



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LÍVIA GABRIG TURBAY RANGEL VASCONCELOS

**BIOMASSA, ESTOQUES DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA LEVE DO
SOLO DE VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS EM SISTEMA
DE CORTE-E-TRITURAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Belém
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

LÍVIA GABRIG TURBAY RANGEL VASCONCELOS

**BIOMASSA, ESTOQUES DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA LEVE DO
SOLO DE VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS EM SISTEMA
DE CORTE-E-TRITURAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção título de Doutor em Ciências Agrárias, concentração em Agroecossistemas sustentáveis da Amazônia, Linha de pesquisa em Sistemas Pecuários e Agroflorestais.

Orientador: Osvaldo Ryohei Kato

**Belém
2011**

Rangel-Vasconcelos, Livia Gabrig Turbay

Biomassa, estoques de nutrientes e matéria orgânica leve do solo de vegetação de pousio sob diferentes manejos em sistema de corte-e-trituração na Amazônia Oriental. / Livia Gabrig Turbay Rangel Vasconcelos – Belém, 2011.

124 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

1. *Sclerolobium paniculatum* 2. *Inga edulis* 3. Capoeira 4. Serrapilheira 5. Raízes finas. 6. Solo – qualidade I. Título

CDD – 634.99



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA

DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS



LÍVIA GABRIG TURBAY RANGEL VASCONCELOS

**BIOMASSA, ESTOQUES DE NUTRIENTES E MATÉRIA ORGÂNICA LEVE DO
SOLO DE VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS EM SISTEMA
DE CORTE-E-TRITURAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção título de Doutor em Ciências Agrárias, concentração em Agroecossistemas sustentáveis da Amazônia, Linha de pesquisa em Sistemas Pecuários e Agroflorestais

Aprovada em 31 de agosto de 2011

BANCA EXAMINADORA

Oswaldo Ryohei Kato - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo - 1ª Examinadora
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

Francisco de Assis Oliveira - 2º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Mario Lopes da Silva Júnior - 3º Examinadora
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Gladys Ferreira de Sousa - 4º Examinador
INICIATIVA AMAZÔNICA

Dedico,
À Cárita e Isabel, minhas duas estrelas-guia;
Ao meu marido Steel, pelo seu amor e
dedicação;
Aos meus queridos avós Virgínia (em memória)
e Clóvis Rangel (em memória), Margarida e
Oscar Gabrig (em memória) que são exemplos
para a minha vida...

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida, do trabalho e do aprendizado.

Ao Dr. Osvaldo Ryohei Kato, pela oportunidade do trabalho e por toda orientação, apoio e confiança.

Ao produtor familiar Sr João Barros por ter cedido parte de sua área para a implantação do experimento.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao corpo docente do programa de doutorado em Ciências Agrárias pelos conhecimentos transmitidos.

À Embrapa Amazônia Oriental e em especial ao projeto Tipitamba pelo apoio financeiro e logístico e ao laboratório de Ecofisiologia pelo apoio nas análises da matéria orgânica do solo.

Ao Professor Francisco de Assis Oliveira pelo apoio e oportunidade de realização das análises de raízes finas, cedendo estagiários e espaço físico para a realização do trabalho.

Aos funcionários, pesquisadores e estagiários da Embrapa Amazônia Oriental, vinculados ao projeto Tipitamba: Paulo Roberto Ferreira, Eliana Maria Souza, Edilson Barreto da Silva, Luiz Gonzaga Aviz, Josie Helém Ferreira, Maurício Shimizu, Anna Roffé, Lucilda Maria de Matos e Dr. Ricardo Figueiredo de Oliveira, pelo apoio na execução do trabalho, carinho e amizade nos diversos momentos.

Aos colegas da turma de 2007: José Romano (Zezinho), Núbia Santos, Professor Tabosa (em memória), Sandra Andréa, Luis Augusto, Márcia Aviz, Luíz e Alcione Santos pela amizade, troca de energia e momentos de descontração.

À Fabíola Fernandes, Ana Sílvia Sardinha, Célia Maria Braga e Cláudia Márcia Macedo, pela amizade, apoio e incentivo ao projeto de tese.

Aos colegas Florestais que na época ainda eram estudantes: Tobias Brancher pelo apoio total na instalação do experimento; Aline Paim, Thiago Greff e Kelen Soares apoio na coleta da biomassa da vegetação de pousio e preparo da área experimental.

Aos estagiários Daniel Barroso, Érika da Costa, Paula Bispo, Laíse Barros e Núbia Vasconcelos pelo auxílio nas diversas fases do experimento, coleta, preparo e análise de amostras.

Ao técnico agrícola e identificador botânico Ednaldo Nascimento pelo apoio nas diversas fases do experimento e dedicação na identificação das espécies vegetais e ao trabalhador Rural João Rogério Palha, o Barata, pelo auxílio na manutenção e apoio na coleta de dados e amostras durante todo o experimento.

Ao Antônio Kledson e Ivanildo Trindade pelo apoio na 3ª coleta de solo.

À Neusa Ferreira da Silva, do laboratório de Ecofisiologia, pelo total apoio nas análises da matéria orgânica do solo enquanto estive impedida de frequentar o laboratório por conta da gravidez e o nascimento de Isabel.

A todos àqueles que eu tenha me esquecido de mencionar, mas que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

A ciência é obra do gênio humano; só pelo trabalho deve ser adquirida, pois só pelo trabalho é que o homem se adianta no seu caminho.

Allan Kardec

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT	10
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2.1 Referencial Teórico	13
1.2.3 O Estudo	20
REFERÊNCIAS	33
2 BIOMASSA E ESTOQUES DE NUTRIENTES EM VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS EM SISTEMA DE CORTE-E-TRITURAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL	42
RESUMO.....	42
ABSTRACT	42
2.1 INTRODUÇÃO	43
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	45
2.2.1 Descrição da área.....	45
2.2.2 Descrição do experimento	47
2.2.3 Crescimento das leguminosas introduzidas no sistema.....	48
2.2.4 Amostragem parte aérea, serrapilheira e raízes	48
2.2.5 Análises químicas do material vegetal	49
2.2.6 Análise estatística	50
2.3 RESULTADOS	52
2.3.1 Crescimento, biomassa e estoques de nutrientes das árvores leguminosas introduzidas no sistema submetidas ou não à adubação fosfatada.....	52
2.3.2 Biomassa e estoques de nutrientes da vegetação de pousio sob diferentes manejos.....	63
2.3.3 Massa seca e estoques de nutrientes na serrapilheira de vegetação de pousio sob diferentes manejos	66
2.3.4 Massa seca e estoques de nutrientes nas raízes finas em vegetação de pousio sob diferentes manejos	69
2.3.5 Massa seca e estoques totais de nutrientes em vegetação de pousio sob diferentes tipos de manejos	72
2.4 DISCUSSÃO	76

2.4.1 Crescimento e biomassa das árvores leguminosas introduzidas em sistema de enriquecimento de pousio submetidas ou não à adubação fosfatada de baixa solubilidade.....	76
2.4.2 Biomassa e estoques de nutrientes da vegetação de pousio sob diferentes manejos.....	80
2.4.3 Massa e estoques de nutrientes da serrapilheria da vegetação de pousio sob diferentes manejos.....	83
2.4.4 Massa seca e estoques de nutrientes pelas raízes finas.....	84
2.4.5 Massa seca e estoques totais de nutrientes em SAF seqüencial de corte-e-trituração de vegetação de pousio sob diferentes manejos	85
2.5 CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS	87
3 FRAÇÕES LEVES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL SEQÜENCIAL DE CORTE-E-TRITURAÇÃO COM VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL.....	93
RESUMO.....	93
ABSTRACT	93
3.1 INTRODUÇÃO	94
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	96
3.2.1 Descrição da área.....	96
3.2.2 Descrição do experimento	96
3.2.3 Amostragem de solo	98
3.2.4 Determinações físico-químicas.....	98
3.2.6 Análise estatística	99
3.3 RESULTADOS	100
3.4 DISCUSSÃO	114
3.5 CONCLUSÃO.....	119
REFERÊNCIAS	120
4 CONCLUSÕES GERAIS	125

RESUMO: A prática de derruba-e-queima é base da agricultura tradicional nos trópicos e subtropicais e nos últimos anos tem se tornado insustentável. A adoção de técnicas alternativas à queima aliadas ao manejo da vegetação de pousio podem promover a produtividade e apresentar grande potencial para a sustentabilidade de sistemas agrícolas na região do Nordeste Paraense. O enriquecimento da vegetação de pousio com leguminosas arbóreas pode promover o acúmulo de biomassa e nutrientes em níveis superiores ao pousio espontâneo, influenciando positivamente na produtividade das culturas agrícolas. A trituração da biomassa acumulada minimiza os efeitos negativos causados pelo fogo melhorando características químicas, físicas e biológicas do solo. Este trabalho tem como objetivo comparar estimativas da biomassa e estoques de nutrientes da parte aérea, serrapilheira, raízes finas e intermediárias de vegetação de pousio de 23 meses submetida a diferentes manejos de vegetação de pousio: (1) vegetação de pousio espontâneo, (2) pousio enriquecido com leguminosas arbóreas (*Sclerolobium paniculatum* Vogel e *Inga edulis* Mart.) e (3) pousio enriquecido com leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada de baixa solubilidade, e ainda avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a qualidade do solo. O experimento foi conduzido por 36 meses, em um sistema agroflorestal sequencial de corte-e-trituração na comunidade de São João, município de Marapanim, Amazônia Oriental. Os resultados mostraram que o manejo da vegetação de pousio acumula maiores quantidades de biomassa e estoques de nutrientes em relação ao pousio espontâneo e a sequência do sistema de corte-e-trituração de pousio-cultivo, melhora a qualidade solo.

Palavras-chave: *Sclerolobium paniculatum*, *Inga edulis*, capoeira, serrapilheira, liteira, raízes finas, qualidade do solo

ABSTRACT: The practice of slash-and-burn is the basis of traditional agriculture in the tropics and subtropics and in recent years has become unsustainable. The adoption of alternative techniques as improved fallow and slash-and-mulch can promote productivity and provide great potential for sustainability of agricultural systems in Eastern Amazon. The improvement of fallow vegetation with tree legumes can promote accumulation of biomass and nutrients at higher levels than spontaneous fallow, affecting positively the productivity of agricultural crops. The grinding of biomass stocks minimizes the negative of fire effects improving chemical, physics and biological soil quality. This study aimed to compare biomass and nutrient stocks of the shoot, litter, fine and intermediate roots of a 23 months fallow vegetation under different managements: (1) natural fallow, (2) enriched fallow with leguminous trees (*Sclerolobium paniculatum* Vogel and *Inga edulis* Mart.) and (3) natural vegetation enriched with leguminous trees under phosphorus low solubility fertilization, and addition assess the effects of treatments on soil quality. The experiment was conducted for 36 months in a slash-and-mulch system, in the São João community, Marapanim, Eastern Amazonia. The results showed that the management of fallow vegetation accumulated greater amounts of biomass and nutrient stocks and the sequence fallow-crop of slash-and-mulch system improves soil quality.

Key word: litter, *Sclerolobium paniculatum*, *Inga edulis*, capoeira, fine roots, raízes finas, soil quality

1.1 INTRODUÇÃO

A prática de derruba-e-queima é base da agricultura tradicional nos trópicos e subtropicais (NAIR, 1993). Na Amazônia brasileira esse sistema é tradicionalmente praticado há pelo menos 100 anos (SZOTT et al., 1999) e um dos principais responsáveis pela alteração da cobertura vegetal na região (DENICH et al., 2004; LINDSEY, 2004; SANCHEZ, 1999).

O sistema de derruba-e-queima é caracterizado pelo processo itinerante, com a mínima utilização de insumos, envolve o corte e a queima da vegetação original para o cultivo de culturas anuais. A queima da vegetação é necessária para aumentar a disponibilidade de nutrientes e garantir a produtividade das culturas anuais (SILVA et al., 2006). A fase de pousio, composta pela vegetação secundária, tem como principal função acumular biomassa e nutrientes para atender a demanda nutricional das culturas agrícolas (SCHROTH; LEHMANN, 2003). Entretanto em função do crescimento populacional e aumento na demanda pelo uso da terra e produção de alimentos, o período de pousio tem sido reduzido e o período agrícola intensificado (METZGER et al., 1998; METZGER, 2000, VIELHAUER et al., 2001), implicando em perdas contínuas de carbono e nutrientes do solo (SOMMER et al., 2004, ZARIN et al., 2005), e da capacidade de regeneração da vegetação e diversidade de espécies (VOCKEL; DENICH, 2000), tornando esse sistema insustentável.

Técnicas alternativas aos efeitos negativos da queima e da diminuição do período de pousio foram desenvolvidas pelo projeto SHIFT, em cooperação entre o Brasil e Alemanha, visando garantir a sustentabilidade do sistema nas condições atuais de uso da terra no Nordeste Paraense. Na fase de pousio, espécies leguminosas arbóreas de rápido crescimento são introduzidas para acelerar o acúmulo de biomassa (BARRIOS; COBO, 2004, BASAMBA et al., 2007; BRIENZA JÚNIOR, 1999; SZOTT; PALM, 1996), promovendo adições de nutrientes e carbono no sistema, recuperando gradativamente a qualidade do solo (BARRIOS et al., 2005; BASAMBA et al., 2007; KOUTIKA et al., 2005; KOUTIKA et al., 2002). No período de cultivo, o corte e a queima tradicionais são substituídos pelo corte e trituração (manual ou mecanizada) da vegetação de pousio. A cobertura morta reduz a suscetibilidade

do solo à erosão e diminui perdas de nutrientes, melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo (KATO et al., 1999). O Sistema de corte-e-trituração além de minimizar os efeitos negativos ao solo causados pelo fogo, ainda emite cinco vezes menos CO₂ equivalentes em relação ao sistema tradicional (DAVIDSON et al., 2008), contribuindo para um balanço positivo de nutrientes no sistema (DENICH et al., 2005; SOMMER et al., 2004).

Sistemas agroflorestais seqüenciais que combinem essas duas práticas conservacionistas apresentam grande potencial para a região do Nordeste Paraense. Entretanto existem poucos estudos na região sobre o potencial do enriquecimento de pousio em garantir a produtividade agrícola, manter a qualidade do solo e restabelecer a ciclagem de nutrientes no sistema. Estimativas de massa seca e estoques de nutrientes nos diversos compartimentos desses agroecossistemas podem ser considerados como indicadores do potencial de ciclagem de nutrientes e qualidade do solo, fornecendo subsídios para o seu manejo.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a biomassa e os estoques de nutrientes na parte aérea, serapilheira, raízes finas e intermediárias em vegetação de pousio sob tratamentos em sistema de corte-e-trituração e avaliar seus efeitos sobre a matéria orgânica leve do solo.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2.1 Referencial Teórico

1.2.1.1 Agricultura de derruba-e-queima e o manejo alternativo da vegetação de pousio

A agricultura de derruba-e-queima é base de sistemas tradicionais nos trópicos e subtropicais. Na Amazônia brasileira esse sistema é tradicionalmente praticado há pelo menos 100 anos pela agricultura familiar (SZOTT et al., 1999) sendo um dos principais responsáveis pela alteração da cobertura vegetal na região (DENICH et al., 2004; LINDSEY, 2004, SANCHEZ, 1999).

Esta prática é herança de manejos desenvolvidos por povos agricultores que buscavam suprir suas necessidades de subsistência mesmo sob condições ambientais adversas (FELIPIM, 2004). O sistema é caracterizado pelo processo itinerante, envolvendo o corte e queima da vegetação original para o cultivo de culturas anuais. Após o cultivo, as áreas são abandonadas e ocupadas pela vegetação espontânea por longos períodos até que a fertilidade do solo, perdida com as culturas agrícolas, seja recuperada. A fase de pousio, composta pela vegetação secundária, tem como principal função acumular biomassa e nutrientes para atender a demanda nutricional das culturas agrícolas (SCHROTH; LEHMANN, 2003).

Em determinados contextos sócio-ambientais, esse sistema pode ser considerado sustentável (JOHNSON et al., 2001; MENDOZA-VEGA et al., 2003). A sua viabilidade está relacionada a baixas densidades demográficas, abundância de terras e mão-de-obra, além de condições edafo-climáticas adequadas (FELIPIM, 2004). Entretanto em regiões como o Nordeste Paraense, onde o crescimento populacional e o aumento na demanda por produção de alimentos têm provocado a intensificação do período agrícola e redução do período de pousio (METZGER et al., 1998; METZGER, 2000; VIELHAUER et al., 2001), esse sistema é insustentável.

Geralmente, com uma mínima utilização de insumos, a queima da vegetação é necessária para aumentar a disponibilidade de nutrientes e garantir a produtividade das

culturas anuais. A queima promove aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, devido ao aporte de cinzas e elevação do pH. Entretanto ocorre elevada perda de nutrientes por lixiviação (DAVIDSON et al., 2004b), maior exposição do solo à erosão (PRIMAVESI, 1979; STROMGAARD, 1984) e reduções contínuas nos estoques de carbono no solo (ZARIN et al., 2005), além da emissão de gases de efeito estufa (DAVIDSON et al., 2008, FEARNSIDE, 1996; HOLSCHER et al., 1997; MACKENSEN et al., 1996).

O sistema de corte-e-trituração consiste no corte e na trituração, manual ou mecanizada, da vegetação de pousio para atender a demanda nutricional das culturas agrícolas. Esse sistema é menos susceptível às secas, pois não depende do período seco para a realização da queima da cobertura vegetal (DENICH et al., 2005), apresentando maior flexibilidade no calendário agrícola. A cobertura morta reduz a suscetibilidade do solo à erosão (STROMGAARD, 1984), diminui perdas de nutrientes pelo processo de lixiviação e promove a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo (KATO et al., 1999, MULUMBA; LAL, 2008) contribuindo para um balanço positivo de nutrientes no sistema (DAVIDSON et al., 2008, DENICH et al., 2005, SOMMER et al., 2004) enquanto emite cinco vezes menos CO₂ equivalente para a atmosfera em relação ao sistema tradicional de derruba-e-queima (DAVIDSON et al., 2008).

O enriquecimento de pousio com espécies leguminosas tem o potencial de gerar impactos positivos no sistema, devido à sua capacidade em produzir maior biomassa e acelerar o acúmulo de nutrientes em níveis superiores ao que a vegetação espontânea atinge (BARRIOS; COBO, 2004; BASAMBA et al., 2007; BRIENZA JÚNIOR, 1999, SZOTT; PALM, 1996). As leguminosas fixam nitrogênio atmosférico, tornando-o disponível ao sistema, promovendo adições de nutrientes através do acúmulo de biomassa, recuperando gradativamente a qualidade do solo (BASAMBA et al., 2007; KOUTIKA et al., 2005, KOUTIKA et al., 2002). No caso das espécies arbóreas, seu sistema radicular devolve os nutrientes lixiviados às camadas superiores do solo (SCHROTH; LEHMANN, 2003, SOMMER, 2000; SOMMER et al., 2004; WICKEL, 2004).

Agroecossistemas que cultivem intensamente diversas espécies sem o revolvimento do solo, favorecem a qualidade do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009). Dessa forma, a combinação de intervenções alternativas e conservacionistas, como o enriquecimento de

pousio e corte-e-trituração da vegetação de pousio, apresentam grande potencial para agricultura nos trópicos. Do ponto de vista biogeoquímico, o aumento dos estoques de nutrientes no sistema, pelo enriquecimento de pousio e substituição do fogo pelo corte-e-trituração da biomassa pode promover a sustentabilidade da agricultura em níveis local e global.

1.2.1.2 Biomassa e estoque de nutrientes da vegetação de pousio

A remoção progressiva de nutrientes do solo pela agricultura de derruba-e-queima implica em perdas contínuas nos estoques de carbono e nutrientes do solo (SOMMER, 2000; ZARIN et al., 2005), causando declínio da produtividade do solo (ALMEIDA et al., 2006, DENICH et al., 2005), além da perda da capacidade de regeneração da vegetação e diversidade de espécies (VOCKEL; DENICH, 2000).

A vegetação de pousio desempenha papel fundamental na manutenção da produtividade em sistema sequencial. A recuperação do solo sob esse sistema de manejo, normalmente requer longos períodos, pois depende da capacidade das árvores da vegetação espontânea em manter e melhorar a qualidade do solo (GEHRING et al., 2005; HOBBIE et al., 2007; MCGRATH et al., 2001b; NEPSTAD et al., 2001). Entretanto, com o enriquecimento do pousio com espécies leguminosas arbóreas, é possível promover o aumento dos estoques de carbono e nutrientes no sistema em níveis superiores, e em tempo inferior, ao que a vegetação espontânea conseguiria atingir (BARRIOS; COBO, 2004, HARMAND et al., 2004, KETTLER, 1997, SZOTT; PALM, 1996).

Estudos mostram que a utilização de espécies leguminosas para o enriquecimento de pousio promove o aumento no aporte de nutrientes no solo (COSTA et al., 2004; PALM; SANCHEZ, 1990; SZOTT et al., 1994), melhorando a produtividade e qualidade do solo (KOUTIKA et al., 2001; KOUTIKA et al., 2005; KOUTIKA et al., 2002) em níveis mais elevados que solos sob vegetação secundária (GAMA-RODRIGUES et al., 2007). A contribuição para a manutenção e melhoria da qualidade do solo se deve, principalmente, aos

seus efeitos como cobertura morta e como fonte de nutrientes para as culturas. O aumento no aporte de nutrientes no solo se deve, principalmente, à fixação biológica do nitrogênio atmosférico que essas espécies apresentam (BARRIOS; COBO, 2004; GAMA-RODRIGUES et al., 2007; HARMAND et al., 2004; SOMARRIBA; KASS, 2001), e também pela capacidade de promoverem a ciclagem de água e nutrientes, através do seu sistema radicular (SCHROTH; LEHMANN, 2003; SOMMER, 2000). Dessa forma, é esperado um grande rendimento de biomassa e um maior estoque de carbono e nutrientes em sistemas de pousio enriquecido em relação ao pousio tradicional.

A acumulação de biomassa em um sistema pode ser limitado pela disponibilidade de nutrientes e água no solo e depende da eficiência no uso dos nutrientes pelas plantas (capacidade de acumular ou utilizar nutrientes). Estudos em vegetação secundária, realizados na Amazônia, mostraram que o nitrogênio (N) e fósforo (P) limitaram o crescimento das plantas (DAVIDSON et al., 2004a; GEHRING et al., 1999). Além dos baixos níveis de P disponível nesses solos devido à sua fixação aos óxidos de ferro e alumínio do solo (Szott et al 1991), as concentrações deste elemento são pequenas na biomassa de vegetação secundária (DENICH, 1991; KATO, 1998; SANTOS JR et al., 2006; SCHROTH, 2003).

A adubação fosfatada das espécies utilizadas no enriquecimento pode contribuir para um maior acúmulo de biomassa e nutrientes no sistema, garantindo a produção na fase de pousio e período agrícola (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001; MCGRATH et al., 2001a; SANCHEZ, 1999; SANTOS JR et al., 2006). Estudos em plantios de enriquecimento de vegetação secundária mostraram o crescimento de leguminosas arbóreas afetado pela adubação fosfatada. Gehring et al. (1999) observaram aumento no crescimento da espécie *Inga macrophylla*, com a adição de P na adubação. Em estudo de estabelecimento de nove espécies nativas em plantio para recuperação de áreas degradadas na Amazônia Central, a espécie *Inga edulis* apresentou elevado teor de N foliar e baixo teor de P (SANTOS JR et al., 2006), sugerindo que esse nutriente pode limitar o crescimento desta espécie. Oliveira & Schengber (2006) avaliaram o crescimento de nove leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada, em áreas de vegetação secundária em Roraima e mostraram efeito da adubação fosfatada no crescimento em altura das espécies, incluindo a espécie *Inga edulis*. Outros estudos mostraram o aumento no crescimento volumétrico (MELO, 2002) e

crescimento em altura (MARTINOTTO, 2006), afetados pela adubação fosfatada na espécie *Sclerolobium paniculatum*.

1.2.1.3 Serapilheira e raízes finas em agroecossistemas

Tecidos de vida curta como folhas e raízes finas disponibilizam nutrientes para o solo e a quantificação dos estoques de nutrientes nesses compartimentos pode ser considerada como indicador do potencial de ciclagem de nutrientes e qualidade do solo, fornecendo subsídios para o manejo de sistemas agroflorestais sequenciais.

Os resíduos senescentes da parte aérea da vegetação formam a serrapilheira, e sua deposição sobre o solo e gradativa decomposição tem grande contribuição para a entrada de nutrientes e para a formação da matéria orgânica do solo (KOTTO-SAME et al., 1997). Seu acúmulo é regulado pela quantidade de material senescente e suas taxas de decomposição, em função das espécies utilizadas no sistema, clima, a prática de manejo e ação da biota do solo (LUIZÃO; LUIZÃO, 1991; SZOTT et al., 1994).

Estudos mostram a importância desse compartimento para a sustentabilidade do solo em agroecossistemas (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001; MCGRATH et al., 2001a). Quantidades significativas de nutrientes contidos nesse compartimento retornam ao solo (CORREIA; ANDRADE, 2008), podendo atender à demanda nutricional das culturas agrícolas com nutrientes como nitrogênio, cálcio, magnésio e potássio (PALM (1995) citado por Schroth e Lehmann (2003).

Em sistema de pousio enriquecido, o plantio de leguminosas arbóreas estimula a produção da biomassa (BRIENZA JÚNIOR, 1999) e conseqüentemente a produção de serrapilheira, além da produção de raízes e exsudados, promovendo a melhoria gradativa da qualidade do solo (TAPIA-CORAL et al., 2005).

As raízes finas compõem outro importante compartimento de carbono e nutrientes em agroecossistemas. São consideradas raízes finas todas aquelas com diâmetro menor ou igual a 2mm. As quantidades de carbono e nutrientes que retornam ao solo pela ciclagem de raízes

finas geralmente são iguais ou maiores que pela serrapilheira (GORDON; JACKSON, 2000), apresentando este compartimento um grande potencial de suprimento de nutrientes para as plantas em solos de baixa fertilidade (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001; MCGRATH et al., 2001a). Entretanto estudos de raízes finas em agroecossistemas amazônicos são escassos (LUIZAO et al., 2000; MCGRATH et al., 2001a).

1.2.1.4 Frações leves da matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é importante fonte de nutrientes para produção vegetal e sua ciclagem está vinculada à ciclagem dos nutrientes no solo, através da atividade microbiana (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1993). Suas frações podem ser divididas em lábil, estável e inerte (STROSSER, 2010) e o estudo dessas frações pode fornecer informações sobre a sua dinâmica permitindo melhor planejamento de manejo em agroecossistemas. A matéria orgânica lábil, assim como os seus estoques de carbono e nitrogênio, tem sido amplamente estudada por ser considerada um bom indicador da qualidade ambiental e do solo (GHANI et al., 2003). Esse compartimento é mais sensível a intervenções (como plantio, adubação e rotação de culturas) e suas alterações são observáveis mais rapidamente do que na MOS total (STROSSER, 2010).

A utilização da vegetação com a utilização do fogo, resulta no declínio da MOS. Técnicas alternativas à queima, como a deposição superficial da biomassa triturada e a não-incorporação desta ao solo, contribuem para diminuição das perdas de matéria orgânica (BAYER et al., 2004) Esses fatores propiciam aumento nos teores de matéria orgânica, da CTC e de nutrientes (CORAZZA et al., 1999), além de melhoria dos fatores físicos do solo, como porosidade total, agregação e manutenção da umidade (MULUMBA; LAL, 2008) que compõem a qualidade do solo.

A MOS se apresenta sob diversas frações. Entender como essas frações sofrem impactos pelo sistema de cultivo e como elas estão relacionadas às mudanças da disponibilidade de nutrientes no solo, pode ajudar na adoção de práticas e técnicas mais

sustentáveis pela agricultura. Sua determinação pode ser padronizada e baseada na separação física dos tamanhos das partículas do solo. Essas frações apresentam características de rápida ou lenta decomposição ou ainda frações mais estáveis no solo.

A introdução de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico durante o período de pousio promove o aumento no aporte de nutrientes no solo (COSTA et al., 2004; PALM; SANCHEZ, 1990; SZOTT et al., 1994), aumenta produtividade e qualidade do solo (KOUTIKA et al., 2001; KOUTIKA et al., 2005; KOUTIKA et al., 2002) em níveis mais elevados que solos sob vegetação secundária (GAMA-RODRIGUES et al., 2007) e isso pode ser evidenciado através da estimativa das frações lábeis da MOS (KOUTIKA et al., 2005).

As frações da matéria orgânica leve (MOL) são de rápida decomposição, sensíveis às alterações de manejo do solo (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992) e são consideradas indicadoras da qualidade do solo (BAYER et al., 2004; BAYER et al., 2006). O fracionamento densimétrico permite a obtenção da fração leve da MOS, essa fração também conhecida com “debris vegetal” (MENDONÇA; MATOS, 2005), é derivada de resíduos de plantas e raízes e hifas, e ainda apresenta estruturas celulares típicas de resíduos de plantas (MARSCHNER et al., 2008). Essa fração é dividida em matéria orgânica livre leve (MOL-L) e matéria orgânica livre oclusa (MOL-O). Embora ambas sejam leves, alguns estudos mostraram, através da espectroscopia, diferenças quanto à sua composição estrutural resultando em diferentes níveis de recalcitrância (MACHADO, 2002).

