



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

MAURÍCIO CASTRO DA COSTA

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE DO
SOLO NO FLUXO DE LITEIRA E ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA NA
FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA**

**BELÉM
2013**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA GROPECUÁRIA - EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

MAURÍCIO CASTRO DA COSTA

**INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE DO
SOLO NO FLUXO DE LITEIRA E ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA NA
FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: Área de Concentração - Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho.

**BELÉM
2013**

Costa, Maurício Castro

Influência da precipitação pluviométrica e umidade do solo no fluxo de liteira e estimativa de biomassa aérea na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA/ Maurício Castro Costa. - Belém, 2013.

106 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

1. Liteira 2.Biomassa Aérea 3. Caxiuanã - Pará I. Título

CDD – 634.9



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS


MAURÍCIO CASTRO DA COSTA

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE DO
SOLO NO FLUXO DE LITEIRA E ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA NA
FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA

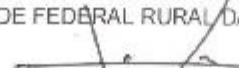
Tese apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: Área de Concentração- Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de **Doutor**.

Aprovada em 2013.

BANCA EXAMINADORA



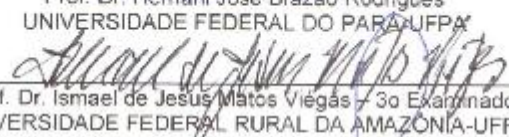
Prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho – Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA



Prof. Dr. Antônio Carlos Lola da Costa
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFPA



Prof. Dr. Hernani José Brazão Rodrigues
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-UFPA



Prof. Dr. Ismael de Jesus Matos Viegas – 3o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA



Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira – 4o Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA

Dedico a Deus e a toda a minha família...

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus;

Agradeço a todos, que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho. Com especial carinho, agradeço a meus filhos, Mauricio Castro da Costa Filho, Murilo Ferreira da Costa e Nathália Ferreira da Costa e a minha esposa Karina do Socorro da S. Ferreira, por toda compreensão, paciência e apoio;

A minha mãe, Ocília Castro da Silva, pelo apoio, preocupação e força, durante minhas viagens de coleta de dados e durante toda a minha vida;

A todos os meus irmãos (Marluce, Marli, Marivaldo, Marcos, Marcio, Antônio e outros....), pelo apoio e credibilidade depositada em mim;

A minha segunda mãe: Lucinda Irene de Barros Ferreira, por todo seu amor, por ter confiado em mim e me tornado tudo que sou hoje;

Ao meu sogro (Waldir Ferreira), minha sogra (Graça Ferreira) e aos meus cunhados (Micheline, Waldir Jr. Lazaro Borges) pelo apoio e compreensão.

A todos os meus familiares (cunhados, sobrinhos, primos etc.)

Ao meu orientador, prof. Dr. Benedito Gomes dos Santos Filho, por todo apoio, sugestões e compreensão, no decorrer deste trabalho.

Ao prof. Dr. Antônio Carlos Lola da Costa por todo o apoio, paciência, oportunidades, orientações e amizade, durante os cinco anos juntos em Caxiuanã.

Aos meus colegas: Alex oliveira (pirata), Guilherme camarinha e Alexandro (Pocotó), pelo apoio e fundamental contribuição nas coletas de dados.

Ao projeto RAINFOR (rede amazônica de inventários florestais), pela oportunidade de que me proporcionaram, para que pudesse desenvolver este trabalho,

Ao CNPQ, pelo apoio e pela concessão da bolsa de estudos, que foram fundamentais para na realização deste trabalho.

A todos os colegas da pós-graduação, e em especial aos que tive mais contato, (Rosigrede, Wilsa Pinto, Carlos André, Alexandre).

Os ignorantes, que acham que sabem de tudo, privam-se de um dos maiores prazeres da vida : Aprender.

(Provérbio Popular)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos analisar a produção de serapilheira fina e estimar o ganho de biomassa aérea em quatro áreas distintas de florestas, bem como sua correlação com a precipitação pluviométrica e umidade do solo na Floresta Nacional de Caxiuanã, no município de Melgaço – PA, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. As coletas de serapilheira fina foram obtidas a cada quinze dias através de coletores. A produção de serapilheira fina apresentou uma correlação de nível moderada, negativa com a precipitação e umidade do solo, sendo observados os maiores valores de produção nas áreas Torre e Terra Preta, seguidos das áreas A e B. As folhas mostraram-se como a principal componente de serapilheira fina para todas as áreas de estudo, com aproximadamente 77% da produção total, seguidos de galhos com 13%, frutos com 5%, 4% para flores e 1% para miscelâneas. A estimativa do ganho de biomassa aérea foi realizada através de métodos indiretos, utilizando duas equações alométricas, sendo uma para floresta primária e outra para floresta secundária, analisando sua correlação com a precipitação pluviométrica e umidade do solo na Floresta Nacional de Caxiuanã. As coletas de ganho de biomassa aérea ocorreram de forma trimestral no decorrer do período estudado. Também se analisou o incremento de área basal no período de dezembro de 2008 a outubro de 2010 para cada área. Notou-se que houve uma perda na área basal de 34,3% na Área Torre, 28,2% na Área A, 14,2% na Área Terra Preta e 2,81% na Área B.

Notou-se uma influência bastante significativa, principalmente na área de exclusão de água, dos efeitos do fenômeno de escala global EL NIÑO, na produção de biomassa aérea e produção de serapilheira. O ganho de biomassa apresentou correlações positivas com a precipitação pluviométrica para todas as Áreas, porém apenas a Área A apresentou correlação positiva e significativa com a umidade do solo.

Palavras- chave: serapilheira; biomassa aérea, florestas.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the thin litter production and estimate the biomass gain in four distinct areas of forests as well as its correlation with rainfall and soil moisture in Caxiuanã National Forest, in the municipality of Melgaço - PA from January 2009 to December 2010. The fine collection of litter were collected biweekly by collectors. The fine litterfall showed a moderate level of correlation, negative correlation with rainfall and soil moisture, with the highest values of production in areas with more clayey soils, followed by the sandier areas. The leaves were the main component of litter fine for all areas of study, with approximately 77% of total production, followed by branches with 13%, with 5% fruit, flowers and 4% to 1% for miscellaneous. The estimated gain of biomass was performed by indirect methods, using two allometric equations, one for primary forest and secondary forest to another, analyzing their correlation with rainfall and soil moisture in Caxiuanã National Forest. The collections gain ground biomass occurred on a quarterly basis during the period studied. We also examined the basal area increment from December 2008 to October 2010 for each area. It was noted that there was a loss in the basal area significantly well in all areas, except the area excluding water.

Noticed a very significant influence, especially in the area of exclusion of water, the effects of the global phenomenon of El Niño, the production of biomass and litter production. The biomass gain showed positive correlations with rainfall in all areas, but only one of the areas showed significant positive correlation with soil moisture.

