

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO –
PPG-ATU

**ESTABELECIMENTO DE UM SISTEMA EM ALEIAS DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS CONSORCIADAS COM PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth.) EM
SOLO LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

AUGUSTO CRUZ DE MEIRELLES

Manaus, Amazonas

Julho, 2013

AUGUSTO CRUZ DE MEIRELLES

**ESTABELECIMENTO DE UM SISTEMA EM ALEIAS DE LEGUMINOSAS
ARBÓREAS COMSORCIADAS COM PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth.) EM
SOLO LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

ORIENTADOR: DR. LUIZ AUGUSTO GOMES DE SOUZA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido – PPG-ATU como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Julho, 2013

Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

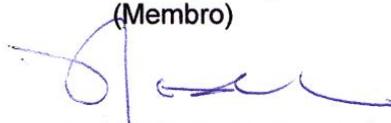
TÍTULO: "ESTABELECIMENTO DE UM SISTEMA EM ALEI-
AS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS CONSORCIADAS COM
PUPUNHEIRA (*Bactris gasipaes* Kunth.)"

AUTOR:
AUGUSTO CRUZ DE MEIRELLES

BANCA JULGADORA:


SÔNIA ALFAIA, Dra. (INPA)
(Membro)


ELISA WANDELLI, Dra. (EMBRAPA)
(Membro)


HIROSHI NODA, Dr. (INPA)
(Membro)

Manaus, 12 de julho de 2013.

M515 Meirelles, Augusto Cruz de
Estabelecimento de um sistema em aleias de leguminosas arbóreas consorciadas com pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central / Augusto Cruz de Meirelles. --- Manaus : [s.n], 2013.
xii, 91f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2013.

Orientador : Luiz Augusto Gomes de Souza.

Área de concentração : Ciências Biológicas, Agrárias e Humanas.

1. Adubação verde. 2. Agricultura familiar. 3. Cultivo em aleias.
I. Título.

CDD 631.874

Sinopse:

Estudou-se o estabelecimento de um sistema em aleias de leguminosas arbóreas para adubação verde da pupunheira em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central. Aspectos como a altura, diâmetro no nível do solo, produção e qualidade da biomassa de leguminosas foram avaliados.

Palavras-chave: Adubação verde, Agricultura Familiar, Alley cropping.

A Deus que me concedeu esta oportunidade de alcançar mais um nível de conhecimento.

Aos meus pais Adams Bacelar de Meirelles e Maria Glicinha Farias Cruz, que sempre estiveram ao meu lado ajudando-me e incentivando-me a prosseguir nesta caminhada.

A toda minha família que de forma direta ou indireta facilitou minha chegada até o fim deste mestrado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, Supremo Criador, obrigado por ter me concedido a vida, e o privilégio de poder ter galgado este mestrado, e ter me concedido muitas bênçãos.

Aos meus pais Adams Bacelar de Meirelles e Maria Glicinha Farias Cruz que muito me incentivaram e não mediram esforços para que eu chegasse ao fim desta curta jornada.

Ao meu orientador Luiz Augusto Gomes de Souza, pela amizade, bom relacionamento profissional e pelo incentivo a prosseguir nos estudos, pela confiança, apoio, ajuda e ensinamentos durante a minha vida acadêmica e que servirão para a minha vida profissional.

Aos todos os docentes que contribuíram para enriquecer o curso de Pós Graduação em Agricultura no Tropicó Úmido.

Aos técnicos do Laboratório de Microbiologia, Manoel Cursino Lopes, Adilson Rodrigues Dantas e Paulino que participaram efetivamente da pesquisa de campo.

Aos demais funcionários do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

A todos os amigos, colegas de mestrado, irmãos em Cristo, pela proveitosa convivência, que de alguma maneira contribuíram para que fosse possível a conclusão desta jornada.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela formação oferecida através do curso de Pós-Graduação em Agricultura no Tropicó Úmido.

A FAPEAM pela concessão da bolsa de estudo que tem proporcionado a formação de muitos profissionais da Amazônia.

Meus sinceros agradecimentos!

ESTABELECIMENTO DE UM SISTEMA DE CULTIVO EM ALEIAS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS CONSORCIADAS COM PUPUNHEIRA (*BACTRIS GASIPAES* KUNTH.) EM SOLO LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNICA CENTRAL

Resumo – No trópico úmido, a construção e a manutenção da fertilidade dos solos é um desafio dos que se dedicam à implantação de sistemas agrícolas sustentáveis. O sistema de cultivo em aleias tem sido demonstrado como uma alternativa para a agricultura familiar, pelo manejo sustentável destes solos ácidos de baixa fertilidade natural. Este trabalho objetivou avaliar a implantação e o estabelecimento inicial de um plantio de pupunha (*Bactris gasipaes*), em sistema de cultivo em aleias - *alley cropping* – consorciando leguminosas arbóreas em solo de terra firme de pequenas propriedades rurais da Amazônia Central, bem como obter informações sobre a quantidade e qualidade da biomassa podada de aleias de leguminosas. O experimento foi conduzido em solo Latossolo Amarelo, textura argilosa, de pequenas propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1 da Vila Canaã, Manaus, Amazonas, no período de 10/05/2012 a 15/04/2013. Foram produzidas mudas das leguminosas: ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) que, após passarem por um período de três meses de enviveiramento, foram cultivadas em sistema de aleias em linhas adensadas de 1m. A pupunheira foi estabelecida nas entrelinhas as 28 semanas após o plantio das leguminosas, no espaçamento de 2 x 2 m. Foi avaliada a altura, diâmetro no nível do solo, área de cobertura, diâmetro médio, grau de cobertura e sobrevivência das leguminosas antes e após a poda. A biomassa produzida pelas leguminosas foi quantificada e depois depositada nas entrelinhas de pupunheira, uma amostra do material foliar foi separada para análise química de seu conteúdo nutricional. Para avaliar o efeito da biomassa sobre o crescimento da pupunheira, foi monitorada a altura, diâmetro no nível do solo, área de cobertura, diâmetro médio e grau de cobertura das plantas. O sabiá apresentou rápido crescimento, sobrevivência e rusticidade. O sabiá destacou-se entre as espécies pela produção na primeira poda de 4,27 t ha⁻¹ de biomassa da parte aérea fresca, fracionada proporcionalmente entre galhos e folhas com teores de N-foliar de 2,65 %. O ingá produziu 2,11 t ha⁻¹ de biomassa fresca da parte aérea, com ¼ de material lenhoso e ¾ de biomassa foliar com concentração de N de 3,40 %. A biomassa podada de sabiá e ingá permitiu o aporte de mais de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. O plantio da pupunheira feito oito meses após o estabelecimento das leguminosas arbóreas beneficiou-se da biomassa depositada na primeira poda, por uma maior altura das plantas de pupunheira 16 semanas após o seu estabelecimento, no sistema em aleias comparado ao monocultivo. O aporte da biomassa podada das leguminosas arbóreas amenizou os efeitos adversos da acidez com aumento dos teores de carbono e matéria orgânica, comparado ao estado inicial do solo.

Palavras-chave: Amazônia, Trópico Úmido; Manejo Sustentável; Agricultura familiar.

ESTABLISHMENT OF AN ALLEY CROPPING SYSTEM OF LEGUMINOUS TREE INTERCROPPED WITH PEACH PALM (*BACTRIS GASIPAES* KUNTH.) IN CENTRAL AMAZON OXISOL

Abstract – In the humid tropics, the construction and maintenance of soil fertility is a challenge of those dedicated to the implementation of sustainable agricultural systems. The alley cropping system has been demonstrated as an alternative to the family agriculture, by the sustainable management of these acid soils of low natural fertility. This study aimed to evaluate the implementation and initial establishment of a plantation of peach palm (*Bactris gasipaes*) in alley cropping systems, intercropping leguminous trees in soil of “terra firme” in the Central Amazon, as well as information on the quantity and quality of biomass pruned alleys of legumes. The experiment was conducted in Oxisol, in agricultural properties of the Extension ZF-1, Vila Canaã locality, municipal district of Manaus, in the period from 10/05/2012 to 15/04/2013. Were produced seedlings of leguminous: ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) and sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) which, after passing through a period of three months of nursery, were reared in alleys lines thickened 1m. The peach palm was established in lines at 28 weeks after planting of leguminous, spaced 2 x 2 m. We evaluated the height and diameter at soil level, coverage area, diameter, degree of coverage and survival of legumes before and after pruning. The biomass produced by legumes was quantified and then deposited between the lines of peach palm, a sample of leaf material was separated for chemical analysis of their nutritional content. To assess the effect of biomass on the growth of peach palm was monitored height, diameter at soil level, coverage area, diameter and degree of coverage of the plants. The sabiá showed rapid growth, survival and hardiness. The sabiá stood out among the species by producing the first pruning of 4,27 t ha⁻¹ of aboveground biomass fresh, fractionated proportionally among branches and leaves with levels of 2,65 % N-leaf. The ingá produced 2,11 t ha⁻¹ fresh weight of shoots with ¼ timber and ¾ leaf biomass with 3,40 % N concentration. The biomass pruned of sabiá and ingá allowed the input of more than 30 kg ha⁻¹ of N. The planting of peach palm made eight months after the establishment of leguminous trees benefited from biomass deposited on the first pruning for greater plant height of peach palm 16 weeks after its establishment, the system alleys compared with monoculture. The contribution of biomass pruned the tree legumes mitigated the adverse effects of acidity with increased levels of carbon and organic matter, compared to the initial state of the soil.

Keywords: Amazon; Humid Tropics; Sustainable Management; Family Agriculture.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
1 Introdução Geral.....	12
2 Objetivos.....	15
3 Revisão Bibliográfica.....	16
3.1 Potencial dos Sistemas Agroflorestais em áreas de terra firme da Amazônia Central.....	16
3.2 Os SAFs em aleias – <i>alley cropping</i> e a importância das Fabaceae nestes sistemas.....	20
3.3 Informações relevantes sobre as espécies selecionadas para a pesquisa.....	26
3.3.1 A importância do cultivo da pupunheira (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.).....	26
3.3.2 <i>Inga edulis</i> Mart.	27
3.3.3 <i>Clitoria fairchildiana</i> Howard.....	28
3.3.4 <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	29
Referências.....	30
CAPÍTULO 1 - ESTABELECIMENTO INICIAL DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS PARA CONSORCIAMENTO COM FRUTÍFERAS EM UM SISTEMA DE ALEIAS EM SOLO LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL.....	36
Resumo.....	37
Abstract.....	37
Introdução.....	39
Material e Métodos.....	41
Resultados e Discussões.....	45
Conclusão.....	52
Referências.....	53
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E QUALIDADE DA BIOMASSA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMA DE ALEIAS COM PUPUNHEIRA (<i>BACTRIS GASIPAES</i>) EM LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL.....	55
Resumo.....	56
Abstract.....	56
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	60
Resultados e Discussões.....	64
Conclusão.....	70
Referências.....	71
CAPÍTULO 3 - ADIÇÃO DA BIOMASSA PODADA DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS CULTIVADAS EM ALEIAS SOBRE O ESTABELECIMENTO DE PUPUNHEIRA (<i>BACTRIS GASIPAES</i>) EM LATOSSOLO AMARELO DA AMAZÔNIA CENTRAL.....	74
Resumo.....	75
Abstract.....	75
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	79
Resultados e Discussões.....	83
Conclusão.....	88
Referências.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nutrientes adicionados com os ramos de leguminosas em diferentes sistemas de cultivo em aleias.

Capítulo 1

Tabela 1. Características químicas dos solos coletados nas unidades experimentais estabelecidas em propriedades agrícolas no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus-AM.

Tabela 2. Estimativas do incremento mensal em altura (IMA) e diâmetro no nível do solo (IMDNS), e da sobrevivência as 28 semanas, de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

Capítulo 2

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo Latossolo Amarelo coletado em duas profundidades em propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Tabela 2. Altura e sobrevivência de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) antes da poda feita com 28 semanas de cultivo a 1 m de altura e após 13 semanas, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Tabela 3. Estimativas da produção de biomassa da parte aérea fresca e seca, e dos galhos e folhas secas podados a 1 m de altura em plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Tabela 4. Teores médios de nutrientes presentes nas folhas secas podadas a 1 m de altura em plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Tabela 5. Estimativas do aporte de macronutrientes adicionados ao solo pela biomassa das folhas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), podadas a 1 m de altura após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Capítulo 3

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo Latossolo Amarelo, coletado em duas profundidades, em propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Tabela 2. Quantidade de folhas secas e de nutrientes adicionados pela biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), podadas a 1 m de altura, após 28 semanas de cultivo em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Tabela 3. Concentração de nutrientes na biomassa foliar podada a 1 m de altura de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), cultivadas em sistema de aleias, após 28 semanas, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Tabela 4. Efeito da adição da biomassa podada de aleias de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), consorciadas com pupunha (*Bactris gasipaes*), nas características químicas do solo, a 0-10 cm de profundidade, após 16 semanas da distribuição sob cobertura, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Tabela 5. Acompanhamento da evolução do crescimento em altura (cm) de pupunheira (*Bactris gasipaes*) após seu plantio em sistema de aleias com ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Tabela 6. Acompanhamento da evolução do crescimento do diâmetro no nível do solo (mm) de pupunheira (*Bactris gasipaes*) após seu plantio em sistema de aleias com ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

Tabela 7. Diâmetro médio de cobertura, área de cobertura e grau de cobertura da pupunheira (*Bactris gasipaes*) após 16 semanas da adição da biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Dados climatológicos do período experimental de avaliação do estabelecimento de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), no sistema de cultivo em aleias em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM. Fonte: INMET, 2012.

Figura 2. Definição da parcela experimental de campo para avaliação do estabelecimento de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), no sistema de cultivo em aleias para consorciamento com fruteiras em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

Figura 3. Evolução do crescimento em altura de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

Figura 4. Evolução do crescimento diamétrico de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

Figura 5. Área, diâmetro médio e grau de cobertura de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) cultivadas em Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM, após 20 semanas.

Capítulo 2

Figura 1. Definição da parcela experimental de campo para avaliação da produção de biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), no sistema de cultivo em aleias com pupunheira em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Figura 2. Distribuição da biomassa de folhas e galhos secos na parte aérea de ingá (*Inga edulis*) (A), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) (B), e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) (C), submetidas à poda de 1 m de altura após 28 semanas de cultivo em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Capítulo 3

Figura 1. Dados climatológicos do período experimental de outubro de 2012 a abril de 2013. Manaus, AM. Fonte: INMET, 2012-2013.

1 Introdução Geral

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, que pode ser encontrada em toda a Amazônia e na América Central (Clement *et al.* 2005). É uma espécie que fornece variada matéria prima, sendo utilizada pelas populações nativas da região principalmente como planta frutífera (Yuyama *et al.* 2013).

Esta espécie tem sido demonstrada como uma fonte importante de palmito industrializado, em face da redução que vem ocorrendo na exploração da palmiteira tradicional (*Euterpe edulis* Mart.) na região Centro-Oeste e do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no Norte do Brasil (Carvalho e Ishida 2002). O cultivo da pupunheira para produção de palmito é uma atividade que tem despertado interesse de agricultores de todo o país. Isso vem ocorrendo, principalmente pela busca de novas opções de cultivos em substituição aos tradicionais (Bovi 1998). Os frutos da pupunheira têm sido apresentados como uma importante fonte potencialmente nutritiva, em virtude de seu alto valor de carotenóides biodisponíveis, além de teores consideráveis de carboidratos, proteínas e lipídios (Yuyama e Cozzolino 1996).

Por ser uma espécie nativa, a pupunheira é indicada para cultivo nas condições tropicais de grande precipitação pluviométrica e elevada temperatura, e apresenta boas qualidades agrônômicas, principalmente relacionadas á rusticidade (Flori e D'oliveira 1995). Além disso, é uma palmeira que apresenta grande potencial em sistemas agroflorestais, consorciado com outros cultivos como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum), cacau (*Theobroma cacao* L.), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), banana (*Musa paradisiaca* Kuntze) entre outros (Arco Verde 2008).

Nos sistemas agroflorestais, o conhecimento sobre as espécies combinadas numa mesma área torna-se essencial para o sucesso da produção, sendo necessário compreender os processos que acontecem constantemente, bem como a interação entre os componentes do sistema. De acordo com Lunz e Franke (1998), o conhecimento do nicho de cada espécie é fundamental. Informações como arquitetura de raiz e copa, necessidades nutricionais, velocidade de crescimento, ciclo de vida, associações simbióticas com outros organismos como bactérias, fungos e formigas, qualidade e quantidade de biomassa que retorna ao sistema e interações ecológicas com animais dão base para que o agroecossistema torne-se equilibrado e autossustentado. Além disso, segundo esses autores, o arranjo feito pelo agricultor deve combinar nichos complementares e buscar interações positivas do tipo facilitação ou cooperação.

Os solos da Amazônia são, na sua maioria, considerados quimicamente pobres, especialmente os do ambiente de terra firme (Holscher *et al.* 1997). Do ponto de vista da fertilidade do solo, os teores dos nutrientes são bastante reduzidos, sendo o fósforo e o nitrogênio os elementos mais limitantes ao desenvolvimento vegetal. Devido às intensas chuvas e às altas temperaturas, os solos da região amazônica se empobrecem rapidamente em nutrientes, se desprovidos de serapilheira. Os nutrientes são perdidos facilmente por lixiviação e volatilização, há ainda, um aumento da acidez e da concentração de alumínio trocável no solo, reduzindo a disponibilidade dos nutrientes ainda remanescentes no solo. (Brasil e Muraoka 1997).

No trópico úmido, a construção e manutenção da fertilidade dos solos é o maior desafio dos que se dedicam à implantação de sistemas agrícolas sustentáveis. O sistema de cultivo em aleias (*alley cropping*) - para adubação verde com leguminosas arbóreas está consagrado como técnica de agricultura ecológica na região tropical e se mostra como alternativa para o manejo dos solos na agricultura amazônica. Entretanto, para sucesso do sistema em aleias, é importante que sejam selecionadas espécies de Fabaceae que apresentem rusticidade, capacidade de crescimento em solos com baixos estoques nutricionais e que apresentem mecanismos de tolerância aos níveis excessivos de alumínio presentes nos solos tropicais (Arruda e Costa 2003).

Neste sentido as Fabaceae apresentam particularidades que as tornam recomendáveis para cultivos como plantas aptas a incrementar a fertilidade do solo e sustentabilidade dos sistemas de produção porque fazem, em sua maioria, associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Várias espécies de leguminosas arbóreas são rústicas, e se estabelecem em áreas antropizadas, tolerando podas frequentes, contribuindo para a ciclagem de nutrientes e para a estruturação do horizonte A do perfil do solo (Souza *et al.* 1994). São, portanto, recomendadas para os SAFs em aleias para adubação verde, desde que se faça a seleção da espécie adequada para esse fim. Além disso, é necessário que as espécies de leguminosas utilizadas nesse sistema de cultivo estejam acessíveis aos agricultores, sendo um fator importante para a não dependência de sementes.

A demanda por modelos de sistemas agroflorestais adaptados à região amazônica ainda é grande. Entretanto, pouco se sabe sobre os melhores arranjos, que espécies consorciar e que densidade utilizar. Potencialmente muitos desenhos de SAFs podem e devem ser desenvolvidos (Lunz e Franke 1998). É necessário, portanto, estudar os SAFs com consórcios de espécies de fruteiras no sistema de cultivo em aleias, empregando leguminosas arbóreas

como plantas companheiras, como um sistema em potencial na agricultura familiar na Amazônia.

2 Objetivos

2.1 Geral

Avaliar a implantação e o estabelecimento inicial de um plantio de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), em sistema de cultivo em aleias - *alley cropping* – consorciando leguminosas arbóreas em solo de terra firme de pequenas propriedades rurais da Amazônia Central.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Obter maiores informações sobre o crescimento, sobrevivência, grau de cobertura do solo e fitossanidade de plantios de pupunha consorciado com leguminosas.

2.2.2 Selecionar a espécie (ou as espécies) de leguminosa adequada ao sistema de plantio em aleias para solo Latossolo Amarelo, da terra firme na Amazônia Central.

2.2.3 Avaliar a produção de biomassa das leguminosas arbóreas submetidas à poda e sua contribuição nutricional como plantas para adubação verde em plantios de pupunha.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Potencial dos Sistemas Agroflorestais em áreas de terra firme da Amazônia Central

Na Amazônia Central, a fruticultura apresenta-se como opção interessante para o desenvolvimento agropecuário. A região tem potencial para o desenvolvimento da atividade, pois possui a maior área do país, apresenta condições edafoclimáticas favoráveis para cultivos perenes, o que inclui a produção de frutas tropicais nativas e algumas exóticas. Estima-se que a região já possui 58 milhões de hectares desmatados, onde a fruticultura poderia ser uma excelente opção para a ocupação destas áreas, contribuindo para a recuperação ambiental e produtividade do solo (Nascente e Neto 2005).

Na agricultura familiar na região amazônica, tem-se desenvolvido o cultivo de fruteiras em Sistemas Agroflorestais - SAFs. Dentre as espécies mais utilizadas para o cultivo em SAFs está o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.), abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck), acerola (*Malpighia emarginata* DC.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), mamão (*Carica papaya* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims), araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh.) e cacau (*Theobroma cacao* L.). Também têm sido desenvolvidos alguns modelos de SAFs com espécies florestais, entre as espécies utilizadas estão a seringueira (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.) e a castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) (Homma 2006).

Os SAFs amazônicos mais comuns são do tipo quintal, com alta diversidade de espécies frutíferas, condimentares e medicinais nativas e exóticas, consorciadas para fins de consumo familiar. Os consórcios comerciais de fruteiras e cultivos anuais também são praticados, porém a diversidade dos sistemas é baixa (em torno de quatro espécies) (Júnior *et al.* 2009). Segundo este autor, é comum haver uma cultura principal, como o cupuaçu, açaí, banana ou citros - que são espécies frutíferas com mercado consumidor que garante a renda do agricultor. Já em outros tipos de SAFs diversificados de uso múltiplo, é possível identificar diferentes usos atribuídos aos componentes dos consórcios, seja especificamente para valorização de um produto, mas também por um serviço prestado ao sistema, favorecendo a produção do componente prioritário. Considerando o uso principal, o mais frequente é a alimentação (para o homem ou para as criações), seguido da produção de madeira, forragem, condimentos, óleo, sombreamento, compostos medicinais, energia (lenha e carvão) e fibras.

Nos anos 70 e 80 do século XX, ampliaram-se as pesquisas científicas sobre tecnologias agrícolas para a região tropical, com baixa demanda de energia, insumos e/ou recursos, com uma combinação de espécie e, portanto apresentando maior agrobiodiversidade,

além de serem produtivos e sustentáveis (Kampen e Budford 1980). Entre as práticas, destacaram-se os Sistemas Agroflorestais, combinando árvores (principalmente leguminosas), arbustos, lianas e plantas herbáceas selecionadas por serem culturas alimentícias e/ou forrageiras (Steppler e Nair 1987), e também por sua contribuição na manutenção e melhoria da fertilidade do solo. Nestes sistemas de produção, cultivos anuais, plurianuais ou perenes podem ser introduzidos dependendo das etapas relacionadas com sua implantação ou durante o seu manejo de longo prazo.

De acordo com Altieri (2002), as práticas agroflorestais ocupam espaço tanto no preenchimento de lacunas ambientais (aumento da biodiversidade, produção e qualidade da água, abrigo à fauna, reciclagem de nutrientes, produção de matéria orgânica) como sociais (oferta de empregos, melhoria da saúde) e econômicas (diversificação na oferta de produtos, valorização da paisagem e da produção). Bene *et al.* (1977) definiram estes sistemas como um manejo sustentável da terra que permite incrementar a produção total, combinando o uso de culturas anuais, árvores florestais e frutíferas e/ou animais simultânea ou sequencialmente, compatíveis com o padrão cultural da população da região.

Algumas hipóteses foram formuladas por Young (1989) sobre o efeito dos sistemas agroflorestais: 1) A possibilidade de controle da erosão, com redução das perdas de matéria orgânica e nutrientes; 2) A manutenção ou aumento dos níveis de matéria orgânica do solo; 3) A melhoria das propriedades físicas do solo indiretamente pelo incremento da matéria orgânica e ação das raízes; 4) As árvores e arbustos fixadores de nitrogênio podem aumentar os ingressos deste elemento essencial no sistema, aumentando a produtividade; 5) O componente arbóreo dos sistemas agroflorestais pode aumentar a captação de nutrientes da atmosfera e dos horizontes subsuperficiais, atenuando os problemas de lixiviação dos solos tropicais; 6) Os sistemas agroflorestais podem resultar numa melhor eficiência da ciclagem de nutrientes; 7) A ciclagem de bases nos resíduos das árvores pode atenuar a acidez do solo; 8) Os Sistemas Agroflorestais podem aumentar a disponibilidade de água para as culturas.