Estimativas das quantidades de nitrogênio (N) e fósforo (P) contidos nas frações da MOS são importantes para a avaliação da sua qualidade. Estudos têm mostrado maior importância dos estoques de nitrogênio nas frações lábeis da MOS do que a sua própria quantificação (KOUTIKA et al., 2001; KOUTIKA et al., 2005; KOUTIKA et al., 2002). No caso do P, quando a MOS é mineralizada, produz significantes quantidades deste elemento na forma disponível às plantas em curto e médio prazos (FRIZANO et al., 2003). Aparentes perdas de estoques de P em agroecossistemas durante os primeiros anos de produção estão associadas às perdas da MOS (SZOTT et al., 1999).

1.2.2 Hipóteses

1. O crescimento, a biomassa e os estoques de nutrientes das leguminosas introduzidas no sistema são afetados pela adubação fosfatada.
2. A vegetação de pousio enriquecido com leguminosas arbóreas é limitada pelo fósforo.
3. O enriquecimento de pousio com leguminosas arbóreas, em sistema de corte-e-trituração, melhora a qualidade do solo.

1.2.3 O Estudo

1.2.3.1 Apresentação

O trabalho foi desenvolvido no contexto do Projeto Tipitamba (Manejo da capoeira na agricultura da Amazônia sem o uso do fogo), em um sistema agroforestal sequencial de corte-e-trituração. Seu objetivo geral foi comparar a biomassa e estoques e nutrientes na parte aérea, serrapilheira, raízes finas e intermediárias de vegetação de pousio de 23 meses submetida a diferentes tratamentos, e avaliar seus efeitos sobre a matéria orgânica do solo. O estudo foi dividido em duas partes compondo os capítulos 2 e 3.

O capítulo 2, intitulado “**Biomassa e estoques de nutrientes em vegetação de pousio sob diferentes tratamentos em sistema de corte-e-trituração na Amazônia Oriental**” compara estimativas de biomassa e estoques de nutrientes (nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio e magnésio) em vegetação de pousio de 23 meses sob diferentes manejos: (1) pousio espontâneo, (2) pousio enriquecido com leguminosas arbóreas (*I. edulis* e *S.paniculatum*) e

(3) enriquecimento de pousio com leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada de baixa solubilidade, enquanto que o capítulo 3, **“Frações leves da matéria orgânica do solo em sistema agroflorestal seqüencial de corte-e-trituração com vegetação de pousio sob diferentes manejos na Amazônia Oriental”** avalia mudanças nas frações lábeis da MOS em vegetação de pousio sob diferentes tratamentos e durante o ciclo seqüencial do sistema de corte-e trituração (períodos pré-pousio, pós-pousio e pós-cultivo agrícola).

1.2.3.2 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Comunidade São João no Município de Marapanim, limite com o Município de Igarapé-Açu, Nordeste do Estado do Pará. A área está inserida na microbacia do igarapé Timboteua, que apresenta uma área de 7.628,13 ha, localizada entre as latitudes 0°56'24" e 1°4'12" S e as longitudes 47°34'48" e 47°39'36" WGr (WATRIN et al., 2009) (Figura 1).

O clima da região está classificado como “Ami”, segundo a classificação de Koppen, com temperatura máxima de 32,2 °C e mínima de 21,4 °C e umidade relativa do ar de 80 a 89% . A precipitação média anual é de 2000 mm, com período de maior precipitação de fevereiro a abril e menor precipitação de setembro a novembro (CORDEIRO et al., 2010). A Figura 2 mostra o balanço hídrico climatológico mensal da região de estudo no período de 2000 a 2009.

A microbacia apresenta-se contígua em suas características morfoestruturais do planalto rebaixado da Amazônia, formadas por sedimentos aluviais antigos pertencentes ao Terciário, série Barreiras, e ao Pleistoceno, ou ainda por sedimentos aluviais recentes, ao longo dos cursos d'água, com pequena influência salina. Os solos da região são classificados como Argissolo Amarelo distrófico com textura variando de arenosa a média, e o relevo é classificado como plano a suave ondulado (EMBRAPA, 1999, 2008 citado por WATRIN, 2009). A caracterização química e granulométrica do solo da área experimental antes do início dos tratamentos está apresentada na Tabela 1.

1.2.3.3 Composição florística da área

Antes da implantação do experimento, a área experimental apresentava biomassa de vegetação espontânea de 4 Mg ha^{-1} , com 2067 indivíduos, 56 espécies, 30 famílias, sendo as mais abundantes, Bignoniaceae, Caesalpinaceae e Fabaceae (Tabela 2). A família com maior riqueza florística foi a Fabaceae com cinco espécies. Do total dos indivíduos amostrados, 49% foram de porte arbóreo, 7% arbustivo, 1% de palmeiras, 28% trepadeiras lenhosas, 11% herbáceas e 1% gramíneas (RANGEL-VASCONCELOS et al., 2009).

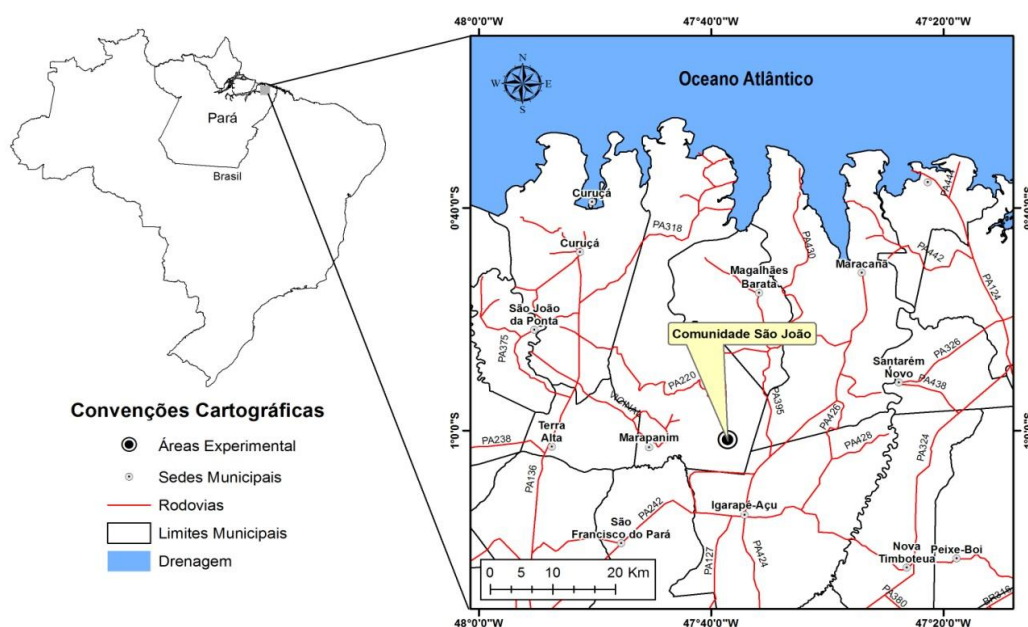
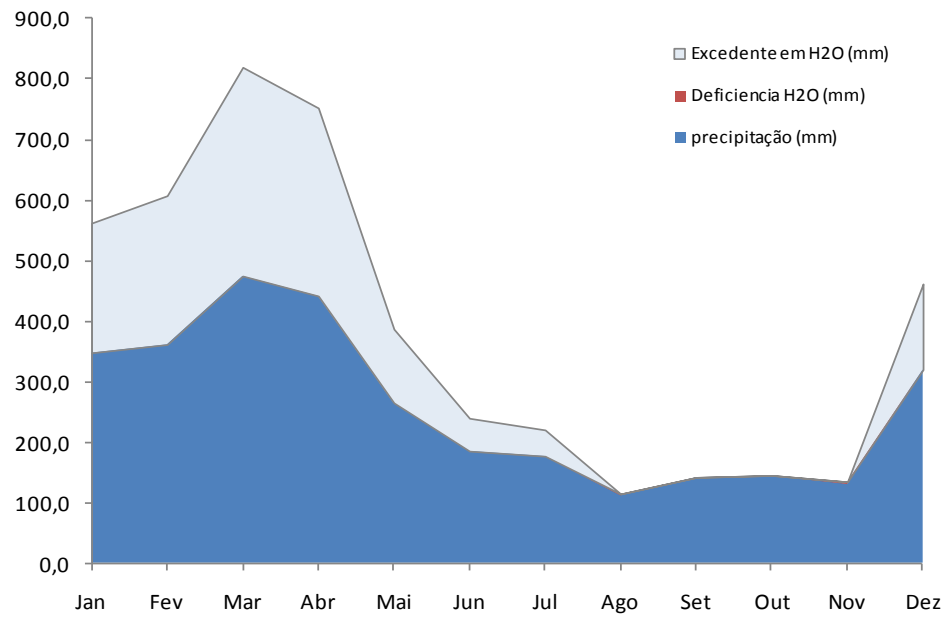


Figura 1 –Comunidade São João, Município de Marapanim, Nordeste Paraense.



Figura

Balanço hídrico climatológico mensal (Thorntwaite & Mather, 1955) do município de Igarapé-Açu no período de 2000 a 2009. (Dados obtidos na estação meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental).

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do solo da área experimental em junho de 2007, município de Marapanim, PA.

Profundidade	pH	N	MO	P	K	Na	Ca	Ca+ Mg	Al	H + Al	Areia grossa	Areia fina	Argila Silte	Argila total
cm	água	%	g kg ⁻¹	mg.dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				g kg ⁻¹			
0-10	5,3	0,17	11,5	4	32	14	2,5	3,0	0,1	5,8	544	335	62	60
10-20	4,8	0,14	10,4	2	22	12	0,8	1,2	0,6	6,6	447	396	57	100
20-30	4,7	0,14	9,6	1	28	10	0,6	1,0	0,8	7,1	429	383	88	100
30-50	4,6	0,11	5,1	1	16	8	0,4	0,7	1,0	6,3	381	379	80	160

Tabela 2 - Espécies da vegetação espontânea de pousio (15 meses) encontradas na área na implantação do experimento

Espécies	Família
<i>Andropogon lecostachyus</i>	Poaceae
<i>Annona Montana</i>	Annonaceae
<i>Cristolochia sp.</i>	Aristolochiaceae
<i>Arrabidaea sp.</i>	Biognoniaceae
<i>Cstrocaryum tucumã</i>	Arecaceae
<i>Attalea maripa</i>	Arecaceae
<i>Bauhinia guianensis</i>	Caesalpiniaceae
<i>Bauhinia macrostachya</i>	Caesalpiniaceae
<i>Bernadinia fluminensis</i>	Connaraceae
<i>Bidens cynapifolia</i>	Asteraceae
<i>Cassia hoffmannseggii</i>	Caesalpiniaceae
<i>Cecropia palmata</i>	Cecropiaceae
<i>Chomolaena odorata</i>	Asteraceae
<i>Cissampelos sp.</i>	Menispermaceae
<i>Clarisia SP</i>	Moraceae
<i>Cordia multispicata</i>	Boraginaceae
<i>Croton sp.</i>	Euphorbiaceae
<i>Cyperus sp.</i>	Cyperaceae
<i>Davilla rugosa</i>	Dilleniaceae
<i>Dichapetalum rugosum</i>	Dichapetalaceae
<i>Digitaria horizontalis</i>	Poaceae
<i>Dioclea virgata</i>	Fabaceae
<i>Doliocarpus brevipedicellatus</i>	Dilleniaceae
<i>Eugenia Flavescens</i>	Myrtaceae
<i>Himatanthus sucuuba</i>	Apocynaceae
<i>Hyptis atrorubens</i>	Lamiaceae
<i>Hyptis sp.</i>	Lamiaceae
<i>Inga edulis</i>	Fabaceae
<i>Inga heterophylla</i>	Fabaceae
<i>Inga heterophylla</i>	Fabaceae
<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemaceae
<i>Mabea angustifolia</i>	Euphorbiaceae
<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae
<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae
<i>Moutabea guianensis</i>	Polygalaceae
<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae
<i>Myrciaria sp.</i>	Myrtaceae
<i>Pariana campestris</i>	Poaceae
<i>Platymiscium ulei</i>	Fabaceae

Espécies	Família
<i>Polygala violácea</i>	Polygalaceae
<i>Posoqueria latifolia</i>	Rubiaceae
<i>Pseudima frutescens</i>	Sapindaceae
<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae
<i>Scleria pterota</i>	Cyperaceae
<i>Sebastiania corniculata</i>	Euphorbiaceae
<i>Serjania paucidentata</i>	Sapindaceae
<i>Sloanea guianensis</i>	Elaeocarpaceae
<i>Solanum juripeba</i>	Solanaceae
<i>Spermacoce latifolia</i>	Rubiaceae
<i>Spondias mombim</i>	Anacardiaceae
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
<i>Tabernaemontana favicans</i>	Apocynaceae
<i>Tetracera wildenowiana</i>	Dilleniaceae
<i>Urena lobata</i>	Malvaceae
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Clusiaceae
<i>Wulffia baccata</i> (L.F.) O Kuntze	Asteraceae

1.2.3.4 Descrição do experimento

Em março de 2006, a área experimental, de aproximadamente 0,5 ha, foi submetida à trituração de biomassa de vegetação secundária com oito anos de idade, com implemento fresador florestal (Figura 3). Um mês após a trituração foi realizado um plantio de mandioca (*Manihot esculenta* - cultivar cearense) em espaçamento 1m x 1m. O estudo teve início em junho de 2007 com o plantio de leguminosas ingá [*Inga edulis* Mart (Fabaceae)] e tachi-branco [*Sclerolobium paniculatum* Vogel (Fabaceae)], alternadas em espaçamento 2 x 2 m entre as linhas alternadas da mandioca (Figura 4). O experimento foi delineado em blocos ao acaso com três tratamentos: (1) Parcela controle de vegetação espontânea; (2) Enriquecimento do pousio com *I. edulis* *S.paniculatum*; (3) Enriquecimento do pousio com *I. edulis* *S.paniculatum* + adubação fosfatada, totalizando 12 unidades amostrais de 10 m x 12 m (Figura 5). A adubação utilizada foi o fosfato natural de Arad, produto de baixa solubilidade na dosagem de 200 g por cova (165 kg de P_2O_5 ha⁻¹).



Figura 3 - Trator com triturador de capoeira AHWI FM 600 realizando a trituração da biomassa na área experimental.

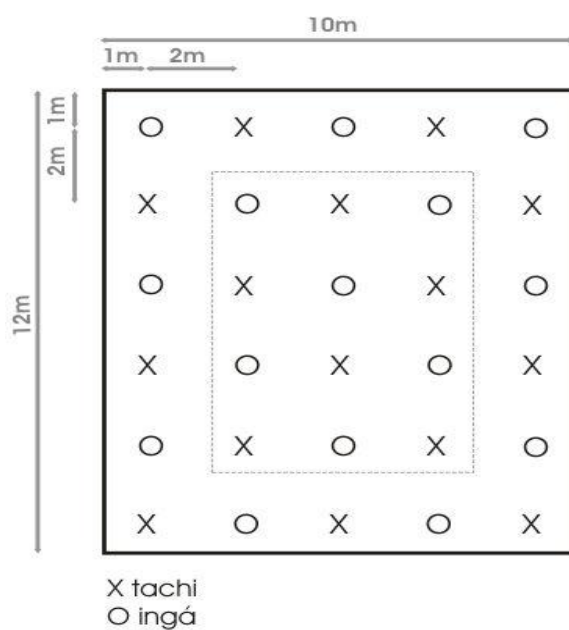


Figura 4 – Unidade amostral com disposição das espécies leguminosas introduzidas no sistema. (X representa a espécie *S.paniculatum* (tachi-branco) e O representa a espécie *I. edulis* (ingá-cipó))

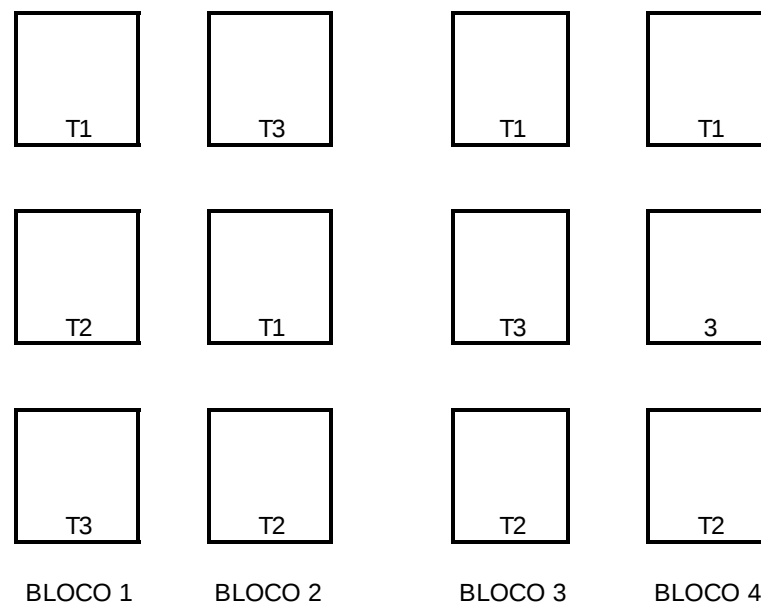


Figura 5 - Esquema da área experimental - delineamento em blocos ao acaso com três tratamentos, totalizando 12 unidades amostrais. T1: Testemunha; T2: Enriquecimento de pousio com *S. paniculatum* e *I. edulis*; T3: Enriquecimento de pousio com *S. paniculatum* e *I. edulis* + adubação fosfatada.

Em outubro de 2007 foram realizados a colheita da mandioca e o coroamento nas mudas das leguminosas. A escolha das espécies foi baseada em estudo realizado na mesma área de estudo (BRIENZA JÚNIOR, 1999). Os tratamentos de enriquecimento receberam manejo de acordo com os critérios do agricultor (exemplo: capina durante o cultivo da mandioca, coroamento das mudas das leguminosas) enquanto as parcelas controle simularam a vegetação espontânea de pousio tradicionalmente praticado na região de estudo.

O período de enriquecimento de pousio durou 23 meses. Em junho de 2009 foi realizada a trituração da biomassa acumulada pela vegetação de pousio (capítulo 2) e após 60 dias, em julho de 2009, foi realizado o plantio do milho (*Zea mays* variedades BRS Sol da Manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106). O delineamento experimental foi preservado e as parcelas foram subdivididas para adubação complementar (NPK 10-28-10, 10g por cova) e controle. Foi observado efeito do manejo da vegetação de pousio sobre o crescimento e a produção de fitomassa do milho e a adubação complementar potencializou o efeito dos tratamentos para estas variáveis (BORGES et al., 2011).

Em janeiro de 2010 a área foi roçada manualmente e realizado mais um plantio de milho (variedade Sol da Manhã) no início das chuvas. Após esse ciclo, foi realizada a última amostragem de solo. A evolução dos períodos de manejo do sistema e do experimento está esquematizada no quadro 1.

Quadro 1 - Evolução das fases do sistema na área experimental no período de Janeiro de 2006 a dezembro de 2010

2010												
Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	out	Nov	Dez
2006	Vegetação secundária (oito anos)		Trituração	Mandioca								
2007	Mandioca				*Pousio enriquecido + mandioca					*Pousio enriquecido		
2008	*Pousio enriquecido											
2009	Pousio enriquecido*				Trituração		Milho + mandioca					
2010	Milho			*	*				*			

*época de amostragem

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SABOGAL, C.; BRIENZA JR, S. **Recuperação de áreas alteradas na Amazônia brasileira**: Experiências locais, lições aprendidas e implicações para políticas públicas. Bogor: CIFOR. 2006. 202p.

ALTIERI, M. A. Conocimiento tradicional y desarrollo rural sustentable. **Formacion Ambiental**, v.3, n.5, p.10-12, 1992.

BARRIOS, E.; COBO, J. G. Plant growth, biomass production and nutrient accumulation by slash/mulch agroforestry systems in tropical hillsides of Colombia. **Agroforestry Systems**, v.60, n.3, p.255-265, 2004.

BARRIOS, E.; COBO, J. G.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; AMEZQUITA, E.; JIMENEZ, J. J.; RONDON, M. A. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.110, n.1-2, p.29-42, 2005.

BASAMBA, T. A.; BARRIOS, E.; SINGH, B. R.; RAO, I. M. Impact of planted fallows and a crop rotation on nitrogen mineralization and phosphorus and organic matter fractions on a Colombian volcanic-ash soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.77, n.2, p.127-141, 2007.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; GIASSON, E.; MARTIN-NETO, L.; PAVINATO, A. Tillage effects on particulate and mineral-associated organic matter in two tropical Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, n.3-4, p.389-401, 2006.

BORGES, A. C. M. R., KATO, O. R., PINHEIRO, H. A., SHIMIZU, M. K., RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T. e OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. Crescimento e produção de fitomassa de variedades de milho em diferentes manejos da capoeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.143-151, 2011.

BRIENZA JÚNIOR, S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil**. PhD. Gottingen University. Gottingen. 1999. 133p.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, n.3, p.777-783, 1992.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Methods for physical separation and characterization of soil organic-matter fractions. **Geoderma**, v.56, n.1-4, p.449-457, 1993.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. G. A. SANTOS; SILVA, I. R. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais**. Metrópole, Porto Alegre. 2008. p.137-154.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.919-927, 2004.

DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. D.; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, R. D. O.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F. Y.; SANTOS, M. T. P.; GUERRERO, J. B.; KALIF, K.; SABA, R. T. Nutrient and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, v.14, p.S150-S163, 2004a.

DAVIDSON, E. A.; NEILL, C.; KRUSCH, A. V.; BALLESTER, V. V. R.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R. D. O. Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia. In: DEFRIES, R. G.; ASNER, H. R. **Ecosystems and Land Use Change**. Washington, D.C.: Geophysical Union, 2004b. p.147-158.

DAVIDSON, E. A.; SÁ, T. D. A.; CARVALHO, C. R.; FIGUEIREDO, R. O.; KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; ISHIDA, F. Y. An integrated greenhouse gas assessment of an alternative

to slash-and-burn agriculture in eastern Amazonia. **Global change Biology**, v.14, p.1-10, 2008.

DENICH, M. **Estudo da Importância da vegetação secundária para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. Eschborn: EMBRAPA/CPATU-GTZ. 1991. 284p.

DENICH, M.; VIELHAUER, K.; KATO, M.; BLOCK, A.; KATO, O. R.; SA, T.; LUCKE, W.; VLEK, P. L. G. Mechanized land preparation in forest-based fallow systems: The experience from Eastern Amazonia. **Agroforestry Systems**, v.61, n.1, p.91-106, 2004.

DENICH, M.; VLEK, P. L. G.; SA, T. D. D.; VIELHAUER, K.; LUCKE, W. G. A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.110, n.1-2, p.43-58, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v.80, p.21-34, 1996.

FELIPIM, A. P. R.; RESENDE, R. U.; RIBEIRO, R. J. Agricultura de pousio e controle ambiental. Hucitec: NUPAUB:CEC. In: DIEGUES, A. C.; VIANNA, V. M.. **Comunidades tradicionais e manejo dos recursos naturais na Mata Atlântica**. 2. edição. São Paulo: Editora Hucitec, 2004. 273p.

FRIZANO, J.; VANN, D. R.; JOHNSON, A. H.; JOHNSON, C. M.; VIEIRA, I. C. G.; ZARIN, D. J. Labile phosphorus in soils of forest fallows and primary forest in the Bragantina region, Brazil. **Biotropica**, v.35, n.1, p.2-11, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.2, p.287-298, 2007.

GEHRING, C.; DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. G. Response of secondary vegetation in Eastern Amazonia to relaxed nutrient availability constraints. **Biogeochemistry**, v.45, n.3, p.223-241, 1999.

GEHRING, C.; VLEK, P. L. G.; SOUZA, L. A. G.; DENICH, M. Biological nitrogen fixation in secondary regrowth and mature rainforest of central Amazonia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.111, n.1-4, p.237-252, 2005.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K. W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, n.9, p.1231-1243, 2003.

GORDON, W. S.; JACKSON, R. B. Nutrient concentrations in fine roots. **Ecology**, v.81, n.1, p.275-280, 2000.

HARMAND, J. M.; NJITI, C. F.; BERNHARD-REVERSAT, F.; PUIG, H. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. **Forest Ecology and Management**, v.188, n.1-3, p.249-265, 2004.

HOBBIE, S. E.; OGDahl, M.; CHOROVER, J.; CHADWICK, O. A.; OLEKSYN, J.; ZYTKOWIAK, R.; REICH, P. B. Tree species effects on soil organic matter dynamics: The role of soil cation composition. **Ecosystems**, v.10, p.999-1018, 2007.

HOLSCHER, D.; MOELLER, R. F.; DENICH, M.; FOLSTER, H. Nutrient input-output budget of shifting cultivation agriculture in Eastern Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.47, p.49-57, 1997.

JOHNSON, C. M.; VIEIRA, I. C. G.; ZARIN, D. J.; FRIZANO, J.; JOHNSON, A. H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.147, n.2-3, p.245-252, 2001.

KATO, M. S. A.; KATO, O. R.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the eastern Amazon region: the role of fertilizers. **Field crop Research**, v.62, p.335-237, 1999.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn for shifting cultivation in the Bragantina region: crop performance and nitrogen dynamics**. Gottingen. Gottingen. 1998. 132p.

KETTLER, J. S. Fallow enrichment of a traditional slash/mulch system in southern Costa Rica: comparisons of biomass production and crop yield. **Agroforestry Systems**, v.35, n.2, p.165-176, 1997.

KOTTO-SAME, J.; WOOMER, P. L.; APPOLINAIRE, M.; LOUIS, Z. Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.65, n.3, p.245-256, 1997.

KOUTIKA, L. S.; HAUSER, S.; HENROT, J. Soil organic matter assessment in natural regrowth, *P. phaseoloides phaseoloides* and *Mucuna prunierns* fallow. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.1095-1101, 2001.

KOUTIKA, L. S.; NOLTE, C.; YEMEFACK, M.; NDANGO, R.; FOLEFOC, D.; WEISE, S. Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. **Geoderma**, v.125, n.3-4, p.343-354, 2005.

KOUTIKA, L. S.; SANGINGA, N.; VANLAUWE, B.; WEISE, S. Chemical properties and soil organic matter assessment in fallow systems in the forest margin benchmark. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, n.6, p.757-765, 2002.

LAWRENCE, D.; SCHLESINGER, W. H. Changes in the distribution of soil phosphorus during 200 years of shifting cultivation. **Ecology**, v.82, n.10, p.2769-2780, 2001.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J. Littera e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central A. L. Val, R. Figliuolo e E. Feldberg. **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas**. INPA, Manaus. 1991. 65-75.

LUIZAO, R. C. C.; LUIZAO, F. J.; PROCTOR, J. Fine root growth and nutrient release in decomposing leaf litter in three contrasting vegetation types in central Amazonia. **Plant Ecology**, v.192, n.2, p.225-236, 2007.

MACKENSEN, J.; HOLSCHER, D.; KLINGE, R.; FOLSTER, H. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in Eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.86, p.121-128, 1996.

MARSCHNER, B.; BRODOWSKI, S.; DREVES, A.; GLEIXNER, G.; GUDE, A.; GROOTES, P. M.; HAMER, U.; HEIM, A.; JANDI, G.; JI, R.; KAISER, K.; KALBITZ, K.; KRAMER, C.; LEINWEBER, P.; RETHEMEYER, J.; ASCHÄFFER, A.; SCHMIDT, M. W. I.; SCHWARK, L.; WIESENBERG, G. L. B. How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.171, p.91-110, 2008.

MARTINOTTO, F. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas do cerrado**. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2006.

MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.83, n.3, p.271-284, 2001a.

MCGRATH, D. A.; SMITH, C. K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. D. Effects of land-use change on soil nutrient Dynamics in Amazônia. **Ecosystems**, v.4, p.625-645, 2001b.

MENDONÇA, E. D. S.; MATOS, E. D. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: D&M gráfica e Editora, 2005. 107p.

MENDOZA-VEGA, J.; KARLTUN, E.; OLSSON, M. Estimations of amounts of soil organic carbon and fine root carbon in land use and land cover classes, and soil types. **Forest Ecology and Management**, v.177, n.1, p.191-206, 2003.

MULUMBA, L. N.; LAL, R. Mulching effects on selectes soil physical properties. **Soil & Tillage Research**, v.98, p.106-111, 2008.

NAIR, P. K. R. Shifting cultivation and improved fallows. In: NAIR, P. K. R. (Ed). **An introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Press. 1993. Cap. 5, 55-71.

NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. R. S.; MARKEWITZ, D. The recovery of biomass, nutrient stocks, and deep soil functions in secondary forests. In: McCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E.. **The biogeochemistry of the Amazon Basin**. New York: Oxford University Press, 2001.

PALM, C. A. **Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants**. Kluwer Academic, 1995.

PALM, C. A. e SANCHEZ, P. A. Decomposition and Nutrient Release Patterns of the Leaves of 3 Tropical Legumes. **Biotropica**, v.22, n.4, p.330-338, 1990.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais** São Paulo: Nobel. 1979. 549p.

RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; KATO, O. R.; BRANCHER, T.; NASCIMENTO, E. A. Estoque de carbono e diversidade florística de vegetação de pousio em áreas submetidas aos sistemas de corte-e-queima e corte-e-trituração em Marapanim, Nordeste Paraense. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.2558-2561, 2009.

SANCHEZ, P. Improved fallows come of age in the tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1, p.3-12, 1999.

SANTOS JR, U. M.; GONCALVES, J. F. D.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.226, n.1-3, p.299-309, 2006.

SCHROTH, G. Decomposition and nutrient supply from biomass. G. S. Schroth, F. L. **Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods**. CABI, 2003. p.131-150.

