; Vitousek, P.M.; Strain, B.R. 1990. Growth responses of tropical shrubs to treefall gap environments. *Ecology*, 71: 165-179.

Dewar, R.C.; Medlyn, B.E.; McMurtrie, R.E. 1998. A mechanistic analysis of light and carbon use efficiencies. *Plant Cell Environ.*, 21:573-588.

Dubois, J. L. C. 1970. *Silvicultural Research in the Amazon. Report to the Government of Brazil*. Food and Agricultural Organization of the United Nations. FO:SF/BRA 4, Technical Report 3. Rome. 126p. + Appendix

Ducke A. 1935. As especies brasileiras de jatahy, jutahy ou *H. courbaril* (gênero *Hymenaea* L., leguminosas cesalpiniaceas). *Annaes da Academia Brasileira de Sciencias* 7(3): 203–212.

Embrapa. 1997. *Manual de Métodos de Análises de Solo*. Centro Nacional de Pesquisas de Solos – CNPS. Rio de Janeiro. 212pp.

Embrapa. 2005. *Manual de Laboratório: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos – SP. 334pp.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

Embrapa. 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2ª ed. revista ampliada. Brasília, DF. 627pp.

Engel, V. L.; Poggiani, F. 1991. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento de mudas de quatro espécies florestais nativas. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 3: 39-45.

Evans, J. R. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves C_3 plants. *Oecologia* 78: 9 – 19.

Evans, J. and Turnbull, J. W. 2004. *Plantation Forestry in the Tropics*. 3rd ed. Oxford University Press, New York, US. 467pp.

Fang, S.; Xie, B.; Liu, J. 2008. Soil nutrient availability, poplar growth and biomass production on degraded agricultural soil under fresh grass mulch. *Forest Ecology and Management*, 255: 1802-1809.

FAO 2006. *Guidelines for soil description*. 4^a ed. Rome. 97 pp.

FAO 2009. State of the world's forests. Rome. 152pp.

FAO 2011. State of the world's forests. Rome. 164pp.

Ferraz, J. B. S. 1993. Soil site Factors Influencing The Reforestation On Mining Sites In Amazonia - Chapter 4. In: *H Lieth; M. Lohmann. (Org.). Restoration of Tropical Forest Ecosystems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 1, p. 47-52.

Ferraz, J. B. S. 2008. *Monitoramento da Fertilidade dos Solos dos Reflorestamentos e Florestas Primárias da Mineração Rio do Norte*. Relatório Técnico Anual. Porto Trombetas - PA. 57pp.

Ferreira, M. J. 2009. Crescimento, estado nutricional e características fotossintéticas de *Bertholletia excelsa* sob tratamentos de adubação em área degradada na Amazônia Central. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais. Manaus-AM. 68pp.

Ferreira, M. J.; Gonçalves, J. F. de C.; Ferraz, J. B. S. 2009. Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia. *Photosynthetica*. 47 (4) 616-620.

Ferreira, S. J. F.; Crestana, S.; Luizão, F. J.; Miranda, S. A. F. 2001. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia central. *Acta Amazonica*. 31 (3): 381-396

Freire, F. M., 2003. Interpretação dos resultados de análise do solo. Comunicado Técnico 82. Embrapa. Sete Lagoas, MG. 4p.

Funk, J. L.; Vitousek, P. M. 2007. Resource-use efficiency and plant invasion in low-resources systems. *Nature* 33: 317 – 345.

Garrido, L. M. A. 1982. *Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais IV – H. courbaril (Hymenaea stilbocarpa Hayne)*. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, v.2, n.16A. p.957-861.

Gonçalves, J. F. C.; Marengo, R. A.; Vieira, G. 2001. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 13: 149-157.

Gonçalves, J. F. C.; Santos Júnior, U. M. 2005. Utilization of chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 307-313.