MacDicken e Vergara (1990) relatam que os Sistemas Agroflorestais têm algumas vantagens sobre os sistemas convencionais, que, entretanto, não se aplicam da mesma forma a todos os lugares e combinações mais usuais de florestas/culturas e criação: 1) A otimização na utilização do espaço; 2) A redução dos extremos microclimáticos; 3) A redução no risco de perda completa da cultura; 4) O fornecimento de suporte físico para plantas herbáceas trepadeiras; 5) O uso positivo do sombreamento dos cultivos. Algumas desvantagens destes sistemas seriam: 1) O incremento da competitividade, já que as árvores e espécies combinadas espacialmente competem com as culturas anuais por nutrientes, para desenvolver-se, captação

de energia solar e da água do solo e podem reduzir significativamente a produção das culturas alimentícias se não forem feitas interferências sobre o grau de luminosidade disponível para as culturas; 2) Os danos mecânicos causados pelo cultivo, colheita e práticas culturais; 4) Os potenciais efeitos alelopáticos entre as espécies; 5) As árvores podem proporcionar um refúgio para pragas quando próximas de uma cultura. Adicionalmente há dificuldades de mecanização das etapas agrícolas decorrentes da combinação de diferentes espécies em sistemas agroflorestais espaciais. Para reduzir essas desvantagens os cultivos alimentícios anuais e plurianuais podem ser conduzidos na fase inicial de estabelecimento dos SAFs.

Dentre os benefícios evidenciados dos Sistemas Agroflorestais na melhoria das propriedades físicas dos solos, Carvalho *et al.* (2004) notaram que o solo sob sistema agroflorestal apresenta menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, em comparação com o mesmo solo sob sistema de plantio convencional. Os SAFs podem ainda prover um hábitat favorável e recursos para espécies de plantas e animais, mantendo a conexão entre as diferentes paisagens, facilitando o movimento de animais, sementes e pólen (Beer *et al.* 2003), e, portanto, interferindo diretamente nos processos biológicos naturais. Nos SAFs com espécies perenes, o dossel destas protege o solo da radiação solar direta no período diurno e impede a perda de energia à noite, diminuindo a amplitude térmica e de umidade local. A presença das árvores também permite uma neutralização dos problemas de toxidez de ferro e alumínio, acidificação e em ambientes mais secos da salinização do solo (Santos 2000). A copa das árvores e a serapilheira também protegem o solo contra a erosão e as altas temperaturas (Alfaia *et al.* 2003), reduzindo a perda d'água por evaporação (Costa *et al.* 2004).

O manejo do Sistema Agroflorestal deve considerar a dinâmica de interações entre as espécies. A Lei de Gause diz que dois organismos não podem ocupar o mesmo nicho ecológico. Se os nichos forem muito similares e os recursos limitados, um organismo pode excluir o outro por competição (Gliessman 2009). Quanto mais semelhantes são as funções ecológicas de duas plantas, maior será a probabilidade de haver competição por recursos entre elas. O consórcio de espécies na agricultura deve privilegiar a facilitação, principalmente nos estádios iniciais de vida. Devem-se selecionar espécies de nichos complementares, que em vez de competirem, se beneficiem das condições favoráveis fornecidas mutuamente. Para tanto, deve-se observar a arquitetura aérea (altura e diâmetro da copa) e radicular, ciclo de vida e necessidades nutricionais de cada uma (Lunz e Franke 1998). Desse modo, pelas típicas diferenças de arquitetura, as palmeiras, as ervas e os arbustos são componentes interessantes para a composição da combinação de espécies nos SAFs, junto com as árvores.

Considerando outras características inerentes aos SAFs, Alfaia *et al.* (2003) afirmam que a manutenção da serapilheira ou liteira, tem papel importante na composição e fertilidade do solo, uma vez que proporciona as condições necessárias à vida edáfica. A ciclagem de nutrientes, fortemente associada com a decomposição da matéria orgânica, é regida pelos micro-organismos (fungos, bactérias e actinomicetos), pela microfauna (protozoários e nematoides) e pela macrofauna do solo (colêmbolas, artrópodes, anelídeos, insetos, etc). Outro benefício físico se dá pela barreira física formada pela serapilheira que evita a compactação e a lixiviação, já que o protege da quebra dos agregados do solo pelas gotas da chuva e dos processos erosivos decorrentes da enxurrada (Costa *et al.* 2004).

Em relação às propriedades químicas dos solos é importante salientar que nos solos tropicais, a matéria orgânica representa até 90% da capacidade de troca de cátions (CTC) ou do total de cargas negativas, onde estão ligados quimicamente alguns dos principais nutrientes para as culturas. Desse modo a manutenção ou incremento dos níveis de matéria orgânica do solo favorece a manutenção dos cultivos agrícolas, e a perda ou redução dos estoques de matéria orgânica nos sistemas de produção sinaliza a etapa subsequente do pousio na prática da agricultura tradicional. Os efeitos na fertilidade são variáveis dependendo do manejo dado à biomassa, do tempo de permanência no solo, da época de corte de plantas estabelecidas para práticas de adubação verde, das condições climáticas e edáficas locais e da interação entre esses fatores (Alcântara *et al.* 2000).

A consorciação de espécies em Sistemas Agroflorestais, com diferentes exigências de luz, água e nutrientes, tem a vantagem de tornar possível o uso mais eficiente dos fatores de produção, reduzindo o risco econômico (Santos 2000). O estabelecimento de SAFs em pequenas propriedades agrícolas aumenta a rentabilidade líquida da propriedade pela possibilidade de elevar a produtividade agrícola e/ou florestal e reduzir os custos, por reduzir as necessidades de controle fitossanitário, de adubação química ou irrigação e de melhorar as condições de trabalho e alimentação do produtor rural (Lamônica e Barroso 2008). Desse modo, a pesquisa científica voltada para o desenvolvimento de sistemas de produção agrícola sustentáveis para a Amazônia deve ser intensificada para pleno conhecimento dos modelos mais aplicáveis nas condições locais e regionais, especialmente para os solos da terra firme.

3.2 Os SAFs em aleias – *alley cropping* e a importância das Fabaceae nestes sistemas

As pesquisas sobre o sistema de cultivo em aleias foram intensificadas na década de 80, como uma alternativa promissora para a implantação de Sistemas Agroflorestais em agroecossistemas familiares, com menor utilização de insumos, pela sua eficiência na ciclagem de nutrientes. Duas décadas depois, uma avaliação das experiências, conduzidas em algumas partes do mundo, mostrou que esse sistema deve ocupar lugares restritos, com situações específicas, onde principalmente não ocorra déficit hídrico na fase do crescimento das culturas e os riscos da erosão do solo sejam acentuados (Kass *et al.* 1999; Hauser e Nolti 2002; Hauser *et al.* 2002). Tradicionalmente o sistema de cultivo em faixas alternadas é uma alternativa para controle de erosão em áreas com declive. Conhecido internacionalmente como “*alley cropping*”, o cultivo em aleias é um tipo de sistema agroflorestal simultâneo. Consiste na associação de árvores e/ou arbustos, geralmente os fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com culturas anuais (Bertalot 2003).

O sistema de cultivo em aleias é um dos tipos de Sistemas Agroflorestais mais simples que combina em uma mesma área espécies arbóreas, preferencialmente leguminosas, e culturas anuais ou perenes de interesse econômico (Moura 2004). A preferência pelas leguminosas nessas combinações deve-se a biomassa mais rica em nitrogênio, contribuindo para um incremento na entrada desse elemento essencial no sistema. De acordo com Kang *et al.* (1990), o sistema agroflorestal na forma de aleias, consiste no crescimento de culturas alimentares ou comerciais entre ruas formadas por árvores e arbustos, em geral leguminosas perenes, cultivadas em fileiras adensadas e suficientemente espaçadas entre si, para permitir o cultivo de culturas alimentares ou comerciais nos corredores. Jordan (2004) observou que a presença das árvores em linhas adensadas na área de produção funciona como uma barreira e diminui as possibilidades de ocorrência de pragas e doenças nos cultivos, já que elas podem servir de alimento para herbívoros - que evitam assim as culturas principais, além de formar habitats para uma diversidade de organismos, entre os quais os seus predadores.

Leite *et al.* (2008) afirmam que o cultivo em aleias empregando leguminosas tem sido recomendado como alternativa para a substituição da agricultura de corte e queima, no trópico úmido, devido à grande capacidade de produção de matéria orgânica e de reciclagem de nutrientes. O sistema favorece a integração simultânea de cultivos, e por isso, pode contribuir para a solução de parte dos problemas de segurança alimentar de milhões de pessoas que vivem nos trópicos, com a visão estratégica de menores aplicações de insumos externos a propriedade.

Os componentes deste sistema, segundo Santos (2000), podem servir de forragem para as criações, barreira física (contra fogo, vento, gado, patógenos, doenças) e como adubação verde, quando se utiliza leguminosas que se associam simbioticamente com bactérias fixadoras de N atmosférico. Lal (1989) afirma que o cultivo em aleias pode também reduzir as perdas por erosão, uma vez que promove maior cobertura do solo, diminuindo o impacto direto da chuva no solo, onde os renques de árvores funcionam como uma barreira ao escoamento superficial, reduzindo a velocidade da enxurrada.

Nesse sistema de cultivo combinam-se, em uma mesma área, espécies arbóreas visando ao mesmo tempo aos processos de regeneração e manutenção da fertilidade do solo e de intensificação da ciclagem de nutrientes, os quais são temporariamente afetados na agricultura de corte-queima-pousio (Atta-krah 1989; Kang *et al.* 1990), tipicamente praticado na Amazônia. Uma associação adequada entre as plantas que favoreça o uso complementar dos recursos, pode ser obtida através do aproveitamento das necessidades de cada espécie no espaço-tempo, de maneira a favorecer ao máximo a exploração dos recursos disponíveis (Lunz e Franke 1998).

Em vários países, foram desenvolvidos estudos evidenciando o eficiente uso de leguminosas em *alley cropping*, tanto para recuperação da fertilidade do solo quanto para fornecimento de nutrientes para culturas específicas. Entre as principais espécies, que tem sido utilizada está a *Albizia julibrissin* Durazz. (Rhoades *et al.* 1998), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Akondé *et al.* 1997), *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.(Aihou *et al.* 1999), *Calliandra calothyrsus* Meisn. (Mugendi *et al.* 1999), *Senna spectabilis* (DC.) H.S. Irwin & Barneby (Hauser *et al.* 2000) e *Clitoria fairchildiana* Howard. (Moura *et al.* 2010).

Em um estudo realizado por Korwar e Radder (1997) no semiárido na Índia, avaliando o efeito do uso de *Leucaena leucocephala* no plantio do sorgo, a produtividade de sorgo aumentou 27 % quando foram adicionados 1,7 t ha⁻¹ de biomassa, comparado com o tratamento que não recebeu nenhuma biomassa. No oeste da África, um estudo conduzido por Aihou *et al.* (1999) utilizando *Gliricidia sepium* em plantios de milho em área degradada e não degradada durante 6 anos, foi verificado que a produtividade de grãos no primeiro ano na área degradada sem uso de gliricídia foi de 401 kg ha⁻¹, entretanto quando foi adicionada a biomassa de gliricídia, a produtividade de grãos aumentou para 2002 kg ha⁻¹, ao final dos seis anos. De acordo com Moura (2004) no sistema em aleias, o aporte de nutrientes incorporados no solo pela biomassa das leguminosas é significativo.

No sistema de aleias com leguminosas o suprimento das exigências nutricionais da cultura principal não é dependente apenas das quantidades adicionadas a partir dos ramos, mas também da eficiência de transferência dos nutrientes do solo para as plantas. Este processo está estreitamente relacionado à qualidade da matéria orgânica adicionada, aos organismos presentes no sistema e à eficiência de absorção de nutrientes pela planta (Swift e Palm 1995). A velocidade de mineralização da biomassa adicionada na forma de podas regulares é muito dependente da relação C/N, e por serem mais eficientes para nitrogênio as leguminosas despontam com essa propriedade qualitativa em relação às árvores de outras famílias. De acordo com Mendonça e Stott (2003), o sucesso do sistema está relacionado com a quantidade e qualidade do material podado das árvores, com a quantidade de nutrientes liberados dos resíduos durante o processo de decomposição e com a quantidade e o tempo de liberação de nutrientes para satisfazer às necessidades das culturas subsequentes. Na Tabela 1, estão apresentadas algumas informações sobre a quantidade de nutrientes adicionadas ao solo a partir de biomassa podada de várias espécies de leguminosas arbóreas.

Tabela 1. Nutrientes adicionados com os ramos de leguminosas em diferentes sistemas de cultivo em aléias.

Espécies	País	Massa seca t ha ⁻¹ ano ⁻¹	N P K Ca Mg				
			----- kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----				
<i>Gliricidia sepium</i>	Nigéria	5,0	186	6,5	137	81	22,5
<i>Leucaena leucocephala</i>	África	5,0	247	19	185	98	16
<i>Erythrina sp.</i>	África	2,5	67	6	36	16	7
<i>Senna sp.</i>	Nigéria	-	150	9,5	201	-	-
<i>Inga edulis</i>	Peru	2,0-4,0	64	4,4	12,5	15	34

Fonte: Moura (2004), adaptado.

Como pode ser verificada, em condições favoráveis a adição de nitrogênio ao solo pela poda de biomassa de *Leucaena leucocephala* pode contribuir anualmente com o aporte de mais de 240 kg deste elemento, substituído a necessidade de correção do solo com adubo nitrogenado em sistemas sustentáveis de produção agrícola.

No sistema de aleias as plantas cultivadas adensadamente nas faixas são periodicamente podadas durante a época de cultivo e constituem, portanto, uma forma prática de adubação verde (Kang *et al.* 1981). Nas práticas de poda, os ramos das leguminosas são periodicamente cortados a alturas que variam entre 0,5 a 1 m e são depositados nas entrelinhas onde foram implantadas as culturas de interesse econômico, servindo como plantas de cobertura morta e para adubação verde (Kang *et al.* 1990; Cooper *et al.* 1996). A

porção aérea podada é espalhada sobre a superfície e parte das raízes que morrem após a poda contribui com a entrada de mais matéria orgânica no solo, favorecendo também suas propriedades físicas pela abertura de canais no solo e aumentando sua porosidade. A cobertura orgânica depositada limita o estabelecimento das ervas espontâneas indesejáveis no sistema agrícola, que, embora sejam componentes da sucessão secundária vegetal, e, portanto um mecanismo do ecossistema para se contrapor às perturbações, são também potenciais competidoras por nutrientes e luz (Salazar *et al.* 1993), reduzindo a produtividade dos cultivos.

O rejuvenescimento das leguminosas arbóreas pela poda periódica prolonga a vida útil de espécies, reforçando a sua capacidade de contribuir para a melhoria do solo (Götsch, 1992). Dentre as práticas culturais de manejo do sistema, quando um galho está seco, atacado por insetos ou doença também deve ser podado, reduzindo-se os riscos fitossanitários. Na etapa da poda deve-se considerar-se o estrato, o formato da copa e a relação com as outras plantas que estão próximas e algumas vezes dentro da linha a poda de plantas alternadas pode ser uma estratégia recomendada, ou mesmo ser feita seletivamente, reduzindo a biomassa das plantas mais vigorosas. Deve-se respeitar a forma original, mas é possível modificá-la, investindo na subida quando se quer a produção de madeira material lenhoso, ou aumentando o tamanho da copa quando se deseja maior produtividade de frutos ou mesmo os benefícios do sombreamento nos casos de cultivos em aleias praticados com café, cacau e cupuaçu. A qualidade da operação é importante para garantir a perfeita rebrota da planta. Para tanto, deve-se ter cautela para que o galho não lasque ou rache. Faz-se a poda com o auxílio de uma serra, quando o galho é grosso, ou facão bem afiado, em movimento de baixo para cima, quando o galho é fino (Peneireiro *et al.* 2008). O corte do ramo em ângulo inclinado impede acúmulo de água antes da cicatrização dos pontos de poda, reduzindo a atividade fúngica.

Como já afirmado, a quantidade e qualidade da biomassa determinam a contribuição de nutrientes pelas podas. Porém, para o efeito no sistema como um todo, deve-se considerar que a maior parte dos nutrientes estava no próprio sistema e os cultivos perenes contribuem para mantê-los dentro do sistema, o que torna o plantio de espécies adubadoras mais importante em solos de baixa fertilidade (Arco Verde *et al.* 2008). Tem-se observado que na camada superficial do solo (0-20 cm) incrementos nos teores de N, P, Ca e Mg, podem ser atribuídos ao conteúdo reciclado pela fitomassa e à fixação biológica de N₂, uma das principais contribuições das leguminosas arbóreas na dinâmica de plantios em aleias (Mafra *et al.* 1998).

Adicionalmente, deve-se considerar que na região tropical a tecnologia recomendada para a recuperação da produtividade do solo deve ser economicamente viável, pois a maioria dos pequenos agricultores não tem meios econômicos para a prática de agricultura de altos insumos (Alfaia *et al.* 2003). A adoção do cultivo em aleias por parte dos agricultores ainda é incipiente devido às necessidades de mão de obra, e o tempo requerido para perceber o retorno que traz (Paula 2008). Neste sentido há necessidade de estratégias extensionistas que disseminem as informações técnicas oriundas de pesquisas experimentais aos produtores familiares sobre os melhores modelos já pesquisados, as espécies frutíferas mais adaptadas ao sistema de plantio em aleias e as espécies de leguminosas arbóreas selecionadas para estes modelos de consorciamento agroflorestal. Para os estudos de implantação do cultivo em aleias é importante considerar que o espaço que as espécies arbóreas ocupam quando jovens é menor do que o que ocupam quando adultas. Assim, para ocupar todo o espaço ao longo do tempo, deve-se plantá-las em alta densidade, de forma que haja mais indivíduos no início, já que somente alguns vão chegar à fase adulta. O raleamento dos indivíduos mais fracos, ou mesmo a prática de podas alternadas fará com que se atinja o espaçamento ideal. A ocupação da área pelas culturas e árvores plantadas de forma adensada, evita a volta das plantas espontâneas (Peneireiro *et al.* 2008) nos primeiros anos de estabelecimento do sistema. As linhas de árvores situadas a mais de 2 m dos cultivos principais ou lavoura branca devem ser evitadas, pois refletem uma tecnologia onde as interações das culturas com as árvores são mínimas (Scherr *et al.* 1990).

Embora não se saiba com exatidão as taxas de incremento de muitas leguminosas arbóreas de rápido crescimento em solos tropicais há no meio técnico um consenso de que várias espécies são importantes componentes agroflorestais (Nair *et al.* 1984). Os resultados de pesquisas demonstram que dentro deste grupamento botânico há espécies rústicas, que se estabelecem em solos relativamente inférteis e transformam as condições edáficas através do aporte de biomassa rica em compostos e do metabolismo das raízes. Quando plantas que melhoram a fertilidade do solo são integradas no agroecossistema, estas agregam material orgânico, melhoram a estrutura e aumentam a quantidade de água no solo, geram sombra e frutos, amenizam altas temperaturas e radiação luminosa intensa, além de atraírem seres de outros filões, entre polinizadores e dispersores. Algumas dessas árvores rebrotam mesmo após podas severas ou frequentes, provendo uma contínua cobertura vegetal (Jordan 2004).

Já foi demonstrado que as leguminosas arbóreas também aumentam a disponibilidade de fósforo em perfis superficiais pela extração em maiores profundidades, pela conversão do P imobilizado em matéria orgânica e pelo aumento da atividade microbiana

na ciclagem de P através da exsudação das raízes nos horizontes superiores (Hall 2010), além, é claro, das associações micorrízicas que ampliam a capacidade de captação de nutrientes via radicular.

Há diversas espécies de leguminosas arbóreas da Amazônia que podem desempenhar importante papel em sistemas agroflorestais. Souza *et al.* (1994) pesquisaram a capacidade de nodulação de 100 espécies amazônicas, foi identificado que 63% delas estão aptas a promover a simbiose fixadora de N₂ com bactérias fixadoras do grupo dos rizóbios. Algumas apresentam grande potencial para fixação de nitrogênio por apresentarem rápido crescimento e boa nodulação em diferentes condições de solo, como *Clitoria fairchildiana* e *Inga edulis*. A quantidade de N adicionada varia em função da espécie e das condições de clima e de solo (Paula 2008). As folhas mais novas apresentam concentração maior de nutrientes móveis, como N, P, K e Mg, e as mais velhas de imóveis como Ca. Um fator importante em um sistema diversificado é a variação na composição química das folhas, que conforme os teores de lignina, taninos, polifenóis, celulose, etc. decompõem-se em tempos diferentes, mantendo maior diversidade de mesofauna do solo. Existe também diferença entre folhas e galhos. Estes últimos apresentando alta concentração de celulose e hemicelulose, e teores daqueles nutrientes inferiores aos das folhas. Isso se reflete em uma elevada relação C/N desse material mais lenhoso e numa decomposição mais lenta (Heinrichs *et al.* 2001).

Há grande variedade de morfologia foliar entre leguminosas bem como de sua constituição química, e algumas espécies são naturalmente muito pinadas, facilitando os processos de decomposição. Algumas espécies têm folhas que decompõem no intervalo de uma a três semanas, como *Leucaena leucocephala*, *Sesbania sesban* (L.) Merr., *Gliricidia sepium*, e podem ser usadas para fornecer nutrientes à cultura logo após a poda. Outras, como *Inga edulis* e *Flemingia macrophylla* (Willd.) Kuntze ex Merr. que apresentam taxa de decomposição mais lenta (2 a 6 meses), podem ser usadas no mesmo consórcio como cobertura morta para impedir o desenvolvimento das invasoras e proteger o solo. (Arruda e Costa 2003). A regra geral é que quanto mais pulverizado for o material empregado como adubo verde, mais rápida é a sua mineralização.

Há indicativos experimentais de que para solos ácidos da Amazônia, as espécies arbóreas e arbustivas que parecem ter bom potencial para contribuir para a melhoria do solo são: *Inga edulis*, *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium*, *Paraserianthes falcataria* (L.) I.C. Nielsen e *Senna reticulata* L. (Fernandes *et al.* 1993). Em Porto Velho, Rondônia, avaliaram-se 14 espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas e, considerando-se as taxas de sobrevivência e o crescimento em altura e diâmetro das plantas,

concluiu-se que as mais promissoras para composição de Sistemas Agroflorestais são: *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze, *Inga edulis*, *Clitoria fairchildiana*, *Albizia saman* (Jacq.) F. Muell., e *Anadenanthera pavonina* (Arruda e Costa 2003). Em um experimento no sistema de aleias, a maior produção de massa fresca total foi obtida de *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Parkia platycephala* Benth. e *Clitoria fairchildiana*, com poda a 1 m da superfície do solo, realizada duas vezes ao ano (Ramos *et al.* 2007). Deve-se dar preferência às espécies da região, as quais os agricultores já conheçam, e geralmente os agricultores tradicionais são familiarizados com espécies nativas de suas regiões (Götsch 1992). A demanda por diversificação de cultivos e necessidade de novos resultados experimentais justifica a pesquisa de avaliação e seleção de espécies de leguminosas arbóreas em sistemas de produção agrícolas sustentáveis para a região amazônica.

3.3 Informações relevantes sobre as espécies selecionadas para a pesquisa

3.3.1. A importância do cultivo da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.)

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth. Arecaceae) é uma espécie tropical que pode ser encontrada em formações espontâneas e semiespontâneas na Amazônia (principalmente ao longo do rio Amazonas) e na América Central, particularmente nas regiões da Costa Rica, Trinidad e Tobago, Honduras, Nicarágua, Panamá (Carvalho e Ishida 2002).

Foram os povos nativos da Amazônia que a domesticaram e deixaram recursos genéticos extremamente variáveis e bem adaptados aos agroecossistemas do trópico úmido. Apesar de sua domesticação ter sido por meio do fruto, seu palmito apresenta um grande potencial para a agroindústria (Clement 1997). De acordo com Fernandes *et al.* (2003), em razão do seu elevado potencial produtivo, a pupunheira está difundida nas diferentes regiões do Brasil. No entanto, na Região Norte, onde tem grande importância como fonte alimentícia pelo alto valor nutritivo dos seus frutos, tornou-se, também, uma alternativa economicamente viável para produção de palmito.

Segundo Chaimsohn *et al.* (2002) o cultivo da pupunheira para palmito pode ser uma importante alternativa agroecológica para diversificação e fonte de renda para sistemas de produção em função de: a) ser uma planta perene, que contribui para conservação do meio ambiente; b) ser cultivo de caráter conservacionista uma vez que adequadamente manejada minimiza os efeitos da erosão, podendo inclusive restabelecer a fertilidade do solo, através do manejo dos resíduos da colheita; c) devido ao seu perfilhamento, permite a manutenção da

produção e da população ao longo do tempo, mediante o manejo das touceiras; d) o aumento na produção e oferta de palmito cultivado pode reduzir a extração de palmito juçara e açai.

Em sua área de ocorrência natural, a pupunheira é encontrada sob regimes pluviométricos que vão desde 1.500 a 6.000 mm por ano, e cultivadas em regiões com pluviosidade média de 1.700 a 4.000 mm por ano, é fato que a pupunheira não suporta solos mal drenados ou com lençol freático alto, pois estas condições levam a um retardo no crescimento, clorose nas folhas e mesmo a morte de plantas jovens e adultas (Villachica *et al.* 1996). É importante também que as chuvas sejam bem distribuídas ao longo do ano, uma vez que períodos três a quatro meses de seca podem afetar o desenvolvimento e produtividade da pupunheira (Clement 1989; Bovi 1998).

Segundo Arco Verde (2008), a pupunheira apresenta grande potencial para cultivo em sistemas agroflorestais, consorciado com outras espécies como cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.), cacau (*Theobroma cacao* L.), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), banana (*Musa paradisiaca* Kuntze) entre outras.

3.3.2 *Inga edulis* Mart.