SCHROTH, G. e LEHMANN, J. Nutrient Capture. G. S. Schroth, F. L. **Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods**. CABI, 2003. p.167-174.

SILVA, G. R.; SILVA JR., M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta Amazonica**, v.36, n.2, p.151-157, 2006.

SOMARRIBA, E.; KASS, D. Estimates of above-ground biomass and nutrient accumulation in Mimosa scabrella fallows in southern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.51, n.2, p.77-84, 2001.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon**. Gottingen: Gottingen Universit, 2000. 240p.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SA, T. D. D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. D. R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

STROMGAARD, P. The immediate effect of burning and ash-fertilization. **Plant and Soil**, v.80, p.307-320, 1984.

STROSSER, E. Methods for determination of labile soil organic matter: An overview. **Journal of Agrobiology**, v.27, n.2, p.49-60, 2010.

SZOTT, L.; PALM, C. Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. **Plant and Soil**, v.186, n.2, p.293-309, 1996.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1-3, p.163-196, 1999.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; DAVEY, C. B. Biomass and Litter Accumulation under Managed and Natural Tropical Fallows. **Forest Ecology and Management**, v.67, n.1-3, p.177-190, 1994.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.65, p.33-42, 2005.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.743-755, 2009.

WATRIN, O. D. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. D. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no Nordeste do Estado do Pará. **Geografia**, v.34, n.3, p.455-472, 2009.

WICKEL, B. **Water and nutrient dynamics of a humid tropical watershed in Eastern Amazônia**. PhD. University of Bonn. 2004. 135p.

ZARIN, D. J.; DAVIDSON, E. A.; BRONDIZIO, E.; VIEIRA, I. C. G.; SA, T.; FELDPAUSCH, T.; SCHUUR, E. A.; MESQUITA, R.; MORAN, E.; DELAMONICA, P.; DUCEY, M. J.; HURTT, G. C.; SALIMON, C.; DENICH, M. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.3, n.7, p.365-369, 2005.

2 BIOMASSA E ESTOQUES DE NUTRIENTES EM VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS EM SISTEMA DE CORTE-E-TRITURAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: O manejo da vegetação de pousio é importante para manutenção da produtividade em sistemas agroflorestais seqüenciais no Nordeste Paraense. Durante o período de pousio, o sistema acumula nutrientes para as culturas agrícolas subseqüentes. A introdução de espécies leguminosas associadas à adubação fosfatada de baixa solubilidade pode promover o acúmulo de biomassa e os estoques de nutrientes influenciando positivamente na produtividade das culturas agrícolas. O estudo da biomassa e dos estoques de nutrientes nesses agroecossistemas pode fornecer subsídios para o seu manejo. Este artigo compara estimativas da biomassa e estoques de nutrientes de diferentes manejos de vegetação de pousio: (1) pousio espontâneo; (2) pousio enriquecido com leguminosas arbóreas (*Sclerolobium paniculatum* Vogel e *Inga edulis* Mart.), e (3) pousio enriquecido com leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada de baixa solubilidade. O experimento foi conduzido por 23 meses, em um sistema agroflorestal seqüencial de corte-e-trituração no município de Marapanim, Amazônia Oriental. Os resultados mostraram a espécie *S.paniculatum* é mais indicada para enriquecimento de pousio; o fósforo é limitante no acúmulo de biomassa e estoques de N, P e Ca da parte aérea da vegetação de pousio enriquecido, e afeta a qualidade nutricional da serrapilheira. O sistema de pousio enriquecido, submetido ou não à adubação fosfatada de baixa solubilidade, acumula maiores massas secas e estoques de nutrientes que o sistema com pousio espontâneo.

Palavras chave: Capoeira, serrapilheira, raízes finas, *Inga edulis*, *Sclerolobium paniculatum*, vegetação secundária, derruba-e-queima

ABSTRACT: The management of fallow vegetation has a great importance for maintaining productivity on shifting cultivation Systems in Eastern Amazonia. At the fallow period, the system accumulates nutrients for crops. The study of biomass and nutrients stocks in these agroecosystems provides a basis for its management. The phosphorus fertilization of legumes trees can increase the biomass and nutrient stocks improving the nutrients cycling and productivity of crops. This article compares biomass and nutrient stocks of different managements on the fallow vegetation: (1) natural fallow (regrowth vegetation), (2) enriched fallow with leguminous trees (*Sclerolobium paniculatum* Vogel and *Inga edulis* Mart.), and (3) fallow enriched with leguminous trees under low solubility phosphorus fertilization. The experiment was conducted for 23 months in a slash-and-mulch system in Marapanim, Eastern Amazonia. The results showed the *S.paniculatum* is the most suitable specie for enriched fallow. Phosphorus limit shoot biomass and its nitrogen, phosphorus and calcium stocks; Phosphorus fertilization of leg trees improves litter quality; and improved fallow system, under low solubility phosphorus fertilization of leg trees or not, accumulates more dry mass and nutrients stocks than spontaneous fallow system.

Key words: Capoeira, litter stocks, fine roots, *Inga edulis*, *Sclerolobium paniculatum*, shifting cultivation, regrowth forest, slash-and-burn

2.1 INTRODUÇÃO

A vegetação de pousio é o componente principal dos sistemas agroflorestais sequenciais, representados principalmente pelos sistemas de derruba-e-queima adotado pela maioria dos agricultores familiares na Amazônia. A vegetação de pousio, também denominada de vegetação secundária, tem como principal função acumular biomassa e nutrientes para atender a demanda nutricional das culturas agrícolas (SCHROTH; LEHMANN, 2003). Seu manejo é de grande importância para a agricultura familiar no Nordeste Paraense. A adoção de técnicas que promovam o acúmulo e a ciclagem de nutrientes é importante para a manutenção desses agroecossistemas.

A restauração da fertilidade do solo nesses agroecossistemas geralmente requer longos períodos, pois depende da recuperação da vegetação original. A pressão por novas áreas de cultivo tem resultado no encurtamento do pousio e intensificação do período agrícola (METZGER et al., 1998; VIELHAUER et al., 2001), portanto, menor acúmulo de biomassa e nutrientes (SOMMER et al. 2004; ZARIN et al., 2005). Esse cenário leva à redução da produtividade durante o período de cultivo e, conseqüentemente, à exploração dos remanescentes de floresta.

O enriquecimento da vegetação de pousio com espécies leguminosas arbóreas acelera o acúmulo de biomassa (BARRIOS; COBO, 2004; BASAMBA et al., 2007; BRIENZA JÚNIOR, 1999; SZOTT; PALM, 1996) e promove adições de nutrientes e carbono no sistema, recuperando gradativamente a qualidade do solo (BARRIOS et al., 2005; BASAMBA et al., 2007; KOUTIKA et al., 2002). Dessa forma, o enriquecimento de pousio tem o potencial de produzir maior biomassa e acelerar o acúmulo de nutrientes em níveis superiores ao que a vegetação espontânea conseguiria atingir (BARRIOS; COBO, 2004, BARRIOS et al., 2005; BASAMBA et al., 2007; BRIENZA JÚNIOR, 1999; SZOTT; PALM, 1996).

O acúmulo de biomassa na vegetação de pousio pode ser limitado pela disponibilidade de fósforo no solo (DAVIDSON et al., 2004a; GEHRING et al., 2005). A disponibilidade deste nutriente em solos tropicais é baixa devido à sua fixação aos sesquióxidos de ferro e alumínio (SZOTT et al., 1999b) e suas concentrações são baixas na biomassa da vegetação secundária (DENICH, 1991; KATO, 1998b; SANTOS JR et al., 2006). Dessa forma, a adubação fosfatada das espécies utilizadas no enriquecimento de pousio pode promover maior acúmulo de biomassa e nutrientes no sistema, o que é desejável para a produção agrícola (LAWRENCE; SCHLESINGER, 2001; MCGRATH et al., 2001).

Experimentos com fertilização detectam limitação por nutrientes em agroecossistemas (GÜSEWELL, 2004, KOERSELMAN; MEULEMAN, 1996). A adubação fosfatada das leguminosas arbóreas utilizadas em enriquecimento de pousio visando o acúmulo de biomassa é sugerida na literatura (MCGRATH et al., 2001; SANCHEZ, 1999), entretanto não há relato de estudos sobre o desempenho dessas espécies em enriquecimento de pousio em função da adubação fosfatada de baixa solubilidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação fosfatada de baixa solubilidade sobre o acúmulo de massa seca e nutrientes em pousio enriquecido com leguminosas arbóreas, na Amazônia Oriental.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Descrição da área

O estudo foi realizado em uma propriedade de agricultor familiar, na Comunidade São João, município de Marapanim, Nordeste do estado do Pará ($0^{\circ}56'24''$ e $1^{\circ}4'12''$ S e $47^{\circ}34'48''$ e $47^{\circ}39'36''$ W) (WATRIN et al., 2009). O município de Marapanim está incluído na Zona Bragantina, uma das áreas mais antigas de colonização na Amazônia, o que resultou em uso intenso dos recursos naturais.

O clima da região é do tipo “Ami”, segundo a classificação de Koppen, com temperatura máxima de $32,2^{\circ}\text{C}$ e mínima de $21,4^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de 80 a 89% . A precipitação média anual é de 2000 mm, com período de maior precipitação de fevereiro a abril e menor precipitação de setembro a novembro (CORDEIRO et al., 2010). A figura 1.2 mostra o balanço hídrico da região de estudo com médias mensais do período de 2000 a 2009.

Os solos da região são classificados como Argissolo Amarelo Distrófico com textura arenosa a média. O relevo é classificado como plano a suave ondulado (EMBRAPA, 1999, 2008 citado por WATRIN et al., 2009). A caracterização química e granulométrica do solo da área experimental antes do início dos tratamentos está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Caracterização química e granulométrica do solo da área experimental em junho de 2007, município de Marapanim, PA.

Profun- didade	pH	N	MO	P	K	Na	Ca	Ca+ Mg	Al	H + Al	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
cm	água	%	g kg ⁻¹	mg.dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				g kg ⁻¹			
0-10	5,3	0,17	11,5	4	32	14	2,5	3,0	0,1	5,8	544	335	62	60
10-20	4,8	0,14	10,4	2	22	12	0,8	1,2	0,6	6,6	447	396	57	100
20-30	4,7	0,14	9,6	1	28	10	0,6	1,0	0,8	7,1	429	383	88	100
30-50	4,6	0,11	5,1	1	16	8	0,4	0,7	1,0	6,3	381	379	80	160

2.2.2 Descrição do experimento

Em maio de 2006, a área experimental, com aproximadamente 0,5 hectares, foi submetida à trituração de uma vegetação de pousio de oito anos, com implemento fresador florestal. Após um mês da trituração, foi realizado um plantio de mandioca (*Manihot esculenta* - cultivar cearense) no espaçamento 1m x 1m. O estudo teve início em junho de 2007 com o plantio de leguminosas (ingá - *Inga edulis* Mart. e Tachi-branco - *Sclerolobium paniculatum* Vogel) entre as linhas alternadas da mandioca. A escolha das espécies foi baseada em estudo realizado anteriormente na mesma região deste estudo (BRIENZA JÚNIOR, 1999). Em outubro de 2007 foram realizados a colheita da mandioca e o coroamento nas mudas das leguminosas.

O experimento foi delineado em quatro blocos ao acaso com três tratamentos cada: (1) parcela controle de vegetação espontânea - T1; (2) Enriquecimento do pousio com as leguminosas arbóreas *I. edulis* e *S.paniculatum* - T2; (3) Enriquecimento do pousio com leguminosas arbóreas + adubação fosfatada – T3, totalizando 12 unidades amostrais de 10 m x 12 m. As espécies leguminosas foram plantadas alternadamente com espaçamento entre mudas de 2 m x 2 m entre as linhas de mandioca (1m x 1 m). A adubação utilizada foi o fosfato natural parcialmente acidulado, na dosagem de 200g por cova das leguminosas introduzidas no sistema (165 kg de P_2O_5 ha⁻¹).

Os tratamentos de enriquecimento receberam manejo, como capina durante o cultivo da mandioca, coroamento das mudas das leguminosas, conforme os critérios do agricultor. As parcelas controle não foram submetidas a nenhum tipo de manejo, simulando a vegetação espontânea de pousio tradicionalmente praticado na região.

Em maio de 2009, após 23 meses de pousio, foi realizada novamente a trituração da biomassa acumulada conforme descrito anteriormente.

2.2.3 Crescimento das leguminosas introduzidas no sistema

Foram realizadas medições mensais de altura, diâmetro do coleto e diâmetro a altura do peito em todos os indivíduos da área útil de cada parcela. A altura foi estimada com auxílio de vara métrica de o período de amostragem foi de setembro de 2007 a abril de 2009. O diâmetro do coleto e diâmetro a altura do peito foram medidos com auxílio de paquímetro digital e os períodos de amostragem foram maio de 2008 a abril de 2009 e setembro de 2008 a abril de 2009, respectivamente.

2.2.4 Amostragem parte aérea, serapilheira e raízes

A coleta de amostra da parte aérea, serapilheira e raízes foi realizada em maio de 2009. Na área útil de cada parcela, a massa seca da vegetação de pousio, incluindo as espécies plantadas, foi determinada pelo método direto (destrutivo), consistindo no corte e pesagem separadamente dos compartimentos, tronco, galho e folha dos indivíduos coletados. A amostragem das espécies de enriquecimento foi diferenciada da amostragem da vegetação espontânea. Para a amostragem das leguminosas, foram sorteados oito indivíduos na área útil de cada parcela. Para a amostragem da vegetação espontânea, foi demarcada, aleatoriamente uma sub-parcela de 3 m x 4 m (12m^2) na área útil de cada parcela. A biomassa da vegetação espontânea incluiu também espécies herbáceas e gramíneas. Sub-amostras, com aproximadamente 0,5 kg, foram pesadas no campo e em laboratório foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante. A massa seca das amostras foi calculada a partir da umidade das subamostras, obtida pela massa úmida e seca das subamostras.

Em seguida as amostras foram moídas, em moinho tipo Willey, para a determinação das concentrações de carbono e nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio).

A amostragem da serrapilheira foi realizada através da coleta de nove quadrados de 0,5 m x 0,5 m, dentro da área útil de cada parcela. Sendo que nos tratamentos de enriquecimento foram três amostras coletadas entre as linhas de plantio das árvores, três amostras coletadas na projeção da copa *S. paniculatum* e três amostras na projeção da copa de *I. edulis*. Em laboratório, as amostras foram secas ao ar, limpas (retirado todo o solo aderido ao material) e separadas em material não-lenhoso, lenhoso, mulch (material remanescente da trituração da vegetação de pousio anterior) e resíduo de cultura de mandioca. Em seguida, as amostras foram armazenadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem massa constante. As amostras foram moídas em moinho tipo Willey, para a determinação das concentrações de carbono e nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio).

Para a determinação da biomassa e de raízes finas foram coletadas cinco amostras de solo por parcela, aleatoriamente nas linhas e entrelinhas de plantio, com draga de 10,0 cm x 10,5 cm de área e profundidade variando de 11 a 16 cm. As amostras foram acondicionadas sob refrigeração até o momento da separação das raízes do solo. Para a triagem das raízes finas, o material foi disperso em água e lavado em malha de tecido elástico. As raízes, vivas e mortas, foram separadas em duas classes de diâmetro: com diâmetro menor ou igual a dois milímetros e com diâmetro entre dois e cinco milímetros, denominadas raízes finas e intermediárias, respectivamente. Em seguida as raízes foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até atingirem peso constante, pesadas e moídas para posterior análise de carbono e nutrientes conforme método citado para biomassa.

2.2.5 Análises químicas do material vegetal

Para a obtenção dos estoques de nutrientes, foram determinadas as concentrações de nutrientes de cada espécie plantada (*I. edulis* e *S. paniculatum*) e para a mistura das espécies amostradas na vegetação espontânea. Também foram determinadas as concentrações de

nutrientes nas frações não-lenhosa, lenhosa, mulch e resíduo de cultura, na serrapilheira, e nas raízes finas e intermediárias.

A determinação dos teores Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (C) e magnésio (Mg), foi realizada à partir do extrato obtido por digestão do material vegetal em sistema de $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ a 270°C . O teor de N foi determinado pelo método de kjeldahl. A determinação do teor de P foi realizada por método colorimétrico (MURPHY; RILEY, 1962), e os demais teores de nutrientes como K, Ca e Mg, foram determinados por absorção atômica.

Foi determinada a relação N:P e Massa:N da fração não-lenhosa da serrapilheira para avaliar sua qualidade nutricional.

As estimativas dos estoques de nutrientes contidos na parte aérea, serrapilheira, raízes finas e intermediárias foram obtidas multiplicando-se o teor dos nutrientes pela massa seca de cada compartimento.

2.2.6 Análise estatística

Os resultados de crescimento em altura, diâmetro do coleto e diâmetro a altura do peito não apresentaram normalidade e assim não foram submetidos à análise de variância sendo apenas apresentados dados numéricos.

A variável biomassa, estoques e concentrações de nutrientes totais e dos compartimentos tronco, galho e folha das leguminosas, adubadas e não adubadas, foram submetidas à análise de variância de dois fatores com o auxílio do programa estatístico SAS versão 9.1 (SAS, 2002, 2003).

Os dados de serrapilheira e raízes finas foram inicialmente submetidos à análise de variância de parcelas subdivididas com o auxílio do programa estatístico SAS versão 9.1 (SAS, 2002,2003), para verificar possíveis diferenças entre locais de coleta (linhas e entrelinhas das leguminosas). Não houve diferença significativa ($P<0,05$) entre locais de coleta e as médias foram submetidas à análise de variância de um fator do programa estatístico Sigma Plot versão 11 (SYSTAT, 2010).

As demais variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância de um fator, com o auxílio do programa estatístico Sigma Plot versão 11 (SYSTAT, 2010).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Crescimento, biomassa e estoques de nutrientes das árvores leguminosas introduzidas no sistema submetidas ou não à adubação fosfatada

Os resultados de mortalidade, médias de altura, diâmetro do coleto e diâmetro a altura do peito (dap) das espécies *S.paniculatum* e *I. edulis* submetidas aos tratamentos adubado e não adubado são encontrados na tabela 6. O desenvolvimento das espécies em altura, diâmetro do coleto e dap observados durante o período do experimento, são apresentados na figura 6. A espécie *S.paniculatum* mostrou tendência a ser responsiva ao tratamento adubado apresentando maiores incrementos em diâmetro do coleto, altura e dap, enquanto que o *I. edulis* do tratamento não adubado apresentou os menores incrementos.

A contribuição de produção de massa seca pelas leguminosas introduzidas no sistema no tratamento de enriquecimento (E) foi de 5,3 Mg ha⁻¹, correspondendo a 35% do total estimado para este tratamento, enquanto que o tratamento de enriquecimento + adubação (EA) a contribuição de produção de biomassa foi de 8,9 Mg há⁻¹ correspondendo a 43% da produção total. Não houve diferença significativa da biomassa da vegetação espontânea nos tratamentos de enriquecimento ($P < 0,05$), indicando que não houve supressão da vegetação espontânea pelo seu manejo.

A análise de variância da biomassa, estoques totais de nutrientes e biomassa, estoques e concentrações de nutrientes dos compartimentos folha, galho e tronco das espécies introduzidas no sistema mostraram efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para espécies e tratamento não havendo efeito de interação espécie x tratamento.

Aos 23 meses de experimento as espécies introduzidas no sistema apresentaram efeito de tratamento na massa seca total ($P = 0,050$) e seus estoques totais de fósforo ($P = 0,048$), cálcio ($P = 0,0138$) e magnésio ($P = 0,024$) e efeito significativo entre espécies para as médias da biomassa total ($P = 0,002$), e estoques de N ($P = 0,003$), P ($P = 0,004$), K ($P = 0,007$), Ca

($P=0,0011$) e Mg ($P<0,0001$). As médias da espécie *S.paniculatum* e do tratamento de adubação apresentaram maiores valores (tabela 7).

Tabela 6 - Valores médios de mortalidade, altura, diâmetro do coleto e diâmetro à altura do peito, das espécies utilizadas no enriquecimento de pousio de sistema agroflorestal seqüencial de corte-e-trituração aos 7 e 22 meses, em Marapanim, PA. (Erro padrão entre parêntesis; A A - tratamento adubado; NA – tratamento não adubado; *ainda não apresentava dap.; **não foi coletado o referido dado)

Meses	Mortalidade (%)				Altura (cm)				Diâmetro do coleto (mm)				DAP (cm)			
	<i>I. edulis</i>		<i>S. paniculatum</i>		<i>I. edulis</i>		<i>S. paniculatum</i>		<i>I. edulis</i>		<i>S. paniculatum</i>		<i>I. edulis</i>		<i>S. paniculatum</i>	
	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
7	04 (4)	13 (8)	25 (8)	25 (8)	58 (2)	52 (5)	60 (4)	64 (6)	**	**	**	**	*	*	*	*
22	13 (8)	21 (15)	13 (4)	17 (5)	223 (20)	209 (57)	363 (31)	339 (52)	30 (2)	23 (3)	52 (6,4)	49 (10)	15 (1)	11 (2)	32 (4)	29 (4)

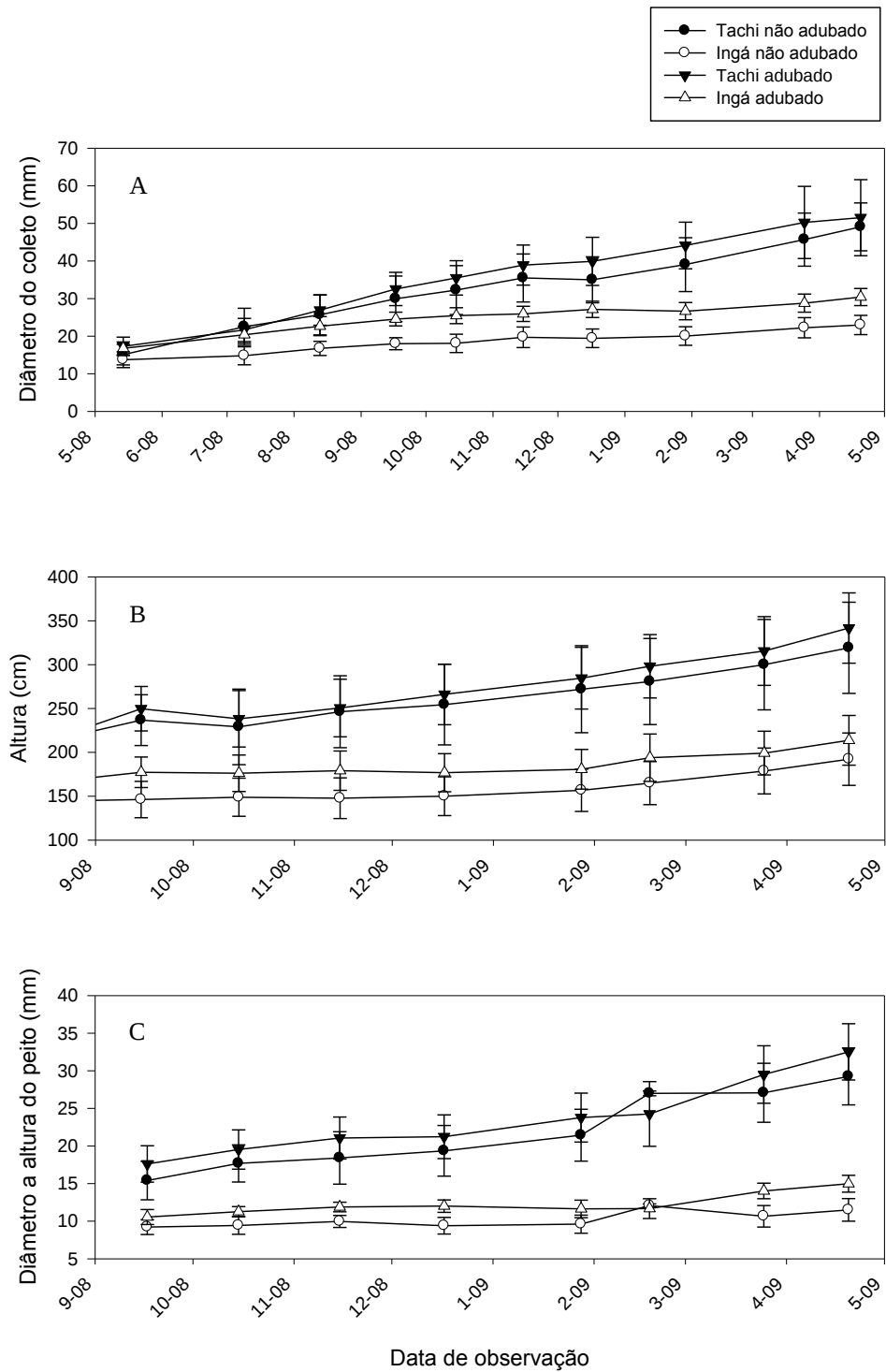


Figura 6 - Médias mensais de diâmetro do coleto (A), altura (B) e diâmetro à altura do peito (C) das espécies introduzidas no sistema: ingá (*I. edulis*) e tachi (*S. paniculatum*) (Barras verticais representam $\pm$ o erro padrão).

Tabela 7 - Biomassa (Mg ha^{-1}) e estoque de nutrientes (kg ha^{-1}) totais das espécies *I. edulis* e *S. paniculatum* sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos		Espécies		
		<i>S.paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	Média
Massa Total --(Mg ha^{-1})--	Não adubado	5,55 (1,1)	0,66 (0,2)	3,11 (1,1) b
	Adubado	8,57 (1,2)	1,45 (0,3)	5,01 (1,5) a
	Média	7,06 (1,0) A	1,06 (0,2) B	
Nitrogênio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	51,19 (8,6)	7,07 (2,4)	29,13 (9,3) ns
	Adubado	79,42 (14,5)	13,79 (3,2)	46,60 (14,2) ns
	Média	65,30 (9,5) A	10,43 (2,3) B	
Fósforo --(kg ha^{-1})--	Não adubado	3,04 (0,9)	0,45 (0,21)	1,74 (0,6) ns
	Adubado	4,94 (0,6)	0,93 (0,1)	2,93 (0,8) ns
	Média	3,99 (0,6) A	0,69 (0,1) B	
Potássio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	19,54 (4,9)	3,28 (0,8)	11,41 (3,8) ns
	Adubado	20,07 (2,8)	6,25(1,1)	13,16 (3,0) ns
	Média	19,81 (2,6) A	4,77 (0,8) B	
Cálcio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	13,57 (3,2)	4,00 (1,1)	8,78 (2,4) b
	Adubado	26,23 (3,5)	11,45 (3,8)	18,84 (3,7) a
	Média	19,90 (3,2) A	7,72 (2,3) B	
Magnésio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	4,43 (1,0)	0,97 (0,3)	2,70 (0,8) b
	Adubado	7,91 (1,0)	2,40 (0,7)	5,16 (1,2) a
	Média	6,17 (0,9) A	1,69 (0,4) B	

Para o compartimento folha, as médias de biomassa e dos estoques de P, Ca e Mg do tratamento adubado foram significativamente maiores ($P < 0,005$), enquanto que a espécie *S. paniculatum* apresentou médias significativamente maiores ($P < 0,005$) de biomassa e estoques de N, P, Ca e Mg (Tabela 8).

As médias de biomassa de galho e tronco e seus estoques de N, P, K, Ca e Mg apresentaram efeito significativo de espécie ($P < 0,005$), exceto o compartimento galho que apresentou efeito de tratamento no estoque de P ($P = 0,0227$). A espécie *S.paniculatum*

apresentou maior massa e estoques dos referidos nutrientes, e o estoque de P no compartimento galho foi maior no tratamento adubado (Tabelas 9 e 10).