Keywords: litter, biomass, forests.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Tabela de classificação do coeficiente de Pearson.....	32
Tabela 02 - Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo à superfície em quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	33
Tabela 03 - Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.	35
Tabela 04 - Produção média anual de serapilheira fina em Mg.ha. ⁻¹ .ano ⁻¹ , no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.	36
Tabela 05 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção de serapilheira fina e a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	37
Tabela 06 – Valores extremos de produção de serapilheira fina para as quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.....	39
Tabela 07 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção de serapilheira fina e a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	41
Tabela 08 – Distribuição percentual da produção de biomassa de serapilheira fina por componentes na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	41
Tabela 9 Distribuição da Produção média de serapilheira fina por componentes (Mg/ha), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA	43
Tabela 10 - Valores extremos da Produção média de folhas (Mg/ha/mês) nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	45
Tabela 11 - Análise estatística da produção mensal de folhas correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA	45
Tabela 12 - Análise estatística da produção de folhas correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	47
Tabela 13 - Valores extremos da Produção média de galhos (Mg/ha/mês), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA	49
Tabela 14 - Análise estatística da produção de galhos correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA	50

Tabela 15 – Análise estatística da produção de galhos correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA	51
Tabela 16 – Valores extremos da Produção média de galhos ($\text{Mg.ha.}^{-1}\text{mês}^{-1}$), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA	52
Tabela 17 – Análise estatística da produção de flores correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	53
Tabela 18 – Análise estatística da produção de flores correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	54
Tabela 19 - Valores extremos da Produção média de frutos ($\text{Mg.ha.}^{-1}\text{mês}^{-1}$), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	56
Tabela 20 – Análise estatística da produção de frutos correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA	57
Tabela 21 - Análise estatística da produção de frutos correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	58
Tabela 22 – Valores extremos da Produção média de galhos ($\text{Mg.ha.}^{-1}\text{mês}^{-1}$), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	60
Tabela 23 – Análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	60
Tabela 24 – Análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	62
Tabela 25 – Numero de indivíduos por área estudada	77
Tabela 26 - Tabela de classificação do coeficiente de Pearson	80
Tabela 27 - Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.	81
Tabela 28 - Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.	83
Tabela 29 - Dados estatísticos da distribuição percentual de diâmetro a altura do peito (DAP) nas áreas estudadas no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	85

Tabela 30 - Produção anual de biomassa aérea (Mg/ha/ano), no período de 2009 e 2010, nas quatro áreas, estimadas pela equação de Brown na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	87
Tabela 31 - Produção anual de biomassa aérea (Mg/ha/ano), no período de 2009 e 2010, nas quatro áreas, estimadas pela equação de Nelson na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	88
Tabela 32 - Dados estatísticos da produção de biomassa aérea (Mg/ha/mês), estimado pela equações de Brown e Nelson, nas quatro áreas estudadas no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	93
Tabela 33 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção média de biomassa aérea, estimada pela equação Brown, nas quatro áreas estudadas com a precipitação pluviométrica média mensal na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	95
Tabela 34 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção média de biomassa aérea, estimadas pelas equações de Brown e Nelson nas quatro áreas estudadas com a umidade do solo a superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA...	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã – Pa.....	23
Figura 02- Descrição das áreas A e B na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	25
Figura 03- Descrição da área Terra Preta na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	27
Figura 04- Descrição da área Torre na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	29
Figura 05- Disposição dos coletores de serapilheira fina nas áreas de estudo na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	30
Figura 06- Distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à Superfície no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	34
Figura 07- Distribuição mensal da produção de serapilheira fina relacionada com a Precipitação Pluviométrica no período de 2009 e 2010 nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã– PA.....	38
Figura 08- Distribuição média mensal da produção de serapilheira fina relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	40
Figura 09- Biomassa média mensal de folhas relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	44
Figura 10- Biomassa mensal de folhas relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	46
Figura 11- Biomassa mensal de galhos relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	48
Figura 12- Biomassa mensal de galhos relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	50
Figura 13- Biomassa mensal de flores relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã -PA.....	51
Figura 14- Biomassa mensal de flores relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	54
Figura 15- Biomassa mensal de frutos relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	55

Figura 16- Biomassa mensal de frutos relaciona a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	58
Figura 17- Biomassa mensal de miscelâneas relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	60
Figura 18 - Biomassa mensal de miscelâneas relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	62
Figura 19- Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	70
Figura 20- Descrição das áreas A e B na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	72
Figura 21- Descrição da área Terra Preta em Caxiuanã – PA.....	74
Figura 22- Descrição da área Torre na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	76
Figura 23 – Distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	82
Figura 24 – Distribuição diamétrica das árvores nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.....	84
Figura 25 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área A, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	89
Figura 26 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área B, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 e 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	90
Figura 27 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área Torre, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 e 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.....	91
Figura 28 - Distribuição media da produção de biomassa aérea na área de Terra Pretas, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.....	92
Figura 29 - Distribuição da perda de área basal no período de dezembro de 2008 a outubro de 2010 para as áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.....	94

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
2	INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE DO SOLO NO FLUXO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA.....	20
2.1	INTRODUÇÃO.....	20
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
2.2.1	Localização.....	23
2.2.2	Clima.....	24
2.2.3	Solos.....	24
2.3	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS.....	24
2.3.1	Áreas A e B.....	24
2.3.2	Solos das áreas A e B.....	25
2.3.3	Espécies predominantes.....	26
2.3.4	Área terra Preta.....	26
2.3.5	Solo da área Terra Preta.....	27
2.3.6	Espécies predominantes.....	28
2.3.7	Área Torre.....	28
2.3.8	Solos da área Torre.....	29
2.3.9	Espécies predominantes.....	30
2.4	ESTIMATIVA DE CADA ÁREA.....	30

2.4.1	Produção de serapilheira fina.....	30
2.4.2	Dados de precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície.....	30
2.4.3	Análise Estatística.....	31
2.5	RESULTADOS E DISCURSSÃO.....	33
2.6	CONCLUSÕES.....	58
	REFERRÊNCIAS.....	59
3.0	INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E UMIDADE DO SOLO NA ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ – PA.....	67
3.1	INTRODUÇÃO.....	67
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
3.2.1	Localização.....	69
3.2.2	Clima.....	70
3.2.3	Solo.....	71
3.3	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS.....	71
3.3.1	Áreas A e B.....	71
3.3.2	Solos das áreas A e B.....	72
3.3.3	Espécies Predominantes.....	72
3.3.4	Área Terra Preta.....	73
3.3.5	Solo da área Terra Preta.....	74
3.3.6	Espécies Predominantes.....	75
3.3.7	Área Torre.....	76
3.3.8	Solo da área Torre.....	76
3.3.9	Espécies Predominantes.....	77
3.4	ESTIMATIVA PARA CADA ÁREA.....	77
3.4.1	Espécies Predominantes.....	77

3.4.2	Estimativa de Área Basal.....	79
3.4.3	Dados Meteorológicos.....	79
3.4.4	Análise Estatística.....	80
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
3.6	CONCLUSÕES.....	98
3.7	REFERÊNCIAS.....	99

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As Florestas Tropicais Úmidas caracterizam-se pela sua biodiversidade e alta taxa de produtividade biológica com grande acúmulo de carbono (C). Entretanto, atividades antrópicas como desmatamento, queimadas, agricultura de corte/queima que transferem à atmosfera grande parte do carbono imobilizado na vegetação, e a industrialização e geração de energia via queima de carbono mineral tem contribuído para o aumento na concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, principal gás responsável pelo efeito estufa (Salomão, 1994; Murilo, 1997).