Uma das mais conhecidas leguminosas arbóreas da Amazônia, o ingá-cipó classifica-se botanicamente na família Fabaceae, subfamília Mimosoideae. É uma espécie nativa da região Amazônica, conhecida popularmente como ingá-cipó, ingá-de-metro ou ingá-de-macaco. É comumente cultivada por semeadura direta, dada a alta germinabilidade de suas sementes, nos quintais agroflorestais e áreas de produção, como planta para alimentação e sombreamento (Souza *et al.* 2009).

A árvore adulta de ingá-cipó alcança até 25 m, com copa ampla e baixa e tronco claro de 30-60 cm de diâmetro. É uma planta semidecídua, pioneira, tolerante a solos alagados, no período chuvoso. Sua madeira é moderadamente pesada, macia, pouco durável e moderadamente resistente mecanicamente, tendo emprego em caixotaria, carvão e para lenha. Seus frutos são consumidos e comercializados pelas populações da região Amazônica (Lorenzi 2002).

Como planta consorciada em Sistemas Agroflorestais a *Inga edulis* tem sido utilizada para sombreamento de culturas perenes. Um modelo de consórcio que tem sido difundido em áreas de terra firme da Amazônia combina ingá-cipó, banana e café. Atualmente muitos agricultores continuam usando a espécie para proteger o solo e para fazer sombra. O aporte de biomassa da planta é de lenta decomposição (Arco Verde 2008), protegendo a superfície do

solo e raízes de outras plantas, mantém os nutrientes no solo superficial por longo período e controla as plantas pioneiras indesejáveis ao sistema de produção. A forragem do ingá-cipó é também muito apreciada pelos ruminantes, sugerindo que a espécie pode ampliar suas funções e serviços dentro da propriedade agrícola.

O potencial agroflorestal dessa espécie é notável, dada sua longevidade e boa produção de biomassa em solos ácidos, auxiliando na fertilidade do solo, principalmente com o aporte de N, Ca e Mg. Há uma demanda por espécies arbóreas de rápido crescimento adaptadas ao solo Latossolo Amarelo da terra firme da Amazônia. O ingá-cipó preenche adequadamente todas as exigências e pré-requisitos para este fim. Riley e Smyth (1993) verificaram um crescimento maior em culturas de milho (altura) e feijão (biomassa), em cultivos próximos a fileiras de ingás, em relação a cultivos isolados. Esta planta apresenta potencial para reabilitação de áreas degradadas, mostrando-se apta para manejo em sistemas de produção sustentáveis e de baixo aporte de insumos (Mendes 2004), embora tenha um tempo de vida relativamente curto estimado em 10 anos. Entretanto, suporta bem o regime de podas, e dessa forma, renovando a folhagem pode prolongar seu ciclo natural por mais anos.

3.3.3 *Clitoria fairchildiana* Howard.

A leguminosa arbórea *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae, subfamília Faboideae) é conhecida popularmente como sombreiro, paliteira ou palheteira (Silva e Parente 2002). É uma árvore nativa da Amazônia cujo centro de origem é relatado no delta do rio Amazonas, e sua distribuição concentra-se principalmente na Floresta Ombrófila Densa, em formações secundárias e apresenta nítida preferência por solos férteis e úmidos (Oda *et al.* 2009), podendo ocorrer em áreas abertas e alteradas (Lorenzi 1992), adaptando-se entretanto, devido a sua elevada rusticidade a solos menos férteis e improdutivos.

No histórico de aproveitamento desta espécie inclui-se a sua rápida expansão como planta para arborização urbana. Nos anos 50 foram coletadas sementes de palheteira na Amazônia e levadas para o Rio de Janeiro, posteriormente a espécie adquiriu o caráter subespontâneo nestas áreas distantes de seu centro de origem, passando a ser disseminada em toda parte na arborização urbana de diversos estados brasileiros (Guajará *et al.* 2003; Portela *et al.* 2001). Boa parte da rusticidade da espécie é atribuída a sua alta eficiência fixadora de nitrogênio pela simbiose com rizóbios.

Segundo Scalon *et al.* (2006), a palheteira pode atingir um porte de 6-12 m de altura. Sua madeira é moderadamente pesada e de baixa durabilidade sob condições naturais, sendo

empregada em construção civil como divisórias internas, forros e para confecção de brinquedos e caixotaria. Há pesquisas que já identificaram um elevado conteúdo de óleo nas sementes, o que é um potencial ainda não explorado para a espécie, já que este óleo é de boa qualidade e serve para consumo humano. É uma espécie rústica e de rápido crescimento, e tem sido utilizada nos reflorestamentos heterogêneos para reconstituição da vegetação (Lorenzi 1992), sendo aproveitada na combinação de espécies de SAFs, pela produção de biomassa rica em nutrientes e com boas propriedades forrageiras. Ferraz Júnior (2000) recomenda o plantio de *Clitoria fairchildiana* em aleias, por sua elevada capacidade de produção de biomassa, muitas vezes em condições de deficiência de água no solo.

3.3.4 *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.

Mimosa caesalpiniiifolia Benth. é uma espécie nativa do Brasil, do bioma da caatinga (Lorenzi 1992), pertencente à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae, popularmente conhecida como sabiá ou sansão-do-campo. É uma planta pioneira, decídua, heliófita, cujo crescimento é favorecido em solos profundos, tanto em formações primárias quanto secundárias (Lorenzi 2000). No Nordeste já há plantios comerciais desta espécie explorada para produção de estacas, lenha e carvão, numa área que somente no Ceará ocupa 30.000 ha. Levada do Nordeste para a região Sudeste do Brasil, passou a ser aproveitada nas propriedades como planta para cerca viva, devido a proliferação de numerosos acúleos em seu tronco, e, quando plantada em linhas adensadas forma barreiras quase intransponíveis. Por sua rusticidade e rápido crescimento tem sido recomendada como uma espécie para recuperação do solo, também por sua eficiência como planta fixadora de nitrogênio e pelo aporte de boas quantidades de matéria orgânica ao solo (Stamford e Silva 2000). O sabiá também tem sido empregado como planta útil nas propriedades para proteção e delimitação de pomares na citricultura (Laranjeira 1997).

Esta espécie também proporciona significativo aporte anual de nutrientes e matéria orgânica na forma de serapilheira (Costa *et al.* 1997), produzindo folhagem que constitui importante fonte de forragem (Tigre 1968). Na fase adulta pode alcançar de 5 a 8 m de altura e 20-30 cm de DAP (Lorenzi 1992). De acordo com Mendonça *et al.* (2008) esta espécie apresenta potencial para o reflorestamento de áreas degradadas, por ser uma planta pioneira e de rápido crescimento, resistência à seca, precocidade, madeira resistente à umidade, rápida regeneração pela rebrota de tocos e raízes. Potencialmente torna-se uma planta para avaliação prioritária para o consorciamento de espécies no sistema de aleias em sistemas agroflorestais.

Referências Bibliográficas

- Aihou, K.; Sanginga, N.; Vanlauwe, B.; Lyasse, O.; Diels, J.; Merckx, R. 1999. Alley cropping in the moist savanna of West-Africa: I. Restoration and maintenance of soil fertility on 'terre de barre' soils in Bénin Republic. *Agroforestry Systems*, 42: 213–227.
- Akondé, T.P.; Kühne, R.F.; Steinmüller, N. Leihner, D.E. 1997. Alley cropping on an Ultisol in subhumid Benin. *Agroforestry Systems*, 37: 213-226.
- Altieri, M. 2002. *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. Ed. Agropecuária. Guaíba, RS, 2002, 592p.
- Alcântara, F.A.; Neto, A.E.F.; Paula, M.B.; Mesquita, H.A.; Muniz, J.A. 2000. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(2): 277-288.
- Alfaia, S.S.; Ribeiro, G.A.; Nobre, A.D.; Luizão, R.C.; Luizão, F.J. 2003. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102: 409-414.
- Arco Verde, M.F. 2008. *Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 188p.
- Arruda, M.R.; Costa, J.R. 2003. Importância e alguns aspectos no uso de leguminosas na Amazônia. EMBRAPA, 20p.
- Atta-krah, A.N. 1989. Alley farming with leucaena: effects of short grazed fallows on soil fertility and crop yields. *Experimental Agriculture*, 1(20): 1-10.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J. M.; Somarriba, E.; Jimenez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroflorestales. *Agroforestería en las Américas*, 10: 37-38.
- Bene, J.G.; Beall, H.W.; Cote, A. 1977. *Trees, food and people: land management in the tropics*. Ottawa: International Development Research Centre. 89p.
- Bertalot, M.J.A. 2003. *Cultura do milho (Zea mays L.) em sucessão com aveia preta (Avena strigosa schreb.) em áreas sob manejo agroflorestal em aléias com leucaena diversifolia*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrônomicas Campus de Botucatu. 88p.
- Bovi, M.L.A. 1998. Palmito pupunha: informações básicas para cultivo. Campinas: Instituto Agrônomico. 50 p. (Boletim técnico, 173).
- Brasil, E.C.; Muraoka, T. 1997. Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, 21: 599-606.

- Carvalho, C. J. R.; Ishida, F. Y. 2002. Respostas de pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth.) jovens ao alagamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(9): 1231-1237.
- Carvalho, R.; Goedert, W.J.; Armando, M.S. 2004. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(11): 1153-1155.
- Chaimsohn, F. P.; Morsbach, N.; Durigan, M. E.; Treitny, M. R.; Gomes, E. P. 2002. Desenvolvimento de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) cultivada para palmito em diferentes regiões do Paraná. Londrina, IAPAR, 54p.
- Clement, C. R. 1997. Pupunha: Recursos genéticos para a produção de palmito. *Horticultura Brasileira*, 15(Suplemento): 186-191.
- Clement, C.R.; Lleras Pérez, E.; Van Leeuwen, J. 2005. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociencias*, 9(1-2): 67-71.
- Coopper, P.J.M.; Leakey, R.R.B.; Rao, M.R.; Reynolds, L. 1996. Agroforestry and the mitigation of land degradation in the humid and sub-humid tropics of Africa. *Experimental Agriculture*, 32: 235-290.
- Costa, G.S.; Andrade, A.G.; Faria, S.M. 1997. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá) com seis anos de idade. In: Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 3. Ouro Preto. Trabalhos voluntários. Viçosa: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas/UFV. p. 344-349.
- Costa, N.L.; Magalhães, J.A.; Townsend, C.R.; Pereira, R.G. A.; Paulino, V.T. 2004. Sistemas silvipastoris em Rondônia. EMBRAPA RONDÔNIA, Porto Velho. 18p.
- Fernandes, E.C.M.; Davey, C.B.; Nelson, L.A. 1993. Alley cropping on an acid soil in the upper Amazon: mulch, fertilizer and hedgerow root pruning effects. Madison, *American Society of Agronomy*, 56: 77-96 (Special Publication).
- Fernandes, A.R.; Carvalho, J.G; Curi, N.; Guimarães, P. T. G.; Pinto, J. E. B. P. 2003. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) sob diferentes níveis de salinidade. *Ciência Agrotécnica*, 27(2): 278-284.
- Ferraz Júnior, A.S.L. 2000. *Arroz de sequeiro em sistema de cultivo em aléias sobre solo de baixa fertilidade natural*. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 186p.
- Flori, J.E.; D'oliveira, L.O.B. 1995. O cultivo da pupunha sob irrigação no semi-árido do nordeste brasileiro. Petrolina: EMBRAPA / CPTSA. 3p. (Comunicado Técnico, 62).
- Gliessman, S.R. 2009. *Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável*. 4ª ed. Porto Alegre, RS, 2009, 658p.
- Götsch, E. 1992. Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery. Agrosilvicultura Ltda, Piraí do Norte, Bahia, 19p.

- Guajará, M.; Carvalho, A.G.; Santos W.; Gonçalves, K. 2003. Aspectos da biologia de *Euphalerus clitoriae* Burckhardt & Guajará (Hemiptera: Psyllidae) sob condições de campo. *Floresta e Ambiente*, 10: 69-75.
- Hall, H.; Li, Y.; Comerford, N.; Gardini, E.A.; Cernades, L.Z.; Baligar, V.; Popenoe, H. 2010. Cover crops alter phosphorus soli fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 80: 447-455.
- Hauser, S.; Ndi, J.N.; Hulugalle, N.R. 2000. Performance of a maize/cassava intercrop in tilled and no-till *Senna spectabilis* alley cropping on an Ultisol in southern Cameroon. *Agroforestry Systems*, 49: 177-188.
- Hauser, S.; Nolti, C. 2002. Biomass production and N fixation of five *Mucuna pruriens* varieties and their effect on maize yields in the forest zone of Cameroon. *J. Plant Nut. Soil Sci.*, 165: 101-109.
- Hauser, S.; Henrot, J.; Hauser, A. 2002. Maize yields in mulched and burned *Mucuna pruriens* var. utilis and *Pueraria phaseoloides* relay fallow systems in Southern Cameroon. *Biol. Agric Hortic.*, 20: 243-256.
- Heinrichs, R.; Aita, C.; Amado, T.J.C.; Fancelli, A.L. 2001. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação c/n da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. *R. Bras. Ci. Solo*, 25: 331-340.
- Holscher, D.; Moller, R.F.; Denich, M.; Folster, H. 1997. Nutrient Input-output Budget of Shifting Agriculture in Eastern Amazônia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 47: 49-57.
- Homma, A. K. O.; Nogueira, O.L.; Menezes, A.J.E.A.; Carvalho, J.E.U.; Nicole, C.M.L.; Matos, G.B. 2006. Açaí: novos desafios e tendências. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, 1(2): 7-23.
- Jordan, C.F. 2004. Organic farming and agroforestry: Alley cropping for mulch production for organic farms of southeastern United States. ICRAF, Nairobi. *Agroforestry Systems*, 61(1-3): 79-90.
- Júnior, S.B.; Manesch, R.Q.; Júnior, M.M.; Filho, A.B.G.; Yared, J.A.G.; Gonçalves, D.; Gama, M.B. 2009. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira: Análise de 25 anos de pesquisas. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 60: 67-76.
- Kampen, J.; Budford, J. 1980. Priorities for alleviating soil-related constraints to food crop production in the tropics. Manila: International Institute of Rural Reconstruction, p. 141-145.
- Kang, B.T.; Reynolds, L.; Atta-krah, A.N. 1990. Alley farming. *Advanced Agronomy*, 43: 15-359.
- Kang, B.T.; Wilson, G.F.; Sipkens, L. 1981. Alley cropping maize and leucaena in Southern Nigeria. *Plant and soil*, 63: 165-179.

- Kass, D.C.L.; Thurston, H.D.; Schlather, K. 1999. Sustainable mulch-based cropping systems with trees. *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*, 8: 361-379.
- Korwar, G.R.; Radder, G.D. 1997. Alley cropping of sorghum with *Leucaena* during the post-rainy season on Vertisols in semi-arid India. *Agroforestry Systems*, 37: 265-277.
- Lamônica, K.R.; Barroso, D.G. 2008. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e recomendações. Niterói, Programa Rio Rural, Manual técnico. 15p.
- Lal, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical alfisol: 2- water runoff, soil erosion and nutrient loss. *Agroforestry systems*, 8: 97-111.
- Laranjeira, F.F. 1997. Infestação de cochonilha pardinha em sansão-do-campo usado como cerca viva em pomares de laranja. *Bragantia*, 56(2): 289-290.
- Leite, A.A.L.; Junior, A.S.L.F.; Moura, E.G.; Aguiar, A.C.F. 2008. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aleias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. *Bragantia*, 67(4): 875-882.
- Lorenzi, H. 1992. Árvores Brasileiras: *Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. 1ª ed. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, 1992, 352p.
- Lorenzi, H. 2002. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2ª ed. Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, 2002, 352p.
- Lunz, A.M.P.; Franke, I.L. 1998. Recomendações técnicas para desenho de sistemas agroflorestais multiestratos no estado do Acre. EMBRAPA-CPAF, Comunicado técnico 87, 2p.
- Mafra, A.L.; Miklós, A.A.W.; Vocurca, H.L.; Harkaly, A.H.; Mendoza, E. 1998. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aleias e sob vegetação nativa de cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 22: 43-48.
- MacDicken, K.G.; Vergara, N.T. 1990. *Agroforestry: classification and management*. New York: John Wiley, 1990, 382p.
- Mendes, F.P.F. 2004. *Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano*. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 89p.
- Mendonça, E.S.; Stott, D.E. 2003. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. *Agroforestry Systems*, 57: 117-125.
- Mendonça, A. V. R.; Carneiro, J.G.A.; Guerra, D.B.; Coutinho, M.P.; Souza, J.S. 2008. Atributos edáficos de cavas de extração de argila após cultivos puros e consorciados de *Eucalyptus* spp. e *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá) e quantificação da poda de sabiá. *Revista Floresta*, 38: 431-443.

- Moura, E.G.; Serpa, S.S.; Santos, J.G.D.; Sobrinho, J.R.S.C.; Aguiar, A.C.F. 2010. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. *Plant Soil*, 335: 363–371.
- Moura, E.G. 2004. *Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil*. São Luís, MA, UEMA, 2004, 312p.
- Mugendi, D.N.; Nair, K.R.; Mugwe, J.N.; O'Neill, M.K.; Woomer, P.L. 1999. Alley cropping of maize with calliandra and leucaena in the subhumid highlands of Kenya Part 1. Soil-fertility changes and maize yield. *Agroforestry Systems*, 46: 39-50.
- Nascente, A.S.; Neto, C.R. 2005. O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório. Embrapa Rondônia. 24p.
- Nair, P.K.R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. ICRAF, Nairobi, 85p.
- Oda, F; Aoki, C.; Oda, T.M.; Silva, R.A.; Felismino, M.F. 2009. Interação entre abelha *Trigona hyalinata* (Lepeletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae) e *Aethalion reticulatum* Linnaeus, 1767 (Hemiptera: Aethalionidae) em *Clitoria fairchildiana* Howard (Papilionoideae). *EntomoBrasilis*, 2(2): 58-60.
- Paula, P.D. 2008. *Desempenho de leguminosas arbóreas no estabelecimento de um sistema agroflorestal com bananeiras*. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 94p.
- Peneireiro, F.M.; Amador, D.B.; Marçal, M.F.M.; Pinho, R.Z.; Filho, L.O.R.; Canuto, J.C.; Junqueira, R.B.; Pelgrini, J.B.; Lima, C.C. .; Vieira, H.B.; Nobre, H.G.; Franco, V.F. 2008. Liberdade e Vida com Agrofloresta. INCRA, São Paulo, 48p.
- Portela, R.C.Q.; Silva, I.L.; Rodrigues, F.C.M.P. 2001. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. *Ciência Florestal*, 11(2): 163-170.
- Ramos, L.B.O.; Locatelli, M.; Carvalho, J.O.M.; Vieira, A.H.; Azevedo, M.S.F.R. 2007. Produção de biomassa de leguminosas para o cultivo em “alley cropping” sobre condições de latossolo amarelo em Porto Velho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(2): 1170-1174.
- Riley, J.; Smyth, S. 1993. A study of alley-cropping data from Northern Brazil I. Distributional properties. *Agroforestry Systems*, 22(3): 241–258.
- Rhoades, C.C.; Nissen, T.M.; Kettler, J.S. 1998. Soil nitrogen dynamics in alley cropping and no-till systems on ultisols of the Georgia Piedmont. *Agroforestry Systems*, 32: 31-44.
- Santos, M.J.C. 2000. *Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas na Amazônia ocidental*. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, 88p.
- Salazar, A.; Szott, L.; Palm, C. 1993. Crop tree: interaction in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. *Agroforestry Systems*, 22(1): 67-82.

- Scalon, S.P.; Mussury, R.M.; Filho, H.S.; Francelino, C.S.F. 2006. Desenvolvimento de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. *Ciências Agrotécnicas*, 30(1): 166-169.
- Scherr, S.J.; Roger, J.H.; Oduol, P.A. 1990. Surveying farmers' agroforestry plots: experiences in evaluation alley-cropping and tree border technologies in Western Kenya. *Agroforestry Systems*, 11: 141-173.
- Silva, B.P.; Parente, J.P. 2002. Antiinflammatory Activity of Rotenoids from *Clitoria fairchildiana*. *Phytotherapy Research*, 16: 87-88.
- Souza, L.A.G.; Cortes, A.M.; Aguiar, S.P. 2009. *Contribuição para a check-list das Fabaceae de Pernambuco*. Natal, RN, Opção Gráfica, 2009, 172p.
- Souza, L.A.G.; Silva, M.F.; Moreira, F.W. 1994. Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. *Acta Amazonica*, 24(1/2): 9-18.
- Stamford, N.P.; Silva, R.A. 2000. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1037-1045.
- Steppler, H.A.; Nair, P.K.R. 1987. *Agroforestry: a decade of development*. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry. 60p.
- Swift, M.J.; Palm, C.A. 1995. Evaluation of the potencial contribution of organic sources of nutrients to crop growth. In: Dudal, R.; Roy, R.N. (Eds.) *Integrated plant nutrition systems*. Roma: FAO, p.171-180.
- Tigre, C.B. 1968. *Silvicultura para as matas xerófilas*. Fortaleza: Departamento Nacional de Obras contras as Secas. 180p.
- Villachica, H.; Carvalho, J. E. U.; Muller, C. H.; Dias, S. C.; Almanza, M. 1996. *Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia*. Lima, Tratado de Cooperación Amazónica, 1996, 367p.
- Young, A. 1989. The potential of agroforestry for soil conservation. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry. 50p. (Working paper n. 42).
- Yuyama, L.K.O.; Cozzolino, S.M.F. 1996. Efeito da suplementação com pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), como fonte de vitamina A, em dieta regional de Manaus, AM. *Revista de Saúde Pública*, 30(1): 61-66.
- Yuyama, K.; Pereira, B.G.; Coelho, E.C.S. 2013. Adubação da Pupunheira para produção de palmito na Amazônia. In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. (Orgs). *Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central*. Wega, Manaus, AM, p.123-132.

Capítulo 1

Meirelles, A.C.; Souza, L.A.G. 2013. Estabelecimento inicial de leguminosas arbóreas para consorciamento com frutíferas em um sistema de aleias em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazonica*,

Estabelecimento inicial de leguminosas arbóreas para consorciamento com frutíferas em um sistema de aleias em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central

Augusto Cruz de Meirelles¹; Luiz Augusto Gomes de Souza²

1 Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. e-mail: gugaadams@bol.com.br; 2 souzalag@inpa.gov.br.

Resumo – Para a produção agrícola sustentável em solos da terra firme da Amazônia, os sistemas agroflorestais que incluam leguminosas arbóreas cultivadas em aleias tem potencial para o aumento da produção de espécies frutíferas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento inicial de ingá (*Inga edulis* Mart.), palheteira (*Clitoria fairchildiana* Howard) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em solo Latossolo Amarelo distrófico. O ensaio foi conduzido, em três propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1 da Vila Canaã, município de Manaus, AM, durante 28 semanas. As mudas de leguminosas foram introduzidas em linhas adensadas no espaçamento 2 x 1 m. Os atributos químicos iniciais do solo foram analisados nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três tratamentos (espécies) e três repetições de nove plantas, amostradas no interior de parcelas de 80 m². A área de cobertura, diâmetro médio da copa e grau de cobertura das leguminosas foi determinado 20 semanas após o plantio. O crescimento das plantas em altura e diâmetro no nível do solo foi monitorado até as 28 semanas. O solo da área apresentava acidez elevada e altos teores de ferro e alumínio trocável. Dentre as leguminosas arbóreas a palheteira destacou-se no crescimento em altura e diâmetro no nível do solo com 26,6 e 3,5 cm mês⁻¹, respectivamente. Entretanto o sabiá após 20 semanas de estabelecimento propiciou a melhor área de cobertura com 1,8 m², diâmetro de copa de 1,2 m e grau de cobertura da área correspondente a 86,4 %. Nas condições experimentais a melhor leguminosa para o estabelecimento no sistema de aleias foi o sabiá.

Palavras-chave: *Inga edulis*; *Clitoria fairchildiana*; *Mimosa caesalpinifolia*; sistemas agroflorestais; terra firme.

INITIAL ESTABLISHMENT OF LEGUMINOUS TREE FOR INTERCROPPING WITH FRUIT SPECIES IN AN ALLEY CROPPING SYSTEM ON CENTRAL AMAZON OXISOL

Abstract- For the sustainable agricultural production in soils of the “terra firme” of the Amazon, the agroforestry systems with leguminous tree in alley cropping system has potential to increase production of fruit species. The aim of this study was to evaluate the initial establishment of ingá (*Inga edulis* Mart.), palheteira (*Clitoria fairchildiana* Howard) and sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) in dystrophic Oxisol. The test was conducted, in three agricultural properties of the Extension ZF-1, Vila Canaã locality, municipal district of Manaus, AM, for 28 weeks. The leguminous tree seedlings were introduced in dense lines in the spacing 2 x 1 m. Initial soil chemical attributes were analyzed in the 0-10 cm and 10-20 cm depths. The experimental design was in random blocks, with three treatments (species) and three repetitions of nine plants, sampled within plots of 80 m². The coverage area, average diameter of the cup and degree of covering of the legume tree was determined 20 weeks after planting. Plant growth in height and diameter at ground level was monitored until 28 weeks. The soil had high acidity and high levels of iron and aluminum. Among the leguminous tree, the palheteira stood out in the growth in height and diameter in the soil level

with 26,6 cm and 3,5 cm month⁻¹, respectively. However, the sabiá after 20 weeks of establishment provided the best coverage area with 1,8 m², diameter of cup of 1,2 m and degree of covering of the area corresponding to 86,4 %. In the experimental conditions, the best specie of leguminous tree for the establishment in the alley cropping system was the sabiá.