Tabela 8 - Biomassa (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes (kg ha^{-1}) do compartimento folha das espécies *I. edulis* e *S. paniculatum* sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA (erro padrão entre parênteses. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos		Espécies		Média
		<i>S. paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	
Massa Total --(Mg ha^{-1})--	Não adubado	2,27 (0,4)	0,25 (0,1)	1,26 (0,4) b
	Adubado	3,34 (0,4)	0,67 (0,2)	2,01 (0,6) a
	Média	2,81 (0,3) A	0,46 (0,1) B	
Nitrogênio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	24,86 (4,5)	3,72 (2,1)	14,29 (4,6) ns
	Adubado	38,50 (12,7)	5,05 (0,4)	21,77 (8,6) ns
	Média	31,68 (6,7) A	4,38 (1,0) B	
Fósforo --(kg ha^{-1})--	Não adubado	1,71 (0,5)	0,27 (0,1)	0,99 (0,4) b
	Adubado	2,72 (0,3)	0,54 (0,1)	1,63 (0,4) a
	Média	2,21 (0,3) A	0,41 (0,1) B	
Potássio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	8,86 (1,9)	1,24 (0,4)	5,05 (1,7) ns
	Adubado	9,58 (1,3)	2,48 (0,5)	6,03 (1,5) ns
	Média	9,22 (1,1) A	1,86 (0,4) B	
Cálcio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	6,30 (1,6)	2,25 (0,9)	4,28 (1,1) b
	Adubado	14,65 (2,8)	7,50 (2,3)	11,08 (2,2) a
	Média	10,48 (2,2) A	4,88 (1,5) B	
Magnésio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	2,39 (0,5)	0,59 (0,2)	1,49 (0,4) b
	Adubado	4,64 (0,6)	1,56 (0,4)	3,10 (0,7) a
	Média	3,51 (0,6) A	1,07 (0,3) B	

Tabela 9 - Biomassa (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes (kg ha^{-1}) do compartimento galho das leguminosas utilizadas no enriquecimento de pousio sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos		Espécies		Média
		<i>S.paniculatum</i>	<i>I edulis</i>	
Massa Total --(Mg ha^{-1})--	Não adubado	0,66 (0,2)	0,12 (0,04)	0,39 (0,1) ns
	Adubado	1,10 (0,2)	0,19 (0,05)	0,64 (0,2) ns
	Média	0,88 (0,1) A	0,15 (0,03) B	
Nitrogênio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	5,36 (1,2)	1,12 (0,42)	3,24 (1,0) ns
	Adubado	9,48 (0,8)	2,89 (1,61)	6,19 (1,5) ns
	Média	7,42 (1,0) A	2,01 (0,84) B	
Fósforo --(kg ha^{-1})--	Não adubado	0,35 (0,10)	0,07 (0,03)	0,21 (0,1) b
	Adubado	0,58 (0,08)	0,10 (0,03)	0,34 (0,1) a
	Média	0,46 (0,07) A	0,08 (0,02) B	
Potássio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	2,75 (0,8)	0,69 (0,26)	1,72 (0,5) ns
	Adubado	3,61 (0,6)	0,97 (0,30)	2,29 (0,6) ns
	Média	3,18 (0,5) A	0,83 (0,19) B	
Cálcio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	2,25 (0,5)	0,75 (0,30)	1,50 (0,4) ns
	Adubado	3,78 (0,5)	1,51 (0,51)	2,65 (0,5) ns
	Média	3,02 (0,4) A	1,13 (0,31) B	
Magnésio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	0,49 (0,1)	0,18 (0,06)	0,33 (0,1) ns
	Adubado	0,92 (0,1)	0,31 (0,08)	0,62 (0,1) ns
	Média	0,70 (0,1) A	0,25 (0,05) B	

Tabela 10 - Biomassa (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes (kg ha^{-1}) do compartimento tronco das leguminosas utilizadas no enriquecimento de pousio sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos		Espécies		Média
		<i>S. paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	
Massa Total --(Mg ha^{-1})--	Não adubado	2,62 (0,6)	0,29 (0,08)	1,46 (0,5) ns
	Adubado	4,12 (0,7)	0,59 (0,12)	2,36 (0,7) ns
	Média	3,37 (0,5) A	0,44 (0,09) B	
Nitrogênio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	20,97 (4,4)	2,23 (0,45)	11,60 (4,1) ns
	Adubado	31,44 (4,5)	5,85 (1,42)	18,64 (5,3) ns
	Média	26,20 (3,5) A	4,04 (0,97) B	
Fósforo --(kg ha^{-1})--	Não adubado	0,98 (0,3)	0,11 (0,02)	0,55 (0,2) ns
	Adubado	1,64 (0,3)	0,29 (0,09)	0,96 (0,3) ns
	Média	1,31 (0,2) A	0,20 (0,05) B	
Potássio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	7,92 (3,1)	1,35(0,44)	4,63 (1,9) ns
	Adubado	6,89 (1,1)	2,81 (0,87)	4,85 (1,0) ns
	Média	7,41 (1,5) A	2,08 (0,43) B	
Cálcio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	5,02 (1,1)	0,99 (0,30)	3,01 (0,9) ns
	Adubado	7,80 (1,6)	2,44 (1,01)	5,12 (1,4) ns
	Média	6,41 (1,1) A	1,72 (0,53) B	
Magnésio --(kg ha^{-1})--	Não adubado	1,56 (0,4)	0,21 (0,04)	0,88 (0,3) ns
	Adubado	2,36 (0,5)	0,53 (0,19)	1,44 (0,4) ns
	Média	1,96 (0,3) A	0,37 (0,11) B	

Para as concentrações de nutrientes nas folhas, galho e tronco, houve efeito significativo de tratamento ($P=0,0015$) na concentração de Ca nas folhas, com as maiores médias no tratamento adubado. A espécie *I. edulis* apresentou médias significativamente maiores para as concentrações de K, Ca e Mg nos compartimento folha ($P<0,005$), galho ($P<0,005$) e tronco ($P<0,05$) (tabelas 11, 12 e 13).

Tabela 11 - Concentração de nutrientes (g kg^{-1}) do compartimento folha das espécies *I. edulis* e *S paniculatum* sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos	Espécies		Média
	<i>S paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	
	Nitrogênio (g kg^{-1})		
Não adubado	11,2 (1,34)	13,1 (2,75)	12,1 (1,5) ns
Adubado	11,3 (2,64)	8,7 (1,66)	10,0 (1,5) ns
Média	11,2 (1,37) ns	10,9 (1,70) ns	
	Fósforo (g kg^{-1})		
Não adubado	0,7 (0,12)	0,9 (0,21)	0,8 (0,1) ns
Adubado	0,8 (0,03)	0,9 (0,17)	0,9 (0,1) ns
Média	0,8 (0,06) ns	0,9 (0,13) ns	
	Potássio (g kg^{-1})		
Não adubado	3,8 (0,30)	5,6 (0,70)	4,7 (0,5) ns
Adubado	2,9 (0,20)	4,3 (0,88)	3,6 (0,5) ns
Média	3,3 (0,23) B	4,9 (0,57) A	
	Cálcio (g kg^{-1})		
Não adubado	2,6 (0,40)	8,9 (0,33)	5,8 (1,2) b
Adubado	4,4 (0,66)	11,1 (0,88)	7,7 (1,4) a
Média	3,5 (0,49) B	10,0 (0,60) A	
	Magnésio (g kg^{-1})		
Não adubado	1,0 (0,11)	2,4 (0,11)	1,7 (0,3) ns
Adubado	1,4 (0,11)	2,4 (0,24)	1,9 (0,2) ns
Média	1,2 (0,10) B	2,4 (0,12) A	

Tabela 12 - Concentração de nutrientes (g kg^{-1}) do compartimento galho das espécies *I. edulis* e *S paniculatum* sob tratamentos adubado e não adubado, em Marapanim, PA. (Erro padrão entre parêntesis. (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

TRATAMENTO	<i>S paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	Média
Nitrogênio (g kg^{-1})			
Não adubado	8,4 (0,61)	9,8 (1,00)	9,1 (0,60) ns
Adubado	9,0 (0,89)	13,8 (4,90)	11,4 (2,48) ns
Média	8,7 (0,51) ns	11,8 (2,43) ns	
Fósforo (g kg^{-1})			
Não adubado	0,5 (0,05)	0,6(0,04)	0,5 (0,03) ns
Adubado	0,5 (0,03)	0,6 (0,04)	0,6 (0,03) ns
Média	0,5 (0,03) ns	0,6 (0,03) ns	
Potássio (g kg^{-1})			
Não adubado	4,0 (0,27)	5,8(0,38)	4,9 (0,40) ns
Adubado	3,3 (0,37)	5,0 (0,52)	4,2 (0,44) ns
Média	3,7 (0,25) B	5,4 (0,33) A	
Cálcio (g kg^{-1})			
Não adubado	3,4 (0,30)	6,6 (0,68)	5,0 (0,69) ns
Adubado	3,5 (0,22)	8,0 (1,01)	5,7 (0,97) ns
Média	3,5 (0,17) B	7,3 (0,62) A	
Magnésio (g kg^{-1})			
Não adubado	0,7 (0,06)	1,7 (0,18)	1,2 (0,19) ns
Adubado	0,9 (0,13)	1,7 (0,13)	1,3 (0,18) ns
Média	0,8 (0,07) B	1,7 (0,10) A	

Tabela 13 - Concentração de nutrientes (kg kg^{-1}) da biomassa de troncos das espécies leguminosas utilizadas para o enriquecimento de pousio sob tratamentos adubado e não adubado na Comunidade São João, Marapanim, PA. (erro padrão entre parênteses Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre espécies e letras minúsculas indicam diferença significativa entre tratamentos ao nível de significância de 5%, ns indica que não houve diferença significativa).

Tratamentos	Espécies		Média
	<i>S. paniculatum</i>	<i>I. edulis</i>	
	Nitrogênio (g kg^{-1})		
Não adubado	9,0 (1,70)	8,4 (1,78)	8,7 (1,15) ns
Adubado	8,0 (1,38)	9,8 (1,41)	8,9 (0,97) ns
Média	8,5 (1,03) ns	9,1 (1,08) ns	
	Fósforo (g kg^{-1})		
Não adubado	0,3 (0,06)	0,4 (0,03)	0,4 (0,03) ns
Adubado	0,4 (0,01)	0,5 (0,04)	0,4 (0,02) ns
Média	0,4 (0,03) ns	0,4 (0,03) ns	
	Potássio (g kg^{-1})		
Não adubado	2,8 (0,83)	4,4 (0,53)	3,6 (0,55) ns
Adubado	1,7 (0,11)	4,5 (0,38)	3,1 (0,56) ns
Média	2,3 (0,45) B	4,5 (0,30) A	
	Cálcio (g kg^{-1})		
Não adubado	2,0 (0,10)	3,3 (0,20)	2,6 (0,27) ns
Adubado	1,9 (0,12)	3,7 (0,66)	2,8 (0,46) ns
Média	1,9 (0,07) B	3,5 (0,33) A	
	Magnésio (g kg^{-1})		
Não adubado	0,6 (0,06)	0,8 (0,09)	0,7 (0,06) ns
Adubado	0,6 (0,05)	0,8 (0,13)	0,7 (0,08) ns
Média	0,6 (0,04) B	0,8 (0,07) A	

2.3.2 Biomassa e estoques de nutrientes da vegetação de pousio sob diferentes manejos

As concentrações de nutrientes estimadas nos compartimentos folha, galho, tronco e cipó estão apresentadas na figura 7, e ocorreram com a seguinte ordem de grandeza: $N > Ca > K > Mg > P$.

Após 23 meses de experimento, a massa seca total da vegetação de pousio foi significativamente diferente ($P < 0,003$) entre os três tratamentos. O tratamento de enriquecimento submetido à adubação fosfatada (T3) apresentou estimativa de $21,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, produzindo 93,3% a mais de massa seca que o tratamento controle (T1), indicando que a adubação fosfatada afetou o acúmulo de biomassa. O tratamento de enriquecimento (T2) apresentou $16,1 \text{ Mg ha}^{-1}$, correspondendo a 47,3% a mais de massa seca que o tratamento C, indicando que o enriquecimento do pousio com leguminosas arbóreas afetou o acúmulo de biomassa, enquanto que a vegetação espontânea (C) apresentou $11,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ (tabela 14).

A distribuição percentual da massa seca nos compartimentos folha, galho e tronco no tratamento T1 foram de 28,9%, 16,3% e 42,4% respectivamente, enquanto que no tratamento T2 essas proporções foram de 36,4%, 14,6% e 40,1% e T3 35,1%, 17,5% e 39,8%.

Os estoques totais e dos compartimentos folha, galho e tronco, bem como sua distribuição percentual encontram-se na tabela 14. Houve efeito significativo entre tratamentos para os estoques totais de N ($P = 0,025$), P ($P = 0,003$) e Ca ($P = 0,028$). O estoque de N acumulado na vegetação de pousio sob o tratamento T3 foi 26 % maior que o tratamento T2 e 92 % maior que T1. O acúmulo de P na vegetação de pousio T3 foi 111 % maior que o tratamento T1 enquanto que o tratamento T2 foi 52% maior que o tratamento T1. O Ca acumulado na parte aérea da vegetação de pousio sob tratamento T3 foi 36 e 69 % maior que T2 e T1, respectivamente. O acúmulo de K sob o tratamento T3 foi 11 e 50 % maior que o tratamento T2 e T1, respectivamente e o acúmulo de Mg 45 e 55 % maior no tratamento T3 em relação aos tratamentos T2 e T1, respectivamente, entretanto não houve diferença significativa entre tratamentos (tabela 10).

A massa seca e os estoques de P e Ca totais e dos compartimentos folha, galho e tronco foram significativamente maiores no tratamento T3.

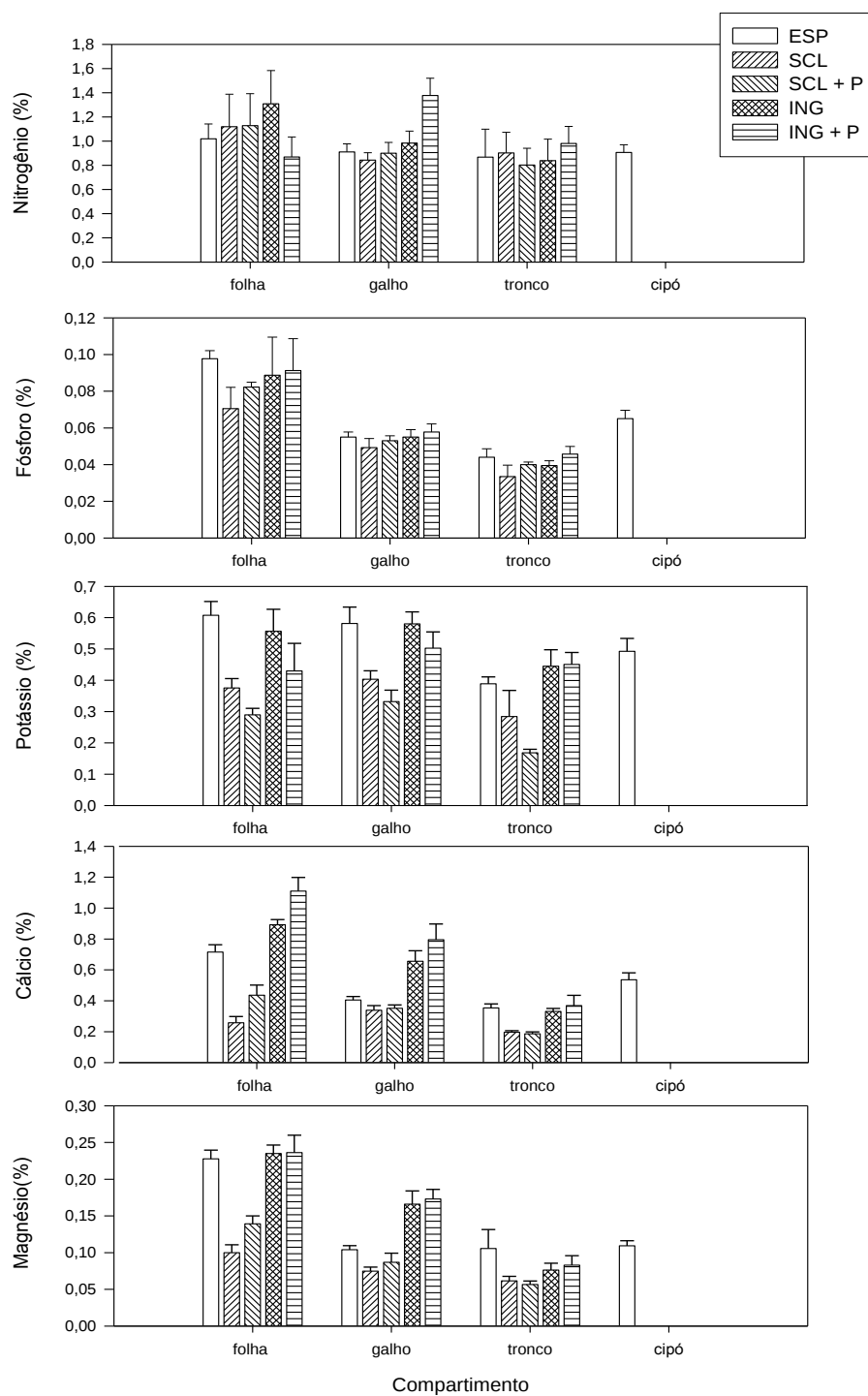


Figura 7 - Concentração de nutrientes em compartimentos da parte aérea de vegetação de pousio sob diferentes tratamentos (ESP: pousio espontâneo, SCL: *S. paniculatum*, SCL+P: *S. paniculatum* + adubação fosfatada, ING: *I. edulis*, ING+P: *I. edulis* + adubação fosfatada). Barras verticais representam média $\pm$ erro padrão.

Tabela 14- Massa seca (Mg ha^{-1}) e estoque de nutrientes (kg ha^{-1}) dos compartimentos folha, galho, tronco e cipó, da vegetação de pousio nos diferentes tratamentos da área experimental de São João, Marapanim, PA (Erro padrão entre parênteses. Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre massa seca e estoque total de nutrientes entre tratamentos e letras minúsculas indicam diferença significativa entre massa seca e estoques de nutrientes nos compartimentos folha, galho, tronco e cipó ao nível de significância de 5%, * indica efeito marginalmente significativo - $P < 0,06$)

Tratamentos	Massa seca (Mg ha^{-1})	%	N (kg . ha^{-1})	%	P (kg . ha^{-1})	%	K (kg . ha^{-1})	%	Ca (kg . ha^{-1})	%	Mg (kg . ha^{-1})	%
POUSIO ESPONTANEO												
Folha	3,24 (0,32) b	28,9	27,2 (4,2) *	26,5	3,2 (0,2) b	47,55	21,8 (3,3)	39,6	25,4 (1,5)	46,2	10,5 (0,5)	58,9
Galho	1,83 (0,11) b	16,3	15,4 (2,4) *	15,0	1,0 (0,1) b	14,72	9,9 (2,2)	18,0	6,8 (1,4)	12,4	2,3 (0,1)	12,9
Tronco	4,76 (0,59) b	42,4	49,1 (15,3) *	47,8	1,7 (0,3) b	25,55	17,5 (4,7)	31,8	16,3 (16,3) b	29,6	3,7 (0,1)	20,6
Cipó	1,38 (0,28)	12,3	11,0 (1,3)	10,7	0,8 (0,1)	12,19	5,9 (1,0)	10,7	6,5 (1,1)	11,8	1,4 (0,1)	7,7
Total	11,2 (0,3) C	100	102,8 (8,5) B	100	6,7 (0,03) C	100	55,0 (6,8)	100	55,1 (4,1) B	100	17,9 (6,9)	100
ENRIQUECIMENTO												
Folha	6,00 (0,52) b	36,4	64,7 (9,5) *	41,5	5,2 (0,7) ab	50,9	33,5 (6,2)	42,9	31,4 (4,1)	45,7	10,4 (1,2)	54,4
Galho	2,41 (0,45) ab	14,6	22,6 (6,6) *	14,5	1,4 (0,4) ab	13,6	13,8 (3,6)	17,6	10,8 (2,6)	15,7	2,4 (0,4)	12,4
Tronco	6,61 (0,91) ab	40,1	54,3 (9,9) *	34,8	2,7 (0,7) ab	26,1	23,7 (3,1)	30,3	18,3 (3,0) ab	26,7	4,4 (0,5)	23,3
Cipó	1,47 (0,15)	8,9	14,2 (1,9)	9,1	1,0 (0,1)	9,5	7,2 (0,6)	9,2	8,1 (1,2)	11,8	1,9 (0,3)	10,0
Total	16,5 (2,0) B	100	155,9 (12,2) AB	100	10,3 (1,5) B	100	78,1 (10,3)	100	68,5 (7,4) AB	100	19,1 (1,5)	100
ENRIQUECIMENTO + P												
Folha	7,61 (0,59) a	35,1	79,0 (15,5) *	40,1	7,1 (1,1) a	50,0	31,9 (4,9)	36,8	45,5 (5,2)	49,0	13,6 (1,6)	49,2
Galho	3,80 (3,80) a	17,5	33,7 (4,0) *	17,1	2,0 (0,4) a	14,3	19,3 (2,8)	22,3	14,5 (1,8)	15,6	3,6 (0,6)	13,2
Tronco	8,63 (8,63) a	39,8	70,4 (8,8) *	35,7	4,0 (0,5) a	27,9	26,3 (2,2)	30,4	24,1 (1,6) a	26,0	8,9 (2,9)	32,0
Cipó	1,64 (0,17)	7,5	14,1(2,7)	7,2	1,1 (0,2)	7,8	9,1 (1,8)	10,5	8,8 (1,8)	9,5	1,6 (0,5)	5,7
Total	21,7 (1,4) A	100	197,2 (15,3) A	100	14,3 (1,6) A	100	86,6 (9,6)	100	93,0 (6,2) A	100	27,7 (3,3)	100

2.3.3 Massa seca e estoques de nutrientes na serrapilheira de vegetação de pousio sob diferentes manejos

As concentrações dos nutrientes estimados no material não-lenhoso, lenhoso, mulch e resíduo de cultura da serrapilheira nas linhas e entre-linhas das leguminosas submetidas ou não à adubação fosfatada estão na figura 8. A massa seca e estoques de nutrientes estão apresentados na tabela 15.

Os resultados mostraram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os diferentes manejos da vegetação de pousio nos estoques de material lenhoso + não lenhoso de N e estoques totais de Mg (material não-lenhoso + lenhoso + mulch + resíduo de cultura). A massa seca e estoques totais de P, K e Ca da serrapilheira não foram significativamente diferentes entre os tratamentos (tabela 15).

O estoque de N da fração não lenhosa + lenhosa foi significativamente maior ($P < 0,05$) no tratamento T3 com 12 e 67% a mais N que os tratamentos T2 e T1, respectivamente. Para o estoque de N total na serrapilheira (material não lenhoso + lenhoso + mulch + RC) houve efeito marginalmente significativo ($P = 0,062$) de tratamento, também com maiores valores no tratamento T3 (tabela 15).

O estoque total de Mg^{+2} foi significativamente maior no tratamento T3 sendo 25 e 28% maior que o tratamento T2 e T1, respectivamente.

Foram determinadas as relações N:P e Massa:N da fração não-lenhosa para avaliar a qualidade dessa fração da serrapilheira, os valores da relação N:P dos tratamentos T1, T2 e T3 foram respectivamente 29, 39 e 32. O tratamento T3 não diferiu significativamente do tratamento T2 e ambos foram significativamente ($P = 0,001$) maiores que o tratamento T1. A relação Massa: N da fração não lenhosa da serrapilheira no tratamento T1 foi 80 e diferiu significativamente ($P < 0,05$) do tratamento T3 com valor igual a 68, enquanto este tratamento não diferiu significativamente do tratamento T2 apresentando relação Massa:N igual a 70.

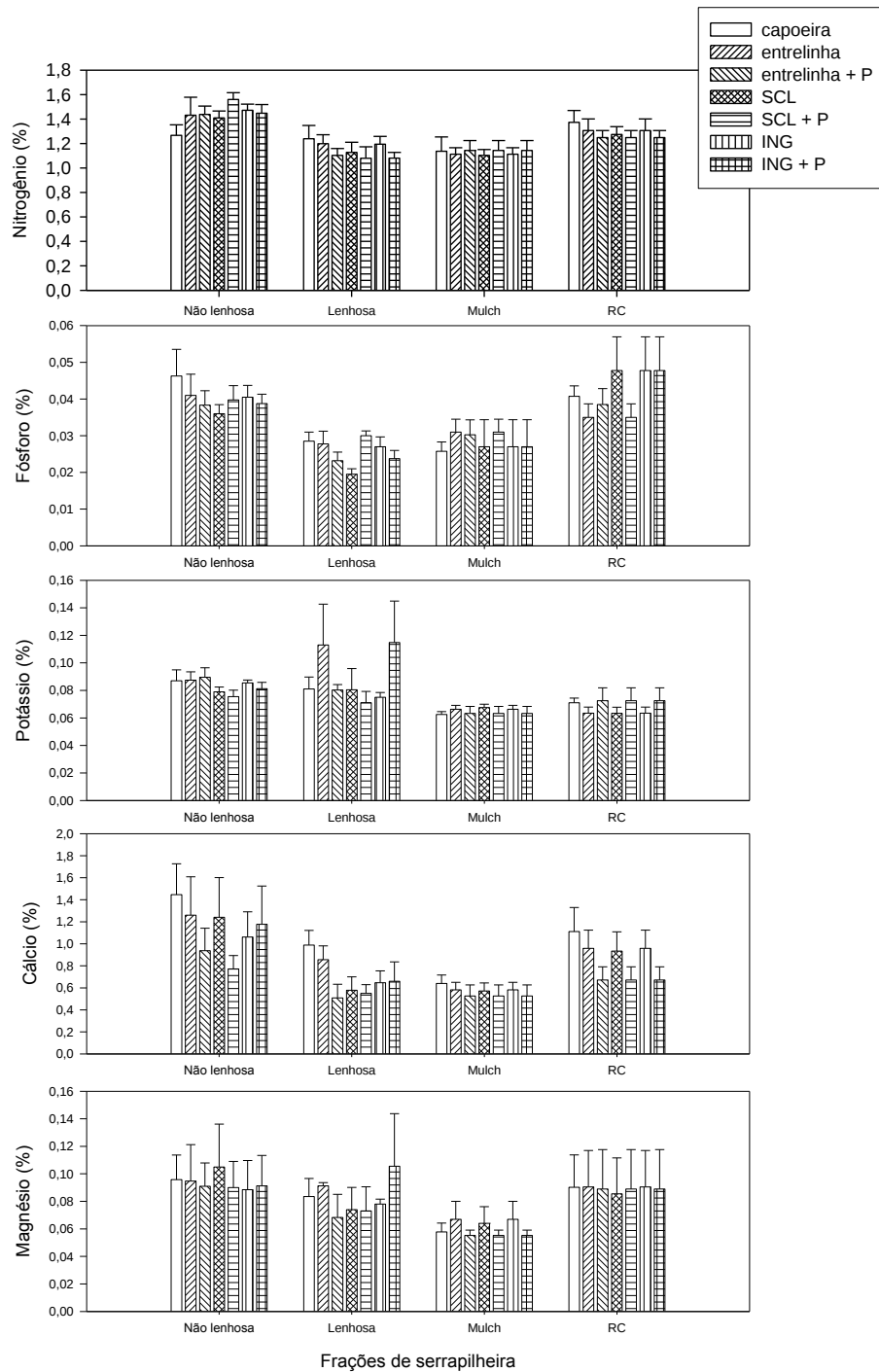


Figura 8 - Concentração de nutrientes em frações de serapilheira de vegetação de pousio sob diferentes tratamentos (ESP: pousio espontâneo, SCL: *S.paniculatum*, SCL+P: *S.paniculatum* + adubação fosfatada, ING: *Ingba edulis*, ING+P: *I. edulis* + adubação fosfatada). Barras verticais representam média $\pm$ erro padrão.

Tabela 15 - Massa seca (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes contidos das frações da serrapilheira sob vegetação de pousio nos diferentes tratamentos experimentais em São João, Marapanim, PA (Erro padrão entre parênteses. Letras maiúsculas indicam diferença significativa entre massa seca e estoque total de nutrientes ao nível de significância de 5% * indica diferença marginalmente significativa – $P < 0,06$)

Tratamentos/Frações	Massa seca (Mg ha^{-1})	%	N (kg ha^{-1})	%	P (kg ha^{-1})	%	K (kg ha^{-1})	%	Ca (kg ha^{-1})	%	Mg (kg ha^{-1})	%
POUSIO ESPONTÂNEO												
material não-lenhoso	1,8 (0,10)	65,6	22,6 (1,85)	66,8	0,8 (0,14)	73,4	1,5 (0,16)	70,6	25,7 (5,03)	75,4	1,8 (0,37)	70,4
material lenhoso	0,3 (0,04)	9,3	3,3 (0,82)	9,6	0,1 (0,02)	6,5	0,2 (0,23)	8,9	2,5 (0,62)	7,5	0,2 (0,03)	8,0
Mulch	0,3 (0,10)	12,8	3,7 (0,66)	11,0	0,1 (0,03)	8,1	0,2 (0,07)	10,0	2,3 (0,8)	6,8	0,2 (0,06)	8,2
resíduo de cultura	0,3 (0,11)	12,3	4,3 (1,21)	12,7	0,1 (0,04)	12,0	0,2 (0,06)	10,5	3,5 (0,91)	10,3	0,3 (0,13)	13,4
Não lenhoso + lenhoso	2,04 (0,06)		25,8 (1,73) B		0,9 (0,14)		1,7 (0,16)		28,3 (0,58)		2,0 (0,38)	
Total	2,7 (0,21)	100	33,8 (0,25) *	100	1,1 (0,25)	100	2,2 (0,03)	100	34,1 (0,39)	100	2,5 (0,03) B	100
ENRIQUECIMENTO												
material não-lenhoso	2,42 (0,34)	76,2	34,62 (4,69)	79,6	0,91 (0,06)	80,8	2,03 (0,27)	78,1	25,75 (3,67)	83,8	2,08 (0,53)	81,2
material lenhoso	0,35 (0,08)	11,1	3,99 (0,84)	9,2	0,09 (0,03)	8,3	0,30 (0,06)	11,5	2,26 (0,77)	7,4	0,26 (0,07)	10,1
Mulch	0,23 (0,08)	7,2	2,60 (0,91)	6,0	0,07 (0,02)	6,0	0,15 (0,06)	6,0	1,20 (0,31)	3,9	0,13 (0,03)	5,1
resíduo de cultura	0,18 (0,10)	5,6	2,28 (1,33)	5,2	0,06 (0,03)	5,0	0,11 (0,07)	4,4	1,52 (0,73)	4,9	0,09 (0,04)	3,6
Não lenhoso + lenhoso	2,8 (0,39)		38,6 (5,18) B		1,0 (0,08)		2,3 (0,33)		28,0 (0,31)		2,3 (0,59)	
Total	3,2 (0,45)	100	43,5 (0,08) *	100	1,1 (0,08)	100	2,6 (0,03)	100	30,7 (0,16)	100	2,6 (0,02) B	100
ENRIQUECIMENTO + P												
material não-lenhoso	2,50 (0,21)	64,0	37,42 (3,87)	69,7	0,96 (0,10)	71,8	2,09 (0,22)	64,3	24,65 (6,85)	76,8	2,24 (0,51)	70,1
material lenhoso	0,53 (0,53)	13,5	5,75 (5,75)	10,7	0,12 (0,03)	9,2	0,43 (0,11)	13,2	2,55 (0,41)	8,0	0,34 (0,10)	10,7
Mulch	0,57 (0,17)	14,6	6,61 (2,14)	12,3	0,12 (0,01)	9,0	0,38 (1,12)	11,5	2,79 (0,85)	8,7	0,30 (0,07)	9,3
resíduo de cultura	0,31 (0,10)	8,0	3,88 (1,25)	7,2	0,14 (0,04)	10,1	0,36 (0,10)	11,0	2,09 (0,87)	6,5	0,31 (0,19)	9,8
Não lenhoso + lenhoso	3,0 (0,19)		43,2 (4,13) A		1,1 (0,08)		3,26 (0,23)		32,08 (0,63)		2,6 (0,53)	
Total	3,91 (0,31)	100	53,66 (0,82) *	100	1,34 (0,82)	100	3,26 (0,04)	100	32,08 (0,36)	100	3,20 (0,02) A	100

2.3.4 Massa seca e estoques de nutrientes nas raízes finas em vegetação de pousio sob diferentes manejos

As concentrações dos nutrientes estimados nas raízes finas e intermediárias estão na figura 9. Não houve efeito significativo dos tratamentos nos estoques de N, K, Ca e Mg das raízes finas e raízes intermediárias (tabela 16). A soma das massas e dos estoques de nutrientes, das raízes finas e intermediárias, não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos ($P < 0,05$). A massa seca e estoques de nutrientes das raízes finas foram numericamente maiores que nas raízes intermediárias.