Gonçalves, J. F. C.; Vieira, G.; Marengo, R. A.; Ferraz, J. B. S.; Santos Júnior, U. M.; Barros, F. C. C. 2005. Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka bean under two lights environments. *Acta Amazonica*, 35: 51-60.

Gonçalves, J. F. C.; Silva, C. E.; Guimarães, D. G.; Bernardes, R. S. 2010. Análise dos transientes da clorofila a em plantas jovens de *Carapa guinensis* e em *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. *Acta Amazonica*, 40(1): 89-98.

Graciano, C.; Guiamet, J. J.; Goya, J. F. 2006. Fertilization and water stress interactions in young *Eucalyptus grandis* plants. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 1028-1034.

Griscom, H. P. e Ashton, M. S. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1564-1579 Gurgel Filho, O. da A.; Morais, J. L.; Gurgel

Hendry, G. A. F. and Price, A. H. 1993. Stress indicators: chlorophylls and carotenoides. In: *Hendry, G. A. F. and Grime, J. P. (Eds.) Methods in Comparative Plant Ecology*. pp.148-152. Chapman e Hall. London – UK. 252pp.

Hepler, P. K. Calcium: a central regulator of plant growth and development. *Plant Cell* 17:2142–2155. 2005

Higuchi, N. 1981. A silvicultura no INPA. *Acta Amazonica*. 11(1): 99-107

Hirai, K.; Ferraz, J. B. S.; Kobayashi, M.; Ferreira, S.J.F.; Sales, P.C., Lopes, M.C. and Hotta, I., 2003: Physical properties of soils under degraded areas in the Central Amazon. In: *Projeto Jacaranda Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central* (Organizadores: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P. T. B.; Marengo, R. A.; Ferraz, J. B. S.; Sales, P. C. de; Saito, M. e Matsumoto, S.) INPA – CPST, Manaus – AM. 252 pp.

Hobbs, R. J. e Harris, J. A. 2001. Restoration Ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, vol.9 (2): 239-246

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. site: <www.ipcc.ch> acessado em outubro 2009.

Jahnel, M. C. 1993. *Böden und Bodenfruchtbarkeit einer Toposequenz bei Itacoatiara (Zentralamazonien, Brasilien)*. Dissertação de Mestrado. Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität Bonn. Alemanha.

Jarrel, W.M.; Beverly, R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, v.34, n . I, p. 197-224.

Jiao, S.; Emmanuel, H.; Guikema, J. A. 2004. High light stress inducing photoinhibition and protein degradation of photosytem I in *Brassica rapa*. *Plant Science*, 167: 733-741.

Kaschuk, G.; Alberton, O.; Hungria, M. 2010. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(1), 1-13.

Kirkby, E. A.; Römheld, V. 2007. *Micronutrientes na fisiologia das plantas: funções, absorção e mobilidade*. International Plant Nutritional Insitute118: 24pp.

Köppen, W. 1946. *Climatologia: un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica, México

Kull, O. 2001. Acclimation of photosynthesis in canopies: models and limitations. *Oecologia*, 133:267-279.

Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. 4th Ed. Springer. University of Innsbruck, Austria. 513pp.

Lautner, S.; Fromm, J. Calcium-dependent physiological processes in trees. *Plant Biology* 12:268–274. 2010

Laurance, W. F.; Fearnside, P. M.; Laurance, S. G. W.; Delamonica, P.; Lovejoy, T. E.; Rankin de Merona, J. M.; Chambers, J. Q.; Gascon, C. 1999.

Relationship between soils and forest biomass: a landscape-scale study. *Forest Ecology Management* 118: 127 – 138.

Li, F.; Bao, W.; Wu, N.; You, C. 2008. Growth, biomass partitioning, and water-use efficiency of a leguminous shrub (*Bauhinia faberi* var. *microphylla*) in response to various water availabilities. *New Forests* 36: 53 – 65.

Liang, Z.; Yang, J.; Shao, H.; Hana, R. 2006. Investigation on water consumption characteristics and water efficiency of poplar under soil water deficits on the Loess Plateau. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 53: 23 – 28.