Key words: *Inga edulis*; *Clitoria fairchildiana*; *Mimosa caesalpiniiifolia*; Agroforestry Systems; “terra firme”.

Introdução

No trópico úmido, a construção e manutenção da fertilidade dos solos, especialmente pela manutenção ou elevação dos teores de matéria orgânica é o maior desafio dos que se dedicam à implantação de sistemas agrícolas sustentáveis, porque se combinam em um mesmo espaço solos altamente intemperizados de baixa capacidade de troca de cátions, com um índice pluviométrico de mais de 2.000 mm anuais (Moreira e Malavolta 2002). A agricultura familiar praticada na Amazônia Central combina sistemas tradicionais de cultivos com a produção mais intensiva das culturas que atingem os mercados locais e regionais. O manejo adequado do solo, com práticas pouco convencionais na Amazônia como o sistema de consorciamento de frutíferas com leguminosas arbóreas estabelecidas em aleias pode ser uma prática sustentável de produção agrícola nestes solos de acidez elevada e baixa fertilidade natural (Leite *et al.* 2008). Entretanto, a pouca disponibilidade de resultados de pesquisas tem limitado sua adoção e popularização.

As leguminosas pertencem à família das Fabaceae, e têm sido consideradas como espécies preferidas para práticas de adubação verde. Na adubação verde, a biomassa foliar fresca de espécies eficientes na captação de nutrientes, e de fácil mineralização é muitas vezes decorrente de práticas de poda que é ofertada a cultura agrícola de interesse definindo-se para esse serviço o papel de plantas adubadoras (Kang *et al.* 1990).

As leguminosas são plantas preferenciais para consorciamento por apresentarem elevada plasticidade de hábitos de crescimento, origem tropical, adaptação a solos de baixa fertilidade natural e capacidade de fixação de N₂ em simbiose com bactérias do grupo dos rizóbios. A simbiose entre rizóbios e leguminosas ocorre no sistema radicular das plantas onde estruturas específicas chamadas de nódulos são diferenciadas e é um dos processos biológicos mais eficientes na reposição de nitrogênio ao sistema solo-planta-animal (Souza *et al.* 1994). Um número considerável de espécies de leguminosas arbóreas produz grande quantidade de biomassa rica em nutrientes e apresenta sistema radicular pivotante, capaz de recuperar nutrientes nas camadas mais profundas do solo, minimizando a lixiviação, e disponibilizando-os após a mineralização da sua biomassa, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Kiehl 1960).

A ciclagem de nutrientes nos ecossistemas naturais é favorecida por etapas de imobilização e mineralização da biomassa orgânica fresca e esta é condicionada, dentre outros fatores pela relação C/N (Marschner *et al.* 1990), tal condicionante torna vantajoso o manejo de leguminosas nos sistemas de produção agrícola pela sua biomassa enriquecida de

nitrogênio comparado a outras espécies. Segundo Osterroht (2002), as leguminosas também contribuem para a diminuição do impacto direto da chuva e dos raios solares no solo, permitindo maior infiltração e menores temperaturas, amenizando as perdas de água, e também atuam na inibição da germinação de plantas espontâneas (Lojka *et al.* 2012).

As leguminosas quando cultivadas com a finalidade de produção de biomassa para adubação verde, fornecem um serviço ao sistema de produção e variam muito com relação as suas exigências edafoclimáticas e, conseqüentemente, afetam a quantidade e qualidade de biomassa produzida. A indicação da espécie mais adequada ao plantio dependerá do diagnóstico de cada situação específica (Muller *et al.* 1992).

De acordo com Lunz e Franke (1998), as informações como arquitetura de raiz e copa, necessidades nutricionais, velocidade de crescimento, ciclo de vida, associações simbióticas com outros organismos como bactérias, fungos e formigas, qualidade e quantidade de biomassa que retorna ao sistema e interações ecológicas com animais são fundamentais e dão base para o equilíbrio e autosustentação do agroecossistema. Além disso, os arranjos realizados devem combinar nichos complementares e buscar interações positivas do tipo facilitação ou cooperação (Lunz e Franke 1998). Na Amazônia já foram identificadas algumas espécies nativas de leguminosas arbóreas adaptadas às limitações inerentes aos solos da terra firme, dentre elas a palheteira (*Clitoria fairchildiana*), o ingá (*Inga edulis*), o cumaru (*Dipteryx odorata*) e o arabá (*Swartzia polyphylla*), que apresentam rusticidade, rápido crescimento e boa capacidade de sobrevivência, estabelecimento e capacidade de regulação do desequilíbrio decorrente do manejo inadequado de áreas antropizadas (Alfaia e Souza 2002).

Portanto, é imperativo obter maiores informações sobre o comportamento de espécies de leguminosas arbóreas quando cultivadas em consórcio com espécies perenes, especialmente as frutíferas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento inicial de três leguminosas arbóreas com potencial para adubação verde, cultivadas em aleias em solo ácido da terra firme, de pequenas propriedades agrícolas da Amazônia Central.

Material e Métodos

O local selecionado para a pesquisa foram três propriedades agrícolas caracterizadas como de “agricultura familiar”, localizadas na BR-174, Km 41, Ramal da Zona Franca – ZF-1, da comunidade Nova Canaã, município de Manaus, AM. As coordenadas geográficas da área foram: 02° 36' 41,1" S e 059° 59' 41,9" W Gr.

O clima da região é do tipo Af segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical chuvoso, com precipitação anual superior a 2000 mm. Os dados climatológicos do período experimental foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e estão disponíveis na Figura 1. Nas propriedades, verificou-se a presença de solo Latossolo Amarelo, textura argilosa. As espécies de leguminosas arbóreas selecionadas para o sistema de aleias foram: ingá (*Inga edulis* Mart.), palheteira (*Clitoria fairchildiana* Howard.) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). As sementes de ingá foram procedentes da Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT do INPA, na BR 174, Km 45. As de palheteira procederam de matrizes estabelecidas na Estação Experimental de Hortaliças - EEH, do INPA, rodovia AM 010, Km 14 e as de sabiá de plantas cultivadas como cerca viva em uma propriedade agrícola localizada na BR-174, Km 13, todas no município de Manaus, AM.

Para o plantio das leguminosas, foram produzidas mudas no viveiro do INPA, no Campus do V-8, em Manaus, AM. Após o beneficiamento dos frutos as sementes foram semeadas em sementeiras constituídas por caixas de plástico, devidamente drenadas, preenchidas com areia. Antecedendo a semeadura, as sementes de ingá e palheteira permaneceram imersas em água por 24 h e as de sabiá foram tratadas com um choque térmico, feito com água a 100°C seguido do resfriamento natural e embebição por 24 h. Na fase sementeira as plântulas foram monitoradas até a formação de 2 pares de folhas definitivas e em seguida foram transplantadas para sacos com mistura de substrato pela técnica de raízes nuas.

Os recipientes foram sacos de polipropileno preto com capacidade para 2 kg de solo. A mistura substrato foi do tipo 3:2:0,5 (v:v:v) de solo argiloso, areia e esterco bovino curtido. Após o transplantio, as mudas foram inoculadas como rizóbios homólogos preservados na coleção de rizóbios do Laboratório de Microbiologia do Solo, da Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde – CSAS/INPA. O inoculante líquido foi preparado em meio YM sem ágar, pH 6,0 (Hungria *et al.* 1994). As estirpes preparadas para o inoculante foram a 827 para o ingá, a 763 para o sabiá e a 938 para a palheteira. No preparo do inoculante foi utilizado um agitador mecânico horizontal, ligado intermitente por 8 dias de incubação. A inoculação da suspensão líquida foi feita com o auxílio de uma pipeta, aplicando-se 5 mL por planta do inoculante na base do colo das mudas transplantadas. O período de enviveiramento foi de 3 meses e nesta fase os recipientes foram deslocados e irrigados regularmente. Para a implantação do experimento as mudas foram transportadas até o local de estudo.

Os trabalhos experimentais de campo foram conduzidos entre os meses de maio a dezembro de 2012. O histórico de uso da terra foi: na propriedade 1 uma capoeira de dois

anos, na 2 um plantio abandonado de bananeira e na 3 uma capoeira de um ano. O preparo inicial da área consistiu no rebaixamento da cobertura vegetal existente, 30 dias antes da implantação do experimento, pela prática da roçagem e retirada do material mais grosseiro encontrado.

Antecedendo o plantio das leguminosas, foram coletadas amostras compostas de solo das áreas das unidades experimentais, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Estas amostras foram secas ao ar e peneirados em malha de 2 mm para determinação de suas características químicas. As análises foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas – LTSP/INPA, em Manaus, AM. Nestas determinações, o P foi extraído por resina e determinado por colorimetria; o K, Ca e Mg foram extraídos por resina e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O Fe, Mn e Zn foram por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), e para o C orgânico empregou-se o método Walkley-Black, estimando-se posteriormente os teores de matéria orgânica do solo. Foram determinados, ainda, o pH em solução salina (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹) e a acidez potencial, extraída por solução SMP (Mafra *et al.* 1998). As determinações realizadas estão apresentadas na Tabela 1.

O plantio definitivo das leguminosas arbóreas foi realizado no mês de maio de 2012, após a abertura de covas de 40 x 40 x 40 cm. Em cada cova foi adicionado 1 L de esterco bovino curtido, e no entorno de cada planta 80 g de calcário dolomítico, 89 g de superfosfato triplo e 69 g de cloreto de potássio, correspondente a uma recomendação de 200 kg ha⁻¹ para o calcário dolomítico e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O para fósforo e o potássio, respectivamente. Adicionalmente aplicou-se 3 g cova⁻¹ de micronutrientes na forma de FTE. A adubação mineral foi baseada em Cravo (1990) e os fertilizantes foram aplicados em cobertura e em coroamento.

O espaçamento adotado entre as leguminosas nas aleias foi de 1 m e entre corredores de 4 m. Cada parcela foi constituída por 27 plantas de leguminosas (Figura 2). Nas avaliações foram desconsideradas as plantas da bordadura, avaliando-se somente o interior da parcela, correspondendo a 9 indivíduos para cada espécie de leguminosa.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três tratamentos e três repetições de nove plantas. Cada espécie de leguminosa arbórea constituiu um tratamento. A área total de cada parcela foi de 80 m² e a de cada bloco correspondeu a 240 m² em decorrência a área experimental total foi de 720 m². Nesta fase de implantação das leguminosas arbóreas o desenho previu corredores entre aleias para introdução posterior da espécie frutífera.

Após o plantio, com o auxílio de uma trena foram tomadas medidas mensais da altura das plantas, considerando nesta medida o ramo mais desenvolvido. O diâmetro no nível do solo também foi monitorado regularmente utilizando um paquímetro digital. Estas determinações foram realizadas as 4, 8, 12, 16, 20, 24 e 28 semanas após o estabelecimento do sistema. Com os dados obtidos foram efetuadas estimativas do incremento do crescimento mensal em altura e diâmetro no nível do solo de acordo com Benincasa (1988), obedecendo à formulação: Incremento Médio Mensal = $(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1) \times 30$ dias. Onde: h_1 e t_1 correspondem à altura inicial no tempo inicial e a altura final é h_2 no tempo final t_2 . A fórmula foi repetida para as medidas de diâmetro no nível do solo.

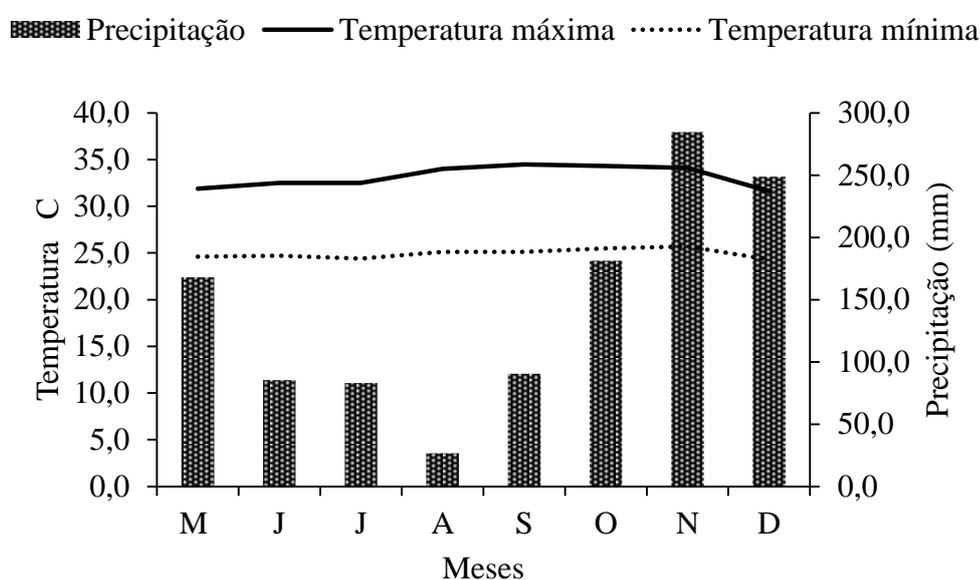


Figura 1. Dados climatológicos do período experimental de avaliação do estabelecimento de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), no sistema de cultivo em aleias em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM. Fonte: INMET, 2012.

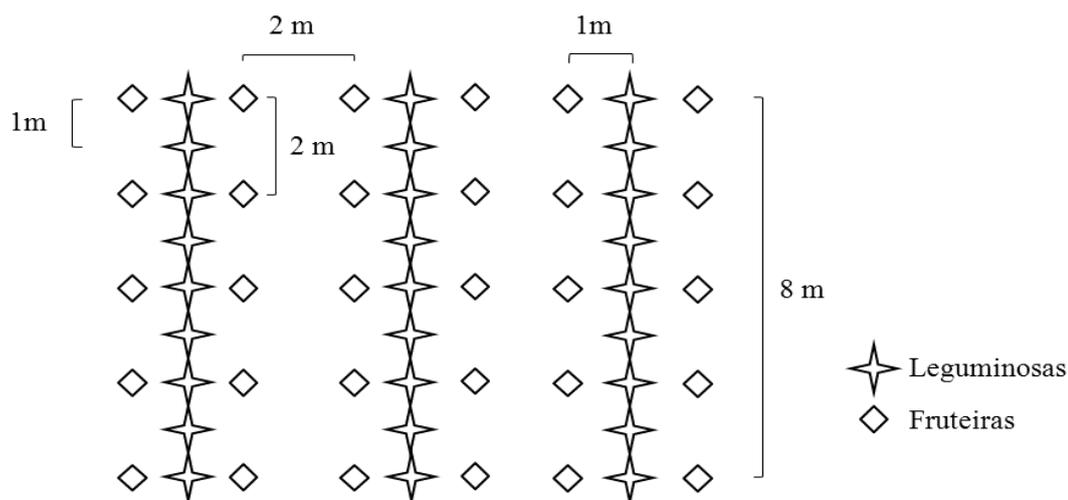


Figura 2. Definição da parcela experimental de campo para avaliação do estabelecimento de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), no sistema de cultivo em aleias para consorciamento com fruteiras em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

Após 28 semanas de plantio foram tomadas medidas da área de cobertura, diâmetro médio e grau de cobertura da copa, conforme definido por Durigan e Garrido (1992). O diâmetro da copa foi medido a partir da projeção vertical dos limites da copa sobre o terreno. O critério empregado foi a linha norte-sul para a primeira determinação e a medida dos limites cruzados leste-oeste, calculando-se posteriormente o diâmetro médio de cobertura. Estas determinações cruzadas foram usadas para o cálculo da área de cobertura. O grau de cobertura correspondeu à porcentagem da área coberta pela projeção das copas, considerando-se o espaçamento adotado. Nesta ocasião foi determinada a taxa de sobrevivência para cada espécie.

Durante o período experimental foram realizadas observações sobre os aspectos fitossanitários das plantas, evidenciando sua susceptibilidade a pragas e doenças. Nestes registros foi observada a integridade da área foliar, queda de folhas, ocorrência de manchas ou evidências de doenças fúngicas ou bacterianas. A cada dois meses foram efetuados uma limpeza manual no entorno de cada planta, num raio de 50 cm, para favorecer seu estabelecimento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância para determinar o Teste F e empregou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Nestas análises utilizou-se o programa Estat (UNESP, versão 2002). Para efeito de análise os dados do grau de cobertura, foram transformados para $\arcseno\sqrt{x+0,01}$, conforme recomenda Centeno (1990).

Tabela 1. Características químicas dos solos coletados nas unidades experimentais estabelecidas em propriedades agrícolas no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus-AM.

Blocos	pH (H ₂ O)	C	P	K	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	H+Al
		g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----					----- cmol _c kg ⁻¹ -----		
0-10 cm										
B-1	3,32	21,7	3,3	72,0	325,0	1,2	9,0	1,79	0,57	1,52
B-2	4,51	22,2	6,0	48,0	315,0	1,3	9,4	1,52	0,40	0,93
B-3	4,39	26,8	9,0	45,0	315,0	1,1	2,8	1,54	0,10	1,81
10-20 cm										
B-1	4,27	19,6	6,0	68,0	301,0	0,4	3,0	0,52	0,18	1,27
B-2	4,61	18,2	7,2	41,0	337,0	0,9	6,1	1,49	0,30	0,70
B-3	4,37	12,3	7,8	26,0	409,0	0,8	3,2	0,63	0,08	1,20

Resultados e Discussão

As áreas de Latossolo Amarelo selecionadas nas pequenas propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1, Comunidade da Vila Canaã apresentaram características químicas típicas dessa classe de solos da terra firme, que apresentam acidez elevada e baixos estoques de nutrientes essenciais. A acidez mais elevada na superfície sugere uma eficiente absorção de nutrientes pelos sistemas radiculares que estabelecem principalmente nesta camada do solo, em um ambiente de escassez. Uma limitação inerente à acidez elevada é a toxidez de alumínio que comumente se observa nestes solos. Sabe-se que na terra firme da Amazônia os dois principais nutrientes que limitam a produção agrícola são o fósforo e o nitrogênio (Alfaia e Souza 2002).

As análises indicaram níveis de fósforo baixo ou crítico no solo pesquisado indicando o papel estratégico da introdução de leguminosas na área, já que muitas espécies são mais eficientes para a captação de nitrogênio, com suas implicações na manutenção ou elevação dos níveis de matéria orgânica do solo. Embora nos horizontes superficiais os nutrientes sejam captados pelos sistemas radiculares estabelecidos, nota-se uma menor disponibilidade nos horizontes subsuperficiais, como evidenciado na Tabela 1. Essas propriedades químicas limitantes do Latossolo Amarelo demandam uma fertilização inicial para garantir o estabelecimento das plantas, como praticado na etapa da introdução das mudas de leguminosas arbóreas.

O período de acompanhamento do estabelecimento inicial do ingá, palheteira e sabiá, corresponderam ao final da estação chuvosa, no mês de maio, seguido pela estação seca

característica dos meses de agosto e setembro e incremento progressivo da precipitação no mês de outubro (Figura 1), o que certamente influenciou o crescimento das espécies na área. Entre as espécies introduzidas foi constatado um padrão de crescimento similar em altura entre a palheteira e o sabiá, comparado ao do ingá (Figura 3). Nas semanas posteriores ao plantio o sabiá e a palheteira retomaram progressivamente o crescimento em altura, entretanto contatou-se para o ingá uma retração de crescimento que só foi superada na vigésima semana. De todo modo, o incremento progressivo da altura do ingá transcorreu sempre modestamente nestes primeiros seis meses e só foi mais evidente na avaliação feita após a 24ª semana, o que pode estar relacionado com a intensidade de precipitação já que não se praticou irrigação no período experimental. Sabe-se que as espécies de ingá preferem estabelecer-se em ambientes mais úmidos e algumas espécies são características de matas inundadas (Pennington 1997). Apesar deste fato o *Inga edulis* tem sido cultivado principalmente nos solos bem drenados da terra firme da Amazônia.

Foi observado dentre as espécies que o padrão de melhor regularidade de crescimento em altura ocorreu para a palheteira, possivelmente pela característica desta espécie em apresentar crescimento retilíneo do caule das plantas. Por outro lado, uma característica das plantas jovens de sabiá é investir na ramificação lateral, o que acontece nos plantios adensados desta espécie quando é conduzida para produção de lenha, estacas e carvão (Leal Júnior *et al.*, 1999). O monitoramento da altura das plantas permitiu a identificação de diferenças significativas em altura após 28 semanas do plantio e a palheteira e o sabiá apresentaram maior altura ($P < 0,01$) que o ingá (Figura 3), de modo que em média as plantas de palheteira e sabiá apresentavam 80 cm e 60 cm a mais que as de ingá.

Contrariamente as determinações efetuadas para a altura das plantas, o monitoramento do diâmetro no nível do solo revelou diferenças significativas entre as três espécies na 28ª semana de acompanhamento (Figura 3). Inicialmente verificou-se um incremento regular do diâmetro das plantas no nível do solo para palheteira e sabiá o que sempre foi menos expressivo para o ingá. O diâmetro no nível do solo de palheteira foi significativamente maior ($P < 0,01$) que do ingá e do sabiá já a partir da quarta semana de acompanhamento, e esse maior crescimento diamétrico prevaleceu até as 28 semanas. Embora na quarta semana o diâmetro no nível do solo entre as espécies ingá e sabiá não diferisse significativamente, a partir da 8ª semana as plantas de sabiá apresentaram diâmetro no nível do solo superior ao do ingá, e essa diferença entre as espécies persistiu até a 28ª semana. Há evidências de que plantas que desenvolvem maiores diâmetros no nível do solo nas semanas que seguem sua introdução em condições de campo apresentam maior possibilidade de

expansão do sistema radicular, maiores taxas de sobrevivência, maiores capacidades de resistir a estresses locais e, portanto, essa é uma particularidade que deve ser registrada quando se monitora o estabelecimento de espécies arbóreas pouco conhecidas (Durigan 1992).

As médias de diâmetro no nível do solo apresentadas na Figura 4, também parecem ter sido afetadas, como para a altura das plantas, no período de acompanhamento compreendido entre a 20ª e 24ª semana, onde o incremento destas duas medidas foi atípico. Estas determinações foram efetuadas nos meses de outubro e novembro que geralmente definem a transição do período seco para o período chuvoso na região. Entretanto as causas dessa redução no incremento de crescimento não foram bem esclarecidas e podem possivelmente estar associada a um veranico que caracteriza um déficit hídrico temporário. Nas semanas subsequentes o padrão regular de crescimento foi retomado.

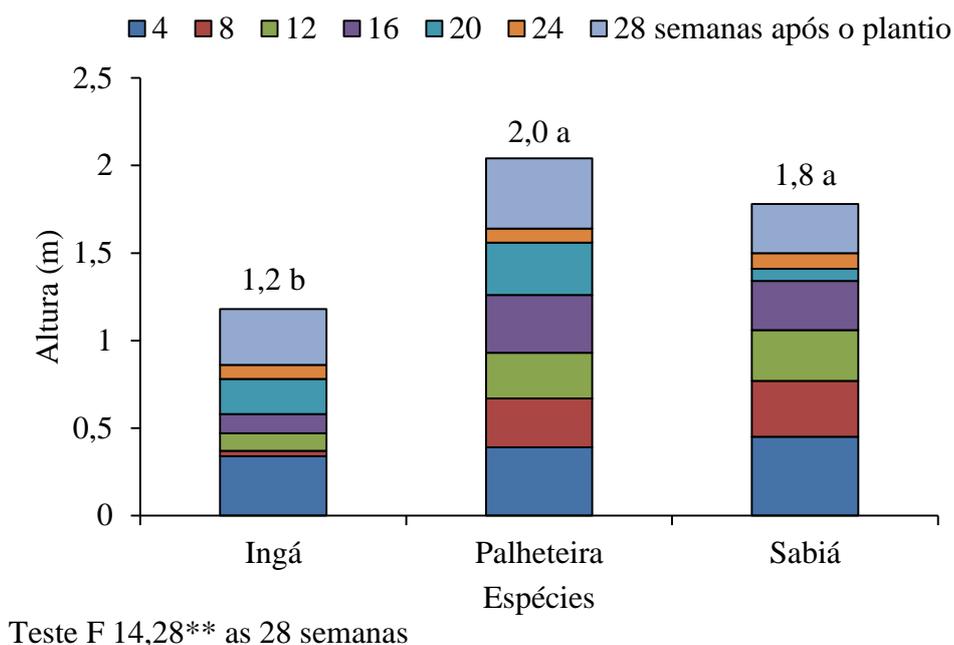


Figura 3. Evolução do crescimento em altura de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

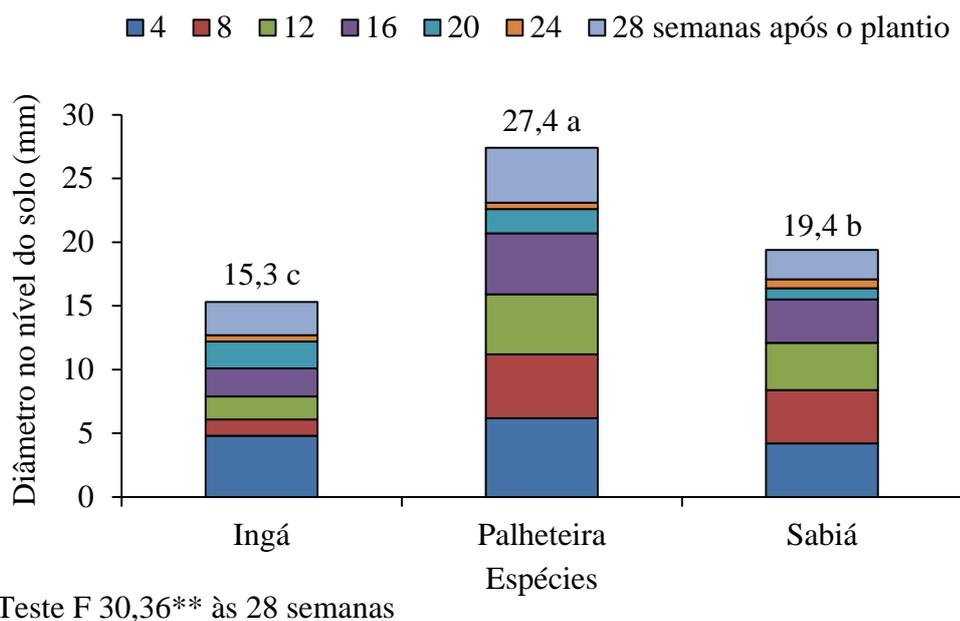


Figura 4. Evolução do crescimento diamétrico de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.