O estoque de P nas raízes finas foi significativamente menor no tratamento T3 em relação ao T1 e não diferiu do tratamento T2, enquanto que o estoque de P das raízes intermediárias foi significativamente maior no tratamento T3. A soma das massas e estoques de nutrientes das raízes finas e intermediárias não apresentou diferença significativa entre tratamentos.

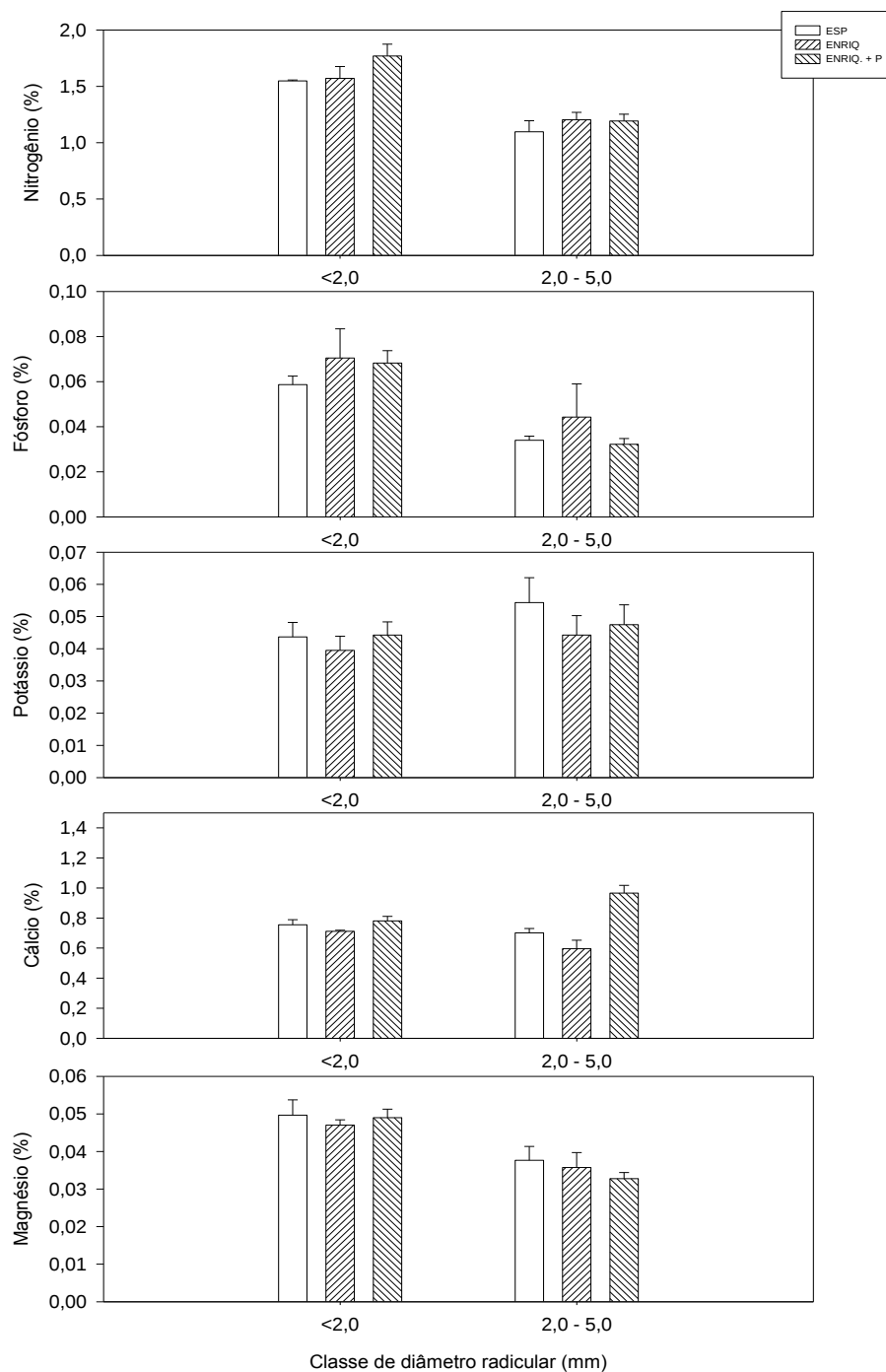


Figura 9 - Concentração de nutrientes em raízes finas e intermediárias de vegetação de pousio sob diferentes tratamentos (ESP: pousio espontâneo, ENR:Enriquecimento, ENR+P: Enriquecimento + adubação fosfatada das leguminosas). Barras verticais representam média $\pm$ erro padrão.

Tabela 16. Massa seca (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes das raízes finas (diâmetro até 2mm) e intermediárias (diâmetro entre 2 e 5 mm) da vegetação de pousio sob diferentes tratamentos experimentais em Marapanim, PA (Erro padrão entre parênteses, letras minúsculas indicam diferença significativa entre massa seca e estoques de nutrientes entre tratamentos ao nível de significância de 5%)

Tratamento/classe de diâmetro	Massa seca (Mg ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg
		(kg . ha ⁻¹)				
Capoeira						
diâmetro até 2mm	3,5 (0,31)	55,4 (8,17)	2,4 (0,46) a	1,4 (0,24)	24,8 (2,34)	1,6 (0,20)
diâmetro entre 2-5 mm	0,6 (0,17)	7,6 (2,31)	0,2 (0,03) ab	0,3 (0,06)	3,4 (0,86)	0,2 (0,04)
Total	4,1 (0,43)	63 (10,1)	3 (0,5)	2 (0,3)	28 (2,6)	2 (0,2)
Enriquecimento						
diâmetro até 2mm	3,3 (0,47)	57,0 (7,92)	2,2 (0,39) ab	1,5 (0,29)	25,4 (3,88)	1,6 (0,18)
diâmetro entre 2-5 mm	0,6 (0,22)	6,7 (2,52)	0,2 (0,06) b	0,3 (0,13)	5,5 (2,23)	0,2 (0,07)
Total	3,8 (0,69)	64 (10,3)	2 (0,4)	2 (0,4)	31 (6,1)	2 (0,2)
Enriquecimento + P						
diâmetro até 2mm	2,6 (0,17)	40,3 (2,35)	1,5 (0,12) b	1,0 (0,17)	18,6 (1,82)	1,2 (0,14)
diâmetro entre 2-5 mm	0,9 (0,20)	9,2 (1,39)	0,3 (0,05) a	0,5 (0,18)	5,7 (1,55)	0,3 (0,11)
Total	3,4 (0,36)	49 (3,7)	2 (0,2)	1 (0,3)	24 (3,1)	2 (0,2)

2.3.5 Massa seca e estoques totais de nutrientes em vegetação de pousio sob diferentes tipos de manejos

Houve efeito significativo dos diferentes manejos da vegetação de pousio na massa seca total ($P=0,010$), nos estoques de N ($P=0,043$) e nos estoques de P ($P=0,005$) (Figuras 10, 11 e 12). A massa seca total da vegetação de pousio sob tratamentos de enriquecimento com leguminosas (T2) e enriquecimento de leguminosas submetidas à adubação fosfatada (T3) foi 51% e 26% maior que o tratamento controle (T1), respectivamente. Os estoques de N dos tratamentos T2 e T3 foram 58 e 37% maiores que o tratamento T1 respectivamente e os estoques de P foram 55 e 37 % maiores que a no tratamento T1 respectivamente. Não houve efeito de tratamentos nos estoques de K, Ca e Mg (Figuras 13, 14 e 15).

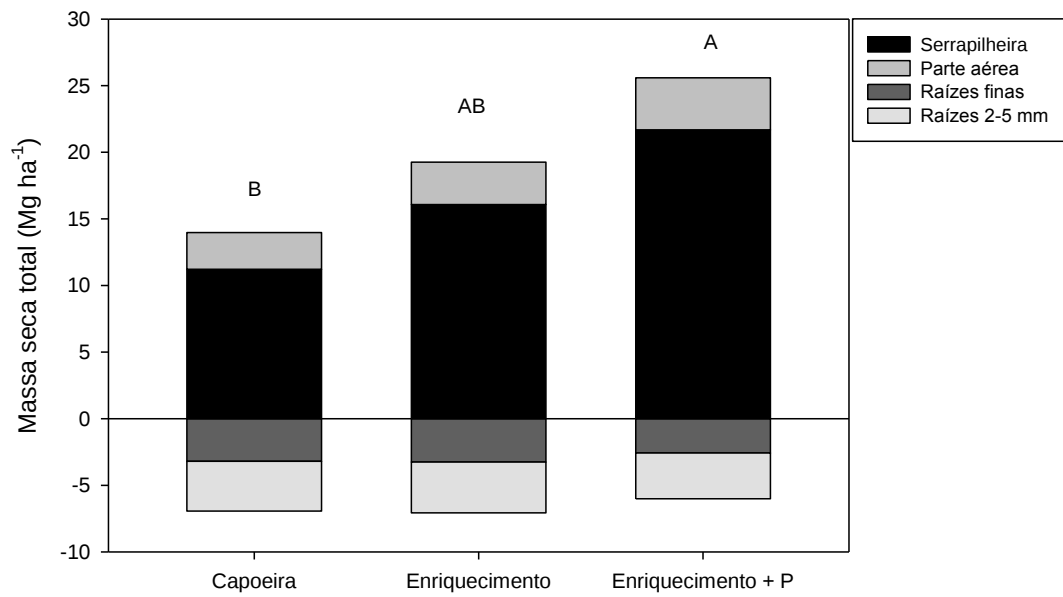


Figura 10 - Massa seca (Mg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

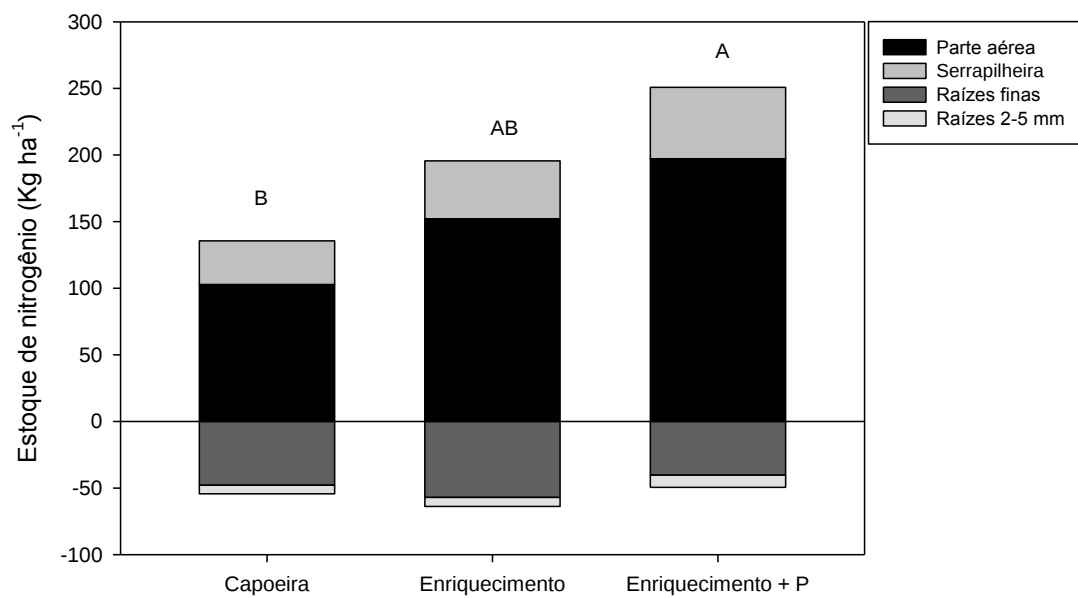


Figura 11 - Estoques de nitrogênio (kg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

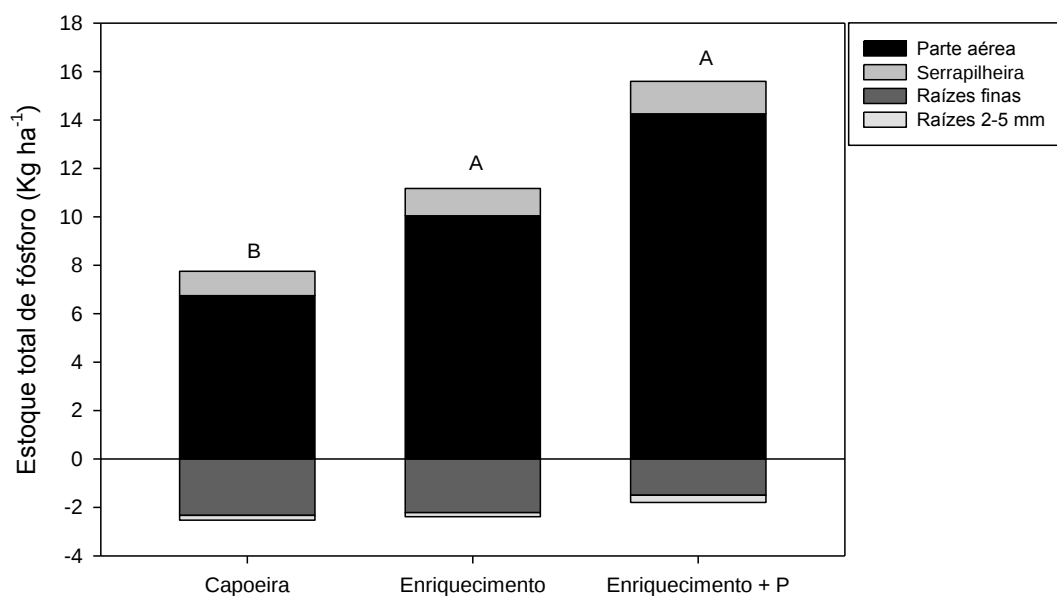


Figura 12 - Estoques de fósforo (kg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

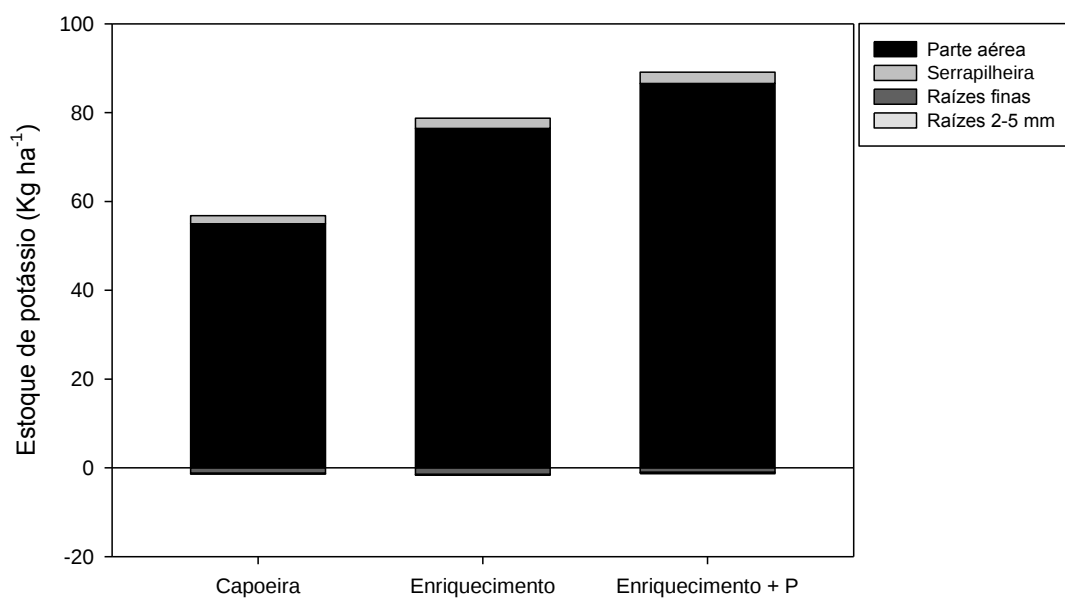


Figura 13 - Estoques de potássio (kg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

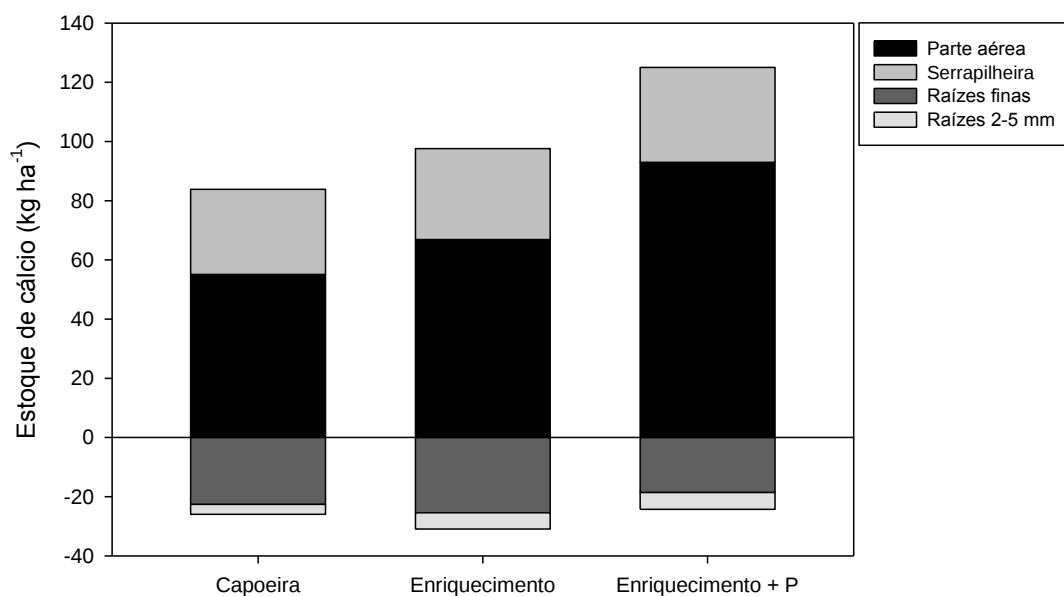


Figura 14 - Estoques de cálcio (kg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

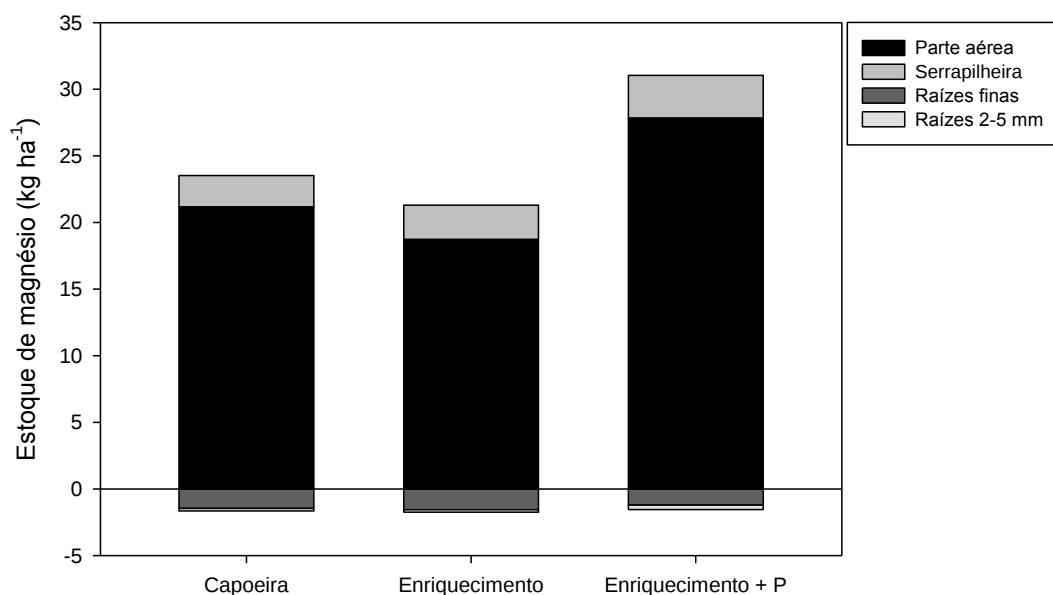


Figura 15 - Estoques de magnésio (kg ha^{-1}) de diferentes compartimentos de três vegetações de pousio sob diferentes manejos, em Marapanim, Nordeste Paraense.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1 Crescimento e biomassa das árvores leguminosas introduzidas em sistema de enriquecimento de pousio submetidas ou não à adubação fosfatada de baixa solubilidade

A fertilização com fosfato de Arad apresentou efeito positivo no crescimento em altura, diâmetro do coleto, dap, biomassa e estoques de nutrientes. A espécie que apresentou maiores incrementos dos parâmetros citados foi o *S.paniculatum*. Os resultados gerais de crescimento, independente dos tratamentos, estão de acordo com estudos realizados com as mesmas espécies (Tabela 17).

Em estudos realizados com as mesmas espécies deste estudo, entretanto submetidas à adubação fosfatada de alta solubilidade, foram observadas respostas significativas no crescimento em altura (JOSLIN et al., 2011; MARTINOTTO, 2006; MELO, 2002; OLIVEIRA; SCHWENGBER, 2006) e biomassa (QUEIROZ et al., 2007).

No presente estudo esperavam-se maiores teores das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P) nas espécies adubadas, entretanto apenas as espécies apresentaram diferenças significativas nos estoques de N e P nos estoques totais e dos compartimentos folha galho e tronco. Em estudos realizados na região, GEHRING et al. (1999) e DAVIDSON et al. (2004b) relataram aumento nas concentrações de P foliar de espécies de vegetação secundária com adubação nitrogenada associada à fosfatada. SALAZAR (1991) citado por SZOTT E KASS (1993) não observou diferenças significativas nos teores de P na espécie *I. edulis* adubada com P.

O fato da média do tratamento adubado não ter apresentado maior concentração de P pode estar relacionado à disponibilidade deste elemento no solo. Os solos da região de estudo são ácidos, altamente intemperizados e o P disponível às plantas pode ser fixado aos óxidos de ferro e alumínio. O fosfato reativo de Arad por apresentar carbonato de cálcio na sua composição, pode elevar sensivelmente o pH do solo e diminuir a fixação do P aos sesquióxidos de ferro e alumínio, entretanto pode insolubilizar o P como fosfato de Cálcio, e

sua disponibilidade às plantas pode ser diminuída. LUCHINI (2008) observou leve correção do pH de solos arenosos e areno-argilosos com o fosfato de Arad na dosagem de 460 Kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tabela 17 - Altura e diâmetro a altura do peito (dap) das espécies *I. edulis* e *S.paniculatum* de outros estudos e localidades.

Local	Espécie	Idade (meses)	h (m)	dap(cm)	Fonte
Igarapé-Açu, PA, Brasil	<i>I edulis</i>	24	4,7	3,5	Brienza Júnior, (1999)
La Selva, Costa Rica	<i>I edulis</i>	36	7,0	9,4	Gonzales e Fisher (1994) citados por Brienza Júnior (1999)
Roraima, Brasil	<i>I edulis</i>	12	3,7	-	Oliveira and Schwengber (2006)
Yurimaguas, Peru	<i>I edulis</i>	24	4,4	5,2	Alegre et al (2005)
La Selva, Costa Rica	<i>I edulis</i>	36	6,3	10,5	Tilki and Fisher,(1998)
Marapanim, PA, Brasil	<i>I edulis</i>	22	2,16	1,30	Este estudo
Igarapé-Açu, PA, Brasil	<i>S paniculatum</i>	24	4,9	3,9	Brienza Júnior (1999)
Belterra, PA, Brasil	<i>S paniculatum</i>	66	12,1	9,4	Yared et al (1998) citados por Brienza Júnior, 1999
Mato Grosso, Brasil	<i>S paniculatum</i>	60	16,0	15,1	Rondon, (2002)
Roraima, Brasil	<i>S paniculatum</i>	72	1860	17,6	Tonini (2006)
Barcarena, PA, Brasil	<i>S paniculatum</i>	80	1316	13,8	Costa et al (1998)
Planaltina, DF, Brasil	<i>S paniculatum</i>	36	4,2	-	Melo (2002)
Marapanim, PA, Brasil	<i>S paniculatum</i>	22	3,51	3,05	Este estudo

A média da concentração de cálcio no compartimento folha das leguminosas introduzidas no sistema foi significativamente maior no tratamento adubado. O fosfato natural de rocha de Arad possui alta porosidade e baixa dureza propiciando liberação lenta e gradual de P e Ca no solo. A sua composição é de 33% de P e 37% de Ca (HOLLMMAN, 2004) podendo proporcionar maiores concentrações de cálcio na solução do solo (GONÇALVES et al., 2008).

O P desempenha papel importante nos diversos processos metabólicos e transferência de energia em plantas (MARSCHNER, 1995). No caso de leguminosas essa demanda ainda é maior, pois a fixação biológica de nitrogênio atmosférico demanda elevados teores deste elemento (SZOTT; KASS, 1993). O fato do tratamento adubado não ter apresentado teores de N significativamente maiores, também pode estar relacionado à limitação pelo P na fixação biológica de nitrogênio, devido à sua baixa disponibilidade no solo.

A espécie *I. edulis* apresentou teores significativamente maiores de K, Ca e Mg. Os resultados estão de acordo com SANTOS JR. et al. (2006) e BAHIA (2009).

Em relação aos resultados de não supressão da vegetação espontânea pela introdução das leguminosas arbóreas neste estudo, os mesmos não estão de acordo com um estudo realizado na mesma região. BRIENZA JÚNIOR (1999) mostrou interferência no crescimento da vegetação espontânea com a utilização das espécies *I. edulis* e *S. paniculatum* no enriquecimento de pousio, apresentando o controle maior biomassa de vegetação espontânea que os tratamentos de enriquecimento.

2.4.2 Biomassa e estoques de nutrientes da vegetação de pousio sob diferentes manejos

Os resultados de acúmulo de biomassa e nutrientes da vegetação espontânea e enriquecimento de pousio são comparáveis a estudos realizados na mesma região (tabela 14). A variabilidade nos estoques de carbono e nutrientes entre agroecossistemas pode ser elevada devido a diversos fatores, incluindo condições ambientais, a sua magnitude de degradação, o tempo de pousio e o tipo de solo (ALBRECHT; KANDJI, 2003). Este estudo mostrou resultados numéricos de acúmulo de nutrientes crescente de acordo com o manejo de pousio espontâneo (T1), enriquecido com leguminosas arbóreas (T2) e enriquecido com leguminosas submetidas à adubação fosfatada (T3). A vegetação espontânea consistentemente apresentou menor acúmulo de biomassa e menores estoques de nutrientes. Em seguida o tratamento T2 apresentou valores intermediários e os maiores acúmulos de biomassa e nutrientes foram encontrados no tratamento T3.

O P e N são limitantes para o crescimento da vegetação de pousio (DAVIDSON et al., 2007, DENICH et al., 2000). Estudos realizados na mesma região mostraram maior desempenho no acúmulo de biomassa em vegetação espontânea com adição de fertilizantes (DAVIDSON et al., 2004b; GEHRING et al., 1999). No caso do pousio enriquecido com espécies leguminosas arbóreas, maiores entradas de N no sistema são esperadas, através da fixação biológica do N atmosférico pela simbiose entre leguminosas e bactérias do gênero *Rhizobium* (GEHRING et al., 2005). Entretanto o P pode limitar esse processo, pois são demandadas grandes quantidades deste elemento na FBN, e a sua disponibilidade é baixa em solos tropicais. Dessa forma, a adubação fosfatada é importante para maiores acúmulos de biomassa e nutrientes como N e P no sistema.

A adubação fosfatada das leguminosas arbóreas utilizadas no enriquecimento de pousio é sugerida (MCGRATH et al., 2001; SANCHEZ, 1999), entretanto estudos relacionados são inexistentes. Este estudo mostrou que o tratamento T2 não apresentou estoque de N significativamente maior em relação ao tratamento T1, como era esperado, entretanto o tratamento T3 apresentou. A disponibilidade de P no solo é decisiva no processo de fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas, devido à grande demanda de P neste

processo. Dessa forma, pode-se concluir que, o papel da adubação fosfatada no enriquecimento de pousio é de grande importância para garantir maiores acúmulos de biomassa e estoques de nutrientes no sistema.