Na Amazônia, as florestas de terra firme situam-se, geralmente, em terrenos ondulados nas baixas altitudes (raramente excedem a 250 m sobre o nível do mar) e comportam no seu interior outros tipos de vegetação de pequenas comunidades florísticas, como campinas e campinara nas, representadas por ilhas, importantes para a manutenção da diversidade florística e faunística (Ayres, 1993).

A serapilheira representa o maior caminho biológico da transferência de elementos da vegetação para o solo (Xu e Hirata, 2002), ela e seu processo de decomposição mantem nutrientes no solo, influenciam a produção primária e regulam o fluxo de energia e os ciclos de nutrientes em ecossistemas florestais (Waring e Schlesinger, 1985). Os principais fatores que agem na decomposição da serapilheira, é o clima, qualidade de serapilheira e natureza em abundância de organismos decompositores (Smith e Bradford, 2003).

A temperatura e umidade do solo são os principais fatores que afetam o processo de decomposição (Lavelle *et al.*, 1993) e suas variações podem influenciar no comportamento dos sistemas atmosféricos, visto que essas variáveis se interagem ao mesmo tempo (Sanches, L. *et al.* 2009).

Nas árvores da Floresta Amazônica, grande parte dos elementos minerais está armazenada nas folhas, galhos, casca e lenho (Neves, J.M.E, 2001).

A estimativa de biomassa florestal acima do solo das florestas tropicais úmidas da Amazônia Brasileira convertendo dados dos inventários florestais foi inicialmente realizada por Brown e Lugo (1992). Todavia, essas estimativas foram realizadas a partir de dados de inventários florestais nos anos 70, cuja finalidade era a quantificação de madeira para a exploração florestal, excluindo outras espécies, sem importância econômica (Higuchi *et al.*, 2004).

A alta produtividade primária e a ampla distribuição da vegetação secundária na paisagem agrícola da Amazônia indicam seu grande potencial para sequestrar carbono. Contudo mais estudos são necessários, para podermos chegar a afirmações que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável da região.

Os objetivos específicos deste trabalho foram estudar a produção de serapilheira fina em quatro áreas distintas de florestas e sua correlação com a precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA e estimar o ganho de biomassa aérea correlacionando-as com a precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície.

A tese foi escrita na forma de capítulos. Os capítulos apresentam uma relação entre si, mas ao mesmo tempo são independentes, sendo apresentados na forma de artigo científico. Por estarem escritos como artigo científico, alguns itens se repetem, nos diferentes capítulos, como por exemplo, a descrição da área de estudo e alguns aspectos da metodologia.

O primeiro capítulo tratou da produção de serapilheira fina em quatro áreas distintas de florestas e sua correlação com a precipitação pluviométrica, umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. No segundo capítulo, foram utilizadas, para as quatro áreas, as equações alométricas para estimativa do ganho de biomassa aérea e correlaciona-las com os mesmos parâmetros citados acima.

REFERÊNCIAS

- AYRES, J. M., **As Matas de Várzea do Mamirauá**. [Brasília, DF]: MCT-CNPq/Programa do Trópico Úmido - Sociedade Civil Mamirauá. 1993. 123 p.
- BROWN, S.; LUGO, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of Brazilian Amazon. *Interciencia*, 17(1): 8-18.
- LAVELLE, P. ; BLANCHART, E. ; MARTIN, A. ; MARTIN, S. ; SPAIN, A. ; TOUTAN, F.; BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: Application to soils of the humid tropics, *Biotropica*, v.25, p.130-150, 1993.
- NEVES, EDINELSON J. M.; MARTINS, EMERSON G.; REISSMANN, CARLOS BRUNO. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, n.43, p. 47-60, jul./dez. 2001.
- SANCHES, LUCIANA. *et al.* Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serapilheira em floresta tropical de transição. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.13, n.2, p. 183-189, 2009.
- SALOMÃO, R.P. Estimativas de biomassa e avaliação do estoque de carbono da vegetação de florestas primárias e secundárias de diversas idades (capoeiras) na Amazônia Oriental, município de Peixe-boi, Pará. 53f. 1994. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Pará/MPEG, Belém..
- SMITH, V. C.; Bradford, M. A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. *Applied Soil Ecology*, v.24, p.197-203, 2003.
- WARING, R. H.; Schlesinger, W. H. **Forest ecosystems**: Concepts and management. St Louis: Academic Press, 1985. 340p.
- XU, X. N.; HIRATA, E. Forest floor mass and litter fall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees. *Forest Ecology and Management*, v.157, p.165-173, 2002.

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DA UMIDADE DO SOLO NO FLUXO DE LITEIRA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ-PA.

2.1 INTRODUÇÃO

Um ecossistema pode ser definido como o sistema de interações entre uma comunidade de organismos e seu meio ambiente. Estão envolvidos nesta interação o ciclo de minerais, o fluxo de energia e a dinâmica das populações (Odum, 1988; Bryant, 1997).

As florestas tropicais são ecossistemas de alta produtividade. Nelas boa parte da energia e nutrientes absorvidos é direcionada para a manutenção e crescimento das estruturas do dossel das árvores (galhos, folhas, flores e frutos). Como as árvores periodicamente substituem estas estruturas devido a fatores evolutivos ou como resposta a tensões ambientais, coletar e pesar estes materiais após sua queda é uma forma não destrutiva de estimar a produtividade destes ecossistemas, uma vez que podem representar até 90 % da produção primária líquida (Moraes *et al.*, 1996; Clark *et al.*, 2001). Este material vegetal que cai constantemente sobre o solo (folhas, ramos, flores, frutos, e fragmentos de casca) e, em menor proporção o de origem animal (insetos, restos animais e material fecal) é denominado chuva de serapilheira, leiteira, folhedo ou *litter* (Diniz e Pagano, 1997).