As estimativas de incremento mensal de crescimento para as três espécies de leguminosas arbóreas pesquisadas estão disponibilizadas na Tabela 2. Concordando com as medidas regulares de crescimento em altura, ao final de 28 semanas a palheteira e o sabiá destacaram-se por sua significativa ($P < 0,01$) maior velocidade de crescimento que o ingá. Ambas as espécies apresentaram taxa média de crescimento superior a 21 cm mês^{-1} , uma medida que é atribuída para espécies de rápido crescimento. Para o incremento diamétrico no nível do solo, concordando com as informações já apresentadas as três espécies diferiram significativamente na 28ª semana para esta variável. As diferenças observadas entre as espécies foram destacadas e calculadas em quase 1 cm mês^{-1} , observando-se maior diâmetro no nível do solo para a palheteira, onde a taxa de crescimento mensal foi maior que $3,0 \text{ cm mês}^{-1}$, seguido de sabiá, com taxas superiores a $2,5 \text{ cm mês}^{-1}$, que por sua vez superou significativamente o ingá, que dentre as espécies apresentou o menor incremento mensal no diâmetro no nível do solo.

Tabela 2. Estimativas do incremento mensal em altura (IMA) e diâmetro no nível do solo (IMDNS), e da sobrevivência as 28 semanas, de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), após o cultivo em solo Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

Espécies	IMA	IMDNS	Sobrevivência (%)
	----- cm -----		
Ingá	10,8 b	1,7 c	66,7
Palheteira	26,6 a	3,5 a	84,0
Sabiá	21,4 a	2,6 b	90,1
Teste F	22,3**	27,4**	-

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, (P<0,01), pelo teste de Tukey.

Considera-se que as três espécies de leguminosas arbóreas evidenciaram uma boa adaptação ao solo Latossolo Amarelo da Comunidade Vila Canaã, entretanto, refletindo as medidas de crescimento em altura e diâmetro no nível do solo, o ingá apresentou a menor taxa de sobrevivência dentre as espécies (Tabela 2). A estimativa de mortalidade das plantas de ingá em 33,3 % sugere uma menor adaptação desta espécie às condições locais e essas perdas podem ser atribuídas a irregularidades climáticas. Locatelli *et al.* (1991) selecionado espécies de leguminosas para cultivo em aleias em solo Latossolo Amarelo em Rondônia, obtiveram taxas de mortalidade menor que 10% para o ingá. Entretanto, esta leguminosa foi cultivada no mês de janeiro, ainda no período chuvoso, o que pode ter influenciado na maior sobrevivência das plantas.

Por outro lado, uma maior sobrevivência das plantas de sabiá, verificadas por uma taxa de mortalidade de 9,9 % pode estar associada a uma maior tolerância desta espécie ao período seco da região, já que sua origem reporta-se ao bioma da caatinga do nordeste brasileiro, e, portanto tem uma maior tolerância a menores índices pluviométricos (Souza e Aguiar 2009). Foi também verificado que mesmo com características de rusticidade e evidências de adaptação ao solo Latossolo Amarelo, as plantas de palheteira apresentaram taxas de mortalidade de 16,0 %. Tal fato foi associado as variações entre as áreas pesquisadas evidenciadas pela diferença significativa entre blocos que, para a variável altura iniciou na 16ª semana e para o diâmetro no nível do solo na 12ª semana. Júnior *et al.* (2011) estudaram a introdução de leguminosas de crescimento rápido em um sistema de corte e queima, em consórcio com milho e mandioca para recuperação de áreas agrícolas em Igarapé- acú, Pará, e constataram taxas de mortalidade abaixo de 5 % para a palheteira.

Na seleção de espécies de leguminosas arbóreas para o sistema de aleias, beneficiando frutíferas, as informações sobre o grau de cobertura, diâmetro médio de cobertura e área coberta são determinantes na decisão de escolha. Estas informações obtidas para o ingá, palheteira e sabiá estão apresentadas na Figura 5. Mesmo considerando os indicadores favoráveis registrados para a palheteira nas medidas de crescimento em altura e diâmetro no nível do solo, destaca-se o sabiá com as melhores medidas de área e grau de cobertura e também no diâmetro médio da área coberta dentre as espécies avaliadas. Tal fato foi associado à arquitetura das plantas adultas, já que o sabiá apresenta a característica de desenvolver múltiplas ramificações, projetadas para todas as direções (Suassuna, 1988). Já a palheteira e o ingá nesta fase inicial de estabelecimento desenvolvem caules retilíneos com menores graus de ramificação.

Como pode ser verificada a área de cobertura propiciada pelas leguminosas arbóreas avaliadas na 20ª semana de estabelecimento foi destacada em plantas de sabiá, que alcançou quase 2 m² de cobertura, superando significativamente o ingá e a palheteira. A área coberta por plantas de sabiá foi 66,7 e 83,3 % maior que a palheteira o ingá, respectivamente. O diâmetro médio de cobertura apresentou a mesma tendência de resposta, estimando-se que as plantas de sabiá tinham 42,4 e 60,2 %, maior diâmetro de cobertura que as plantas de palheteira e ingá, respectivamente. Por fim, para o grau de cobertura do solo estabelecido pelo sabiá, considerando-se área de 2 m² para cada planta, foi calculado em 86,4 % na 20ª semana, representando uma cobertura do solo estimada 67,5 e 84,0 % maior que a encontrada para a palheteira e o ingá, respectivamente.

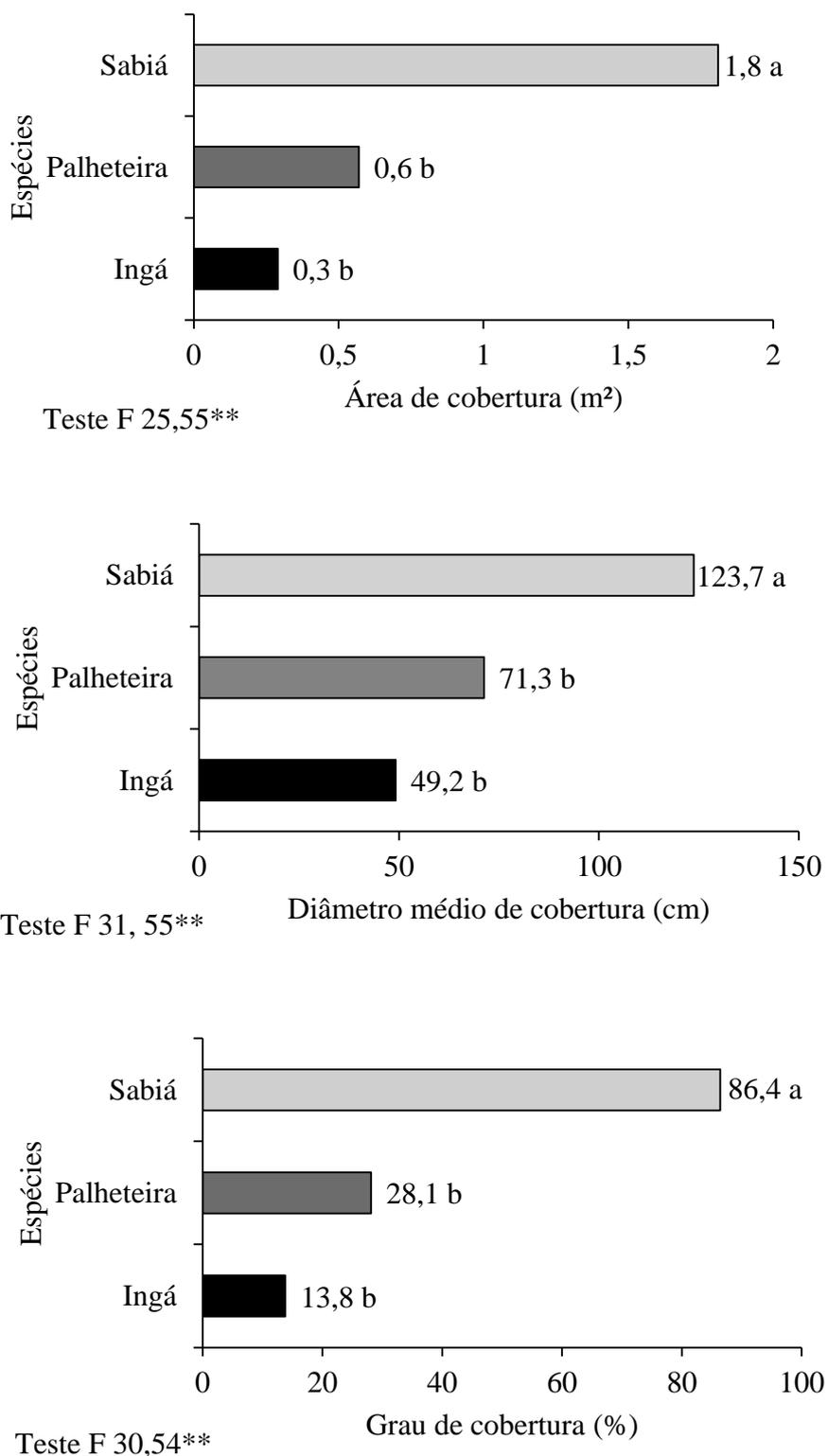


Figura 5. Área, diâmetro médio e grau de cobertura de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) cultivadas em Latossolo Amarelo no Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM, após 20 semanas.

Na região tropical, a atividade agrícola praticada especialmente em novas áreas, remove a cobertura que protege o solo. Quando o preparo da área elimina a proteção que as árvores ofereciam, o solo fica mais sujeito a erosão laminar, variações de temperatura na superfície, perda de estrutura, maior susceptibilidade ao estabelecimento de plantas pioneiras cuja germinação é estimulada pela luz, e outros problemas decorrentes (Ferraz Júnior 2002). Nesta realidade o plantio de espécies arbóreas de crescimento rápido, que reponham essa função ecológica de proteção ao solo, torna-se uma prática estratégica de manejo agrícola, especialmente nos solos da terra firme (Vasconcelos *et al.* 2012). As evidências são de que para uma cobertura do solo mais rápida na fase inicial de estabelecimento das plantas, considerando-se as condições locais, o sabiá reuniu uma maior potencialidade dentre as leguminosas arbóreas pesquisadas. O maior grau de cobertura do solo propiciado pelo sabiá, também sugere uma maior produção de biomassa da parte aérea da planta o que é uma característica indispensável para seleção de plantas para adubação verde, cuja possibilidade de aproveitamento inclui práticas de poda regular.

Conclusão

Para implantação de sistemas de cultivo em aleias com leguminosas arbóreas, em solo Latossolo Amarelo, visando o consorciamento com frutíferas, o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) apresentou rápido crescimento, sobrevivência e rusticidade comparadas a palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e o ingá (*Inga edulis*). O comportamento do sabiá após 20 semanas de estabelecimento no espaçamento 1 x 2 m, propiciou uma área de cobertura de 1,8 m², diâmetro de cobertura de 1,2 m e grau de cobertura correspondente a 86,4 %.

Referências

- Alfaia, S.S.; Souza, L.A.G. 2002. Perspectivas do uso e manejo dos solos na Amazônia. *In*: ARAÚJO, Q.R. (Org.). *500 anos de uso do solo no Brasil*. Ed. Editus, Univ. Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. p.311-327.
- Arruda, M.R.; Costa, J.R. 2003. Importância e alguns aspectos no uso de leguminosas na Amazônia. EMBRAPA, 20p.
- Benincasa, M.M.P. 1988. Análises de crescimento de plantas (Noções básicas). FUNEP, Jaboticabal, 42p.
- Centeno, A.J. 1990. *Curso de estatística aplicada à biologia*. UFG, Goiânia, Centro Editorial, Coleção didática 3, 1990, 188p.
- Cravo, M.S. 1988. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Pará. 1 Ed. vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, 262p.
- Durigan, G.; Garrido, M.A.O. 1992. Dendrometria de essências nativas. *In*: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paulo. 2: 548-552.
- Ferraz Júnior, A.S.L. 2002. O cultivo em aleias como alternativa para produção de alimentos na agricultura familiar do Trópico Úmido. *In*: Moura, M.G. (Org.) *Agroambientes de Transição: Entre o trópico úmido e o semi-árido maranhense*. São Luiz, MA, UEMA. p.61-88.
- Hungria, M. 1994. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbios. *In*: Hungria, M.; Araujo, R.S. (Eds.) *Manual de Métodos empregados em estudos de Microbiologia Agrícola*. EMBRAPA-CNPAP, Documentos 46, Brasília. p.45-59.
- Júnior, S.B.; Oliveira, R.P.; Denich, M.; Vlek, P.L.G. 2011. Plantios de árvore de crescimento rápido para recuperação de áreas agrícolas na Amazônia Oriental brasileira: estudo de caso com produção de milho e mandioca. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(68): 347-353.
- Kang, B.T.; Reynolds, L.; Atta-krah, A.N. 1990. Alley farming. *Advanced Agronomy*, 43: 15-359.
- Kiehl, E.J. 1960. *Contribuição para o estudo da poda e da decomposição de adubos verdes*. Tese de Livre Docência Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 113p.
- Leal Júnior, G.; Silva, J.A.; Campello, R.C.B. 1999. Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). IBAMA, Crato, CE, Boletim Técnico número 3, 15p.
- Leite, A.A.L.; Junior, A.S.L.F.; Moura, E.G.; Aguiar, A.C.F. 2008. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aleias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. *Bragantia*, 67(4): 875-882.

- Locatelli, M.; Palm, C.A.; Smyth, T.J.; Ricci, M.S.F. 1991. Seleção de leguminosas para cultivo “alley cropping” sob condições de Latossolo Amarelo em Porto Velho, Rondônia, Brasil. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia. 7p.
- Lojka, B.; Preininger, D.; Van Damme, P.; Rollo, A.; Banout, J. 2012. Use of the amazonian tree species *Inga edulis* for soil regeneration and weed control. *Journal of Tropical Forest Science*, 24(1): 89-101.
- Lunz, A.M.P.; Franke, I.L. 1998. Recomendações técnicas para desenho de sistemas agroflorestais multiestratos no estado do Acre. EMBRAPA-CPAF, Comunicado técnico 87, 2p.
- Mafra, A.L.; Miklós, A.A.W.; Vocurca, H.L.; Harkaly, A.H.; Mendoza, E. 1998. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo “cultivo em aleias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, 54: 41-54.
- Mafra, A.L.; Miklós, A.A.W.; Vocurca, H.L.; Harkaly, A.H.; Mendoza, E. 1998. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aleias e sob vegetação nativa de cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 22: 43-48.
- Marschner, H. 1990. Nutrient availability in soils. In: Marschner, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, 4^a ed. p.411-428.
- Moreira, A.; Malavolta, E. 2002. Variação das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistemas da Amazônia Ocidental (Amazonas). Relatório de Pesquisa. Piracicaba: CENA: USP. 79p.
- Osterroht, V.M. 2002. O que é adubação verde: princípios e ações. *Agroecologia Hoje*, 2(14): 9-15.
- Pennington, T.D. 1997. *The genus Inga botany*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Continental Printing Belgium, 1997, 844p.
- Souza, L.A.G.; Silva, M.F.; Moreira, F.W. 1994. Capacidade de nodulação de cem leguminosas da Amazônia. *Acta Amazonica*, 24(1/2): 9-18.
- Suassuna, J. 1988. *Efeitos da associação do sabiá (Mimosa caesalpiniiifolia Benth.) no comportamento do jacarandá (Dalbergia nigra FR. Allen) e da peroba branca (Tabebuia stenocalyx Sprague & Stapf) na zona da mata de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado. Recife, Universidade Estadual Rural de Pernambuco. 179p.
- Vasconcelos, M.C.C.; Silva, A.F.A.; Lima, R.S. 2012. Cultivo em aleias: uma alternativa para pequenos agricultores. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 8(3): 18-21.

Capítulo 2

Meirelles, A.C.; Souza, L.A.G. 2013. Produção e qualidade da biomassa de leguminosas arbóreas em sistema de aleias com pupunheira (*Bactris gasipaes*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazonica*,

Produção e qualidade da biomassa de leguminosas arbóreas em sistema de aleias com pupunheira (*Bactris gasipaes*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central

Augusto Cruz de Meirelles¹; Luiz Augusto Gomes de Souza²

1 Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. e-mail: gugaadams@bol.com.br; 2 souzalag@inpa.gov.br.

Resumo – A biodiversidade de espécies de leguminosas arbóreas nos biomas brasileiros sugere que pesquisas ainda precisam ser realizadas para selecionar aquelas mais adequadas para uso como plantas adubadoras em sistemas sustentáveis de produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e qualidade da biomassa podada de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com potencial para adubação verde em sistema de cultivo em aleias, para consórcio com pupunheira em solo Latossolo Amarelo distrófico. As características químicas iniciais do solo foram analisadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. As plantas foram medidas em altura e submetidas à poda da biomassa da parte aérea a 1 m do solo, na 28ª semana. Quantificou-se a produção da biomassa e a proporção entre folhas e galhos no material podado. A qualidade da biomassa foliar foi avaliada pelo seu conteúdo nutricional estimando-se o aporte de nutrientes ao solo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três tratamentos (espécies) e três repetições de nove plantas, amostradas no interior de parcelas de 80 m². As espécies de leguminosas arbóreas mostraram potencial para manejo no sistema de aleias, por sua tolerância a poda. O sabiá destacou-se entre elas pela produção de 4,27 t ha⁻¹ de biomassa da parte aérea fresca, fracionada proporcionalmente entre galhos e folhas com teores de N-foliar de 2,65 %. O ingá produziu 2,11 t ha⁻¹ de biomassa fresca da parte aérea, com ¼ de material lenhoso e ¾ de biomassa foliar com concentração de N de 3,40 %. A biomassa podada de sabiá e ingá permitiu o aporte de mais de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A palheteira apresentou biomassa podada, quantitativa e qualitativamente menor que o ingá e sabiá, o que foi atribuído a uma menor ramificação lateral da espécie na fase inicial de estabelecimento.

Palavras-chave: Amazônia; Fabaceae; Agricultura familiar; Sustentabilidade.

PRODUCTION AND QUALITY OF BIOMASS OF LEGUMINOUS TREES IN ALLEY CROPPING SYSTEM WITH PEACH PALM (*BACTRIS GASIPAES*) ON OXISOL OF THE CENTRAL AMAZON

Abstract – The biodiversity of leguminous trees in the Brazilian biomes suggests that further research needs to be conducted to select those most suitable for use as cover plants in sustainable agricultural production systems. The aim of this study was to evaluate the production and quality of biomass pruned of ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) and sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) with potential for green manure in alley cropping system, to intercropping with peach palm in dystrophic Oxisol. The initial soil chemical characteristics were analyzed at 0-10 and 10-20 cm of depths. The plants were measured in height and subjected to pruning of aboveground biomass at 1 m of the soil at 28 weeks. The biomass was quantified and the ratio between the leaves and branches on pruned material. The quality of the leaf biomass was evaluated for its nutritional content, estimating the supply of nutrients to the soil. The experimental design was in random blocks with three treatments (species) and three repetitions of nine plants, sampled within plots of 80 m². The leguminous trees species showed potential for management in alley cropping system, for their tolerance to pruning. The sabiá stood out among them by production of 4,27 t ha⁻¹ of

aboveground biomass fresh, fractionated proportionally among branches and leaves with 2,65 % N-leaf content. The ingá produced 2,11 t ha⁻¹ fresh weight of shoots with ¼ and ¾ timber and leaf biomass with 3,40 % N concentration. The biomass pruned of sabiá and ingá allowed the input of more than 30 kg ha⁻¹ of nitrogen. The biomass pruned of palheteira presented quantitatively and qualitatively less than the ingá and sabiá, which was attributed to a lower lateral branching species in the initial stage of establishment.

Keywords: Amazon, Fabaceae, Family Agriculture; Sustainability.

Introdução

Na Amazônia, é um desafio estabelecer sistemas agrícolas de baixos *inputs* que sejam adequados econômica e ecologicamente aos pequenos agricultores, nos solos de baixa fertilidade natural da terra firme, sem recorrer à prática de corte e queima da vegetação. As limitações para a produção continuada dos cultivos agrícolas surgem a partir de uma combinação de fatores que reduzem a fertilidade do solo a cada safra (Aguiar *et al.* 2010). De acordo com Mullins (1999), os ciclos repetidos de umedecimento e secagem em solos com baixos níveis de ferro livre e de carbono orgânico, associados à acidez característica dos solos tropicais, reduzem os níveis e a disponibilidade de nutrientes nos solos da terra firme limitando sua absorção pelas plantas. Outro fator que implica em perdas é a alta taxa de remoção de nutrientes do perfil, devido aos sistemas radiculares vigorosos que capturam nutrientes na forma iônica, a lixiviação e a baixa capacidade de retenção de cátions destes solos intemperizados onde a argila predominante é a caulinita (Dechert *et al.* 2005).

Considerando que a composição mineralógica de solos não pode ser alterada pelas práticas agrícolas, a manutenção dos níveis de matéria orgânica torna-se uma alternativa viável para o incremento da capacidade de troca de cátions - CTC. Para reduzir a ação desses fatores sobre os solos, o aporte de biomassa proveniente da poda de leguminosas na superfície do solo é uma prática de manejo que visa fornecer cobertura, reduzindo os impactos climáticos, e melhorar a fertilidade do solo (Becher *et al.* 1997). A entrada de matéria orgânica diminui a perda de umidade e melhora a capacidade de aeração e infiltração do solo (Moura *et al.* 2009), aumentando a CTC e a disponibilidade de nutrientes para os cultivos. Outra ação benéfica proporcionada pela aplicação da biomassa de leguminosas no solo é o aumento da retenção de nutrientes na zona radicular que são adicionados em formas de liberação lenta, mediante os processos biológicos mediados pela ciclagem de nutrientes que é uma das propriedades dos ecossistemas. Estas práticas de manejo podem contribuir mais para o desenvolvimento de agroecossistemas sustentáveis no trópico úmido, do que a saturação da solução do solo com nutrientes solúveis (Drinkwater e Snapp 2007).

Na terra firme, a busca por modelos tecnológicos para sistemas de produção com base nos princípios da Agroecologia, pode garantir o desenvolvimento de uma agricultura permanente, que produza menos impactos ao ambiente, minimizando o desmatamento da floresta tropical. Por isso, entende-se sob esse enfoque, o sistema de produção agrícola como um ecossistema próprio em que cada componente é importante, preservando-se os recursos naturais, como a variedade de espécies combinadas no tempo ou no espaço, a decomposição e

ciclagem de materiais, a redução dos impactos negativos da mecanização e do uso de agrotóxicos assim como de fertilizantes industriais (Souza e Vieira 2011).

Nesse contexto, o sistema de cultivo em aleias no ambiente tropical tem sido apresentado como uma tecnologia viável para sistemas de produção agrícola que contribuem para a manutenção e conservação dos solos e da produtividade dos cultivos (Moura *et al.* 2010). O sistema de cultivo em aleias caracteriza-se pelo manejo de culturas de interesse que são cultivadas nos corredores formados pelas entrelinhas constituídas por plantas adubadeiras de rápido crescimento. As espécies adubadeiras são geralmente leguminosas que fixam o N₂, e tem o potencial de aumentar os níveis de N no solo, após a deposição de sua biomassa (Yamoah *et al.* 1986; Lal 1989). No manejo do sistema, as leguminosas são podadas periodicamente para fornecer adubo verde ou cobertura para a cultura de interesse estabelecida nas entrelinhas e minimizar o sombreamento e competição de raízes entre as culturas associadas (Atta-Krah *et al.* 1986; Kang *et al.* 1990). Dentre as leguminosas mais pesquisadas nos sistemas de cultivo em aleias estão o feijão guandu (*Cajanus cajan*), a leucena (*Leucaena leucocephala*), a glirícidia (*Gliricidia sepium*) etc. (Ferraz Júnior 2002).