Tabela 18 - Biomassa (Mg ha^{-1}) e estoques de nutrientes (kg ha^{-1}) da vegetação de pousio espontâneo e enriquecidos com espécies leguminosas na região amazônica, Brasil.

Local	Tipo de manejo	Idade (anos)	Biomassa (Mg ha^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	Fonte
						-----(kg ha^{-1})-----			
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	5	20	137	6	79	102	28	Denich (1991)
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	4	20	108	7	66	105	32	Kato (1998b)
Igarapé-Açu, PA	Vegetação espontânea	2	18	-	-	-	-	-	Brienza Júnior (1999)
Marapanim, PA	Vegetação espontânea	1,9	11	103	7	55	55	18	Este estudo
Igarapé-Açu, PA	pousio enriquecido com <i>I. edulis</i>	2	30	-	-	-	-	-	Brienza Júnior (1999)
Marapanim, PA	Enriquecimento com <i>I. edulis</i> + <i>S. paniculatum</i>	1,9	16,5	156	10	78	69	19	Este estudo
Igarapé-Açu, PA	pousio enriquecido com <i>S. paniculatum</i>	2	32	-	-	-	-	-	Brienza Júnior (1999)
Manaus, AM	Pousio enriquecido com <i>I. edulis</i>	1,25	9,3	-	-	-	-	-	Pontes (2009)

2.4.3 Massa e estoques de nutrientes da serrapilheira da vegetação de pousio sob diferentes manejos

A massa seca da serrapilheira total encontrada neste estudo está abaixo do valor estimado por Brienza Júnior (1999) ($5,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) na mesma região de estudo durante o período chuvoso em uma vegetação secundária de 24 meses, e de Tapia-Coral et al. (2005) (4 Mg ha^{-1}), em estudo realizado na região amazônica, também durante o período chuvoso, em vegetação secundária de 5 anos. Os valores dos estoques de N, P, K, Ca e Mg da serrapilheira encontrados neste estudo (tabela 11) estão dentro da faixa estimada por TAPIA-CORAL et al. (2005) com valores de 82, 0,68, 11,8, 50,2, 11,8 kg ha^{-1} , respectivamente. A formação da serrapilheira é o principal processo de transferência de material orgânico e nutrientes em um sistema, entretanto neste estudo ela representa mais um compartimento que atenderá à demanda nutricional das culturas agrícolas, visto que toda a vegetação de pousio é completamente convertida em cobertura morta, através da trituração.

O manejo da vegetação de pousio, através do seu enriquecimento aumenta os estoques de N no sistema (SZOTT et al., 1999a). Grandes quantidades de N ($100\text{-}200 \text{ kg ha}^{-1}$) podem ser acumuladas em sistema de pousio enriquecido e retornar ao solo como serrapilheira (SANCHEZ, 1999), entretanto apenas a fração não-lenhosa do tratamento T3 acumulou maiores quantidades de N, sugerindo limitação pelo P nas leguminosas para a realização do processo de FBN. Experimentos com fertilização é a melhor forma de se estabelecer o tipo de limitação de nutrientes em um ecossistema (GÜSEWELL, 2004; KOERSELMAN; MEULEMAN, 1996), entretanto, estudos de estoques de nutrientes em serrapilheira de vegetação de pousio enriquecido, submetido à adubação fosfatada, são inexistentes. Outro indicativo de limitação por P nos tratamentos T2 e T3 foram as relações N:P superior em comparação ao tratamento T1.

O tratamento T3 também apresentou maior relação Massa:N, mostrando que a serrapilheira deste tratamento apresenta melhor qualidade nutricional quando

comparada ao tratamento T1. O tratamento T2 apresentou relação Massa:N intermediária, não diferindo dos demais tratamentos.

O fato dos estoques de P não terem sido significativamente diferentes entre os tratamentos, pode estar relacionado a mecanismos conservativos de P pelas plantas para não permitirem perdas por senescência. A transferência de nutrientes pela serrapilheira depende da eficiência de reabsorção durante a senescência das folhas. Geralmente de 30-90% do estoques de N e P das folhas é retranslocado. Esse processo é similar tanto para o N quanto para o P, entretanto em ambientes limitados por P, as espécies tendem a retranslocar este elemento mais eficientemente que o N (GÜSEWELL, 2004). A mobilidade do P na planta se relaciona com os seus baixos teores na solução do solo e suas funções na planta (MARSCHNER, 1995).

2.4.4 Massa seca e estoques de nutrientes pelas raízes finas

O menor estoque de P encontrado no tratamento T3 pode indicar uma tendência a diminuição do crescimento de raízes finas na presença de P disponível. A massa seca apesar de não ter sido significativamente diferente entre tratamentos mostrou numericamente menor massa no tratamento T3. Por outro lado as raízes intermediárias apresentaram maiores massa e estoque de P no tratamento T3. LENTI ET AL, (2008), observaram menor crescimento de raízes finas em função do aumento da disponibilidade de N e P em solo do Cerrado, enquanto MCGRATH et al. (2001) não observaram aumento no crescimento e massa de raízes finas com o aumento da disponibilidade de P em solo sob sistemas agroflorestais na Amazônia.

2.4.5 Massa seca e estoques totais de nutrientes em SAF seqüencial de corte-e-trituração de vegetação de pousio sob diferentes manejos

O tratamento T3 mostrou maiores massa e estoques de nutrientes em relação aos outros tratamentos mostrando a influência da introdução das leguminosas associadas à adubação fosfatada no acúmulo massa e nutrientes no sistema. O aumento dos estoques de nutrientes no sistema indica um maior potencial de ciclagem e conseqüentemente maior produtividade no sistema.

Os resultados de acumulação total de massa e nutrientes no sistema estudado comparados às estimativas da extração de N e P pela parte aérea do milho (*Zea mayz*) podem dar uma indicação do potencial desses sistemas em atenderem à demanda nutricional das culturas agrícolas. Estudos com diversas cultivares de milho realizados na mesma região mostraram valores de extração de 10,1 a 20,5 kg de N. ha⁻¹ e 1,0 a 2,4 kg de P. ha⁻¹ sem o uso de fertilizantes e 41,1 a 57,5 kg N. ha⁻¹ e 7,8 a 14,1 kg de P. ha⁻¹ com o uso de fertilizantes (KATO, 1998a ; KATO, 1998b). Dessa forma, em termos de armazenamento de nutrientes, o sistema teoricamente atenderia às necessidades das culturas agrícolas. Entretanto a sincronia entre a liberação de nutrientes pelo material orgânico formado pela a trituração da biomassa e a demanda nutricional da cultura agrícola é um aspecto importante a ser considerado no manejo do sistema de pousio enriquecido (BARRIOS; COBO, 2004).

A contabilização final dos compartimentos parte aérea, serrapilheira e raízes da vegetação de pousio sob tratamento de enriquecimento de leguminosas adubadas e não adubadas apresentaram mesmo desempenho em acumular massa seca e estoques de nitrogênio e fósforo, entretanto ambos os tratamentos apresentaram desempenho superior à vegetação de pousio espontâneo, tradicionalmente praticada no nordeste paraense.

2.5 CONCLUSÃO

- A adubação fosfatada de baixa solubilidade na dosagem de 200 g por cova (165 kg de P_2O_5 ha⁻¹) afeta o acúmulo de biomassa total da parte aérea, os estoques totais de Ca e Mg e os estoques de P, Ca e Mg no compartimento folhas em árvores leguminosas (*S. paniculatum* e *I. edulis*) utilizadas no enriquecimento de pousio.
- O P limita o acúmulo de biomassa e os estoques de N, P e Ca da vegetação de pousio enriquecido com leguminosas arbóreas.
- A qualidade da serrapilheira é limitada pela disponibilidade de P no solo.
- A adubação fosfatada das leguminosas arbóreas utilizadas no enriquecimento de pousio diminui o estoque de P nas raízes finas e aumenta os estoques nas raízes intermediárias.
- Sistema de pousio enriquecido com leguminosas arbóreas, submetidas ou não à adubação fosfatada de baixa solubilidade, acumula maiores massa seca e estoques de nutrientes que o sistema de pousio espontâneo (sem manejo).

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.99, n.1-3, p.15-27, 2003.

ALEGRE, J. C.; RAO, M. R.; AREVALO, L. A.; GUZMAN, W.; FAMINOW, M. D. Planted tree fallows for improving land productivity in the humid tropics of Peru. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.110, n.1-2, p.104-117, 2005.

BAHIA, N. D. G. **Avaliação nutricional e do desempenho de *Inga edulis* Mart. e *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.)Mez. implantadas em áreas alteradas por pastagens no município de Antonina - PR.** 2009. 59f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2009.

BARRIOS, E.; COBO, J. G. Plant growth, biomass production and nutrient accumulation by slash/mulch agroforestry systems in tropical hillsides of Colombia. **Agroforestry Systems**, v.60, n.3, p.255-265, 2004.

BARRIOS, E.; COBO, J. G.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; AMEZQUITA, E.; JIMENEZ, J. J.; RONDON, M. A. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.110, n.1-2, p.29-42, 2005.

BASAMBA, T. A.; BARRIOS, E.; SINGH, B. R.; RAO, I. M. Impact of planted fallows and a crop rotation on nitrogen mineralization and phosphorus and organic matter fractions on a Colombian volcanic-ash soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.77, n.2, p.127-141, 2007.

BRIENZA JÚNIOR, S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil.** PhD. Gottingen University. Gottingen. 1999. 133p.

DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R.; FIGUEIRA, A. M.; ISHIDA, F. Y.; OMETTO, J. P. H. B.; NARDOTO, G. B.; SABÁ, R. T.; HAYASHI, S. N.; LEAL, E. C.; VIEIRA, I. C. G.; MARTINELLI, L. A. Recuperation of nitrogen cycling in

Amazonian forests following agricultural abandonment. **Nature**, v.447, n.21, p.995-999, 2007.

DAVIDSON, E. A.; DE CARVALHO, C. J. R.; VIEIRA, I. C. G.; FIGUEIREDO, R. D.; MOUTINHO, P.; ISHIDA, F. Y.; DOS SANTOS, M. T. P.; GUERRERO, J. B.; KALIF, K.; SABA, R. T. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, v.14, n.4, p.S150-S163, 2004a.

DAVIDSON, E. A.; NEILL, C.; KRUSCH, A. V.; BALLESTER, V. V. R.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R. D. O. Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia. R. DeFries, G. Asner e H. R. **Ecosystems and Land Use Change**. Washington, D.C: Geophysical Union, 2004b. p.147- 158.

DENICH, M. **Estudo da Importância da vegetação secundária para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira**. Eschborn: EMBRAPA/CPATU-GTZ. 1991. 284p.

DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. H. The potencial and dynamics of carbon sequestration in fallow systems of the Eastern Amazon. In: LAL, R.; KIMBLE J. M.; STWART, B. A. **Global Climate change and tropical ecosystems**. CRC Press, 2000. p.213-249.

GEHRING, C.; DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P. L. G. Response of secondary vegetation in Eastern Amazonia to relaxed nutrient availability constraints. **Biogeochemistry**, v.45, n.3, p.223-241, 1999.

GEHRING, C.; VLEK, P. L. G.; SOUZA, L. A. G.; DENICH, M. Biological nitrogen fixation in secondary regrowth and mature rainforest of central Amazonia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.111, n.1-4, p.237-252, 2005.

GONÇALVES, G. K.; SOUSA, R. O. D.; VAHL, L. C.; BORTOLON, L. Solubilização dos fosfatos naturais Patos de Minas e Arad em dois solos alagados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2157-2164, 2008.

GONZALES, J. E.; FISHER, R. F. Growth of Native Forest Species Planted on Abandoned Pasture Land in Costa-Rica. **Forest Ecology and Management**, v.70, n.1-3, p.159-167, 1994.

GÜSEWELL, S. N. P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. **New Phytologist**, v.164, p.243-266, 2004.

JOSLIN, A.; MARKEWITZ, D.; MORRIS, L.; DEASSIS OLIVEIRA, F.; FIGUEIREDO, R.; KATO, O. Five native tree species and manioc under slash-and-mulch agroforestry in the eastern Amazon of Brazil: plant growth and soil responses. **Agroforestry Systems**, v.81, n.1, p.1-14, 2011.

KATO, M. S. A. **Fire-free land preparation as an alternative to Slash-and-burn agriculture in the Bragantina Region, Eastern Amazon: Crop Performance and Phosphorus dynamics**. Göttingen: Georg-August University, 1998a. 144p.

KATO, O. R. **Fire-free land preparation as an alternative to slash-and-burn for shifting cultivation in the Bragantina region: crop performance and nitrogen dynamics**. Göttingen. Göttingen. 1998b. 132p.

KOERSELMAN, W.; MEULEMAN, A. F. M. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. **Journal Applied Ecology**, v.33, p.1441-1450, 1996.

KOUTIKA, L. S.; SANGINGA, N.; VANLAUWE, B.; WEISE, S. Chemical properties and soil organic matter assessment in fallow systems in the forest margin benchmark. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, n.6, p.757-765, 2002.

LAWRENCE, D. e SCHLESINGER, W. H. Changes in the distribution of soil phosphorus during 200 years of shifting cultivation. **Ecology**, v.82, n.10, p.2769-2780, 2001.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: Macronutrients. H. Marschner. **Mineral Nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. p.229-299.

MARTINOTTO, F. **Avaliação do desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas do cerrado**. 2006. 60f. Monografia (Especialização em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Mato grosso. Cuiabá, 2006.

MCGRATH, D. A.; DURYEA, M. L.; CROPPER, W. P. Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.83, n.3, p.271-284, 2001.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, v.27, p.31-36, 1962.

PONTES, T. M. **Estoques de Biomassa e de nutrientes de pousio enriquecido com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico de agricultura e pecuária no assentamento Tarumã-Mirím, Manaus, AM**. Manaus: INPA, 2009. 125p.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; QUEIROZ, V. A. V. Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N P e K em leguminosas arbóreas no sistema em aléias, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Árvore**, v.31, p.383-390, 2007.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região da mata. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.573-576, 2002.

SALAZAR, A. A. **Phosphorus fertilization in a alley cropping system in upland soils of the peruvian Amazon basin**. Raleigh: North Carolina State University, 1991. 82p.

SANCHEZ, P. Improved fallows come of age in the tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1, p.3-12, 1999.

SANTOS JR, U. M.; GONCALVES, J. F. D.; FELDPAUSCH, T. R. Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.226, n.1-3, p.299-309, 2006.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Nutrient Capture. G. S. Schroth, F. L. **Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods**. CABI, 2003. p.167-174.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SA, T. D. D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. D. R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

SZOTT, L.; PALM, C. Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. **Plant and Soil**, v.186, n.2, p.293-309, 1996.

SZOTT, L., PALM, C.; BURESH, R. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1, p.163-196, 1999a.

SZOTT, L. T.; KASS, D. C. L. Fertilizers in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v.23, p.157-176, 1993.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1-3, p.163-196, 1999b.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.65, p.33-42, 2005.

TILKI, F.; FISHER, R. F. Tropical leguminous species for acid soils: studies on plant form and growth in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v.108, n.3, p.175-192, 1998.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R.; MOURÃO JR, M. Avaliação de Espécies Florestais em Área de Mata no Estado de Roraima. **Cerne**, v.12, n.1, p.8-18, 2006.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar no Nordeste do Estado do Pará. **Geografia**, v.34, n.3, p.455-472, 2009.

ZARIN, D. J.; DAVIDSON, E. A.; BRONDIZIO, E.; VIEIRA, I. C. G.; SA, T., FELDPAUSCH, T.; SCHUUR, E. A.; MESQUITA, R.; MORAN, E.; DELAMONICA, P., DUCEY, M. J.; HURTT, G. C.; SALIMON, C.; DENICH, M. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.3, n.7, p.365-369, 2005.

3 FRAÇÕES LEVES DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL SEQUÊNCIAL DE CORTE-E-TRITURAÇÃO COM VEGETAÇÃO DE POUSIO SOB DIFERENTES MANEJOS NA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO: A agricultura de derruba-e-queima é um dos principais sistemas de uso da terra na Amazônia. A adoção de técnicas alternativas como o pousio enriquecido e sistema de corte-e-trituração, pode promover a produtividade e a manutenção da qualidade do solo nesses agroecossistemas. Este trabalho avaliou os impactos do ciclo pousio-cultivo de um sistema agroflorestal sequencial de corte-e-trituração, com vegetação de pousio de 23 meses, submetida a diferentes manejos, sobre as frações leves da matéria orgânica do solo (MOS). O estudo foi conduzido em uma área experimental localizada no município de Marapanim, Amazônia Oriental. A amostragem foi realizada em três fases do sistema: período pré-pousio, pós-pousio e após o cultivo de milho. O fracionamento da MOS foi realizado pelo método densimétrico e foram determinados: os teores e estoques da MOS, matéria orgânica leve-livre (MOL-L) e matéria orgânica livre-oclusa (MOL-O) assim como seus estoques de carbono e nitrogênio (C-MOL-L, N-MOL-L, C-MOL-O e N-MOL-O), carbono orgânico total (COT) - determinados por método via úmida e seca - e nitrogênio total (NT). Não houve efeito do manejo na vegetação de pousio nos parâmetros estudados, apenas efeito das fases do sistema, mostrando que a MOL-L e a MOL-O foram parâmetros sensíveis às mudanças de cobertura vegetal com fases do sistema agroflorestal sequencial de corte-e-trituração. Os maiores estoques de C e N da MOL foram encontrados na fração leve livre nos períodos pós-pousio e pós-cultivo. Embora os estoques de C e N totais do solo não tenham aumentado, o aumento da MOL-L e seus estoques de C e N indicou melhora e manutenção da qualidade solo com a trituração da biomassa acumulada em 23 meses de pousio, mesmo após período de cultivo.

Palavras chaves: matéria orgânica leve livre, matéria orgânica livre oclusa, derruba e queima, capoeira, qualidade do solo

ABSTRACT: Shifting cultivation is an important land use system in Amazonia. The adoption of techniques, such as improved fallow and slash-and-mulch, can promote productivity and maintaining soil quality in these agroecosystems. This work evaluated the impact of a cycle of a slash-and-mulch system - 23 months fallow vegetation under different managements on the light fractions of soil organic matter (SOM). The study was conducted in an experimental site located at São João community, Marapanim municipality, Eastern Amazon. Samples were collected in three stages of the system: pre-fallow, post-fallow and post-cultivation. The fractionation was conducted based on organic matter density and the following parameters were determined: levels and stocks of SOM, free light organic matter (F-LOM) and Occluded light organic matter (O-LOM), total organic carbon (TOC), total carbon (TC), Total nitrogen (TN) and C and N stocks on F-LOM and O-LOM. The results showed only effects of slash-and-mulch stages, showing that F-LOM and O-LOM were sensitive to slash-and-mulch sequential stages. The largest C and N stocks in SOM fractions were found in the F-LOM in the post-fallow and post-cultivation stage. Although total C and N stocks did not increased, the increase and maintenance of F-LOM and its stocks of C and N showed improvement and maintenance of soil quality in the slash-and-mulch system under 23 months fallow, even after crop phase.

Key words: Free light organic matter, occluded light organic matter, slash-and-burn, capoeira, soil quality

3.1 INTRODUÇÃO

A agricultura de derruba-e-queima é um dos principais sistemas de uso da terra na Amazônia Brasileira. O manejo da vegetação de pousio é fator determinante para a sustentabilidade desse sistema, pois é durante esse período que o sistema acumula nutrientes e biomassa para o cultivo das culturas agrícolas (SCHROTH; LEHMANN, 2003).

A adoção de técnicas que promovam o acúmulo de matéria orgânica do solo e a ciclagem de nutrientes é importante para a manutenção desses agroecossistemas. Intervenções na vegetação secundária, durante o estabelecimento da cultura agrícola, podem provocar um decréscimo nos estoques de nutrientes e MOS (SOMMER et al., 2004; XAVIER et al., 2006). A queima da vegetação original ou remanescente geralmente favorece processos erosivos, além da perda imediata de carbono e nutrientes do solo (SAMPAIO et al., 2003; ZARIN et al., 2005). A redução no aporte de material vegetal ou diferenças na qualidade desses resíduos também contribuem para esse processo (BAYER et al., 2001; LIMA et al., 2008).

O manejo da vegetação de pousio através de enriquecimento com leguminosas arbóreas, em sistema de corte-e-trituração, pode promover a melhoria na qualidade do solo (BARRIOS et al., 2005; MULUMBA; LAL, 2008). Dentre os processos envolvidos na melhoria da qualidade do solo, pode-se destacar: a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, pelas espécies leguminosas da vegetação espontânea (GEHRING et al., 2005) e pelas leguminosas utilizadas no enriquecimento de pousio (KOUTIKA et al., 2005); a reciclagem de nutrientes lixiviados para as camadas mais profundas do solo pelas raízes (SCHROTH; LEHMANN, 2003; SOMMER, 2000) e o aporte da matéria orgânica ao solo (BAYER et al., 2004b) pela deposição da biomassa triturada.

A matéria orgânica do solo (MOS) é importante fonte de nutrientes para produção vegetal em agroecossistemas e sua ciclagem está vinculada à ciclagem dos nutrientes no solo, através da atividade microbiana (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1993). Suas frações apresentam diferentes graus de degradação, e atuam de diferentes formas na dinâmica da ciclagem de nutrientes (STROSSER, 2010). O estudo dessas frações pode fornecer ferramentas para o manejo de agroecossistemas. A matéria orgânica lábil, assim como os seus

estoques de carbono e nitrogênio, tem sido amplamente estudada por ser considerado indicador da qualidade ambiental e do solo (GHANI et al., 2003). Esse compartimento é mais sensível a intervenções na vegetação, como plantio, adubação e rotação de culturas, e suas alterações são observáveis mais rapidamente do que na MOS total (MAIA et al., 2007; STROSSER, 2010; XAVIER et al., 2006).

A matéria orgânica leve (MOL) é de rápida decomposição, sensível às alterações de manejo do solo (CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1992) e considerada como um bom indicador da qualidade do solo (BAYER et al., 2004a; BAYER et al., 2006). Também conhecida como “debris vegetal” (MENDONÇA; MATOS, 2005), essa fração é derivada de resíduos de plantas e raízes e hifas apresentando estruturas celulares típicas de resíduos de plantas (MARSCHNER et al., 2008; WAGAI et al., 2009). A MOL pode ser dividida em matéria orgânica leve livre (MOL-L) e matéria orgânica leve oclusa (MOL-O). Embora ambas sejam leves, alguns estudos mostraram, através da espectroscopia (MACHADO, 2002) e da microscopia eletrônica (WAGAI et al., 2009), diferenças quanto à sua composição estrutural resultando em diferentes níveis de recalcitrância.

O presente trabalho avaliou os impactos de um ciclo pousio-cultivo de sistema agroflorestal seqüencial de corte-e-trituração, com vegetação de pousio submetida a diferentes manejos, sobre as frações leves da matéria orgânica do solo, em Marapanim, Amazônia Oriental.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Descrição da área

O estudo foi realizado na Comunidade São João, no município de Marapanim, zona bragantina, nordeste do estado do Pará ($0^{\circ}56'24''$ e $1^{\circ}4'12''$ S e $47^{\circ}34'48''$ e $47^{\circ}39'36''$ W) (WATRIN et al., 2009). O município de Marapanim está incluído na Zona Bragantina, uma das áreas mais antigas de colonização na Amazônia, o que resultou em uso intenso dos recursos naturais.

O clima da região é do tipo “Ami”, segundo a classificação de Koppen, com temperatura máxima de $32,2^{\circ}\text{C}$ e mínima de $21,4^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de 80 a 89%. A precipitação média anual é de 2000 mm, com período de maior precipitação de fevereiro a abril e menor precipitação de setembro a novembro (CORDEIRO et al., 2010).

Os solos da região são classificados como Argissolo Amarelo Distrófico com textura arenosa a média. O relevo é classificado como plano a suave ondulado (WATRIN et al., 2009). A caracterização química e granulométrica do solo da área experimental antes do início dos tratamentos está apresentada na tabela 1.

3.2.2 Descrição do experimento

A área experimental, com aproximadamente 0,5 hectare, foi submetida à trituração de biomassa de vegetação secundária com oito anos de idade, em março de 2006. Um mês após a trituração foi realizado um plantio de mandioca (*Manihot esculenta* - cultivar cearense) em espaçamento 1 m x 1 m. O estudo teve início em junho de 2007 com o plantio de leguminosas

ingá [*Inga edulis* Mart (Fabaceae)] e tachi-branco [*Sclerolobium paniculatum* Vogel (Fabaceae)], alternadas em espaçamento 2 x 2 m entre as linhas alternadas da mandioca. A escolha das espécies foi baseada em estudo realizado na mesma região de estudo (BRIENZA JÚNIOR, 1999).

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com três tratamentos: (1) Parcela controle de vegetação espontânea -T1; (2) Enriquecimento do pousio com *Inga edulis* Mart. e *Sclerolobium paniculatum* Vogel -T2; (3) Enriquecimento do pousio com *Inga edulis* Mart. e *Sclerolobium paniculatum* Vogel + adubação fosfatada – T3, totalizando 12 unidades amostrais de 10 m x 12 m. A adubação utilizada foi o fosfato natural parcialmente acidulado na dosagem de 200g por cova das leguminosas introduzidas no sistema (165 kg de P_2O_5 ha⁻¹).

Os tratamentos de enriquecimento receberam manejo de acordo com os critérios do agricultor (exemplo: capina durante o cultivo da mandioca, coroamento das mudas das leguminosas) enquanto as parcelas controle simularam a vegetação espontânea de pousio tradicionalmente praticado na região de estudo.

Em outubro de 2007 foram realizados a colheita da mandioca e o coroamento nas mudas das leguminosas.

O período de enriquecimento de pousio durou 23 meses. Em junho de 2009 foi realizada a trituração da biomassa acumulada pela vegetação de pousio de 23 meses (capítulo 2) e após 60 dias, em julho de 2009, foi instalado um experimento de avaliação do manejo da vegetação de pousio sobre as variedades de milho BRS Sol da Manhã, BRS 4154 Saracura e BR 106, no espaçamento 1 x 0,5 m (BORGES et al., 2011). O delineamento experimental foi preservado e as parcelas foram divididas para adubação complementar (NPK 10-28-10, 10g por cova) e controle, e subdivididas para o plantio do milho.

3.2.3 Amostragem de solo

A amostragem de solo foi realizada em três fases ao longo do experimento: (1) período pré-pousio, em junho de 2007; (2) pós-pousio em maio de 2009; (3) pós-cultivo em agosto de 2010.

Em cada período de amostragem foi coletada uma amostra composta de seis simples em cada parcela do experimento, com auxílio de um trado calador. A amostragem do período pré-pousio foi realizada nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm, enquanto que as amostragens do pós-pousio e pós-cultivo foram realizadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm. Para comparação das três épocas de coleta, foi considerada a média das profundidades 0-5 e 5-10 cm.

Para a determinação da densidade do solo, foram coletadas amostras indeformadas de solo, por meio de anel volumétrico, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-50 cm no pós-cultivo.

3.2.4 Determinações físico-químicas

As amostras foram destorroadas e peneiradas em peneira de malha de 2mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Para as determinações de C orgânico e C e N totais foram realizadas com a TFSA moída.

O carbono orgânico foi determinado pelos métodos de via úmida, Walkley-Black (EMBRAPA 1997) e via seca, através de analisador elementar LECO CNS 2000. Neste estudo o carbono determinado por via úmida foi chamado de carbono orgânico total, enquanto que o C determinado por via seca foi chamado de carbono total (CT).

3.2.5 Fracionamento da matéria orgânica leve

O Fracionamento da MOS foi realizado pelo método densimétrico, adaptado de Sohi et al (2001) por Mendonça e Matos (2005), para a obtenção das frações livre leve (MOL-L) e livre oclusa (MOL-O). Os teores de C e N foram determinados em analisador elementar LECO CNS 2000.

3.2.6 Análise estatística

As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (teste de tukey à 5%), com o auxílio do programa estatístico SAS versão 11 (SYSTAT, 2010). Os resultados que não passaram no teste de normalidade, foram transformados para análise, entretanto os resultados nas tabelas e figuras apresentam média e erro padrão originais.

3.3 RESULTADOS

Os teores de matéria orgânica leve livre (MOL-L), matéria orgânica leve-oclusa (MOL-O), matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico total (COT), e carbono total (CT) se encontram na tabela 19. A análise de variância mostrou efeito significativo ($P < 0,05$) entre períodos de amostragem nos teores de MOL-L, MOL-O, MOS, COT e CT. Não houve efeito significativo da interação período de amostragem x manejo da vegetação de pousio. Houve efeito de tratamento ($P = 0,0433$) no teor de MOL-O apenas na profundidade de 10-20 cm (tabela 1). Não houve efeito da interação período de amostragem x manejo da vegetação de pousio nos estoques de MOS, MOL-L, carbono (C) e nitrogênio (N) da MOL-L e MOL-O e C e N da MOL-L, exceto para o nitrogênio total (NT) na profundidade de 30-50cm ($P=0,0051$). Os estoques de NT, MOS, MOL-L, carbono (C) e nitrogênio (N) da MOL-L e MOL-O e C e N da MOL-L, foram afetados significativamente ($P < 0,05$) pelo período de amostragem, havendo efeito de tratamento apenas nos estoques de C e N da MOL-O na profundidade de 10-20 cm e NT na profundidade de 10-20 cm.