A serapilheira quando acumulada sobre o solo contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das gotas de chuva, minimizando assim seus efeitos erosivos. É também um compartimento de armazenamento de água, que apesar de pouca capacidade em termos quantitativos, funciona como um isolante térmico, contribuindo para a redução da evaporação e manutenção de um micro clima estável na superfície do solo (Kindel, 2001; Figueiró, 2005).

A deposição da serapilheira representa do ponto de vista do indivíduo, uma perda considerável de energia e de nutrientes (Delliti, 1995). Além disto, grande parte das florestas tropicais está situada em solos antigos pré-cambrianos, altamente lixiviados ou sobre depósitos arenosos pobres em nutrientes. A expansão das florestas tropicais com alta diversidade de espécies e de estruturas sobre estes solos só foi possível devido à evolução de mecanismos de otimização da utilização dos nutrientes.

A grande riqueza em leguminosas arbóreas observada nas florestas tropicais constitui um mecanismo de grande importância na regeneração da floresta após perturbações, em função de muitas espécies desta família ter suas raízes associadas a bactérias fixadoras de nitrogênio, captando este elemento escasso no solo diretamente da atmosfera (Andrade *et al.*, 1999). Outra vantagem competitiva presente em muitas espécies arbóreas tropicais é a maior eficiência na reabsorção dos nutrientes contidos nas folhas antes de sua abscisão (Janzen, 1980).

Como mecanismo de conservação de nutrientes das florestas tropicais pode ser apontado como a grande profusão de epífitos, que absorvem os nutrientes contidos na água da chuva antes mesmo que esta atravesse o dossel ou escorra pelos troncos atingindo o solo (Oliveira, 2004). No entanto, a estrutura de maior importância para a retenção de nutrientes pelo ecossistema florestal é o tapete formado por serapilheira e raízes finas, muitas vezes associadas a fungos micorrízicos que cobre o solo florestal. As raízes absorvem os nutrientes diretamente das folhas e da fauna saprófita em decomposição e penetram também a primeira camada do solo, minimizando a lixiviação causada pelas fortes chuvas tropicais. (Vitousek, 1984; Gonçalves e Mello, 2000).

A floresta Amazônica apresenta elevadas temperaturas e grandes quantidades de precipitações anuais, embora ocorram grandes variações desses parâmetros no decorrer do ano. Em relação à precipitação, definem-se duas épocas distintas ao longo do ano, uma estação chuvosa, compreendida entre os meses de dezembro a maio, e outra menos chuvosa, que se estende de junho a novembro (Costa, 2003). Estas condições estão diretamente associadas à intensa radiação solar incidente na região tropical, além da influência direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual é o principal sistema meteorológico responsável pelo regime de chuvas na região Amazônica (Souza *et al.* 2009). Apesar de apresentar clima quente e úmido e chuvas abundantes, tais condições podem sofrer grandes modificações, quando influenciada diretamente por sistemas de grande escala, como por exemplo, o fenômeno El NIÑO.

A manutenção de um ecossistema florestal depende diretamente da ciclagem de nutrientes, principalmente em solos de baixa fertilidade natural, como os Latossolos e Argissolos situados na Amazônia. A Amazônia é uma região tropical imensa, a qual deve sua sobrevivência e produtividade à alta diversidade vegetal, composta por espécies nativas adaptadas às condições climáticas e nutricionais do solo. Essas espécies tem uma baixa demanda por nutrientes minerais e dependem então, de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta. A reciclagem da matéria

orgânica depende fortemente da atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é muito favorecida pela temperatura e umidade apropriadas da região. Entre os macronutrientes, N e Ca dependem essencialmente da reciclagem interna da floresta e a serapilheira fina representa a sua maior entrada para o ecossistema florestal (Ruivo 2001).

A serapilheira é o conjunto de detritos orgânicos, principalmente de origem vegetal, produzidos pela floresta (folhas, gravetos e galhos, flores e frutos, e outros componentes menores) (Luizão, 2006). Uma série de fatores bióticos e abióticos influencia na produção de serapilheira, como por exemplo, a latitude, altitude, temperatura do ar, precipitação, estágio sucessional, herbívora, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes do solo (Portes *et al.*, 1996), umidade do solo (Burghouts *et al.*, 1994) e vento (Dias e Oliveira Filho, 1997).

Segundo Silva *et al* (2009), as variáveis meteorológicas que se mostraram mais correlacionadas com a produção total de serapilheira e, ou, suas componentes, destacaram-se a velocidade do vento, a temperatura do solo à superfície, a densidade de fluxo de radiação solar global, a precipitação e a densidade de fluxo da radiação PAR.

Nos solos altamente intemperizados, assim como nos degradados, a serapilheira constitui-se na maior fonte de matéria orgânica. Sua quantidade e natureza desempenham importante papel na formação e manutenção da fertilidade desses solos e, conseqüentemente, de nutrientes para a flora e fauna do solo degradado (Fernandes *et al.* 2006). Todavia, as florestas tropicais vêm sendo modificadas por ações antrópicas, ocasionando modificações também em seus micro climas. Algumas áreas voltam a se regenerar após abandono do uso, dando lugar ao surgimento de florestas secundárias. Contudo, pouco é conhecido sobre as mudanças que ocorrem no processo de produção de serapilheira de florestas tropicais que possam passar por longos períodos de secas, o que torna esta informação de grande importância para o conhecimento adequado sobre o processo de ciclagem de nutrientes.

As diferentes frações de serapilheira apresentaram distintas taxas de mineralização, onde a produção de folhas aparece como a mais notória e importante. Assim, esse estudo tem como objetivo quantificar a produção de serapilheira fina e estimar a produção de biomassa aérea em quatro áreas distintas e bem representativa da complexidade da floresta amazônica, com uma destas áreas passando por um longo período de estresse hídrico, bem como mostrar a relação da produção e da estimativa