Tem sido demonstrado que o sistema de cultivo em aleias pode sustentar a produtividade das culturas, manterem os níveis de nutrientes no solo e minimizar as perdas da matéria orgânica (Vasconcelos *et al.* 2012). Além disso, as espécies plantadas no sistema em aleias podem contribuir para a proteção do solo, reduzindo o impacto das chuvas e os processos erosivos. Todavia, estes sistemas devem ser atraentes para o agricultor (fornecendo benefícios econômicos e ecológicos) que ajudem a garantir sua adoção (Current *et al.* 2009), o que ainda é um desafio no ambiente amazônico.

Assim, para composição do sistema há necessidade de selecionar espécies de leguminosas arbóreas ou arbustivas lenhosas que sejam rústicas, de rápido crescimento, fixadoras de N₂, tolerantes à poda e produtoras de biomassa com qualidade e quantidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e qualidade da biomassa podada de três leguminosas arbóreas com potencial para adubação verde em sistema de cultivo em aleias, para consórcio com pupunheira em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em três propriedades agrícolas localizadas no Ramal da ZF-1 da Vila Canaã, no Km 41 da BR-174, município de Manaus, AM, segundo as coordenadas geográficas 02° 36' 41,1" S e 059° 59' 41,9" W Gr.

O clima da região é do tipo Af segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical chuvoso, com precipitação anual superior a 2000 mm. O solo das propriedades foi caracterizado como Latossolo Amarelo, textura argilosa. As espécies de leguminosas arbóreas selecionadas para o cultivo em aleias consorciado com pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth.) foram: ingá (*Inga edulis* Mart.), palheteira (*Clitoria fairchildiana* Howard.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). As sementes de ingá foram procedentes da Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT do INPA, na BR 174, Km 45. As de palheteira procederam de matrizes estabelecidas na Estação Experimental de Hortaliças - EEH, do INPA, rodovia AM 010, Km 14 e as de sabiá de plantas cultivadas como cerca viva em uma propriedade agrícola localizada na BR-174, Km 13, todas no município de Manaus, AM.

Para a realização do plantio das leguminosas arbóreas no sistema em aleias, inicialmente foram produzidas mudas no viveiro de mudas, setor de Microbiologia do Solo, da Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde – CSAS, INPA, no Campus do V-8, Manaus, AM. As mudas permaneceram por um período de enviveiramento de 3 meses, onde os recipientes foram deslocados e irrigados regularmente. As mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.), com idade de 7 meses, foram adquiridas na Fazenda Aruanã, Km 213 da rodovia AM 010, Itacoatiara, AM. Para a implantação do experimento as mudas de leguminosas foram transportadas até o local do ensaio.

Os trabalhos experimentais de campo foram realizados entre os meses de maio de 2012 a abril de 2013. O histórico de uso da terra foi: na propriedade 1 uma capoeira de 2 anos, na 2 um plantio de bananeira abandonado, e na 3 uma capoeira de 1 ano. No preparo da área, a cobertura vegetal existente foi rebaixada, 30 dias antes da implantação do experimento, pela prática da roçagem e retirada dos materiais mais lenhosos.

Foram coletadas amostras compostas de solo antes da implantação do experimento, em maio de 2012, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, para determinação das características químicas iniciais. O nitrogênio foi determinado após digestão sulfúrica seguida de destilação conforme método de Kjeldahl (Sarruge e Haag 1974). O P foi extraído por resina e determinado por colorimetria; o K, Ca e Mg, extraídos por resina, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Para as análises dos microelementos, o Fe, Mn e Zn

foram por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e o C orgânico, pelo método Walkley-Black, estimando-se posteriormente os teores de matéria orgânica do solo. Foram determinados ainda o pH em solução salina (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹) e a acidez potencial, extraída por solução SMP (Mafra *et al.* 1998). As características químicas iniciais do solo estão apresentadas na Tabela 1.

O plantio definitivo das leguminosas foi realizado no mês de maio de 2012, e das plantas de pupunheiras foi realizado em dezembro do mesmo ano, após a abertura de covas de 40 x 40 x 40 cm. Para favorecer o estabelecimento das plantas de leguminosas, foi adicionado em cada cova 1 L de esterco bovino curtido, e no entorno de cada muda foi adicionado 80 g de calcário dolomítico, 89 g de superfosfato triplo e 69 g de cloreto de potássio, correspondente a uma recomendação de 200 kg ha⁻¹ para o calcário dolomítico, e de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O para fósforo e o potássio, respectivamente. Adicionalmente aplicou-se 3 g cova⁻¹ de micronutrientes na forma de FTE. As quantidades para adubação mineral foram adaptadas de Cravo (1990) e sua aplicação foi realizada em cobertura e coroamento. A pupunheira beneficiou-se da adubação residual, sem nitrogênio, feita nas covas de um plantio de açai (*Euterpe precatoria* Mart.), realizado no planejamento inicial do sistema, e que foi substituído por sua alta mortalidade.

O espaçamento utilizado para as leguminosas nas aleias foi de 1 m, e para a pupunheira nas entrelinhas foi de 2 x 2 m. Cada parcela foi constituída por 27 plantas de leguminosas e 30 plantas de pupunheiras (Figura 1). Cada parcela correspondeu a uma área de 80 m², e a de cada bloco de 320m². Nas avaliações, as plantas da bordadura foram desconsideradas, avaliando-se somente o interior da parcela, correspondendo a 9 indivíduos para cada espécie de leguminosa.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 3 tratamentos e 3 repetições de 9 plantas. Cada tratamento consistiu em uma espécie de leguminosa consorciada com a pupunheira, resultando nos sistemas: Pupunheira e Ingá (P e I), Pupunheira e Palheteira (P + PA), Pupunheira e Sabiá (P + S), e a Pupunheira solteira (PS) como controle.

Após o plantio, na 28^a semana, foi tomada a medida da altura das leguminosas antes da poda, e 13 semanas após a poda, utilizando uma trena, considerando nestas medidas o ramo mais desenvolvido (Benincasa 1988). Nesta fase também foi avaliada a sobrevivência para cada espécie, antes e após a poda.

A poda nas leguminosas foi efetuada a 28^a semanas após o plantio, quando estas foram cortadas na altura de 1 m, utilizando-se tesoura de poda. Em condições de campo foram estimadas a biomassa fresca produzida, usando-se uma balança suspensa. Posteriormente, o

material coletado foi conduzido ao INPA, e seco em estufa regulada para 65°C por 72 horas, para determinação do peso da biomassa seca, em seguida somente a parte lenhosa foi separada e pesada, obtendo-se o peso das folhas secas por subtração. Alíquotas representativas das folhas secas de cada repetição dos tratamentos foram retiradas, e depois trituradas, para determinação dos nutrientes presentes. O restante do material podado foi devolvido ao sistema e distribuído nas entrelinhas de pupunheira.

Para as determinações dos nutrientes presentes no material foliar, este foi moído e submetido à análise química no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA. Nestas determinações, o Ca, Mg, K, e P foram obtidos após digestão nitroperclórica (Embrapa 1999). Já o N foi determinado após digestão sulfúrica, seguida por destilação conforme método de Kjeldahl (Sarruge e Haag 1974). Para as análises dos microelementos, o Fe, Mn e Zn foram por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Com base nos valores determinados no material foliar, o peso da biomassa produzida e a área total de cada tratamento, foram estimados a contribuição da biomassa de cada espécie para a adubação da pupunheira.

Foram realizadas observações sobre os aspectos fitossanitários das leguminosas, durante o período experimental, evidenciando sua susceptibilidade a pragas e doenças, antes e após a poda das plantas. Foram observadas a integridade da área foliar, queda de folhas, ocorrência de manchas ou evidências de doenças fúngicas ou bacterianas. A cada dois meses foram realizados uma limpeza manual no entorno de cada planta, num raio de 50 cm, para favorecer seu estabelecimento.

Para análise e interpretação dos resultados utilizou-se o programa Estat, adotando-se o modelo de Tukey para comparação dos tratamentos.

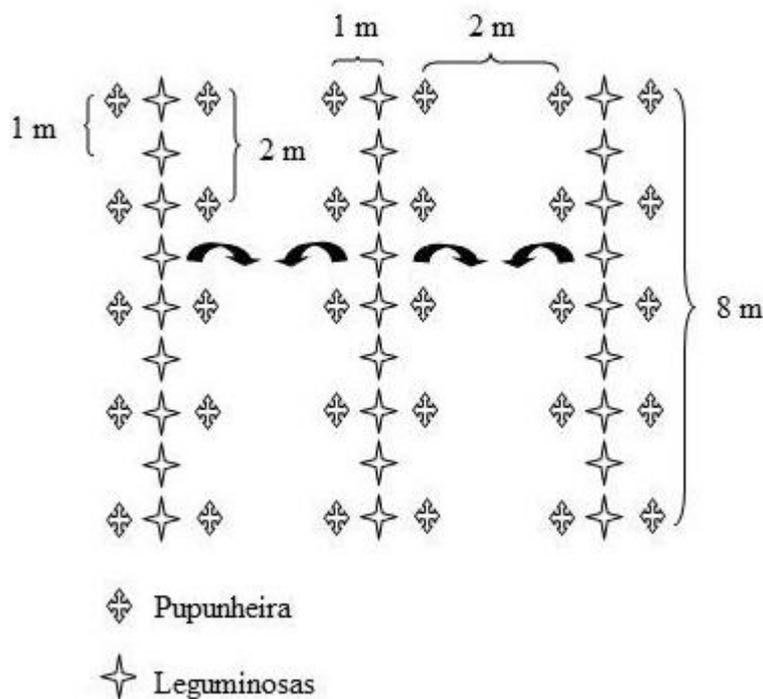


Figura 1. Definição da parcela experimental de campo para avaliação da produção de biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), no sistema de cultivo em aleias com pupunheira em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo Latossolo Amarelo coletado em duas profundidades em propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Profundi- dade	pH (H ₂ O)	C	M.O. ¹	P	K	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	H+Al
		-----g kg ⁻¹ -----		----- mg kg ⁻¹ -----					----- cmol _c kg ⁻¹ -----		
0-10 cm	4,07	23,6	40,5	6,1	55,0	318,3	1,2	7,1	1,61	0,36	1,42
10-20 cm	4,42	16,7	28,7	7,0	45,0	349,0	0,7	4,1	0,88	0,17	1,06

¹M.O. – Matéria orgânica.

Resultados e Discussão

A classe de solos Latossolo predomina na região amazônica ocupando a maior área e apresenta características típicas dos solos não hidromórficos dos trópicos que tem em comum a acidez elevada, níveis excessivos de Al^{+++} e baixa fertilidade natural. Estas propriedades químicas foram constatadas no ambiente da ZF-1, Vila Canaã onde a pesquisa foi conduzida. Nota-se, na análise do solo, uma acidez elevada, baixos estoques de carbono e matéria orgânica, pouca disponibilidade de fósforo, cálcio, magnésio e de alguns micronutrientes, além de níveis elevados de ferro e presença de alumínio potencialmente prejudicial aos cultivos agrícolas. Nestas condições, o estabelecimento do sistema em aleia com palheteira, sabiá e ingá foi acompanhado até a primeira poda, realizada após 28 semanas do plantio.

As leguminosas arbóreas cultivadas em aleias apresentaram tolerância à poda e alta capacidade de rebrota conforme apresentado na Tabela 2. Dentre as espécies foi verificado que na 28ª semana o crescimento em altura da palheteira e do sabiá diferiu significativamente ($P < 0,01$) do ingá. Nesta avaliação as plantas de palheteira e sabiá apresentavam altura média superior a 1,8 m. O crescimento em altura das plantas adubadoras é especialmente importante nesta fase inicial já que o primeiro corte da biomassa foi definido para 1 m de altura. Em decorrência, pode-se sugerir que a média de 1,3 m observada nas plantas de ingá ainda demandaria mais tempo de crescimento para a definição da época adequada de corte.

Para todas as espécies foi registrada mortalidade de plantas após o plantio, que para o ingá foi mais destacada. Como o plantio foi feito no final do período chuvoso no mês de maio, essas perdas foram relacionadas com o período seco subsequente (menores taxas de precipitação, temperatura elevada e baixa umidade relativa do ar) (Figura 1), que na região da Amazônia Central ocorre principalmente nos meses de agosto e setembro. Estas perdas não foram uniformes entre propriedades e em uma delas as espécies apresentaram as maiores taxas de sobrevivência. Assim, na 28ª semana as taxas de mortalidade observadas foram de 33,3, 16,0 e 9,9 % respectivamente para o ingá, palheteira e sabiá.

Mesmo considerando que uma poda tem impacto no desenvolvimento vegetal, todas as espécies toleraram satisfatoriamente o corte feito a 1 m de altura, e 13 semanas após a poda as plantas apresentaram 100 % de sobrevivência. Isso sugere que o ingá, a palheteira e o sabiá, embora apresentem diferenças interespecíficas, adequam-se ao sistema de cultivo em aleias. Ferraz Júnior *et al.* (2006) estudaram um sistema em aleias com as leguminosas *Inga edulis*, *Clitoria faircildiana*, *Leucaena leucocephala* e *Cajanus cajan*, em solo de baixa

fertilidade em São Luiz, Maranhão, por um período de dois anos, realizando 5 podas nas plantas a altura de 1,5 m do solo. Os mesmos constataram taxas de mortalidade acima de 33 % para o ingá, e apenas 4 % para a palheteira no segundo ano de avaliação. Já Locatelli *et al.* (1991), quando estudaram a seleção de leguminosas para cultivo em aleias em solo Latossolo Amarelo em Porto Velho, Roraima, constataram taxas de mortalidade abaixo de 10% para o ingá e a palheteira, após um ano de cultivo, sem poda das plantas. Entretanto quando realizaram a poda a 1 m de altura, aos 90 dias após a poda foi constatado mortalidade de 10 % nas plantas de palheteira e 5 % nas de ingá. Já Balbinot *et al.* (2010) avaliaram o crescimento inicial e a fertilidade do solo em plantios puros de sabiá e em consórcio com *Eucalyptos tereticornes* e *Mimosa pilulifera* em solo NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico Gleissólico, em Campos de Coytacazes, Rio de Janeiro, por um período de 3 anos, realizando uma poda após 1 ano de cultivo. Estes autores verificaram taxas de mortalidade acima de 5 % no plantio puro de sabiá, e acima de 10 % nos sistemas consorciados, antes da poda, e taxas de mortalidade acima de 15 % nos sistemas consorciados após 1 ano da poda.

Se na 28ª semana a maior altura das plantas foi verificada para palheteira, que nesta avaliação não diferia significativamente do sabiá, observou-se que 13 semanas após a poda o sabiá teve uma mais rápida recuperação e nesta ocasião a altura da planta foi superior significativamente a da palheteira e do ingá (Tabela 2). A palheteira, por sua vez, nesta segunda avaliação apresentou maior altura que o ingá. Ressalta-se que 13 semanas após a poda, a altura das plantas de sabiá foi em média 50 cm superior a da palheteira e 90 cm superior a do ingá.

Tabela 2. Altura e sobrevivência de plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) antes da poda feita com 28 semanas de cultivo a 1 m de altura e após 13 semanas, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Espécie	Antes da poda		Após a poda	
	Altura (m)	Sobrevivência (%)	Altura (m)	Sobrevivência (%)
Ingá	1,3 b	66,7	1,4 c	100,0
Palheteira	2,0 a	84,0	1,8 b	100,0
Sabiá	1,8 a	90,1	2,3 a	100,0
Teste F	22,68**	-	34,93**	-

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade (P<0,01), pelo teste de Tukey.

As informações sobre a quantidade de biomassa podada das leguminosas arbóreas, estabelecidas no sistema de aleias, fornecem maiores subsídios para interpretação da função das espécies como plantas adubadoras da pupunha. Nas condições experimentais foi verificado que a biomassa da parte aérea fresca das plantas de sabiá, podadas a 1 m de altura, ultrapassou 4 t ha^{-1} superando significativamente a produção de biomassa da palheteira (Tabela 3). Entretanto, a biomassa fresca podada do sabiá não diferiu significativamente da produzida pelo ingá, o que foi atribuído a uma maior emissão de ramos laterais por essas espécies. Ressalta-se que nas práticas de adubação verde é a biomassa fresca vegetal que é adicionada ao solo. Essa diferença observada entre as espécies também se refletiu na biomassa da parte aérea seca, que para o sabiá foi estimada em $1,5 \text{ t ha}^{-1}$.

É possível que a maior produção de biomassa da parte aérea pelo sabiá tenha sido influenciada pelo desenvolvimento mais proporcional dos ramos, de modo que quando se observa a biomassa do caule seco, que constitui a parte lenhosa do material podado, esta superou significativamente ($P < 0,01$) na 28ª semana a palheteira e o ingá. Por outro lado avaliando-se a biomassa mais rapidamente mineralizada que é constituída pelas folhas, verificou-se que o sabiá superou significativamente o acúmulo de biomassa foliar da palheteira, sem, entretanto diferir do ingá. Locatelli *et al.* (1992) avaliaram a produção de biomassa seca total das leguminosas *Inga edulis* e *Clitoria fairchildiana*, entre outras espécies, para cultivo em aleias em solo Latossolo Amarelo de Porto Velho, Roraima, após um ano de plantio e uma poda a 1 m de altura, e obtiveram $10,5 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa seca total para *Inga edulis*, e $3,1 \text{ t ha}^{-1}$ para *Clitoria fairchildiana*. Entretanto, o espaçamento que utilizaram entre as leguminosas foi menor, ao utilizado neste estudo, e ainda realizaram dois ciclos de corte nas leguminosas, o que possivelmente pode ter contribuído para uma maior produção de biomassa seca total para estas espécies. Já Leite *et al.* (2008) estudando um sistema em aleias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas consorciadas com milho, em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, em São Luiz, Maranhão, por um período de 5 anos e realizando uma poda a cada ano, obtiveram quantidades de biomassa seca total acima de $0,8 \text{ t ha}^{-1}$ para o ingá e $6,9 \text{ t ha}^{-1}$ para a palheteira no primeiro ano.

Tabela 3. Estimativas da produção de biomassa da parte aérea fresca e seca, e dos galhos e folhas secas podados a 1 m de altura em plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Espécies	Parte aérea fresca	Parte aérea seca	Galhos secos	Folhas secas
	t ha ⁻¹			
Ingá	2,11 ab	0,81ab	0,20 b	0,61ab
Palheteira	1,20 b	0,37 b	0,13 b	0,24 b
Sabiá	4,27 a	1,50 a	0,73 a	0,77 a
Teste F	4,81*	6,10**	6,37**	5,57**

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 ou 5 % de probabilidade (P<0,01), (P<0,05), pelo teste de Tukey.

A proporção entre galhos e folhas na biomassa da parte aérea seca fornece um importante subsídio para avaliação qualitativa do material podado (Figura 2). Embora o sabiá tenha apresentado a maior produção de biomassa podada, este material estava dividido proporcionalmente entre galhos e folhas, quase numa relação 1:1, e, portanto, dentre as espécies de leguminosas arbóreas avaliadas era a biomassa mais lenhosa. O alto valor de biomassa encontrado nos galhos do sabiá pode ser atribuído ao grande número de galhos com dimensão similar a do fuste, constituindo-se em uma característica peculiar dessa espécie (Suassuna 1982).

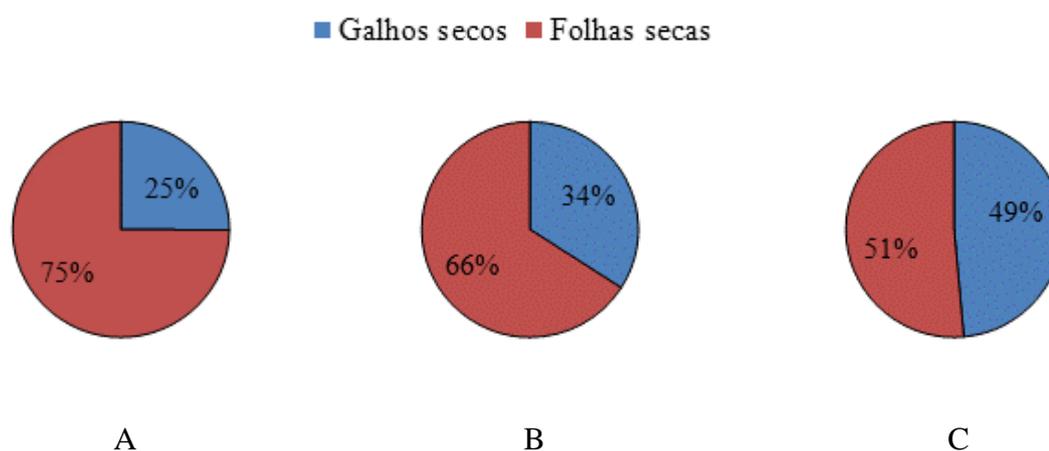


Figura 2. Distribuição da biomassa de folhas e galhos secos na parte aérea de ingá (*Inga edulis*) (A), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) (B), e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) (C), submetidas à poda de 1 m de altura após 28 semanas de cultivo em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Destaca-se nesta proporção entre galhos e folhas o importante investimento do ingá em biomassa foliar, já que a parte lenhosa correspondeu a somente $\frac{1}{4}$ da parte aérea podada. Esse maior investimento na formação de folhas tem importante papel no desenvolvimento vegetal já que é nas folhas que o processo fotossintético predomina. A maior proporção de biomassa foliar identificada nas plantas de ingá também está relacionada com sua morfologia, já que se trata de folhas grandes, paripenadas com 3-4 pares de folíolos (Sousa *et al.* 2011). Por outro lado, pertencente à tribo Phaseoleae a palheteira tem tipicamente folhas trifolioladas, já o sabiá apresenta folhas paripenadas com três pares de folíolos, porém de dimensões menores que as do ingá (Souza *et al.* 2009).

Como já discutido, a produção total de biomassa foliar seca do sabiá foi em média superior a do ingá e correspondeu a 770 kg ha^{-1} . A produção de biomassa foliar do ingá, por sua vez foi de 610 kg ha^{-1} . A Figura 2 também apresenta a proporção da biomassa seca do caule e folhas da parte aérea podada da palheteira revelando também um investimento de 66,0 % na formação de folhas, entretanto o sabiá e ingá produziram 3,2 e 2,5 vezes mais biomassa foliar podada do que esta espécie. Os resultados aqui obtidos diferem de Locatelli *et al.* (1992) que obtiveram menor proporção de folhas secas na biomassa seca total de *Inga edulis* e *Clitoria fairchildiana*, 47,0 e 33,0 %, respectivamente.

A constituição química do material foliar podado está apresentada na Tabela 4. Considerando que na escolha de leguminosas arbóreas para cultivo em aleias a propriedade da fixação de N_2 é determinante, observa-se que as maiores taxas de nitrogênio na biomassa foliar foram constatadas no ingá, com valores de 3,40 %, que, entretanto, não diferiram significativamente da palheteira e ambas as espécies superaram significativamente a concentração de N nas folhas de sabiá. Embora se saiba que esta quantidade de N também inclui entradas complementares ao processo simbiótico, esses valores são ligeiramente superiores aos 3,18 % encontrados por Palm e Sanchez (1991) nas folhas de *Inga edulis*.

Tabela 4. Teores médios de nutrientes presentes nas folhas secas podadas a 1 m de altura em plantas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
Ingá	34,02 a	2,00 b	8,13 a	7,94 a	1,45 a	120,87 a	25,27 a	31,80 b
Palheteira	31,41 a	2,39 a	8,75 a	5,76 b	1,55 a	107,00 a	24,27 a	97,00 a
Sabiá	26,50 b	1,97 b	9,10 a	6,33 ab	1,72 a	101,33 a	28,00 a	46,07 b
Teste F	15,91**	4,97*	2,63 ^{ns}	5,41*	3,07 ^{ns}	2,06 ^{ns}	1,86 ^{ns}	17,73**

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 ou 5 % de probabilidade (P<0,01), (P<0,05), pelo teste de Tukey; ^{ns}não significativo.

Tabela 5. Estimativas do aporte de macronutrientes adicionados ao solo pela biomassa das folhas de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), podadas a 1 m de altura após 28 semanas de estabelecimento em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
Ingá	30,90	1,80	7,25	7,15	1,37
Palheteira	11,45	0,85	3,35	2,15	0,60
Sabiá	31,20	2,30	10,50	7,30	1,95

As determinações do conteúdo nutricional das folhas do ingá, palheteira e sabiá evidenciaram a ausência de diferenças significativas na absorção de potássio, magnésio ferro e zinco, entretanto para o cálcio, a maior absorção deste elemento ocorreu em folhas de ingá que superaram significativamente as determinações feitas em palheteira, não diferindo, entretanto do sabiá. Por outro lado na biomassa foliar de palheteira foram encontrados os maiores teores de fósforo e manganês que, por sua vez, superaram significativamente as concentrações destes elementos na biomassa foliar de ingá e sabiá. Aguiar *et al.* (2010) estudando a qualidade de biomassa podada de quatro leguminosas cultivadas em aleias em solo Argissolo Vermelho-Amarelo, em São Luiz, Maranhão, dentre as quais a palheteira (*Clitoria fairchildiana*), constataram menores teores de N, P e K nas folhas de ingá, aos obtidos neste estudo.