A média do teor de MOL-L foi significativamente menor no período pré-pousio na profundidade de 0-10 cm ($P = 0,0002$) enquanto que o teor de MOL-O aumentou significativamente do período pré-pousio para o pós-pousio e depois diminuiu, nas profundidades de 0-10 ($P < 0,0001$) e 10-20 cm ($P = 0,0076$). As médias dos teores de MOS aumentaram progressivamente com as fases do sistema nas profundidades de 0-10 cm ($P < 0,0001$), 10-20 cm ($P < 0,0001$) e 20-30 cm ($P < 0,0001$), assim como as medias dos teores de COT nas profundidades de 0-10 cm ($P < 0,0001$), 10-20 cm ($P < 0,0001$) e 20-30 cm ($P = 0,0387$) (Tabela 19).

As médias dos teores de CT foram significativamente maiores na fase pré-cultivo nas profundidades de 10-20 cm ($P < 0,0001$) e 20-30 cm ($P = 0,0408$). Não houve efeito significativo de época de amostragem no teor de CT da profundidade de 0-10cm (tabela 1). Os estoques de CT apenas diferiram significativamente ($P < 0,0001$) entre fases do sistema na profundidade de 30-50cm (figura 16).

Tabela 19 - Teores de matéria orgânica leve livre (MOL-L), matéria orgânica leve oclusa (MOL-O), matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico total (COT) e carbono total (CT) do solo em três períodos de sistema seqüencial de corte-e-trituração, em Marapanim, PA (Erro padrão apresentado entre parênteses. Letras maiúsculas comparam diferenças significativas entre períodos de amostragem em cada profundidade ao nível de significância de 5%; ns indica que não houve diferença significativa)

Período de amostragem	Profundidade (cm)	MOL-L	MOL-O	MOS	COT	CT
-----g kg ⁻¹ -----						
Pré-pousio	0-10	7,4 (0,9) B	0,8 (0,1) B	9,9 (0,6) C	5,7 (0,3) C	14,2 (1,3) ns
	10-20	1,6 (0,2) B	0,4 (0,1) B	6,4 (0,7) C	3,7 (0,3) C	9,0 (0,5) A
	20-30	0,9 (0,1) ns	0,4 (0,1) ns	5,2 (0,4) C	3,0 (0,2) C	7,0 (0,3) A
Pós-pousio	0-10	15,9 (1,5) A	3,7 (0,5) A	13,7 (1,0) B	7,9 (0,6) B	14,2 (0,9) ns
	10-20	2,7 (0,4) A	0,9 (0,2) A	9,2 (0,5) B	5,3 (0,3) B	8,1 (0,3) AB
	20-30	1,8 (0,4) ns	1,0 (1,1) ns	7,3 (0,2) B	4,3 (0,1) B	6,7 (0,2) AB
Pós-cultivo	0-10	14,9 (1,5) A	1,0 (0,1) B	17,6 (0,8) A	10,2 (0,5) A	13,9 (1,3) ns
	10-20	2,0 (0,3) A	0,4 (0,1) B	12,9 (0,4) A	7,5 (0,4) A	7,4 (0,5) B
	20-30	1,3 (0,3) ns	0,6 (0,2) ns	10,9 (0,6) A	6,3 (0,4) A	6,0 (0,3) B

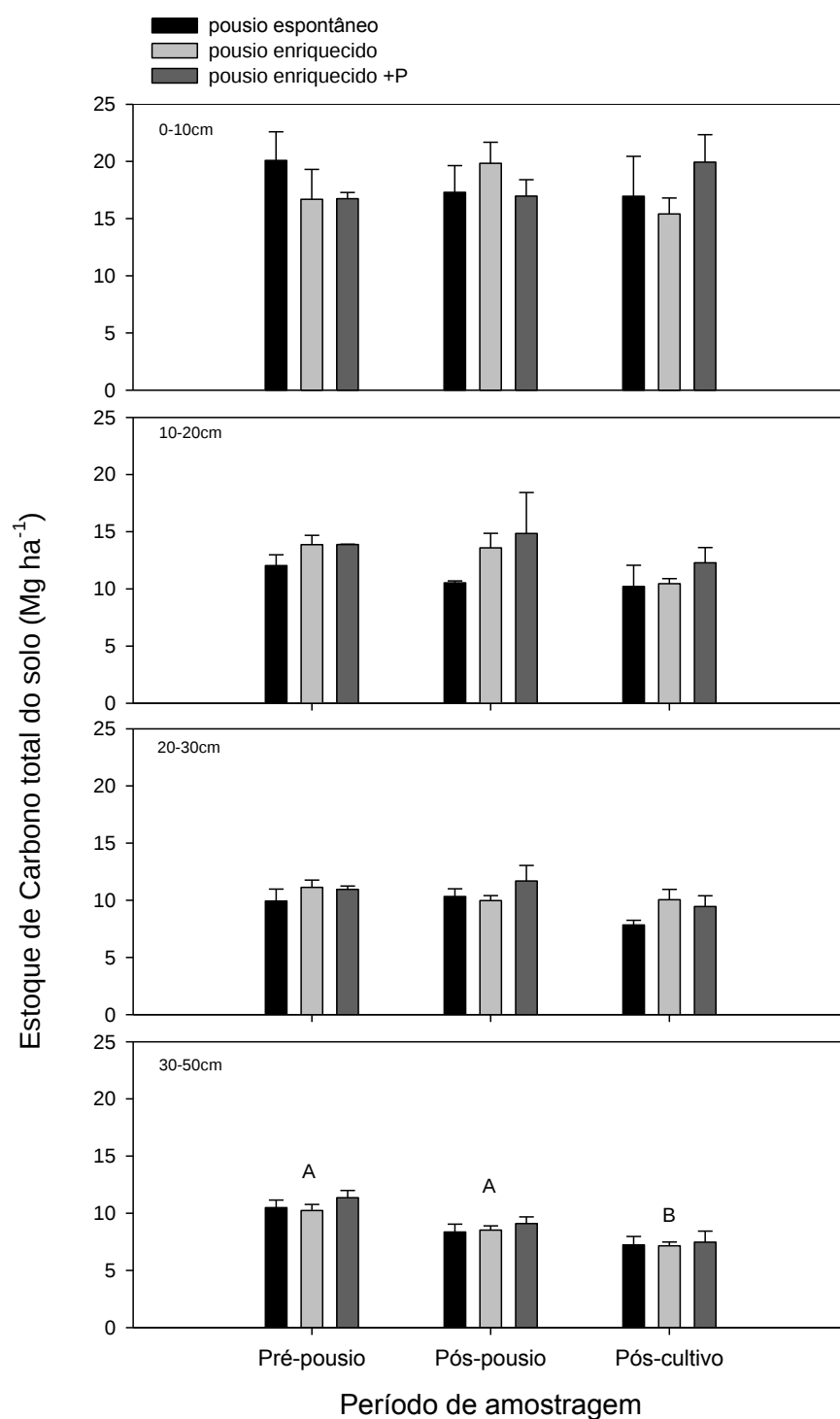


Figura 16 - Variação temporal do estoque de carbono total do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

Houve efeito de tratamento no teor de MOL-O na profundidade de 10-20 cm ($P < 0,0001$), sendo o maior teor encontrado no tratamento de enriquecimento de pousio com leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada de baixa solubilidade ($0,8 \text{ g kg}^{-1}$), seguido do tratamento de enriquecimento de pousio ($0,5 \text{ g kg}^{-1}$) e vegetação espontânea ($0,4 \text{ g kg}^{-1}$).

As médias dos estoques de NT foram significativamente maiores no período pré-pousio nas profundidades de 0-10 ($P=0,0118$), 10-20 ($P<0,0001$), 20-30 ($P=0,0002$) e 30-50 cm ($p<0,0001$). Houve efeito significativo do manejo da vegetação de pousio no estoque de NT na profundidade de 10-20 cm ($P=0,0451$), com maiores valores na vegetação de pousio sob tratamentos de enriquecimento e enriquecimento + adubação fosfatada (Figura 17). Na profundidade de 30-50 cm houve efeito significativo ($P<0,05$) da interação período de amostragem x manejo da vegetação de pousio com maiores valores nos tratamentos de enriquecimento e enriquecimento + P.

A média do estoque de MOS foram progressivamente crescentes e significativamente diferentes entre as fases do sistema em todas as profundidades estudadas (figura 18). As médias do estoque de MOL-L foram significativamente diferentes entre as fases do sistema, na profundidade de 0-10 cm ($P = 0,0003$), com valores superiores nos períodos pós-pousio e pós-cultivo (Figura 19). As médias dos estoques de C e N da MOL-L foram significativamente menores na fase pré-pousio ($P = 0,0010$ e $P = 0,0017$, respectivamente) na profundidade de 0-10cm (Figuras 20 e 21).

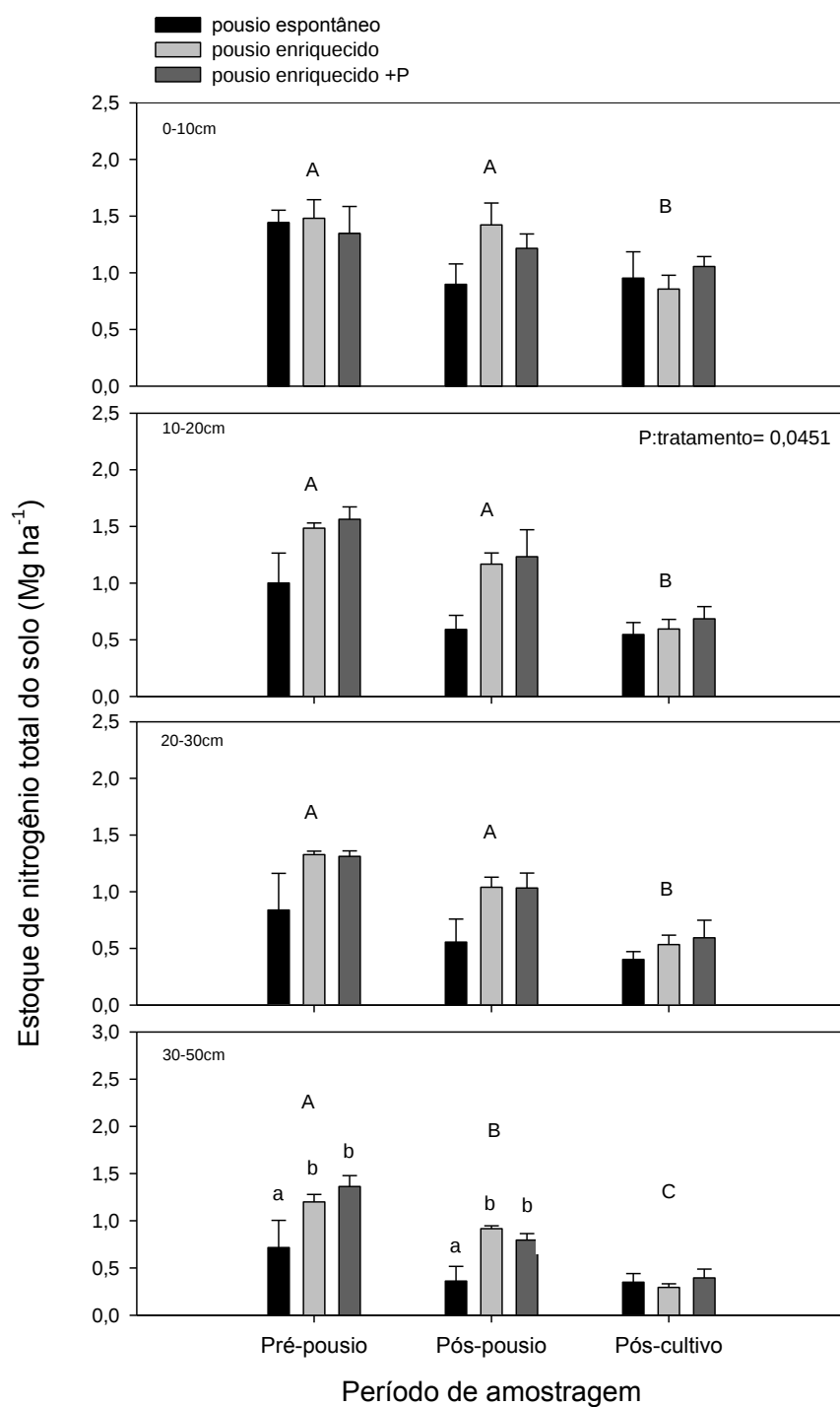


Figura 17 - Variação temporal do estoque de nitrogênio total do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

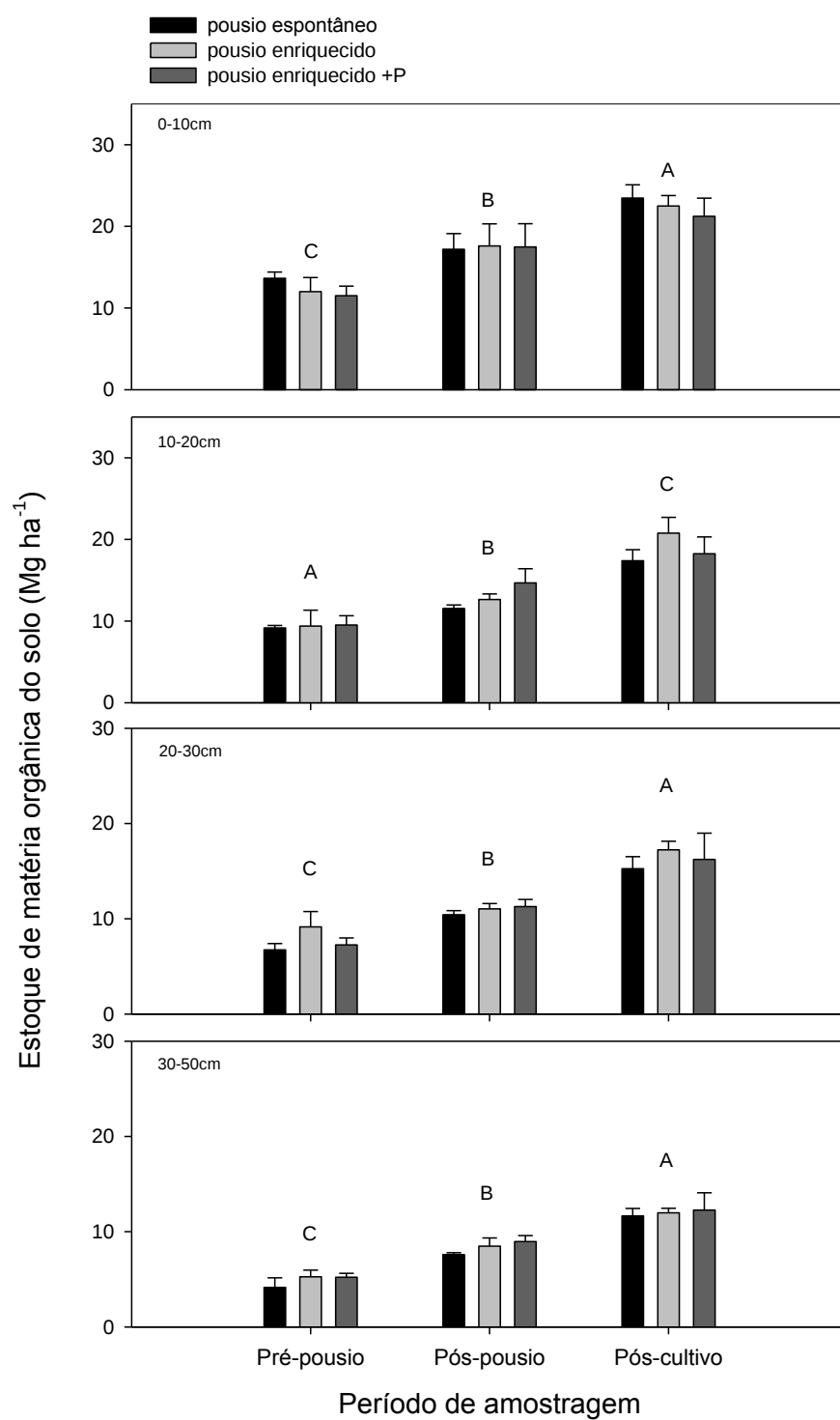


Figura 18 - Variação temporal do estoque de matéria orgânica do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

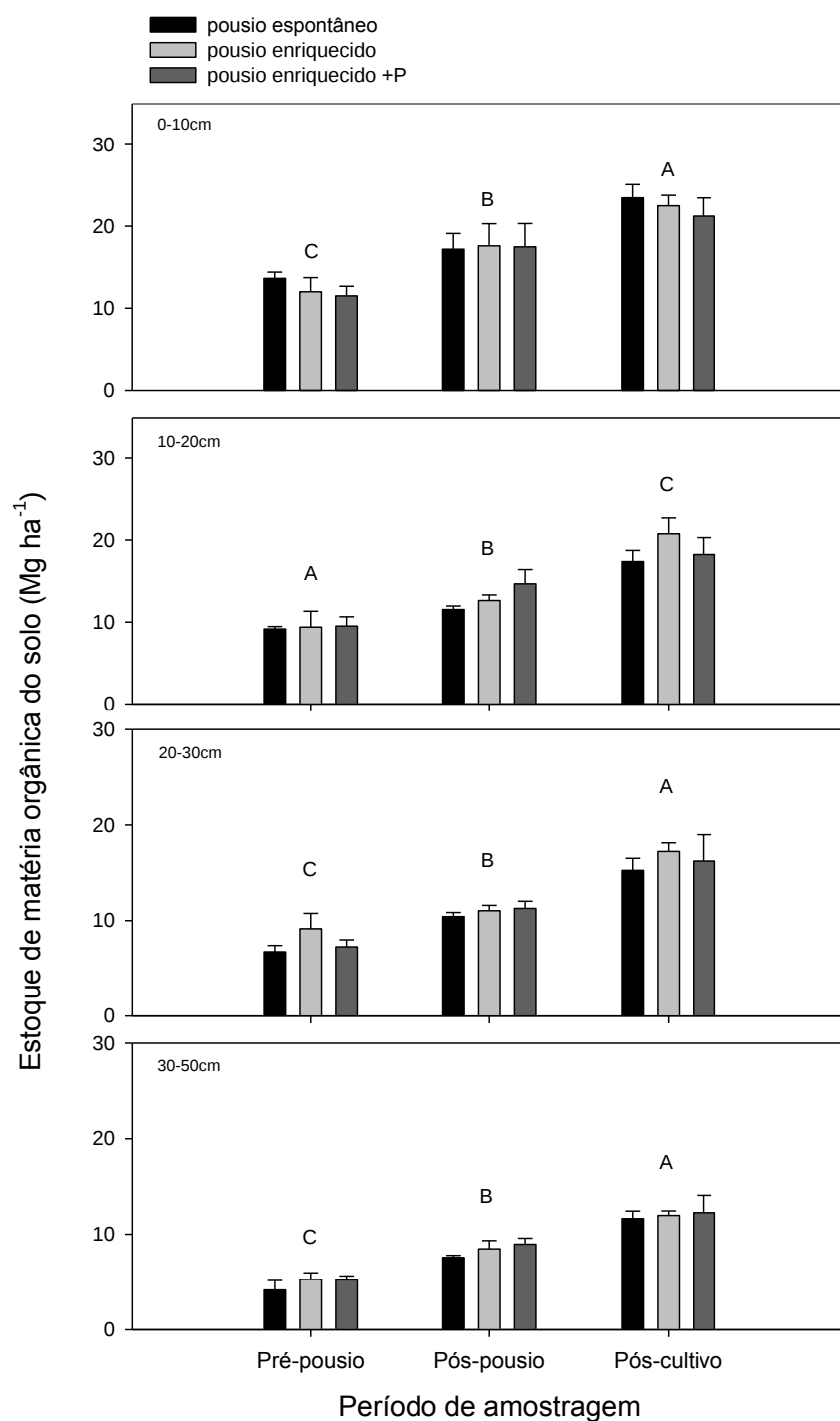


Figura 19 - Variação temporal do estoque de matéria orgânica leve livre do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

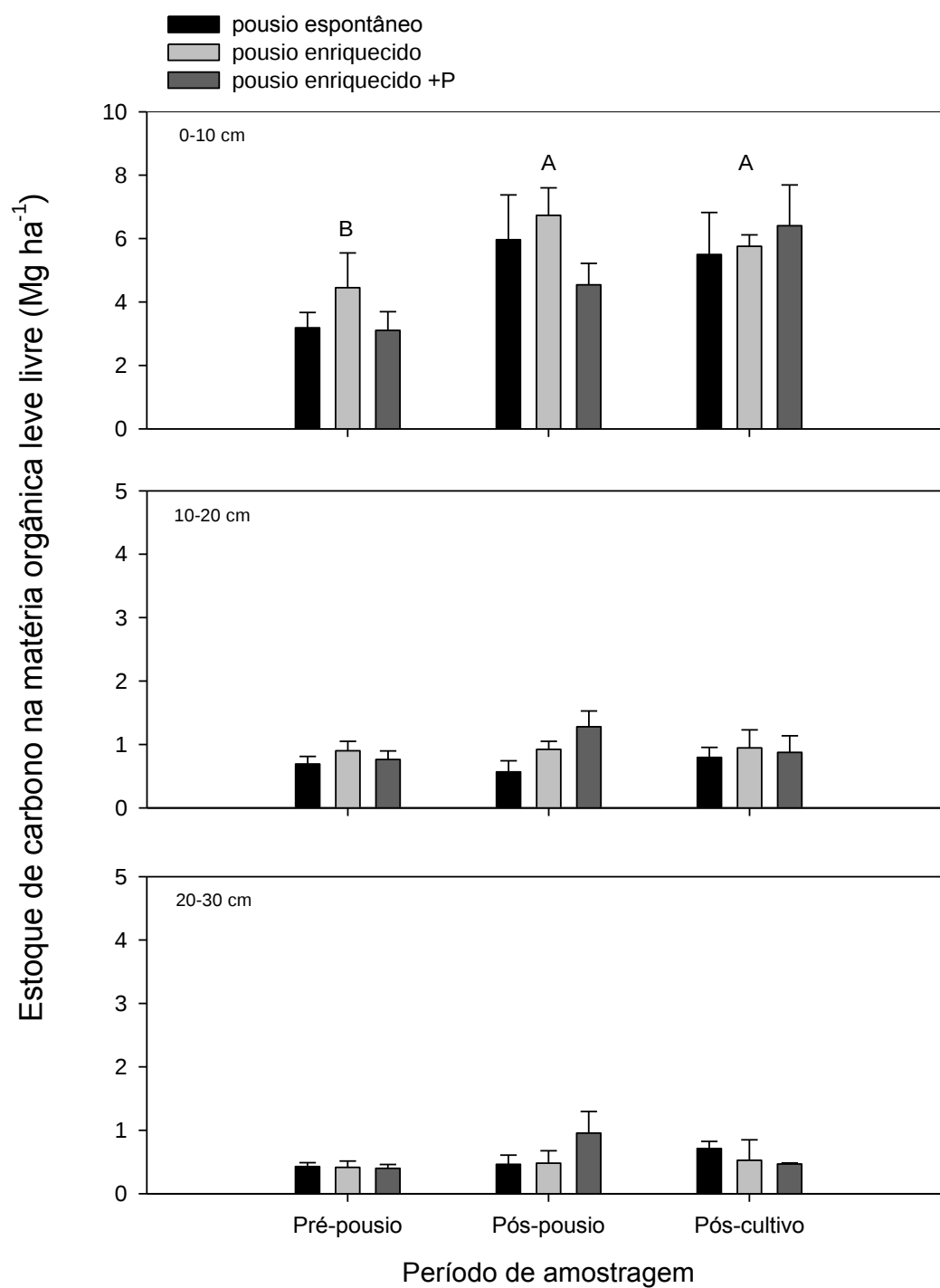


Figura 20 - Variação temporal do estoque de carbono da matéria orgânica leve livre do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

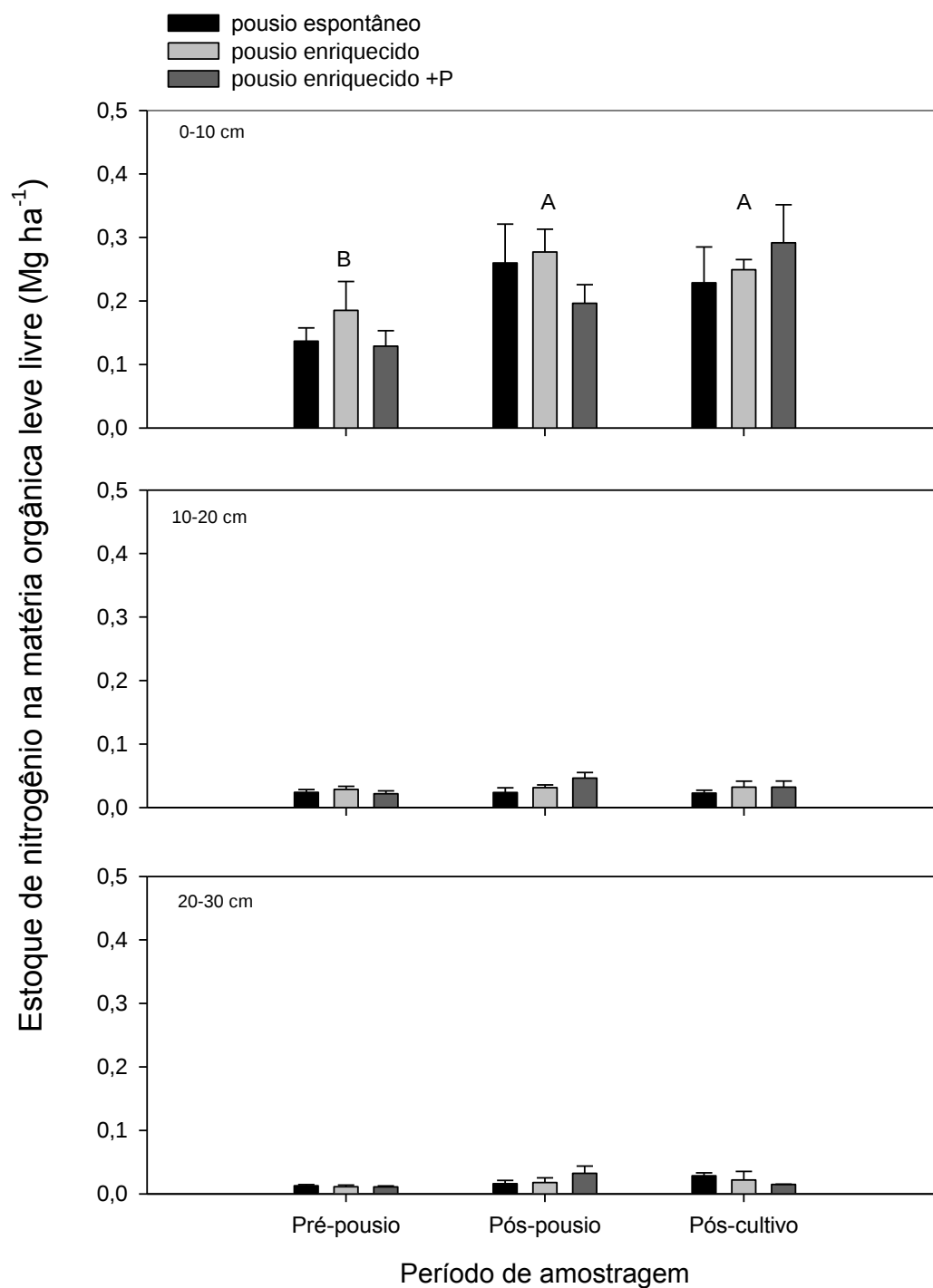


Figura 21 - Variação temporal do estoque de nitrogênio da matéria orgânica leve livre do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

O estoques de MOL-O foram significativamente diferentes entre as fases do sistema na profundidade de 0-10 cm ($P < 0,0001$) e profundidade de 10-20 cm ($P = 0,0061$), aumentando no período pós-pousio e diminuindo no período pós-cultivo (Figura 22). Houve efeito de tratamento no estoque de MOL-O na profundidade de 10-20 cm ($P = 0,0155$), sendo o maior estoque encontrado no tratamento de enriquecimento de pousio com leguminosas arbóreas submetidas à adubação fosfatada de baixa solubilidade ($0,88 \text{ Mg ha}^{-1}$), seguido do tratamento de enriquecimento de pousio ($0,64 \text{ Mg ha}^{-1}$) e vegetação espontânea ($0,6 \text{ Mg ha}^{-1}$).