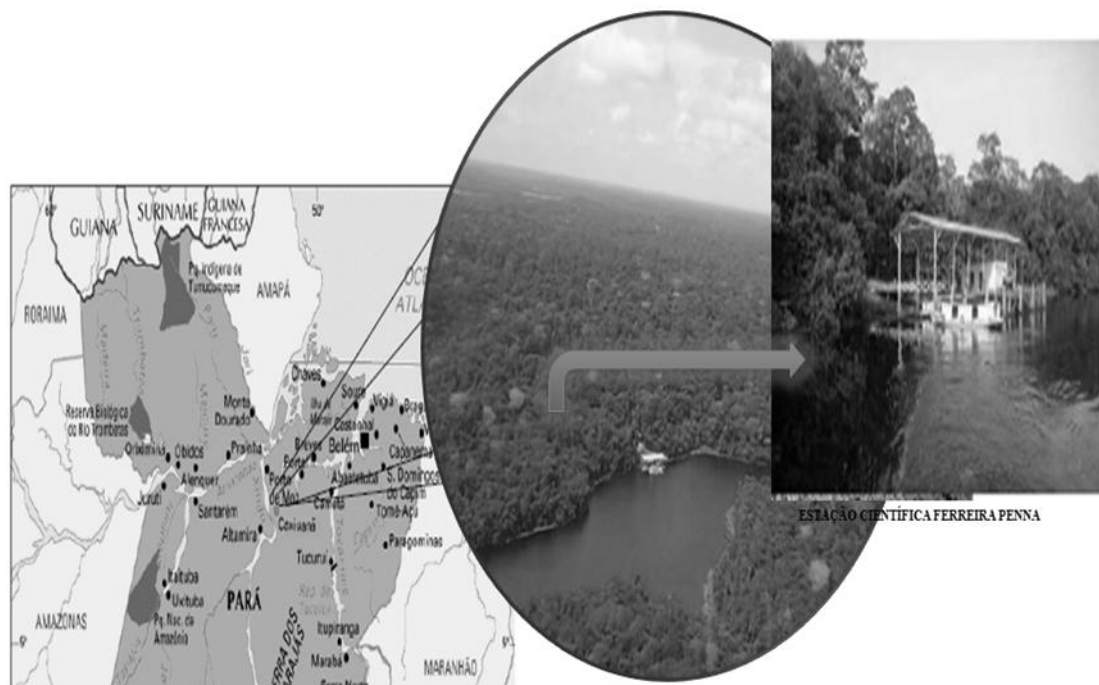
com a precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização

A Figura 01 mostra a localização da Estação Científica Ferreira Penna, que serve como base para as pesquisas realizadas na área da Floresta Nacional de Caxiuanã, criada pelo decreto lei nº 194, de 22 de novembro de 1961. Está localizada no Estado do Pará, ocupando área de 324.060 hectares, nas proximidades da baía de Caxiuanã, entre os rios Xingu e Tapajós. Corresponde a aproximadamente 70% do município de Portel e 30% do município de Melgaço e está distante cerca de 400 km a Oeste da cidade de Belém, capital do Estado do Pará. Esta região possui alguns dos ecossistemas naturais mais representativos da Amazônia, como florestas de terra firme, igapó e várzeas. (Costa et al., 2009).

Figura 01- Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã – Pa.



2.2.2 Clima

Segundo Köppen o clima da Floresta Nacional de Caxiuanã é do tipo tropical quente e úmido e subtipo “Am” com curta estação seca entre agosto e novembro. A

temperatura média do ar é de 26,7° C, com mínimas de 22,0° C e máximas de 32,0° C (Ferreira et al., 2003). O brilho de luz solar alcança cerca de 2100 horas ano⁻¹, com média anual de umidade relativa do ar em torno de 92,2%, com menores valores de umidade relativa sendo encontrados no período seco da região, com valor de 70% (Costa et al., 2009). A direção predominante do vento é de nordeste – sudeste, apresentando velocidade média de 0,9 m/s (Moraes et al., 1997).

A região de Caxiuanã apresenta sazonalidade das chuvas bem definida, com distribuição regular, porém divididas em dois períodos distintos. Climatologicamente, o período chuvoso está compreendido de dezembro a junho, enquanto o período seco vai de agosto a novembro. A média anual climatológica da chuva na Floresta Nacional de Caxiuanã é de 2.011,2 mm (Costa et al., 2009).

2.2.3 Solos

A Floresta Nacional de Caxiuanã agrega vários ecossistemas, dentre eles a floresta densa de terra-firme, várzeas e igapós (Almeida et al., 1993). Os solos são bem a moderadamente drenados, arenosos a argilosos, ácidos e pobres em nutrientes, apresentando pH muito ácido (3,5) a moderadamente ácido (5,5), (Ruivo et al., 2002).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

2.3.1 Áreas A e B

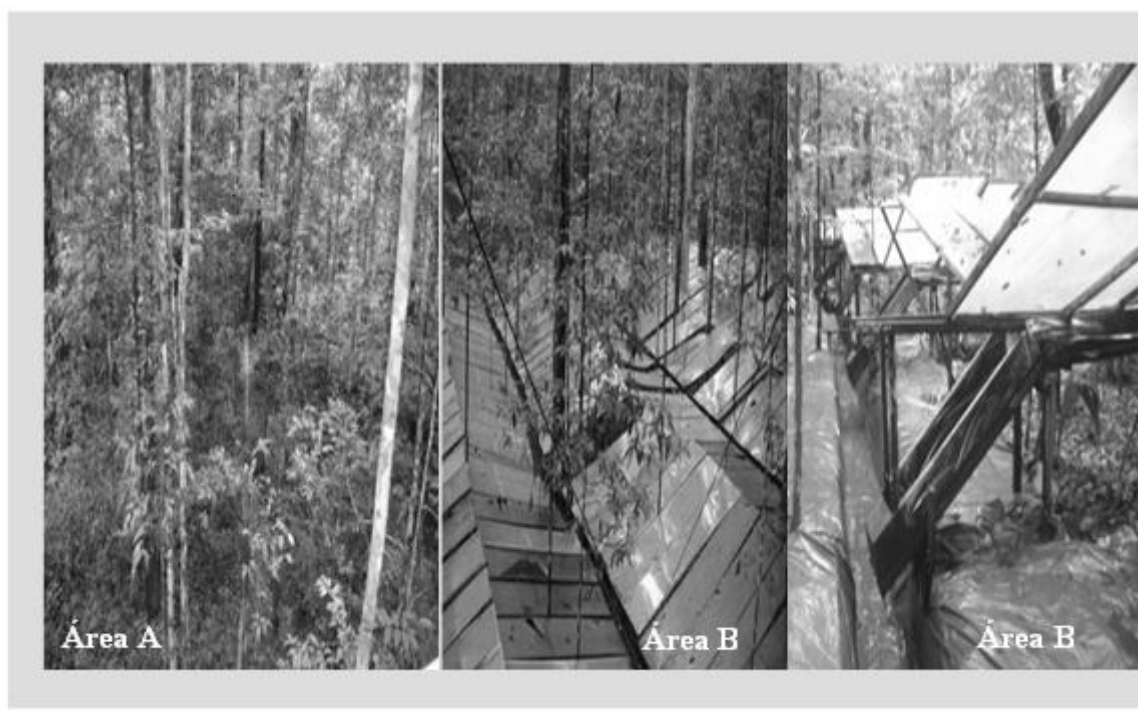
As áreas A e B apresentam tamanho correspondentes a um hectare cada uma, divididas em 100 sub parcelas de 10 m por 10m. Essas áreas são consideradas áreas de floresta primária, a qual fazem parte do projeto ESECAFLOR.