As determinações da biomassa foliar seca produzida no material podado, bem como a análise dos teores de nutrientes presentes, permitiram estimar a quantidade de nutrientes contida na biomassa que foi transferida para os corredores do sistema de cultivo de aleias (Tabela 5). Como pode ser observada a principal contribuição de nitrogênio nesta biomassa veio do ingá e do sabiá. Nota-se que estas duas espécies produziram entradas muito

semelhantes de N superiores a 30 kg ha^{-1} na primeira poda. Tal fato foi atribuído à ausência de diferenças significativas entre elas na produção de biomassa foliar seca, e assim, embora o sabiá tenha apresentado o maior peso total de folhas, a eficiência fixadora de N_2 do ingá resultou em riqueza comparável deste elemento na biomassa produzida.

A biomassa podada adicionada ao solo também contribui para a ciclagem de outros macronutrientes no sistema, desse modo, concordando com sua maior produção, o aporte da parte aérea de sabiá, comparado ao ingá e a palheteira, também acrescentou mais fósforo, potássio, cálcio e magnésio ao sistema. Os teores de cálcio na biomassa de sabiá e ingá foram bem próximos, mas o sabiá contribuiu com um aporte de fósforo, potássio e magnésio 21,7, 30,9 e 29,7 % respectivamente maiores que o ingá, o que merece registro já que esses elementos se encontram em baixa disponibilidade nos solos tropicais e todas as entradas no agroecossistema contribuem para o aumento de sua disponibilidade. Destaca-se na estimativa de nutrientes adicionada, a menor riqueza nutricional da biomassa da palheteira neste primeiro corte. Estudos conduzidos em diferentes tipos de solos e sistemas de cultivo em aleias, para avaliar o aporte de nutrientes adicionados ao solo pela biomassa podada de leguminosas arbóreas, evidenciaram maiores entradas de macronutrientes ao sistema em aleias, destacando-se para o N, cujas entradas foram de $64,0 \text{ Kg ha}^{-1}$ de N com a biomassa de ingá (Alegre e Rao 1996), e $6,47 \text{ Kg ha}^{-1}$ de N com a de palheteira, no primeiro ano de corte (Ferraz Júnior *et al.* 2006).

Conclusão

As espécies ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) mostraram potencial para manejo no sistema de aleias em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central, por sua tolerância a poda realizada a 1 m de altura após 28 semanas do plantio. O sabiá destacou-se entre as espécies pela produção na primeira poda de $4,27 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa da parte aérea fresca, fracionada proporcionalmente entre galhos e folhas com teores de N-foliar de 2,65 %. O ingá produziu $2,11 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa fresca da parte aérea, com $\frac{1}{4}$ de material lenhoso e $\frac{3}{4}$ de biomassa foliar com concentração de N de 3,40 %. A biomassa podada de sabiá e ingá permitiu o aporte de mais de 30 kg ha^{-1} de nitrogênio. A biomassa podada de palheteira, quantitativa e qualitativamente foi menor que a do ingá e sabiá, o que foi atribuído a uma menor ramificação lateral da espécie na fase inicial de estabelecimento.

Referências

- Aguiar, A.C.F.; Bicudo, S.J.; Costa Sobrinho, J.R.S.; Martins A.L.S.; Coelho, K.P.; Moura E.G. 2010. Nutrient recycling and physical indicators of an alley cropping system in a sandyloam soil in the Pre-Amazon region of Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 86: 189-198.
- Alegre, J.C.; Rao, M.R. 1996. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. *Agriculture Ecosystems Environment*, 57: 17-25.
- Atta-Krah, A.N.; Sumberg, J.E.; Reynolds, L. 1986. Leguminous fodder trees in the farming system: An overview of research at the humid zone program of ILCA in southwestern Nigeria. In: Haque, I. et al. (ed.) *Potentials of forage legumes in the farming systems of sub-saharan Africa*. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia. p.307-329.
- Balbinot, E.; Carneiro, J.G.A.; Barroso, D.G.; Paulino, G.N.; Lamônica, K.L. 2010. Crescimento inicial e fertilidade do solo em plantios puros e consorciados de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. *Scientia Forestalis*, 38(85): 27-37.
- Becher, H.H.; Breuer, J.; Klingler, B. 1997. An index value for characterizing hard setting soils by fall-cone penetration. *Soil Technology*, 10: 47-56.
- Benincasa, M.M.P. 1988. Análises de crescimento de plantas (Noções básicas). FUNEP, Jaboticabal, 42p.
- Cravo, M.S. 1988. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Pará. 1 Ed. vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, 262p.
- Current, D.A.; Brooks, K.N.; Ffolliott, P.F.; Keefe, M. 2009. Moving agroforestry into the mainstream. *Agroforestry Systems*, 75: 1-3.
- Dechert, G.; Veldkamp, E.; Brumme, R. 2005. Are partial nutrient balances suitable to evaluate nutrient sustainability of land use systems? Results from a case study in Central Sulawesi, Indonesia. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 72: 201-212.
- Drinkwater, L.E.; Snapp, S.S. 2007. Nutrients in agroecosystems: rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy*, 92: 163-186.
- Embrapa. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 370p.
- Ferraz Júnior, A.S.L. 2002. O cultivo em aleias como alternativa para produção de alimentos na agricultura familiar do Trópico Úmido. In: Moura, M.G. (Org.) *Agroambientes de Transição: Entre o trópico úmido e o semi-árido maranhense*. São Luiz, MA, UEMA. p.61-88.
- Ferraz Júnior, A.S.L.; Souza, S.R.; Stark, E.M.L.M.; Fernandes, M.S. 2006. Fitomassa, distribuição de raízes e aporte de nitrogênio e fósforo por leguminosas cultivadas em aleias em solo de baixa fertilidade. *Floresta e Ambiente*, 13(1): 61-68.

- Kang, B.T.; Reynolds, L.; Atta-Krah, A.N. 1990. Alley farming. *Advances in Agronomy*, 43: 315-359.
- Lal, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol: II. Water runoff, soil erosion, and nutrient loss. *Agroforestry Systems*, 8: 7-29.
- Leite, A.A.L.; Ferraz Júnior, A.S.L.; Moura, E.M.; Aguiar, A.C.F. 2008. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aleias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. *Bragantia*, 67(4): 875-882.
- Locatelli, M.; Palm, C.A.; Smyth, T.J.; Ricci, M.S.F. 1991. Seleção de leguminosas para cultivo "alley cropping" sob condições de Latossolo Amarelo em Porto Velho, Rondônia, Brasil. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia. 7p.
- Mafra, A.L.; Miklós, A.A.W.; Vocurca, H.L.; Harkaly, A.H.; Mendoza, E. 1998. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestral do tipo "cultivo em aleias" e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, 54: 41-54.
- Moura, E.G.; Coelho, K.P.; Freitas, I.C.; Aguiar, A.C.F. 2009. Chemical and physical fertility indicators of a weakly structured tropical soil after liming and mulching. *Sci. Agric.*, 66: 800-805.
- Moura, E.G.; Serpa, S.S.; Santos, J.G.D.; Sobrinho, J.R.S.C.; Aguiar, A.C.F. 2010. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. *Plant Soil*, 335: 363-371.
- Mullins, C.E. 1999. Hard setting soils. In: Summer, M.E. (Ed) *Handbook of soil science*. CRC Press, New York. p.65-87.
- Palm, S. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology Biochemistry*, 23(1): 83-88.
- Sarruge, J.R.; Haag, H.P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, ESALQUSP, 1974, 56p.
- Sousa, J.S.; Bastos, M.N.C.; Gurgel, E.S.C. 2011. O gênero *Inga* (Leguminosae-Mimosoideae) na Província Petrolífera de Urucu, Coari, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia*, 62(2): 283-297.
- Souza, L.A.G.; Cortes, A.M.; Aguiar, S.P. 2009. *Contribuição para a check-list das Fabaceae de Pernambuco*. Natal, RN, Opção Gráfica, 2009, 172p.
- Suassuna, J. 1988. *Efeitos da associação do sabiá (Mimosa caesalpiniiifolia Benth.) no comportamento do jacarandá (Dalbergia nigra FR. Allen) e da peroba branca (Tabebuia stenocalyx Sprague & Stapf) na zona da mata de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado. Recife, Universidade Estadual Rural de Pernambuco. 179p.
- Vasconcelos, M.C.C.; Silva, A.F.A.; Lima, R.S. 2012. Cultivo em aleias: uma alternativa para pequenos agricultores. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 8(3): 18-21.

Yamoah, C.F.; Agboola, A.; Mulongoy, K. 1986. Decomposition, nitrogen release and weed control by prunings of selected alley cropping shrubs. *Agroforestry Systems*, 3: 238-245.

Capítulo 3

Meirelles, A.C.; Souza, L.A.G. 2013. Efeito da adição da biomassa podada de leguminosas arbóreas cultivadas em aleias sobre o estabelecimento de pupunheira (*Bactris gasipaes*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Acta Amazonica*,

Efeito da adição da biomassa podada de leguminosas arbóreas cultivadas em aleias sobre o estabelecimento de pupunheira (*Bactris gasipaes*) em Latossolo Amarelo da Amazônia Central

Augusto Cruz de Meirelles¹; Luiz Augusto Gomes de Souza²

1 Programa de Pós-graduação em Agricultura no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Av. André Araújo, 2936 – Bairro: Aleixo – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.060-001, Manaus, AM. e-mail: gugaadams@bol.com.br; 2 souzalag@inpa.gov.br.

Resumo – O sistema de cultivo em aleias com leguminosas arbóreas tem sido recomendado como uma alternativa para a agricultura de corte e queima da vegetação no trópico úmido, devido à capacidade de manutenção da fertilidade do solo, e aumento dos níveis de matéria orgânica e carbono. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição da biomassa de leguminosas arbóreas sobre o crescimento inicial de pupunheiras no sistema em aleias, e obter maiores informações sobre o crescimento, sobrevivência, grau de cobertura do solo e fitossanidade das plantas de pupunha, em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central. As características químicas iniciais do solo foram analisadas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Uma nova amostragem do solo foi efetuada nas profundidades de 0-10 cm, 16 semanas após a distribuição da biomassa das leguminosas, para avaliar o seu efeito sobre as características químicas do solo. As leguminosas foram podadas a 1 m do solo na 28ª semana, para quantificar a biomassa foliar produzida e determinar o seu conteúdo nutricional estimando-se o aporte de nutrientes adicionado ao sistema. O crescimento da pupunheira em altura e diâmetro no nível do solo foi monitorado até as 16 semanas após a adição da biomassa. A área de cobertura, diâmetro médio da copa e grau de cobertura da pupunheira foi determinado 16 semanas após o seu plantio. O estado fitossanitário da pupunheira foi monitorado durante todo o seu período experimental, e sua sobrevivência foi determinado as 16 semanas após o seu estabelecimento. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos (sistemas) e três repetições de nove plantas, amostradas no interior de parcelas de 80 m². O sabiá e a palheteira produziram 0,7 e 0,6 t ha⁻¹ de folhas secas, respectivamente. A biomassa podada de sabiá e ingá permitiu o aporte de mais de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A biomassa podada das leguminosas pode afetar as características químicas do solo. A pupunheira beneficiou-se da biomassa das leguminosas depositada na primeira poda, por uma maior altura das plantas de pupunha 16 semanas após o seu estabelecimento, no sistema em aleias comparado ao monocultivo. A pupunheira apresentou rusticidade e boa sobrevivência no sistema em aleias consorciado com leguminosas arbóreas.

Palavras-chave: Trópico Úmido; Fertilidade do solo; Sistemas sustentáveis, Sistemas agroflorestais.

EFFECT OF THE ADDITION OF BIOMASS PRUNED LEGUMINOUS TREES ON THE ESTABLISHMENT OF PEACH PALM (*BACTRIS GASIPAES*) IN ALLEY CROPPING SYSTEM ON CENTRAL AMAZON OXISOL

Abstract – The alley cropping system with leguminous trees has been recommended as an alternative to slash and burn system in the humid tropics, due to the ability to maintain soil fertility, and increase the organic matter and carbon levels. The aim of this study was to evaluate the effect of addition of biomass leguminous trees on the initial growth of peach palm on alley cropping system, and to get more information on the growth, survival, coverage area, average diameter and degree of covering of peach palm plants on Central Amazon

Oxisol. The initial soil chemical characteristics were analyzed at 0-10 and 10-20 cm of depth. A new soil sampling was performed at 0-10 cm of depth, 16 weeks after the distribution of the leguminous biomass, to evaluate its effect on the chemical characteristics of the soil. The leguminous were pruned at 1 m of the soil at 28 weeks, to quantify the leaf biomass produced and determine its nutritional content, estimating the contribution of nutrients added to the system. The growth of peach palm was monitored in height and diameter in the soil level until 16 weeks after biomass addition. The coverage area, diameter and degree of covering of peach palm were determined 16 weeks after planting. The peach palm sanitary condition was monitored throughout your trial period, and their survival was determined 16 weeks after its establishment. The experimental design was in random blocks with four treatments (systems) and three repetitions of nine plants, sampled within 80 m² plots. The sabiá and palheteira produced 0,7 and 0,6 t ha⁻¹ of dry leaves, respectively. The ingá and sabiá pruned biomass allowed the input of more than 30 kg ha⁻¹ of N. The pruned biomass of leguminous can affect the chemical characteristics of the soil. The peach palm benefited by biomass leguminous deposited on the first pruning by greater height of peach palm at 16 weeks after its establishment on the alley cropping system compared with monoculture. The peach palm showed hardiness and good survival in alley cropping system intercropped with leguminous trees.

Keywords: Humid Tropics; Soil Fertility; Sustainable Systems; Agroforestry Systems.

Introdução

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth., Arecaceae), é uma espécie de palmeira não endêmica, nativa da Amazônia, cuja domesticação atribuída aos Ameríndios é reportada para a América tropical (Leitman *et al.* 2010). No neotrópico, é comumente cultivada como planta de múltiplo uso, consorciada com outras espécies, em modelos de sistemas agroflorestais (Mora Urpí 1983; Clement 1986; Clement 1988). Durante milênios esta palmeira foi um elemento frequente nestes sistemas, especialmente nos quintais agroflorestais, contribuindo na dieta alimentar das populações tradicionais (Clement e Mora Urpí 1987; Clement 1989). Possivelmente, na América do Sul, após a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a pupunha foi a mais importante fonte de amido desses povos. É uma planta empregada na construção de móveis, tacos e artesanato, mas a sua maior utilização é como produtora de frutos e palmito, fazendo parte da dieta da população amazônica (Mora Urpí *et al.* 1999; Lorenzi *et al.* 1996). Mais recentemente, a expansão do cultivo da pupunha na Amazônia, extrapolou o sistema de quintais para consórcios econômicos onde é explorada para produção do palmito.

Assim como a maioria das Arecaceae, por ser uma espécie adaptada ao ambiente tropical, a pupunheira é indicada para cultivo em locais de grande precipitação pluviométrica, elevada temperatura e altos níveis de umidade relativa do ar, embora não apresente grande tolerância a solos mal drenados. Além disso, esta espécie apresenta boas qualidades agronômicas, principalmente relacionadas á rusticidade e se adapta bem aos solos da terra firme da Amazônia Central (Yuyama *et al.* 2013).

Sabe-se que os solos da terra firme da Amazônia Central caracterizam-se pela acidez elevada, baixa fertilidade natural, e alta saturação por alumínio, que limitam a produção agrícola convencional (Noda *et al.* 2013). Nestas condições edafo-climáticas, há uma demanda tecnológica por sistemas sustentáveis de produção agrícola, e, a adoção de diferentes modelos de sistemas agroflorestais com frutíferas consorciadas com leguminosas e outras espécies de plantas úteis, combinadas espacialmente, pode tornar-se uma alternativa econômica e ecologicamente viável para a região (Oliveira 1991).

Uma particularidade das palmeiras em geral que as identificam como plantas preferenciais para consorciamentos econômicos é a arquitetura da copa, geralmente concentrada na parte superior da planta, e, portanto menos competitiva por luminosidade com os cultivos associados. Em decorrência, no elenco de inúmeras espécies de Arecaceae cultivadas na Amazônia, a pupunheira tem sido apresentada como uma espécie para combinação em sistemas agroflorestais, consorciada com outras cujos produtos também

alcançam os mercados locais, regionais ou mesmo externos, como o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.), o cacau (*Theobroma cacao* L.), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), banana (*Musa paradisiaca* Kuntze), entre outras (Arco Verde 2008).

A Amazônia é reconhecida mundialmente por sua megadiversidade em espécies, e esta variedade biológica se estende por um amplo território. Em suas cidades mais remotas, as distâncias dos grandes centros são o principal empecilho para a adoção de uma agricultura baseada na nutrição mineral das plantas por meio de fertilizantes industrializados. Os custos de transporte, aliados ao baixo poder aquisitivo dos agricultores familiares, limitam a produção agrícola em alta escala. Neste cenário, há uma demanda científica e tecnológica para o estabelecimento de sistemas sustentáveis de produção agrícola, especialmente para frutíferas, para garantir sua produção e potencial de atingir os mercados (Moreira Gomes e Oliveira 2013). O estabelecimento de sistemas permanentes de produção tem sido apontado como a melhor estratégia de preservação da biodiversidade vegetal *in situ* com ênfase a minimização dos impactos na floresta tropical (Fearnside 2006).

O sistema de cultivo em aleias é um tipo de sistema agroflorestal simultâneo que consiste na associação de árvores e/ou arbustos cultivados em linhas adensadas. As espécies que são plantadas nas aleias geralmente são leguminosas arbustivas ou arbóreas, tolerantes ao manejo pela poda regular, fixadoras de N₂, intercaladas em faixas onde são manejadas as culturas de interesse (Kang *et al.* 1990). Geralmente esses sistemas têm sido manejados para produção de cultivos de lavoura branca (milho, feijão, amendoim) ou de hortaliças. Após o seu estabelecimento na área, a biomassa podada é empregada para adubação verde das entrelinhas com o objetivo de manter ou elevar os níveis de matéria orgânica e melhorar a fertilidade do solo (Bertalot *et al.* 2008), reduzindo as necessidades de insumos externos (Kaya e Nair 2001).

Em vários países, as pesquisas experimentais tem evidenciado o potencial de algumas espécies de leguminosas para adubação verde no sistema de cultivo em aleias, entre as quais se destaca o ingá (*Inga edulis* Mart.) (Alegre e Rao 1996), *Cajanus cajan* (L.) Millsp (Bohringer *et al.* 1994), gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) (Tian e Brusaard 1993), leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) (Lupwayi *et al.* 1999). Esta técnica deve ser mais bem pesquisada para o estabelecimento de sistemas de produção com espécies frutíferas.

É necessário também considerar que no sistema de cultivo em aleias, o espaço ocupado pelas leguminosas pode diminuir o rendimento físico da cultura de interesse e

também pode haver competição por água e nutrientes entre as espécies que são consorciadas (Bertalot 2003). Deste modo, o conhecimento sobre as espécies combinadas numa mesma área é essencial para o sucesso do sistema, sendo necessário compreender os processos que acontecem constantemente, bem como a interação entre seus componentes (Lunz e Franke 1998). Este trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de biomassa de leguminosas arbóreas sobre o crescimento inicial de pupunheiras no sistema de cultivo em aleias, bem como obter maiores informações sobre o crescimento, sobrevivência, grau de cobertura do solo e fitossanidade das plantas de pupunha, em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido em três propriedades agrícolas pertencentes à comunidade Vila Canaã, localizada no Km 41 da BR-174, Manaus, AM, segundo as coordenadas geográficas 02° 36' 41,1" S e 059° 59' 41,9" W Gr. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Af, caracterizado com tropical chuvoso, cuja precipitação anual é superior a 2000 mm. Os dados meteorológicos durante o período experimental de dezembro de 2012 a abril de 2013 foram coletados no Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, e estão apresentados na Figura 1. O solo das propriedades foi classificado como Latossolo Amarelo, textura argilosa. As espécies de leguminosas selecionadas para adubação verde da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) foram a ingá (*Inga edulis* Mart.), a palheteira (*Clitoria fairchildiana* Howard) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.).

As sementes de ingá foram procedentes da Estação Experimental de Fruticultura Tropical – EEFT do INPA, na BR-174, Km 45. As de palheteira foram de matrizes estabelecidas da Estação Experimental de Hortaliças - EEH, do INPA, rodovia AM 010, Km 14 e as de sabiá de plantas cultivadas como cerca viva em uma propriedade agrícola localizada na BR-174, Km 13, todas no município de Manaus, AM.

Para a realização do plantio no sistema em aleias, foram produzidas mudas das espécies de leguminosas no viveiro de mudas, setor de Microbiologia do Solo, da Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde – CSAS, INPA, no Campus do V-8, Manaus, AM. As mudas permaneceram no viveiro durante 3 meses onde os recipientes plásticos foram deslocados e irrigados regularmente. As mudas de pupunheira, com idade de sete meses, foram obtidas na Fazenda Aruanã, rodovia AM 010, Km 213, Itacoatiara, AM. Para a realização do plantio, as mudas foram transportadas até área do experimento.

O ensaio de campo foi realizado durante os meses de maio de 2012 e abril de 2013. A vegetação inicial da área destinada ao experimento nas propriedades era, respectivamente, capoeira de 2 anos na propriedade 1, um plantio de bananeira na 2, e capoeira de 1 ano na 3. Para o preparo da área, pela prática da roçagem, a vegetação foi rebaixada 30 dias antes da implantação do experimento, retirando-se apenas os materiais mais lenhosos.

Em cada local selecionado para o estabelecimento do experimento, amostras compostas de solo foram coletadas antes da implantação, em maio de 2012, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm para determinação das características iniciais da área. Posteriormente, 13 semanas após a poda e distribuição da biomassa das leguminosas nas entrelinhas, em abril de 2013, uma nova amostragem do solo foi efetuada nas profundidades de 0-10 cm, para avaliar o efeito dessa biomassa sobre as características químicas do solo. Nas determinações, o nitrogênio foi obtido após digestão sulfúrica seguida de destilação conforme método de Kjeldahl (Sarruge e Haag 1974). O fósforo foi extraído por resina e determinado por colorimetria; o K, Ca e Mg, foram extraídos por resina, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica, e o C orgânico, pelo método Walkley-Black, onde posteriormente foram estimados os teores de matéria orgânica do solo. O pH foi determinado em solução salina (CaCl_2 0,01 mol L⁻¹) e a acidez potencial, extraída por solução SMP (Mafra *et al.* 1998).

O plantio definitivo das leguminosas foi realizado em maio de 2012, e da pupunheira foi em dezembro do mesmo ano, após a abertura de covas de 40 x 40 x 40 cm. Foi realizada uma adubação inicial nas leguminosas, onde em cada cova foi adicionado 1 L de esterco bovino curtido, e no entorno de cada planta foi adicionado 80 g de calcário dolomítico, 89 g de superfosfato triplo e 69 g de cloreto de potássio, correspondente a uma recomendação de 200 kg ha⁻¹ para o calcário dolomítico, e de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O para fósforo e o potássio, respectivamente. Adicionalmente aplicou-se 3 g cova⁻¹ de micronutrientes na forma de FTE, produto comercial, as quantidades utilizadas para adubação mineral foram adaptadas de Cravo (1990). A pupunheira beneficiou-se da adubação residual, sem nitrogênio, feita nas covas de plantio de açaí, realizado no planejamento inicial do sistema, e que foi substituído por sua alta mortalidade.

O espaçamento adotado para as leguminosas foi de 1 m entre plantas nas aleias, e para a pupunheira nas entrelinhas foi utilizado o espaçamento de 2 m. Cada parcela foi constituída por 27 plantas de leguminosas e 30 de pupunheira (Figura 1). A área constituída por cada parcela foi de 80 m² e a de cada bloco de 320 m². Nas avaliações foram desconsideradas as plantas da bordadura, avaliando-se somente o interior da parcela, consistindo em 9 plantas de leguminosas e 9 de pupunheira.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro tratamentos, e três repetições de 9 plantas. Foram testadas as três espécies de leguminosas em consórcio com a pupunheira. O desenho resultou nos seguintes sistemas: pupunheira e ingá (P e I), pupunheira e palheteira (P e PA), pupunheira e sabiá (P e S), e como controle a pupunheira solteira (PS).

Para avaliar a quantidade e qualidade da biomassa produzida pelas leguminosas, foi realizada a poda das plantas a 1 m de altura às 28 semanas após o plantio. Em condições de campo foram estimadas a biomassa fresca produzida, usando-se uma balança suspensa. Posteriormente, o material coletado foi seco em estufa regulada para 65°C por 72 horas para determinação do peso da biomassa seca, posteriormente o material mais lenhoso foi separado e pesado, para determinação do peso das folhas secas por subtração. Alíquotas representativas das folhas secas das leguminosas de cada tratamento foram retiradas, e depois de trituradas foram peneiradas, para determinação dos nutrientes contidos no material foliar. O restante da biomassa foi devolvido ao sistema e distribuído nas entrelinhas de pupunheira de cada tratamento.

Para as determinações dos teores de nutrientes nas folhas, foi realizada análise química no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA. O Ca, Mg, K, e P foram obtidos após digestão nitroperclórica. O N foi determinado após digestão sulfúrica, seguida por destilação conforme método Kjeldahl (Sarruge e Haag 1974). Para as análises dos microelementos, as determinações de F, Mn e Zn foram por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) (Embrapa 1999). Com base nos valores determinados no material foliar e o peso da biomassa produzida, foi estimada a contribuição da biomassa de cada leguminosa para a adubação verde da pupunheira.