Lichtenthaler, H. K.; Wellburn, A. R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*: 591 – 603.

Lindell, L.; Aström, M.; Oberg, T. 2010. Land-use versus natural controls on soil fertility in the Subandean Amazon, Peru. *Science of the total environment*, 408(4), 965-75

Lima, A. J. N. 2001. *Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de florestas secundárias, resultantes de corte raso seguido de queimada, da região de Manaus (AM)*. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 71 pp.

Lima, H. N.; Mello, J. W. V.; Schaefer, C. E. G. R.; Ker, J. C. 2005. Dinâmica de mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. *Acta Amazonica* 35 (3): 317 – 330.

Liu, P.; Yang, Y. S.; Xu, G.; Hao, C. 2006. Physiological response of rare endangered seven-son-flower (*Heptacodium miconioides*) to light stress under habitat fragmentation. *Environmental and Experimental Botany*, 57: 32-40.

Lucas, Y.; Chauvel, A.; Boulet, R.; Ranzani, G.; Scatolini, F. 1984. Transição latossolos-podzóis sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazonia. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 8, 325-335.

Ma, C. C.; Gao, Y. B.; Guo, H. Y.; Wang, J. L. 2004. Photosynthesis, transpiration and water use efficiency of *Caragana microphylla*, *C. Intermedia* and *C. Korshinskii*. *Photosynthetica* 42(1): 65 – 70.

Machado, M. R. 2008. *Plantios florestais na Amazônia Central: biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais. Manaus-AM. 55pp.

Makoto, K.; Koike, T. 2007. Effects of nitrogen supply on photosynthetic and anatomical changes in current-year needles of *Pinus koraiensis* seedlings grow under two irradiances. *Photosynthetica* 45: 99 – 104.

Marenco, R. A. ; Gonçalves, J. F. C.; Vieira, G. 2001. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in Central Amazonia. *Tree Physiology*, 21: 1311-1318.

Marenco, R. A.; Lopes, N. F. 1994. Leaf chloro concentration and nitrogen content in soybean plants treated with herbicides. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Viçosa, v.6, n.1, 7-13.

Marenco, R. A. e Lopes, N. F. 2009. *Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 3. ed., Editora Atual. Viçosa – MG, 486pp.

Martins, M. C. M. 2007. *Ecofisiologia do uso de reservas de carbono e nitrogênio ao longo do ciclo de vida de Hymenaea courbaril var. stilbocarpa (Heyne) Lee & Lang. (Leguminosae, Caesalpinioideae)*. Dissertação de mestrado. Instituto de Botânica. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 79pp.

Mehlich, A. 1953. *Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄ by North Carolina Soil Testing Laboratories*. Raleigh, University of North Carolina. 4pp.

Mello, A. A.; Sanquetta, C. R.; Eisefeld, R. de L.; Nakajima, N. Y. 2010. Quantidade de carbono remanescente e retirado em povoamentos de Pinus taeda no sul do Paraná. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais* (PUCPR. Impresso), v. 8, 123-130.

Menezes, R. do N. 2006. *Avaliação quantitativa da resistência à penetração (I.C.) de Latossolo sob diferentes estágios de degradação e restauração, na região de Manaus (AM)*. Monografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM. 46pp.

Morais, R. R.; Gonçalves, J. F. de C.; Santos, J. M. dos; Dunisch, O. ; Santos, A. L. W. 2007. Chloroplastid pigment contents and chlorophyll a fluorescence in amazonian tropical three species. *Revista Árvore*, 31, 959-966

Moura, O. N.; Passos, M. A. A.; Ferreira, R. L. C.; Molicca, S. G.; Junior, M. de A. L.; Lira, M. de A.; Santos, M. V. F. dos. 2006. Distribuição de Biomassa e Nutrientes na Parte Aérea de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. *Revista Árvore*, 30: 877–844.