O projeto ESECAFLOR é um sub-projeto do Programa de grande escala da biosfera atmosfera na Amazonia (LBA), onde tem por objetivo entender os efeitos de um período de seca prolongada em uma área da floresta tropical úmida, simulando um período no qual o fenômeno El NIÑO atuaria por vários anos, inibindo a precipitação pluviométrica na região Amazônica.

A área de controle (A) corresponde a um hectare de floresta nativa, conservada e sem alterações antrópicas, servindo como área testemunha ou área de referência para os experimentos realizados na área de exclusão (B), na qual cerca de aproximadamente, 95% de toda água precipitada sobre ela é excluída. As duas áreas estão separadas por 50

metros de distância uma da outra, sendo delimitadas por trincheiras de 0,5 m de largura, apresentando profundidades variando entorno de 0,5m a 1,5m para facilitar escoamento da água da chuva. A exclusão da água da chuva na área (B) ocorre através da cobertura da área de estudo com cerca de 6.000 painéis plásticos transparentes, com estrutura de madeira. Estes painéis estão dispostos no formato de um telhado, variando sua altura de 1,5 m nas áreas laterais até 4 m, nas áreas centrais. Com isso a chuva flui pelos painéis em direção as calhas de madeira, onde é levada, por gravidade, para fora da área B, reduzindo consideravelmente a umidade do solo. Em toda a área existem 25 calhas paralelas, com cerca de 0,3m x 0,3m de largura e profundidade e 100m de comprimento, dispostas 5m uma da outra, como mostra a figura 02.

Figura 02 - Descrição das áreas A e B na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



2.3.2 Solos das áreas A e B

Essas áreas apresentam, segundo Ruivo et al (2001), solos classificados como Latossolo Amarelo, bem drenados com cor bruno amarelo. A textura varia de franco arenoso a areia franca, com estrutura forte granular pequena a média, se apresentando como bem drenado. Essas áreas constituem-se predominantemente de caulinita na

fração argilosa e quartzo na fração arenosa, apresentando baixos teores de silte, o que é característico de solos intemperizados (Ruivo et al 2001).

Ambas as áreas apresentam teores de carbono orgânico variando de médio a baixo, decaindo gradualmente com a profundidade. A matéria orgânica diminui intensamente com a profundidade no primeiro metro. Apresentam baixos teores de Ca e Mg, comuns aos solos amazônicos, em decorrência da intensa lixiviação que sofrem (Lisboa et al 2009). Os teores de fósforo disponível são baixos em todas as camadas, apresentando pH variando de 3,9 a 4,5, considerado como extremamente ácido (Cunha et al 2005).

2.3.3 Espécies Predominantes

Na área A foram encontradas cerca de 84 espécies, sendo as espécies que apresentaram maior frequência, ou seja, apresentaram número de indivíduos igual ou superior a dez, foram: *Pouteria decorticans*; *Rinoria guianensis*; *Protium tenuifolium*; *Eschweilera coriácea*; *Swartzia racemosa*; *Licania octandra*; *Vouacapoua americana*; *Manilkara bidentata ssp. Amazônica*; *Tetragastris panamensis*. Essas espécies foram as que apresentaram frequência maior que dez indivíduos e corresponderam a cerca de 52,1 % do número total de 436 indivíduos estudados nesta área, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007.

A área B, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007, apresentou 153 espécies, contudo as espécies que apresentaram frequência igual ou superior a dez indivíduos foram: *Eschweilera coriácea*; *Lecythis*; *Tetragastris panamensis*; *Manilkara bidentata*; *Xylopia nítida*; *Minguartia guianensis*; *Protium tenuifolium*; *Swartzia racemosa*; *Stachyarrhena*; *Pouteria decorticans*. Essas espécies representaram cerca de 31,5% do número total de 489 indivíduos estudados nesta área.

2.3.4 Área Terra Preta

Pequenas áreas com solos de Terra Preta Amazônica (TPA) estendem-se por toda a região amazônica. Dentre suas características mais marcantes destacam-se sua elevada carga de nutrientes e a presença de vestígios das sociedades que habitaram a região no período pré-colonial. Fragmentos de vasos cerâmicos são os mais frequentemente resgatados nestes solos. Os elevados conteúdos de fósforo nas TPA é a

muito tempo relatado e estudos recentes mostram que os fragmentos também os contêm (Costa et. al. 2004).

As práticas funerárias e os vegetais utilizados como fonte de matéria-prima para construção das moradias dos povos dessa área, tiveram papel relevante para o aumento de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, o seu enriquecimento em cálcio, magnésio, zinco, manganês, fósforo e carbono.

A Figura 03 mostra a área de Terra Preta estudada na Floresta Nacional de Caxiuanã. Este área corresponde a um hectare de floresta de terra firme, dividida em 25 sub parcelas de 20m por 20 m. Está localizada as margens da baía de Caxiuanã, na área de proteção do IBAMA, onde é conhecido popularmente como área “Manduquinha”, nome relacionado a um antigo morador da área.

Figura 03- Descrição da área Terra Preta em Caxiuanã – PA.



2.3.5 Solo da Área Terra Preta

Segundo Cunha et al., (2005), essa área apresenta textura variando de franco arenoso, nos primeiros 5cm a franco argilo arenosa até 50cm, apresentando maiores teores de silte em relação às outras áreas.

Estudos de carbono orgânico realizados por Cunha et al (2005), mostram valores muito altos de teores de carbono orgânico nas camadas de 0-5 e 10 - 20 cm,

correspondente ao solo de terra preta arqueológica. Já na faixa de 20-50, apresentou valor alto, porém não tanto quanto próximo à superfície. Segundo o autor a área apresenta os maiores teores de nitrogênio total nas primeiras camadas, além de uma alta razão carbono / nitrogênio (C/N), explicada pelo cultivo de alguns pomares em períodos anteriores(ANEXO I). Os valores de Ca, Mg e P trocáveis são bem mais elevados nesta área quando comparados às demais áreas estudadas, devido a aportes de material pelo homem pré-histórico, principalmente de produtos de origem vegetal e animal, que produzem grande quantidade de matéria orgânica, permanecendo no local e aumentando os teores desses elementos (ANEXO I).

O solo da área Terra Preta apresenta valores de pH de nível moderadamente ácidos, em torno de 6,13 diminuindo essa acidez com a profundidade (Ruivo 2001).

A área de Terra Preta apresenta solo com boa drenagem e coloração do solo escurecido, resultado da concentração de substâncias orgânicas depositadas no solo, apresentando altos teores de cálcio, carbono, magnésio, manganês, fósforo e zinco, elementos que tornam o solo com fertilidade diferenciada, quando comparadas a outros solos amazônicos (Costa e Kern, 1999).