Para avaliar o efeito da adição da biomassa ao solo sobre o crescimento da pupunheira, foram tomadas medidas mensais do comprimento do caule e diâmetro no nível do solo da pupunheira (Benincasa 1988). As 13 semanas, foram determinadas a área de cobertura, diâmetro médio e grau de cobertura da copa (Durigan e Garrido 1992). Com o auxílio de fita métrica, foram tomadas medidas a partir da projeção vertical dos limites da copa sobre o terreno. O critério estabelecido para estas medidas foi a linha norte-sul para a primeira medição e os limites cruzados leste-oeste, determinando-se posteriormente o diâmetro médio da copa. Estas determinações foram utilizadas para calcular a área coberta pelas plantas. O grau de cobertura corresponde à porcentagem da área que é coberta pela projeção das copas, considerando-se o espaçamento das plantas. Nestas avaliações,

aproveitou-se para determinar a sobrevivência da pupunheira, evidenciando também o seu grau de mortalidade.

Durante o período experimental foram feitas observações sobre o estado sanitário da pupunheira, avaliando sua susceptibilidade ao ataque de pragas e/ou doenças. Nestes registros observou-se a integridade da área foliar, queda de folhas, ocorrência de manchas ou evidências de doenças fúngicas ou bacterianas. Foi realizada uma limpeza a cada dois meses no entorno de cada planta, num raio de 50 cm, para favorecer seu estabelecimento.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey para comparação das médias entre os tratamentos, utilizando-se o programa Estat (UNESP, versão 2002). Para efeito de análise, os dados da concentração de nutrientes na biomassa foliar foram transformados para $\arcseno\sqrt{x+0,01}$ (Centeno 1990).

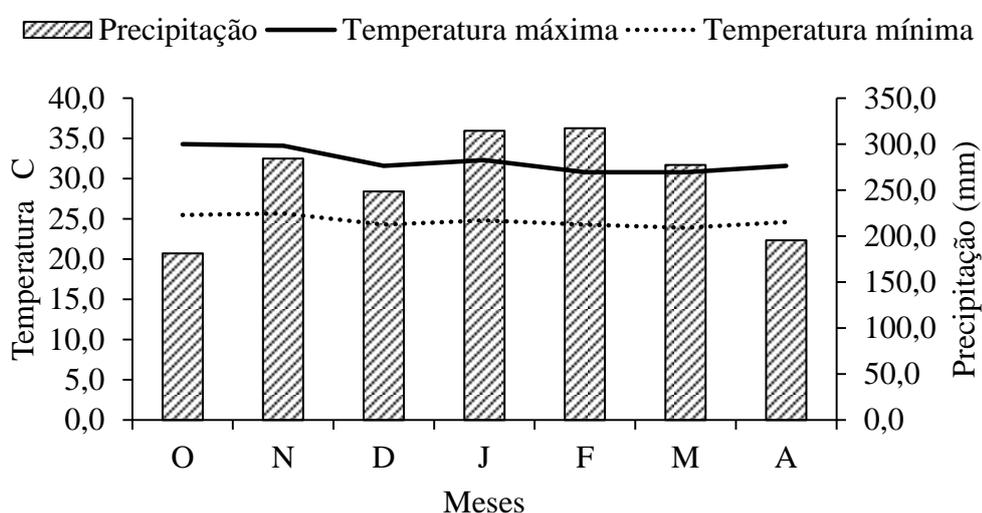


Figura 1. Dados climatológicos do período experimental de outubro de 2012 a abril de 2013. Manaus, AM. Fonte: INMET, 2012-2013.

Tabela 1. Características químicas iniciais do solo Latossolo Amarelo, coletado em duas profundidades, em propriedades agrícolas do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Blocos	pH (KCl)	C		H+Al	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn	Mn
		---	M.O. ¹								
		---g kg ⁻¹ ---		-----cmol _c kg ⁻¹ -----		-----mg kg ⁻¹ -----					
0-10 cm											
B-1	3,82	21,7	37,3	1,52	1,79	0,57	3,3	72,0	325,0	1,2	9,0
B-2	4,75	22,2	38,1	0,93	1,52	0,40	6,0	48,0	315,0	1,3	9,4
B-3	4,49	26,8	46,1	1,81	1,54	0,10	9,0	45,0	315,0	1,1	2,8
10-20 cm											
B-1	3,96	19,6	33,7	1,27	0,52	0,18	6,0	68,0	301,0	0,4	3,0
B-2	4,66	18,2	31,2	0,70	1,49	0,30	7,2	41,0	337,0	0,9	6,1
B-3	4,55	12,3	21,1	1,20	0,63	0,08	7,8	26,0	409,0	0,8	3,2

¹M.O. – Matéria orgânica.

Resultados e Discussão

As características químicas iniciais das áreas com Latossolo Amarelo selecionadas para a pesquisa eram tipicamente as encontradas nessa classe de solo tropical após alguns anos de exploração agrícola ou pecuária, conforme pode ser verificado na Tabela 1. De maneira geral a disponibilidade de nutrientes decai com o incremento da profundidade do perfil, já que é o horizonte superficial que recebe aportes de matéria orgânica influenciando o ciclo de todos os demais nutrientes. Foi verificado que a propriedade 1, onde foi implantado o Bloco I, o solo apresentava uma condição de acidez em relação às outras, inferior a 4,0, o que resulta em uma condição adversa ao crescimento vegetal e interfere na disponibilidade de vários nutrientes, especialmente porque nesta área também foram verificados os menores valores para carbono e matéria orgânica e também teores elevados de Fe. Destaca-se na propriedade I também a menor disponibilidade de P.

Em solos muito ácidos a matéria orgânica minimiza os efeitos da acidez, aumenta a capacidade de troca de cátions, e sua baixa disponibilidade impacta o estabelecimento dos cultivos, além de diminuir os níveis de nitrogênio já que no solo 98 % do nitrogênio disponível é resultante da mineralização da matéria orgânica (Marschner 1990). Nesta condição adversa o P é complexado pelo alumínio, tornando-se também um nutriente limitante. Os processos de lixiviação de nitrato também são incrementados já que este se complexa ao hidrogênio e não se prende a superfície das partículas, sendo removido do perfil. O cenário adverso de desequilíbrio químico adequa-se a práticas de manejo que incrementem os níveis de matéria orgânica do solo.

Das três áreas selecionadas, no horizonte 0-10 cm, os maiores teores de matéria orgânica foram verificados no Bloco III, entretanto, neste local também foi identificado um elevado nível de acidez trocável e a disponibilidade de P foi baixa, contrária a dos outros blocos onde está foi deficiente. Em todas as áreas, como já apontado, na profundidade do solo de 10-20 cm foi verificada uma menor disponibilidade de matéria orgânica e carbono, Ca, Mg, K, Zn e Mn. Essa é a condição de solo da terra firme que os agricultores têm o desafio de manejar e praticar a agricultura na classe dos Latossolos Amarelos que foram submetidos à técnica tradicional de corte e queima o que é um desafio para a pesquisa científica na região tropical.

As informações sobre a quantidade e qualidade da biomassa podada das leguminosas arbóreas, fornecem maiores subsídios para interpretação da função das espécies como plantas

para adubação verde da pupunheira. Nas condições experimentais foi verificado que a quantidade de biomassa foliar seca do sabiá ultrapassou 0,7 t ha⁻¹ no sistema P e S (Tabela 2). Já a poda das aleias de ingá possibilitou uma adição de folhas secas de mais de 0,6 t ha⁻¹ ao sistema P e I, e de 0,2 t ha⁻¹ ao sistema P e PA.

Tabela 2. Quantidade de folhas secas e de nutrientes adicionados pela biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), podadas a 1 m de altura, após 28 semanas de cultivo em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Sistema de cultivo	Folhas secas	N	P	K	Ca	Mg
	-----kg ha ⁻¹ -----					
Pupunha e ingá	606,09	30,90	1,80	7,25	7,15	1,37
Pupunha e palheteira	247,50	11,45	0,85	3,35	2,15	0,60
Pupunha e sabiá	771,35	31,20	2,30	10,50	7,30	1,95

A Tabela 2 também fornece informações sobre as quantidades de nutrientes adicionados ao solo pela biomassa das leguminosas. Observa-se que a maior entrada de N ao sistema em aleias é oriunda da biomassa foliar do sabiá e do ingá. No sistema P e S, o sabiá proporcionou um aporte de N de 31,20 kg ha⁻¹; o ingá por sua vez, proporcionou 30,90 kg ha⁻¹ ao sistema P e I. A palheteira foi a espécie que contribuiu com um menor aporte de N no sistema em aleias com a pupunheira.

A biomassa podada das leguminosas também contribui para a ciclagem de outros macronutrientes no sistema. Dada a maior produção de folhas secas do sabiá, como já evidenciado, sua biomassa também acrescentou mais P, K, Ca e Mg ao sistema, comparado ao ingá e a palheteira. Estas contribuições da biomassa do sabiá foram em média 21,7, 30,9 e 29,7 % respectivamente maiores, para o P, K e Mg, comparado ao ingá. A palheteira apresentou o menor aporte de nutrientes adicionados ao solo, pela deposição de sua biomassa podada neste primeiro corte.

Fernandes *et al.* (1993) conduziram um estudo em Argissolo para avaliar a quantidade de nutrientes adicionados ao solo com a biomassa de leguminosas arbóreas cultivadas em sistema de aleias, e obtiveram uma produção de 3,7 t ha⁻¹ de biomassa seca de ingá, bem como a entrada de 147,0 Kg ha⁻¹ de N. Ferraz Júnior *et al.* (2006) realizaram um estudo em solo Argissolo Vermelho Amarelo em São Luiz, Maranhão, utilizando diferentes leguminosas arbóreas cultivadas em sistema de aleias, obtiveram uma produção de 0,2 t ha⁻¹

de biomassa seca de palheteira, assim como um aporte de 6,4 Kg ha⁻¹ de N, no primeiro ano de cultivo.

As concentrações dos macronutrientes presentes nas folhas das leguminosas fornecem informações sobre a qualidade da biomassa produzida. Foram constatadas tendências similares na concentração dos nutrientes nas folhas, àqueles observados para as estimativas da quantidade de nutrientes adicionados ao solo para alguns dos macronutrientes. Destaca-se a maior concentração de N nas folhas do ingá e da palheteira, que foi de 3,40 e 3,14 % respectivamente. O sabiá por sua vez apresentou apenas 2,65 % de N nas folhas, todavia apesar desta menor concentração, comparada as demais espécies, o sabiá ainda contribuiu com a maior quantidade de N adicionado ao solo pela deposição da biomassa foliar, como já evidenciado. Não houveram variações acentuadas nas concentrações dos demais macronutrientes nas folhas entre as espécies de leguminosas

Tabela 3. Concentração de nutrientes na biomassa foliar podada a 1 m de altura de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), cultivadas em sistema de aleias, após 28 semanas, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----				
Ingá	3,40	0,20	0,91	0,79	0,15
Palheteira	3,14	0,24	0,89	0,58	0,16
Sabiá	2,65	0,19	0,91	0,63	0,17

As informações sobre as características químicas do solo após a adição da biomassa das leguminosas estão disponibilizadas na Tabela 4. Não houve diferença significativa no pH do solo entre os tratamentos. Entretanto, os efeitos da acidez foram amenizados comparados à condição inicial do solo. Os tratamentos que receberam a deposição da biomassa de palheteira e sabiá tiveram um aumento significativo nos teores de C e M.O. comparado ao tratamento com a pupunha solteira (PS) que não recebeu biomassa. No sistema com a pupunheira e o sabiá (P e S), foi constatado um aumento significativo no teor de P nestes primeiros 10 cm de profundidade. O teor de Mg foi significativamente superior no sistema da pupunheira e palheteira (P e PA) comparo ao sistema com a pupunheira solteira (PS). Não houve diferenças significativas nos teores de N, K e Ca entre os tratamentos. Resultados similares foram obtidos por Moura *et al.* (2010) que também constataram maiores teores de carbono, matéria orgânica e Mg no solo, nas entrelinhas que receberam o aporte da biomassa de *Clitoria*

fairchildiana, *Acacia mangium*, *Canajus cajan* e *Leucaena leucocephala*, no sistema em aleias com milho.

Tabela 4. Efeito da adição da biomassa podada de aleias de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), consorciadas com pupunha (*Bactris gasipaes*), nas características químicas do solo, a 0-10 cm de profundidade, após 16 semanas da distribuição sob cobertura, em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Sistema de cultivo ²	pH (H ₂ O)	C	M.O. ³	N	P	K	Ca	Mg
		-----g kg ⁻¹ -----			-----mg kg ⁻¹ -----		---cmol _c kg ⁻¹ ---	
PS	4,74 a	23,23 b	39,96 b	0,84 a	7,09 ab	51,10 a	0,61 a	0,23 b
P e I	4,78 a	27,24 ab	46,85 ab	1,03 a	6,35 b	59,60 a	0,55 a	0,25 ab
P e PA	4,76 a	29,21 a	50,23 a	1,01 a	7,06 ab	86,26 a	0,57 a	0,44 a
P e S	4,79 a	29,37 a	50,51 a	0,99 a	8,19 a	84,60 a	0,64 a	0,26 ab
Teste F	0,56 ^{ns}	4,33*	4,33*	2,74 ^{ns}	3,42*	3,17 ^{ns}	0,34 ^{ns}	3,80*

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade (P<0,05), pelo teste de Tukey; ^{ns}não significativo.

²PS (Pupunha solteira); P e I (Pupunha e ingá); P e PA (Pupunha e palheteira); P e S (Pupunha e sabiá).

³M.O. – Matéria orgânica.

O aporte de biomassa adicionado ao solo pelas folhas das leguminosas não afetou significativamente a altura das plantas de plantas de pupunheira entre os tratamentos, às 4, 8 e 12 semanas depois do cultivo. Já às 16 semanas após o cultivo, houve diferença estatística a 5% de significância na altura das plantas, onde esta foi superior nos tratamentos que receberam a biomassa das leguminosas, em contrariedade com o controle. Yuyama e Silva (2003) estudando o desenvolvimento inicial de pupunheiras em monocultivo e intercalado com amendoim (*Arachis hipogaeae* L.), também observaram um maior crescimento na altura das plantas de pupunheira no sistema intercalado com esta leguminosa, após a adição de sua biomassa.

Em relação ao crescimento diamétrico das plantas de pupunheira, a adição da biomassa das leguminosas não influenciou significativamente o diâmetro no nível do solo das plantas (Tabela 6). Estas observações seguiram durante todo o período de acompanhamento desta variável.

Tabela 5. Acompanhamento da evolução do crescimento em altura (cm) de pupunheira (*Bactris gasipaes*) após seu plantio em sistema de aleias com ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, município de Manaus, AM.¹

Sistema de cultivo	4	8	12	16
	-----semanas-----			
Pupunha solteira	16,3 a	16,8 a	16,9 a	17,1 b
Pupunha e ingá	15,6 a	15,9 a	16,7 a	19,1 a
Pupunha e palheteira	16,2 a	16,5 a	16,6 a	18,6 a
Pupunha e sabiá	17,2 a	17,6 a	17,9 a	19,5 a
Teste F	1,07 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,84 ^{ns}	2,54**

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 1 % de probabilidade, (P<0,01), pelo teste de Tukey; ^{ns}não significativo.

Tabela 6. Acompanhamento da evolução do crescimento do diâmetro no nível do solo (mm) de pupunheira (*Bactris gasipaes*) após seu plantio em sistema de aleias com ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

Sistema de cultivo	4	8	12	16
	-----semanas-----			
Pupunha solteira	5,9 a	6,0 a	7,1 a	7,9 a
Pupunha e ingá	5,5 a	6,0 a	7,5 a	8,7 a
Pupunha e palheteira	5,0 a	5,7 a	7,0 a	8,2 a
Pupunha e sabiá	5,6 a	5,8 a	7,7 a	8,5 a
Teste F	1,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,41 ^{ns}

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,01); ^{ns}não significativo.

As informações sobre o diâmetro de cobertura, área e grau de cobertura da pupunheira após a adição da biomassa das leguminosas estão apresentadas na Tabela 7. Foram constatadas tendências de diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis já mencionadas, pelo Teste F. Mesmo os tratamentos que receberam a biomassa das leguminosas não diferenciaram do tratamento controle nestas características avaliadas. Estas observações podem ser atribuídas ao curto período de avaliação do desenvolvimento da pupunheira, uma vez que as informações seguem apenas 16 semanas de acompanhamento.

Quanto ao estado fitossanitário das plantas de pupunheira, foram observados sinais de queimadura nas folhas na quarta semana após o plantio, em todos os tratamentos, em seguida, com a intensificação das chuvas as plantas se recuperaram rapidamente. A partir da oitava semana foi registrada ocorrência de manchas foliares nas plantas de todos os tratamentos. Neste mesmo período, ainda foram constatados sintomas de clorose nas folhas da pupunheira, que possivelmente podem estar relacionados à deficiência de N. Entretanto, a

partir do terceiro mês, nos tratamentos onde foi adicionada a biomassa das leguminosas, as folhas passaram a apresentar coloração verde, em contrariedade com o sistema da pupunheira solteira, onde não houve adição de biomassa. Ao final do experimento, as 16 semanas após o plantio, a sobrevivência das plantas de pupunheira era de 96,67 % no tratamento que continha a pupunheira solteira (PS), 94,45 % para a P e PA, 93,34 % na P e I, e 91,12% no sistema P e S.

Tabela 7. Diâmetro médio de cobertura, área de cobertura e grau de cobertura da pupunheira (*Bactris gasipaes*) após 16 semanas da adição da biomassa de ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), em solo Latossolo Amarelo do Ramal da ZF-1, Vila Canaã, Manaus, AM.¹

Sistema de cultivo	Diâmetro médio de cobertura (cm)	Área de cobertura (m ²)	Grau de cobertura (%)
Pupunha solteira	22,8 a	0,06 a	1,39 a
Pupunha e ingá	27,8 a	0,08 a	2,09 a
Pupunha e palheteira	27,9 a	0,08 a	2,07 a
Pupunha e sabiá	28,3 a	0,08 a	2,03 a
Teste F	3,08*	2,78*	2,86*

¹As médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si no nível de 5 % de probabilidade (P<0,05), pelo teste de Tukey.

Conclusão

O plantio da pupunheira feito oito meses após o estabelecimento de leguminosas arbóreas em solo Latossolo Amarelo beneficiou-se da biomassa depositada na primeira poda, por uma maior altura das plantas de pupunha (*Bactris gasipaes*) 16 semanas após o seu estabelecimento, no sistema em aleias comparado ao monocultivo.

Na camada de 0-10 cm do solo, o aporte da biomassa podada de leguminosas arbóreas amenizou os efeitos adversos da acidez com aumento de carbono e matéria orgânica e da disponibilidade de nutrientes essenciais, quando comparada a condição inicial do solo e após 16 semanas da deposição.

O primeiro ano para o estabelecimento de sistemas agroflorestais do tipo cultivo em aleias com ingá (*Inga edulis*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifonia*) consorciado com pupunha, mostrou-se promissor em solo Latossolo Amarelo da Amazônia Central.

Referências

- Alegre, J.C.; Rao, M.R. 1996. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. *Agriculture Ecosystems Environment*, 57: 17-25.
- Arco Verde, M.F. 2008. *Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira*. Tese de Doutorado, Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 188p.
- Benincasa, M.M.P. 1988. Análises de crescimento de plantas (Noções básicas). FUNEP, Jaboticabal, 42p.
- Bertalot, M.J.A. 2003. *Cultura do milho (Zea mays L.) em sucessão com aveia preta (Avena strigosa Schreb.) em áreas sob manejo agroflorestal em aleias com Leucaena diversifolia*. Tese de doutorado, Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas. 88p.
- Bertalot, M.J.A.; Guerrini, I.A.; Mendoza, E.; Pinto, M.S.V. 2008. Análise econômica e produção de milho (*Zea mays*) sob sistema agroflorestal e tradicional. *Revista Ceres*, 55(5): 425-432.
- Bohringer, A.; Tamo, M.; Dreyer, H.M. 1994. Growth and productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes for use in alley cropping and their interactions with the environment. *Experimental Agriculture*, 30(2): 207-215.
- Centeno, A.J. 1990. *Curso de estatística aplicada à biologia*. UFG, Goiânia, Centro Editorial, Coleção didática 3, 1990, 188p.
- Cravo, M.S. 1988. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Pará. 1 Ed. vol.1. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, 262p.
- Clement, C. R. 1986. The pejibaye palm (*Bactris gasipaes* Kunth.) as an agroforestry component. *Agroforestry Systems*, 4: 205-219.
- Clement, C. R. 1988. Domestication of the pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth.): past and present. *Advances Econ Bot*, 6: 155-174.
- Clement, C. R. 1989. The potential use of the pejibaye palm in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 7: 201-212.
- Clement, C.R.; Mora-Urpí, J. 1987. The pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth., Arecaceae): multi-use potential for the lowland humid tropics. *Journal of Economic Botany, Washington*, 41(2): 302-311.
- Durigan, G.; Garrido, M.A.O. 1992. Dendrometria de essências nativas. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paulo.
- Embrapa. 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, 370p.

- Fearnside, P.M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, 36(3): 395-400.
- Ferraz Júnior, A.S.L.; Souza, S.R.; Stark, E.M.L.M.; Fernandes, M.S. 2006. Fitomassa, distribuição de raízes e aporte de nitrogênio e fósforo por leguminosas cultivadas em aleias em solo de baixa fertilidade. *Floresta e Ambiente*, 13(1): 61-68.
- Fernandes, E.C.M., Davey, C.B.; Nelson, L.A. 1993. Alley cropping on na acid soil in the upper Amazon: mulch, fertilizer and hedgerow root pruning effects. *America Society of Agronomy* (Special Publication), 56: 77-96.
- Kang, B.T.; Reynolds, L.; Atta-krah, A.N. 1990. Alley farming. *Advanced Agronomy*, 43: 15-359.
- Kaya, B.; Nair, P.K.R. 2001. Soil fertility and crop yields under improved-fallow systems in southern Mali. *Agroforestry Systems*, 52: 1-11.
- Leitman, P.; Henderson, A.; Noblick, L. 2010. Arecaceae. In: Forzza, R.C. *et al* (Org.). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*, v. 2. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p.665-675.
- Lorenzi, H.; Souza, H.M.; Medeiros-Costa, J.T.; Cerqueira. L.S.C.; Von Behr, N. 1996. *Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas*. Nova Odessa, Plantarum, 1998, 303p.
- Lunz, A.M.P.; Franke, I.L. 1998. Recomendações técnicas para desenho de sistemas agroflorestais multiestratos no estado do Acre. EMBRAPA-CPAF, Comunicado técnico 87, 2p.
- Lupwayi, N.Z.; Haque, I.; Saka, A.R.; Siaw, D.E.K.A. 1999. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian higlands. II. Maize yields and nutrient uptake. *Biology Fertility Soils*, 28: 196-203.
- Mafra, A.L.; Miklós, A.A.W.; Vocurca, H.L.; Harkaly, A.H.; Mendoza, E. 1998. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo cultivo em aleias e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, 54: 41-54.
- Marschner, H. 1990. Nutrient availability in soils. In: Marschner, H. 1990. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, 4^a ed. p.411-428.
- Mora Urpí, J.; Vargas, E.; Lopez, C.A.; Villaplana, M.; Allon, G.; Blanco, C. 1982. *El Pejibaye*. San Jose, Bco. Nacional de Costa Rica, U. de Costa Rica. p. 5-6.
- Mora Urpí, J. 1983. El pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth.): origem, biologia floral y manejo agrônômico. In: Workshop on Under Utilized Palms Tropical America, 43. Proceedings. p.118-160.
- Mora Urpí, J. 1999. Consideraciones sobre el futuro del mercado internacional. In: San José, C.R. *Palmito de Pejibaye (Bactris gasipaes Kunth.): Su cultivo e industrialización*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, p.212-215.

- Moreira Gomes, J.B.; Oliveira, L.A. 2013. Rendimento produtivo e econômico da pupunha, mandioca, banana-pacovão, abacaxi e urucu, em monocultivos e consórcios na região de Manaus, AM. *In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. (Orgs). Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central*. Wega, Manaus, AM, p.123-132.
- Moura, E.G.; Serpa, S.S.; Santos, J.G.D.; Sobrinho, J.R.S.C.; Aguiar, A.C.F. 2010. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. *Plant Soil*, 335: 363-371.
- Noda, H.; Machado, F.M.; Coelho Neto, R.A.; Silva Filho, D.F. 2013. *In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. (Orgs). Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central*. Wega, Manaus, AM, p.43-60.
- Oliveira, L.A. 1991. Ocupação racional da Amazônia: o caminho para preservar. *In: Val, A.L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds.). Bases Científicas para Estratégias de preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Manaus, INPA, p.47-52.
- Sarruge, J.R.; Haag, H.P. 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQUSP. 56p.
- Tian, G., Brusaard, L. 1992. Biological effects of plant residues with contrasting chemical composition under humid tropical condition: decomposition and nutrient release. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 1051-1060.
- Yuyama, K.; Silva, F. M. S. 2003. Desenvolvimento inicial de pupunheira em monocultivo e intercalado com culturas anuais. *Horticultura brasileira*, 22(1): 15-19.
- Yuyama, K.; Pereira, B.G.; Coelho, E.C.S. 2013. Adubação da Pupunheira para produção de palmito na Amazônia. *In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. (Orgs). Pesquisas Agronômicas para a Agricultura Sustentável na Amazônia Central*. Wega, Manaus, AM, p.123-132.