Munsell Soil Color Charts. 1990. Edition Revised. Munsell color. Macbeth, a Division of Kollmorgen Corp., Baltimore, MD.

Nascimento, H. E. M.; Laurance, W. F. 2004. Biomass dynamics in amazonian forest fragments. *Ecological Applications*, 14(4): 127 – 138.

Nogueira, A.; Martinez, C. A.; Ferreira, L. L.; Prado, C. H. B. A. 2004. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. *Photosynthetica* 42(3): 351 – 356.

Nussbaum, R.; Anderson, J.; Spencer, T. 1995. Factors limiting the growth of indigenous tree seedlings planted on degraded rainforest soils in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 74: 149-159.

Ohta, S. ; Ferraz, J. B. S. ; Sales, P. C. . Distribuição dos Solos Ao Longo de Dois Transectos Em Floresta Primária Ao Norte de Manaus (Am). In: Niro Higuchi; Moacir A. A. Campos; Paulo T. B. Sampaio; Joaquim dos Santos. (Org.). Pesquisas Florestais para a Conservação da Floresta e Reabilitação de áreas Degradadas da Amazônia. 1 ed. Manaus-Am: MCT-INPA/JICA, 1998, v. 1, p. 109-143.

Padilla, F. M., e Pugnaire, F. I. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), 196-202.

Palmer, M. A.; Filoso, S. 2009. Restoration of ecosystem services for environmental markets. *Science* 325, 575 – 576.

Parrota, J. A.; Turnbull, J. W.; Jones, N. 1997. Catalyzing native Forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99: 1-7.

Pinho, R. C.; Alfaia, S. S.; Miller, R. P.; Uguen, K.; Magalhães, L. D.; Ayres, M; Freitas, V.; Trancoso, R. 2010. Islands of fertility: Soils under indigenous homegardens in the savannas of Roraima, Brazil.

Pinto, F. R. 2008 *Estimativa dos estoques de biomassa e nutrientes em florestas secundárias na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais. Manaus-AM 161pp.

Pitt, J. 1961. *Application of Silvicultural Methods to Some of the Forests of the Amazon*. Report to the Government of Brazil. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Report No. 1337. BRA/FO. Rome. 960. + Appendix (139p.)

Raij, van B.; Andrade, J.C.de; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. 2001. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Instituto Agrônomo de Campinas/SP, 285pp.

Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da estação experimental de silvicultura tropical do Inpa. *Acta Amazônica*, v. 10, n. 1, p. 741.

Reich, P. B.; Ellsworth, D. S.; Walters, M. B.; Vose, J. M.; Greshan, C.; Voun, J. C.; Bowman, W. D. 1999. Generality of leaf trait relationships: A test across six biomes. *Ecology* 80(6): 1955-1969.

Ribeiro, J. E. L. da S. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. Manaus: INPA. 816 pp.

Salomão, R. P. 2003. *Monitoramento de Florestas Primárias*. Relatório Técnico Anual. Mineradora Rio do Norte. Porto Trombetas - PA.

Salomão, R. P.; Nepstad, D. C.; Vieira, I. C. 1996. Biomassa e estrutura de florestas tropicais e o efeito estufa. (Biomass and structure of tropical forests and the greenhouse effect). *Ciência Hoje*, 21(122): 38 – 47.

Santana, R. C.; Barros, N. F.; Novais, R. F.; Leite, H. G.; Comerford, N. B.; 2008. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 32(2): 2723 – 2733.

Santiago, L. S.; Wright, S. J. 2007. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. *Functional Ecology* 21: 19 – 27.

Santos Júnior, U. M.; Gonçalves, J. F. C. 2005. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. *Braz. J. Plant. Physiol.*, 17(3): 307-313

Santos Júnior, U. M.; Gonçalves, J. F. C.; Feldpausch, T. R. 2006. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in Central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 226: 299-309

Santos, R. D.; Lemos, R. C.; Santos, H. G.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. 2005. *Manual de descrição e coleta de solos no campo*. 5ª ed. revista ampliada Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100pp.