2.3.6 Espécies Predominantes

Nessa área encontra-se uma mistura de espécies outrora cultivadas, com espécies de vegetação secundária em regeneração, sobrepondo-se a estas onde foram observados cerca de 74 espécies diferentes, dentre essas espécies foram verificadas as que apresentavam frequência igual ou superior a dez indivíduos como: *Jacaranda copaia*; *Hevea brasiliensis*; *Spondias mambim*; *Pouteria macrophylla*; *Bertholetia excelsa*; *Acrocomia aculeata*; *Himatanthus sukuuba*; *Margaritaria nobilis*; *Bellucia excelsa*; *Lecythis lúrida*. Essas espécies corresponderam a cerca de 60,2% do total de 664 indivíduos estudados nesta área, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007.

2.3.7 Área Torre

A Figura 04 mostra a área Torre, que corresponde a uma área de um hectare de floresta primária, intácta, a qual está dividida em 25 sub parcelas de 20m por 20 m. Esta área fica localizada uma torre de observação micrometeorológica do projeto LBA, motivo pela qual recebeu o nome de área Torre. Nesta área há uma menor quantidade de

árvores por hectare, porém as mesmas apresentam indivíduos com maior concentração de biomassa nos troncos, além de um melhor arranjo na estrutura do dossel.

Figura 04- Caracterização da área Torre na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



2.3.8 Solo da Área Torre

O solo dessa área é classificado por Ruivo (2001), como Latossolo Amarelo, moderadamente drenado, cor bruno amarelo escuro a vermelho amarelado, com textura de média a muito argiloso. Possui um horizonte de areia e/ou argila caulínica intercalada com um horizonte laterítico. Esse sítio apresenta maiores teores de argila e silte que os das outras áreas, caracterizando-o como argilo arenoso, tornando-o imperfeitamente drenado. Contudo apresenta maior teor de carbono orgânico e matéria orgânica na superfície que as áreas A e B.

Apresenta pH, nas primeiras camadas, em torno de 3,90, além de baixo teores de N, Ca, Mg e P total, mostrando o que já é característica comum aos solos amazônicos mais intemperizados, em decorrência da intensa lixiviação que sofrem.

Segundo Ruivo (2001), a drenagem deficiente do solo nessa área, aliada a sua textura mais argilosa e a porosidade mais baixa, limita a drenagem interna e o fluxo de nutrientes no interior do perfil do solo.

2.3.9 Espécies Predominantes

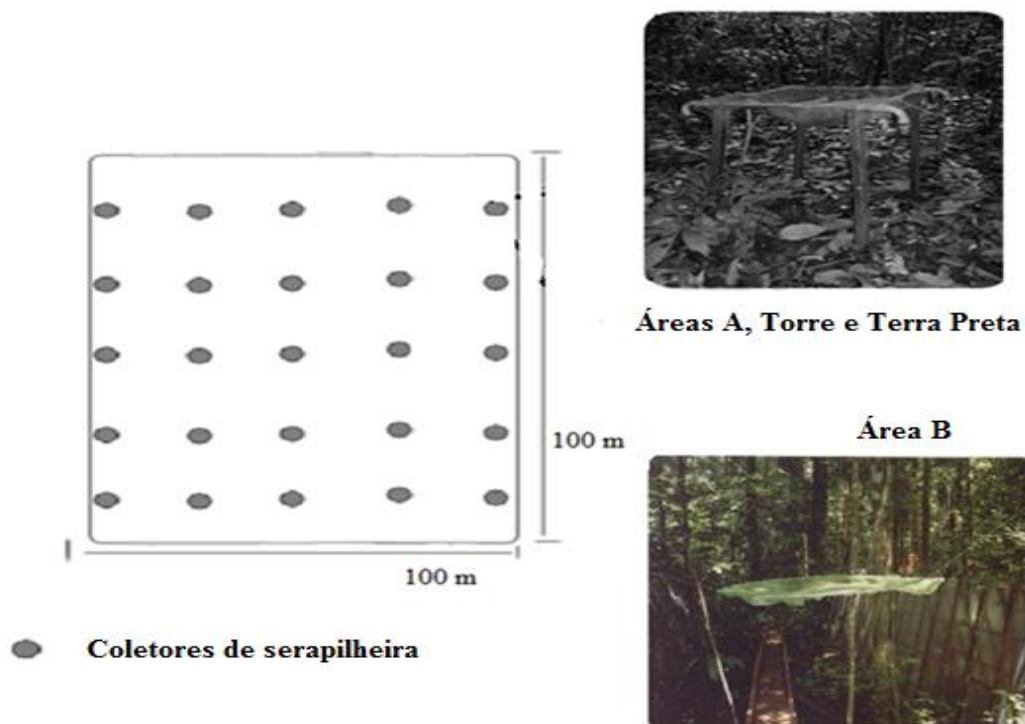
Foram verificados cerca de 130 espécies diferentes nesta área, onde as espécies de maior frequência foram: *Rinorea riana*; *Lecythis idatimon*; *Vouacapoua americana*; *Pouteria oppositifolia*; *Licania octandra*; *Crudia indet*; *Eschweilera coriácea*. Essas espécies corresponderam a cerca de 49,2 % do número total de 431 indivíduos estudados nesta área.

2.4 ESTIMATIVA PARA CADA ÁREA

2.4.1 Produção de serapilheira fina

As coletas de serapilheiras finas foram feitas quinzenalmente, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Utilizando-se 25 coletores por área de estudo. Os coletores eram formados de malha de nylon de 1mm, com área individual de 1m², para as áreas A e B e de 0,25m² para as áreas Torre e Terra Preta, distribuídos em espaço alternados a uma altura de 50 cm acima do solo, com exceção do área B, onde os coletores foram afixados acima dos painéis que excluem a água das chuvas, como mostra a Figura 05.

Figura 05. Disposição dos coletores de serapilheira fina nas áreas de estudo na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



O recolhimento do material foi feito em sacos de papel, sendo levados ao laboratório para uma minuciosa triagem, sendo selecionados em componentes: folhas, galhos, flores, frutos e miscelâneas, com até 2 cm de diâmetro, com o intuito de padronizar a metodologia proposta por alguns estudos em Florestas Tropicais (Bray & Gorham 1964; Figueredo Filho et al 2003; Carreira et al 2006). Este material foi colocado para secar em estufa a 80° C até obtenção do peso constante. Após secagem, as frações foram pesadas em balança de precisão para determinação de massa seca.

2.4.2 Dados de precipitação pluviométrica e de umidade do solo à superfície

A precipitação pluviométrica foi obtida através da utilização de um pluviógrafo do tipo *CSI Model CS700-L Rain Gage*, com 200 mm de diâmetro de funil e capacidade de “basculante” 100mm/hora instalado em uma torre micro meteorológica de alumínio, com 42 metros de altura localizada na área A, próximo à área B, com aproximadamente 3.000 metros da área Torre e 15 000 metros da área Terra Preta. A umidade do solo à superfície foi obtida através de um CS-620 HYDROSENSE Soil, onde se utilizou de médias mensais de 25 pontos próximo a cada coletor de serapilheira contido em cada área. Esses dados foram armazenados em bancos de dados para posterior tratamento e análise.