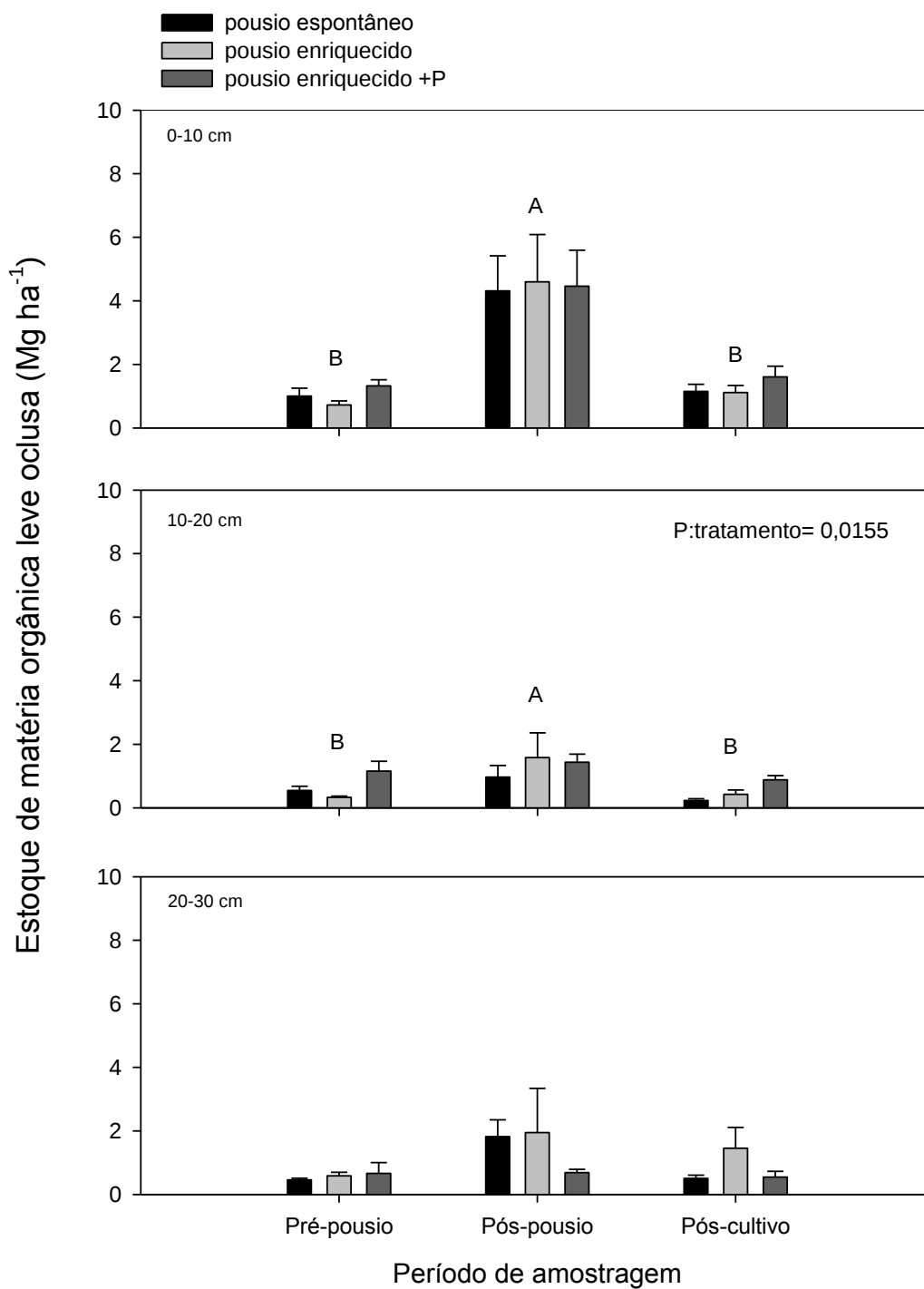


Figura 22 - Variação temporal do estoque de matéria orgânica leve oclusa do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

A média do estoque de C-MOL-O aumentou com o período de pousio e em seguida diminuiu com o período de cultivo nas profundidades de 0-10 cm ($P < 0,0001$) e 20-30 cm ($P = 0,0008$) exceto na profundidade de 10-20 cm ($P < 0,0001$) que se manteve estável (Figura 23). A média do estoque de N-MOL-O foi significativamente menor no período pré-pousio nas profundidades de 0-10 cm ($P < 0,0001$) e 10-20 cm ($P = 0,0002$) e aumentou com o período de pousio e diminuiu após o período de cultivo, entretanto no período pós-cultivo os estoques ainda foram significativamente maiores que no pré-pousio. Houve efeito de tratamento ($P = 0,0288$) na profundidade de 10-20cm (Figura 24).

Na profundidade de 0-10 cm, A MOL-L estocou em média de 15 a 27% do carbono orgânico (CO) e 9 a 13% do nitrogênio total (NT) do solo no período pré-pousio, 34 a 37% do carbono total e 16 a 28% do NT no período pós-pousio e 33 a 34% do CT e 24 a 29% do NT no período pós-cultivo, enquanto que a MOL-O estocou em média 0,3% do carbono total e 0,3% do NT no período pré-pousio, 5-7% do carbono total e 5 % do NT no período pós-pousio e 1,2 % do CT e 1,5% do NT no período pós-cultivo.

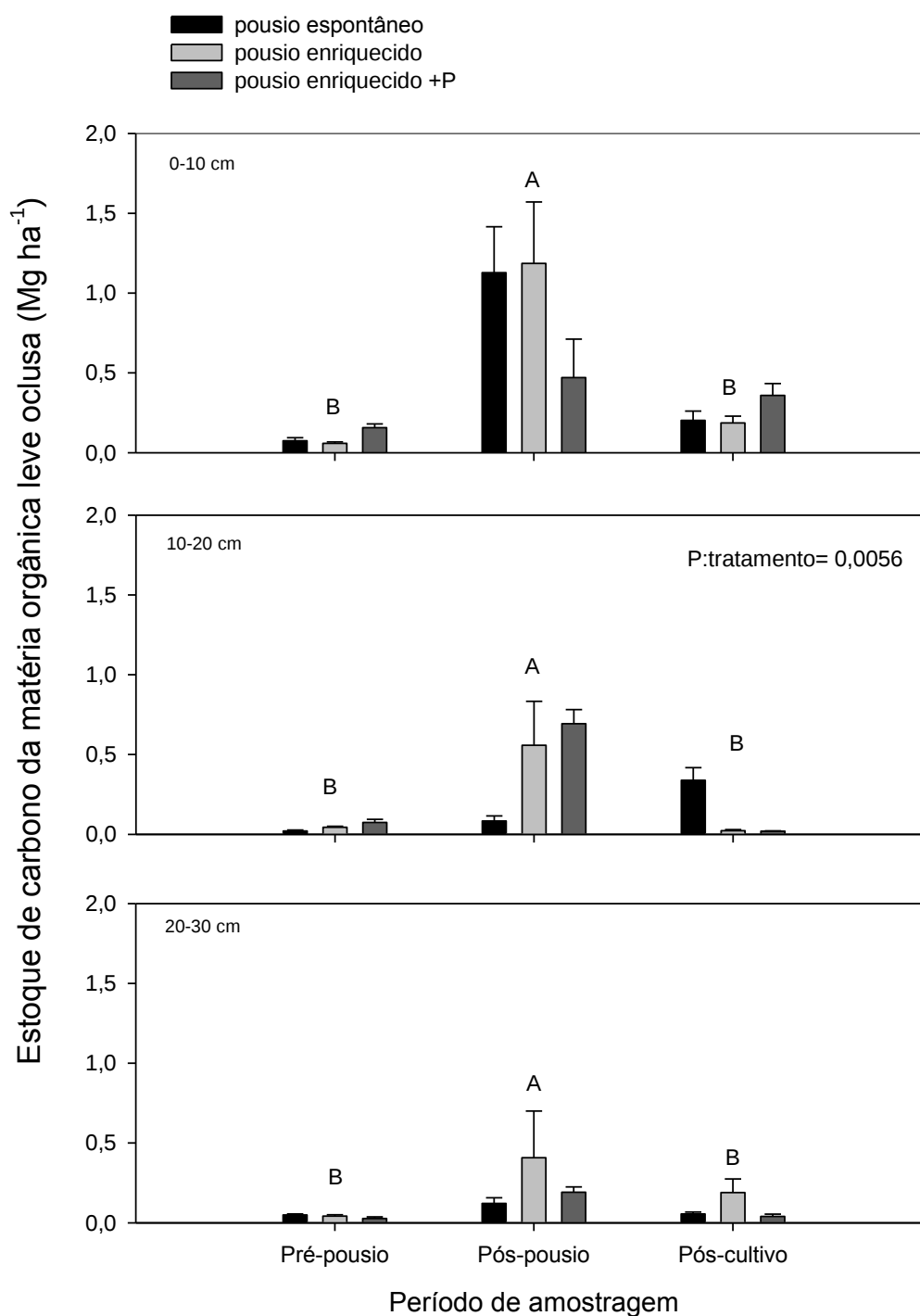


Figura 23- Variação temporal do estoque de carbono da matéria orgânica leve oclusa do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

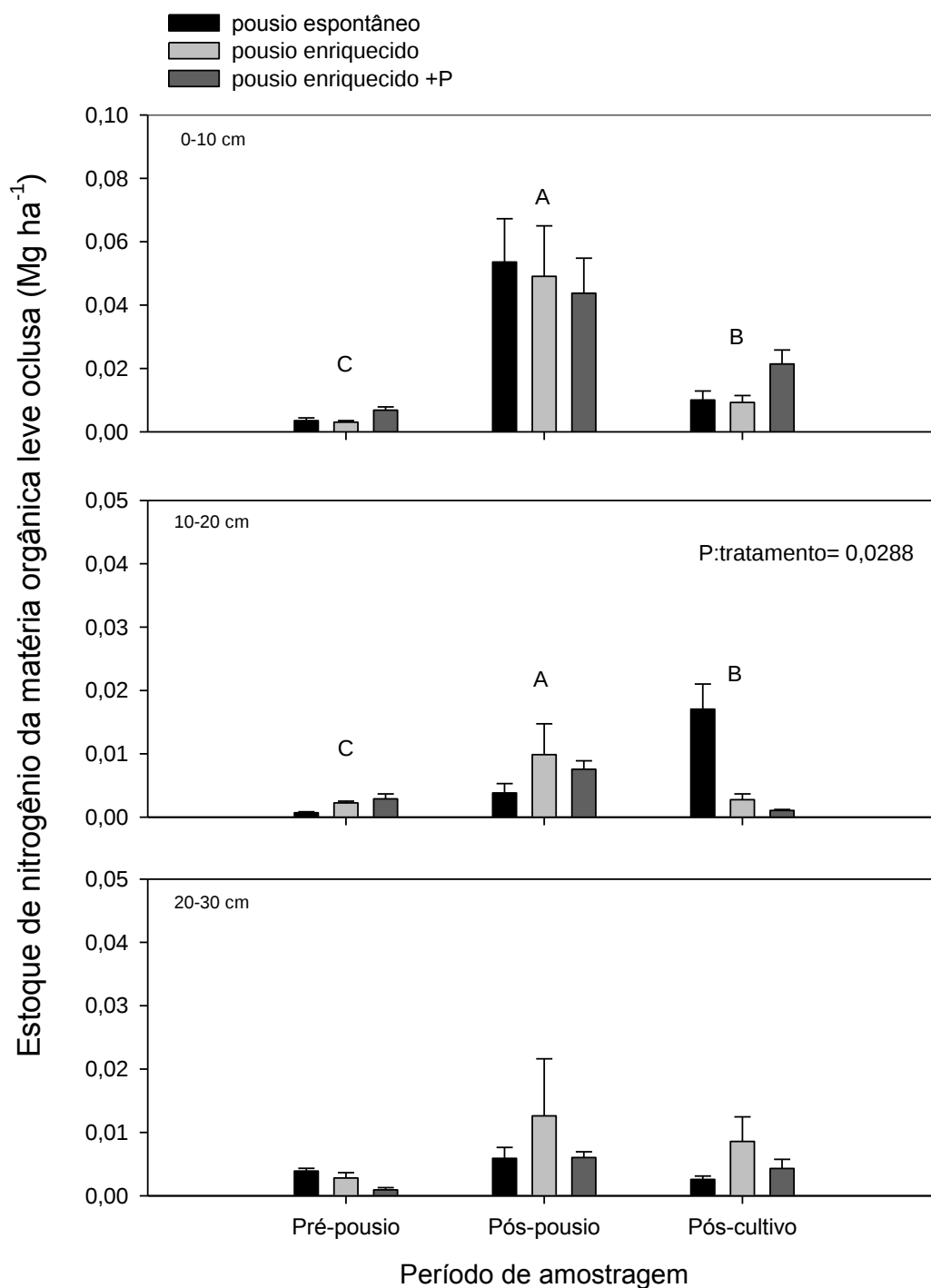


Figura 24 - Variação temporal do estoque de nitrogênio da matéria orgânica leve oclusa do solo em um sistema de corte-e-trituração sob diferentes manejos de vegetação de pousio, em Marapanim, Nordeste Paraense (n=12).

3.4 DISCUSSÃO

Os teores de CT determinado por oxidação em via seca (analisador elementar) não sofreram variações com as fases do sistema na profundidade de 0-10 cm, em contraste com o aumento da MOS (determinada pelo método de walkley black) (Tabela 19). Estudos de comparação do método da combustão via seca e via úmida, ou seja, resultados obtidos em analisador elementar e método Walkley-Black, mostram que o método de determinação do carbono orgânico por via seca é mais preciso (RHEINHEIMER et al., 2008). O primeiro é capaz de determinar a matéria orgânica associada às partículas organominerais que se encontram fisicamente protegidas nos microagregados de partículas de argila (RHEINHEIMER et al., 2008), enquanto que o segundo, Walkley-Black, é pouco sensível a frações com alto grau de humificação, formas carbonizadas (ROSCOE; MACHADO, 2002) e à matéria orgânica associada a minerais que a protegem de forma química e física no microagregados.

As proporções entre a diferença dos estoques de C obtido por via úmida e o C obtido por via seca nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm são mostradas na figura 25. Era esperado que as proporções se mantivessem iguais com as fases do sistema, entretanto elas diminuíram em aproximadamente 50 % (pela metade) em 23 meses (fase pré-pousio até a fase pós-cultivo), e todas as profundidades apresentaram a mesma tendência. Esses resultados confirmam a tendência do método via úmida em detectar a matéria orgânica mais lábil. Por outro lado a diminuição do carbono determinado por via seca sugere a mineralização de formas mais estáveis, como carvão ou formas que se encontram protegidas fisicamente pelos agregados do solo.

Independente da sensibilidade dos parâmetros de matéria orgânica do solo ao manejo, os resultados mostram que a vegetação de pousio, seguido do corte-e-trituração, permitiu o aporte de resíduos vegetais suficiente para promover a manutenção da qualidade do solo (AMADO et al., 2006; BAYER et al., 2004b). Em pousio espontâneo, os estoques de MOS geralmente diminuem em 60-90% dos níveis iniciais (SZOTT; PALM, 1996). A dinâmica da MOS durante o período de pousio depende do grau de perda de C durante o período agrícola

anterior. O rápido estabelecimento da vegetação de pousio pode conservar a MOS através da moderação do microclima do solo, reduzindo a sua mineralização, diminuindo a erosão, o escoamento superficial e perdas por lixiviação (SZOTT et al., 1999). O sistema de corte-e-trituração por sua vez, permite a liberação lenta e gradual de nutrientes, permitindo menores perdas por erosão e lixiviação, além de outros benefícios como o aumento da porosidade total do solo, agregação e umidade do solo (MULUMBA; LAL, 2008). A manutenção da qualidade do solo vai depender do contínuo aporte de resíduos orgânicos no sistema (BAYER et al., 2004b).

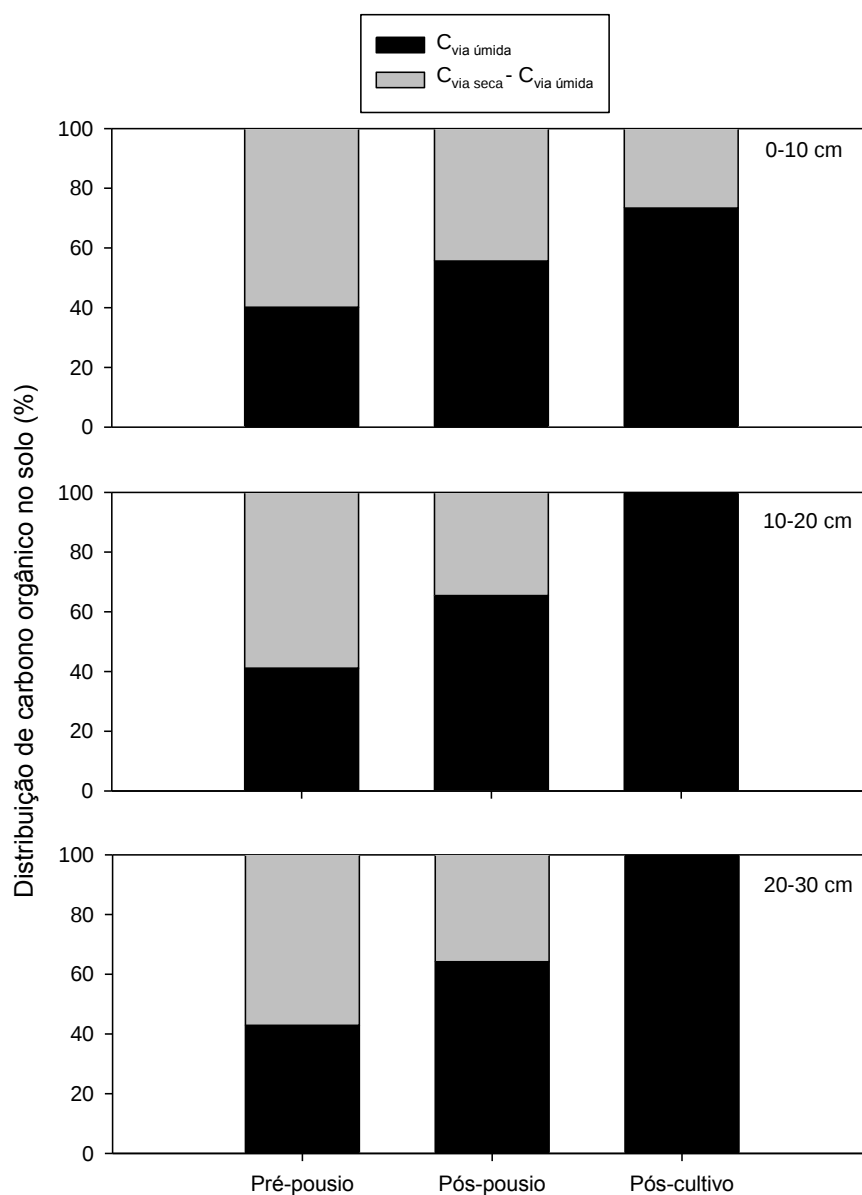


Figura 25 - Diferença percentual entre a obtenção de carbono da matéria orgânica do solo por via úmida e via seca, em diferentes fases de sistema de corte-e-trituração em Marapanim, Amazônia Oriental

Os estoques de nitrogênio total do solo se mantiveram com o período de pousio (Figura 17), mesmo com consideráveis estoques imobilizados na parte aérea (Tabelas 14) e serrapilheira (Tabela 15). Após o período de cultivo, os estoques de N diminuiram provavelmente devido à sua alta mobilidade no solo, exportação pelo cultivo de milho e

posteriormente pela falta de cobertura vegetal favorecendo perdas por lixiviação. DIEKOW et al. (2005) observaram decréscimo nos estoques de N total do solo após período de cultivo, em plantio convencional, entretanto em cultivo sob plantio direto os estoques de C e N totais se mantiveram constantes.

O fracionamento da MOS em diferentes tamanhos (fracionamento granulométrico) e densidades (densimétrico) ou em grau de humificação (fracionamento químico) apresentam a matéria orgânica em diferentes graus de degradação, atuando de diferentes formas na dinâmica de ciclagem de nutrientes. As frações lábeis, são mais sensíveis a alteração da cobertura vegetal (MAIA et al., 2007; XAVIER et al., 2006) e mostram o status da qualidade do solo. O teor de estoques de MOL-L e MOL-L e os estoques de carbono e N da MOL-L e C e N da MOL-O neste estudo foram sensíveis ao período de pousio independente do seu manejo e ao período de cultivo, no sistema sequencial de corte-e-trituração. A faixa de resultados dos estoques de C e N da MOL-L e MOL-O estão de acordo com a literatura (CABRERA, 2009; LIMA et al., 2008; PEGORARO et al., 2011; VERGUTZ et al., 2010) .

O teor e massa de MOL-L assim como seus estoques de C e N na primeira profundidade estudada, aumentaram com o período de pousio e se mantiveram em quantidades significativas após o período de cultivo. ROSCOE E BUURMANB (2003), observaram redução da MOL-L após cultivo em solos de cerrado, entretanto a redução foi menor em solos sob plantio direto. Nossos resultados sugerem ter havido suprimento suficiente de resíduos vegetais pela vegetação de pousio, aliada à deposição da sua biomassa triturada com baixas taxas de decomposição, que pudessem garantir a manutenção dessa fração da MOS. O fato de a área experimental ter sido submetida anteriormente à trituração (pousio de oito anos em junho de 2006) e posteriormente ter havido apenas o plantio de mandioca seguido do pousio de 23 meses, também pode ter colaborado para o processo de manutenção da qualidade do solo.

A MOL-L e MOL-O apresentam mecanismos específicos de proteção e estabilização da MOS conseqüentemente diferentes graus de decomposição e disponibilidade para a biota do solo. Resultados disponíveis na literatura demonstram que variações nos estoques da MOL-L ocorrem em curto espaço de tempo, em função do manejo ou da cobertura vegetal (LIMA et al., 2008; ROSCOE;BUURMANB, 2003), enquanto que a MOL-O apresenta

transformação mais lenta por estar protegida fisicamente nos agregados do solo e apresentar material mais humificado, em estágios mais avançados de decomposição (ROSCOE et al., 2004; WAGAI et al., 2009). Os mecanismos de estabilização e recalcitrância da MOL-O estão relacionados à sua composição química e sua oclusão dentro dos agregados do solo (LIMA et al., 2008; ROSCOE; MACHADO, 2002; WAGAI et al., 2009), limitando sua disponibilidade aos microorganismos decompositores (ROSCOE et al., 2006).

Os nossos resultados mostraram aumento dos teores e estoques de MOL-O com o pousio seguido da sua diminuição após o período de cultivo, sugerindo que essa fração apresentou uma ciclagem mais rápida que a MOL-L. Levando em consideração à sua variação química, a MOL-O é caracterizada como uma mistura de material lábil com material inerte (WAGAI et al., 2009). O fato da MOL-O ter apresentado ciclagem mais rápida que a própria MOL-L pode estar relacionado a ruptura de agregados do solo possivelmente causada pelo processo de trituração, disponibilizando o material lábil da matéria orgânica que se encontrava ocluído (BALESDENT et al., 2000; COSTA et al., 2004).

O aumento e manutenção dos estoques de N na MOL-L na primeira profundidade do solo, sugere melhoria da qualidade do solo com o pousio de 23 meses, independente do seu manejo, seguido do seu corte-e-trituração. O conhecimento químico dessas frações pode esclarecer mais sobre a sua dinâmica em agroecossistemas e contribuir para o conhecimento da nutrição de plantas cultivadas sob esses sistemas.

3.5 CONCLUSÃO

- As frações leves da matéria orgânica do solo são indicadores sensíveis às fases do sistema agroflorestal seqüencial de corte-e-trituração.

- O enriquecimento de pousio com espécies leguminosas, submetidas ou não à adubação fosfatada de baixa solubilidade, não afeta as frações da matéria orgânica leve do solo.

- O sistema de corte-e-trituração, com vegetação de pousio de 23 meses e sob as condições experimentais apresentadas, melhora a qualidade do solo evidenciado pela condição da MOL-L.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; DE CAMPOS, B. H. C.; DA VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v.35, n.4, p.1599-1607, 2006.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Tillage Research**, v.53, p.215-230, 2000.

BARRIOS, E.; COBO, J. G.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; AMEZQUITA, E.; JIMENEZ, J. J.; RONDON, M. A. Fallow management for soil fertility recovery in tropical Andean agroecosystems in Colombia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.110, n.1-2, p.29-42, 2005.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, v.39, n.7, p.677-683, 2004a.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Carbon storage in labile fractions of soil organic matter in a tropical no-tillage Oxisol. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.39, n.7, p.677-683, 2004b.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C. N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, n.5, p.1473-1478, 2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; GIASSEN, E.; MARTIN-NETO, L.; PAVINATO, A. Tillage effects on particulate and mineral-associated organic matter in two tropical Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.37, n.3-4, p.389-401, 2006.

BORGES, A. C. M. R.; KATO, O. R.; PINHEIRO, H. A.; SHIMIZU, M. K.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. M. Crescimento e produção de fitomassa de variedades de milho em diferentes manejos da capoeira. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.46, n.2, p.143-151, 2011.

BRIENZA JÚNIOR, S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil**. Gottingen: Gottingen University. 1999. 133p.

CABRERA, L. T. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em ecossistemas de floresta secundária sobre solos antropogênicos e adjacentes na Amazônia Central**. 2009. 67f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus. 2009. 67p.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, n.3, p.777-783, 1992.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Methods for physical separation and characterization of soil organic-matter fractions. **Geoderma**, v.56, n.1-4, p.449-457, 1993.

COSTA, F. D. S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.587-589, 2004.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABNER, I. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilisation. **Plant and Soil**, v.268, n.1, p.319-328, 2005.

GEHRING, C.; VLEK, P. L. G.; SOUZA, L. A. G.; DENICH, M. Biological nitrogen fixation in secondary regrowth and mature rainforest of central Amazonia. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.111, n.1-4, p.237-252, 2005.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K. W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, n.9, p.1231-1243, 2003.

KOUTIKA, L. S.; NOLTE, C.; YEMEFACK, M.; NDANGO, R.; FOLEFOF, D.; WEISE, S. Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. **Geoderma**, v.125, n.3-4, p.343-354, 2005.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I.; R DA, NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. D.; BARROS, N. F. D., MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. M. S.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1053-1063, 2008.

MAIA, S.; XAVIER, F.; OLIVEIRA, T.; MENDONÇA, E.; ARAÚJO FILHO, J. Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. **Agroforestry Systems**, v.71, n.2, p.127-138, 2007.

MARSCHNER, B.; BRODOWSKI, S.; DREVES, A.; GLEIXNER, G.; GUDE, A., GROOTES, P. M.; HAMER, U.; HEIM, A.; JANDI, G.; JI, R.; KAISER, K.; KALBITZ, K., KRAMER, C.; LEINWEBER, P.; RETHEMEYER, J.; ASCHÄFFER, A.; SCHMIDT, M. W. I.; SCHWARK, L.; WIESENBERG, G. L. B. How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.171, p.91-110, 2008.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p.

MULUMBA, L. N.; LAL, R. Mulching effects on selectes soil physical properties. **Soil & Tillage Research**, v.98, p.106-111, 2008.

PEGORARO, R. F.; SILVA, I. R. D.; NOVAIS, R. F. D.; BARROS, N. F. D.; FONSECA, S.; DAMBROZ, C. S. Estoques de carbono e nitrogênio das frações da matéria orgânica em argissolo sob eucalipto e pastagem. **Ciência Florestal**, v.21, n.2, p.261-273, 2011.

RHEINHEIMER, D. S.; CAMPOS, B. C.; GIACOMINI, S. J.; CONCEIÇÃO, P. C.; BORTOLUZZI, E. C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.435-440, 2008.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.; SALTON, J. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.17-42.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; LAGEN, B. V.; VELTHORST, E. Transformations in occluded light fraction organic matter in a clayey Oxisol; evidence from ^{13}C -CPMAS-NMR and d^{13}C Signature. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.5 p.811-818, 2004.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil & Tillage Research**, v.70, p.107–119, 2003.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Dourados MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

SAMPAIO, F. A. R.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; JUCKSCH, I. Balanço de nutrientes e da fitomassa em argissolo amarelo sob floresta tropical amazônica após queima e cultivo com arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1161-1170, 2003.

SCHROTH, G.; LEHMANN, J. Nutrient Capture. G. S. Schroth, F. L. **Trees, crops and soil fertility: Concepts and research methods**. CABI, 2003. p.167-174.

SOHI, S. P.; MAHIEU, N.; ARAH, J. R. M.; POWLSON, D. S.; MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, n.4, p.1121-1128, 2001.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon**. Gottingen Universit. Gottingen. 2000. 240p.

SOMMER, R.; VLEK, P. L. G.; SA, T. D. D.; VIELHAUER, K.; COELHO, R. D. R.; FOLSTER, H. Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, n.3, p.257-271, 2004.

STROSSER, E. Methods for determination of labile soil organic matter: An overview. **Journal of Agrobiology**, v.27, n.2, p.49-60, 2010.

SZOTT, L.; PALM, C. Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. **Plant and Soil**, v.186, n.2, p.293-309, 1996.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; BURESH, R. J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v.47, n.1-3, p.163-196, 1999.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; NUNES, T. N.; PIAU, A. A. M. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.43-57, 2010.

WAGAI, R.; MAYER, L. M.; KITAYAMA, K. Nature of the "occluded" low-density fraction in soil organic matter studies: A critical review. **Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition**, v.55, p.13-25, 2009.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar no Nordeste do Estado do Pará. **Geografia**, v.34, n.3, p.455-472, 2009.

XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada Ibiapaba - CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.247-258, 2006.

ZARIN, D. J.; DAVIDSON, E. A.; BRONDIZIO, E.; VIEIRA, I. C. G.; SA, T., FELDPAUSCH, T.; SCHUUR, E. A.; MESQUITA, R.; MORAN, E.; DELAMONICA, P., DUCEY, M. J.; HURTT, G. C.; SALIMON, C.; DENICH, M. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.3, n.7, p.365-369, 2005.

4 CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados deste estudo sugerem que o objetivo de promover o aumento na ciclagem de nutrientes pelo manejo da vegetação de pousio foi atendido. A trituração da biomassa acumulada durante o período de pousio, independente do seu manejo, promoveu a manutenção da qualidade do solo, mesmo depois do período de cultivo agrícola. Esses resultados representam uma ferramenta importante para subsidiar a escolha do manejo da vegetação de pousio, que é um procedimento discutível nas condições sócio-econômicas da agricultura familiar no nordeste paraense.