Schaberg, P. G.; Minocha, R.; Long, S.; Halman, J. M.; Hawley, G. J.; Eagar, C. Calcium addition at the Hubbard Brook Experimental Forest increases the capacity for stress tolerance and carbon capture in red spruce (*Picea rubens*) trees during the cold season. *Trees – Structure and Function*. 25(3):1-9. 2011.

Schelemmer, M. R.; Shanaham, J. F.; Francis, D. D.; Schepers, J. S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agronomy Journal* 97: 106 – 112.

Silva, C. E. M.; Gonçalves, J. F. C.; Feldpausch, T. R. 2008. Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on a abandoned pasture, central Amazonia, Brazil. *Environmental and Experimental Botany* 64: 189 – 195.

Silva, C. E. M.; Gonçalves, J. F. C.; Feldpausch, T. R.; Luizão, F. J.; Moraes, R. R.; Ribeiro, G. O. 2006. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central. *Acta Amazônica*, 36 (4) 503-512

Silva, J. N. M. 1989. The behavior of the tropical rain Forest of the Brazilian Amazon after logging. *Ph.D. dissertation*, University of Oxford, 302pp.

Silva, J. N. M.; de Carvalho, J. O. P.; Lopes, J. de C. A.; de Oliveira, R. P.; de Oliveira, L. C. 1996. Growth and yield studies in the Tapajós Region, Central Brazilian Amazon. *Common. For. Rev.*, 75(4), 325-329.

Shevtsova, L., Romanenkov, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J. U., Leech, P., Kanzyvaa, S., et al. 2003. Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soils— modeling and observation. *Geoderma*, 116(1-2)

Shimizu, J. Y. 2006. *Pinus* na silvicultura brasileira. *Revista Madeira*, Curitiba, v.16, n.99, p. 4-12

Sociedade Brasileira de Silvicultura. 2010. *Anuário estatístico 2010 ano base 2009*. Brasília. 140 pp.

Society for Ecological Restoration International Science e Policy Working Group. 2004. The SER international Primer on Ecological Restoration. www.ser.org Tucson. - Arizona – USA. 15pp.

Sombroek, W, 2001: Spatial and Temporal Patterns of Amazon Rainfall: Consequences for the Planning of Agricultural Occupation and the Protection of Primary Forests. *Ambio*, 30(7) 388-396

Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, 690 pp.

Thornley, J.H.M. 1998. Dynamic model of leaf photosynthesis with acclimation to light and nitrogen. *Ann. Bot.*, 81:421-430.

Tonini, H.; Oliveira Jr., M. M. C.; Schwengber, D. 2008. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. *Ciência Florestal*, 18: 151-158.

Uhl C.; Buschbacher R.; Serrão E. A. S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology*, 75: 663-681.

Van Reeuwijk, L. P. 2002. *Procedures for soil analysis. International Soil Reference Information Centre, ISRIC*, 6. edition. Wageningen, Netherlands, 120pp.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. IBGE, Rio de Janeiro.

Viveiros, S. C. M. ; Mais, M. G. ; Dietrich, S. M. C. ; Aidar, M. P. M. ; Buckeridge, M. S. 2007. Respostas das Plantas aos Fatores Antrópicos: Estudos com jatobá-de-Mata. In: Barbosa, L.M.; Santos Junior, N.A. dos. (Org.). *A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais*. 1 ed. São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, v. , 394-405.

Watzlawick, L. F.; Koehler, H. S.; Kirchner, F. F. 2006. Estimativa de biomassa e carbono em plantios de *Pinus taeda* L. utilizando imagens do satélite IKONOS II. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 28, n. 1, 45-69.

Watzlawick, L. F.; Kirchner, F. F.; Sanquetta, C. R. 2009. Estimativa de Biomassa e Carbono em Floresta com *Araucaria* utilizando Imagens do Satélite Ikonos II. *Ciência Florestal*, v. 19, 169-181.