2.4.3 Análise Estatística

Análises de correlação linear foram utilizadas para se avaliar a influência de uma única variável (precipitação pluviométrica, umidade do solo à superfície), na produção de serapilheira fina. Utilizou-se para isso o programa estatístico “R”, para aplicação de medidas de tendência central, medidas de dispersão, correlação linear simples e teste de significância, além de representação gráfica. Também se utilizou para a geração de gráficos o software Microsoft Excel (2010). Como parâmetro de interpretação do coeficiente de Pearson (r), ou coeficiente de correlação, foi utilizada a metodologia proposta por Shimakura (2006), que estabelece sistema de classificação para este coeficiente, atribuindo valor qualitativo aos valores numéricos de coeficiente encontrado, como mostrado na tabela 01.

Tabela 01 – Tabela de classificação do Coeficiente de Pearson.

Valor de r (+ ou -)	Interpolação
0.00 a 0.19	correlação muito fraca
0.20 a 0.39	correlação fraca
0.40 a 0.69	correlação moderada
0.70 a 0.89	correlação forte
0.90 a 1.00	correlação muito forte

O coeficiente de Correlação de Pearson foi usado na determinação das correlações entre a produção de serapilheira fina as variáveis: precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície de maneira sazonal, conforme equação descrita abaixo:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

em que:

x = Precipitação pluviométrica ou umidade do solo à superfície;

\bar{x} = média de x ;

y = produção de serapilheira fina;

\bar{y} = média de y

r = coeficiente de correlação entre a produção de serapilheira fina e a precipitação pluviométrica ou umidade do solo à superfície.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 02 mostra a distribuição mensal da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas no período estudado. Notou-se uma tendência de correlação direta de nível fraco entre os dois parâmetros estudados entre as áreas, onde os maiores valores de umidade do solo à superfície são observados no período chuvoso da região, ocorrendo o inverso para o período seco, com exceção da área de Terra Preta que não apresentou correlação significativa entre os parâmetros, com nível de significância $P < 0,05$. Esse fato pode ter ocorrido devido esta área apresentar-se mais distante do ponto de coleta de chuva, além de está localizada as margens da Baía de Caxiuanã.

Tabela 02- Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

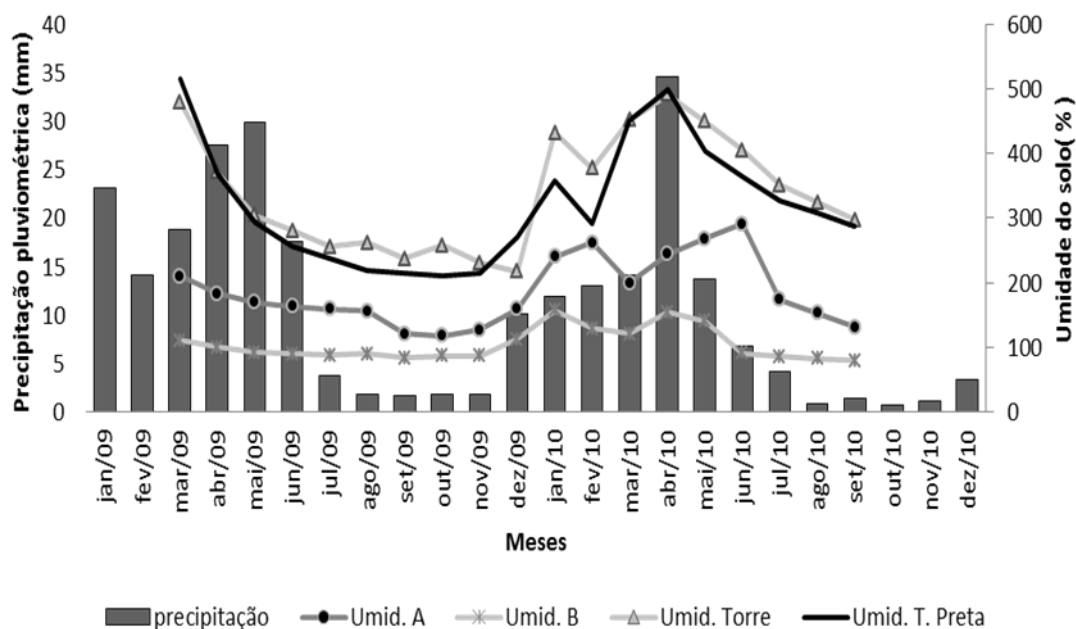
Área	P	r	Correlação
A	0,06	0,19	Fraca
B	0,01	0,28	Fraca
Torre	0,01	0,30	Fraca
Terra Preta	0,83	0,00	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 06, apresenta a distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. observou-se um maior volume de chuvas no ano de 2009, com valor de 2.281,3 mm, próximo a normal climatológica da região que é em torno de 2011,2 mm. O ano de 2010 apresentou um volume de 1.586,8 mm, abaixo da normal climatológica, mostrando uma redução no volume de chuva de cerca de 30,4% com relação ao ano anterior. Esse fato se deve ao fenômeno EL NIÑO, que é um fenômeno de escala global que tende a inibir as chuvas na região amazônica. Esse fenômeno apesar de ter sido detectado em 2009 só foi sentido seus efeitos em 2010. O ano de 2009 apresentou características próximas à normalidade climatológica da região, onde o período chuvoso estendeu-se de janeiro a maio, apresentando junho e julho como período de transição e o período menos chuvoso ocorrendo de agosto a dezembro. O

ano de 2010 apresentou maior irregularidade, com volume menor de chuvas principalmente no período chuvoso da região, com exceção do mês de abril.

Figura 06 - Distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



Os maiores valores de umidade do solo à superfície foram observados na área Torre, seguido da área de Terra Preta, área A e área B, respectivamente.

Esses valores mais elevados de umidade do solo à superfície observados nas áreas Torre e Terra Preta, estão relacionados às características da textura do solo dessas áreas, a qual se apresentam com alto teor de argila (ANEXO I), quando comparado às áreas A e B, tornando ineficiente a drenagem da água das chuvas.

As áreas A e B apresentaram valores menores de umidade do solo à superfície, a qual estão relacionados à textura do solo dessa área, onde se apresenta com maior teores de areia grossa e fina (ANEXO I), facilitando com isso a drenagem do terreno. Notou-se ainda para a área B, que além da facilidade de drenagem dessa área, houve pouca variação desse parâmetro durante o período nessa área, devido o controle da entrada de água no solo pelos painéis do Projeto ESECAFLOR.

Os valores estatísticos da distribuição de precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície para as quatro áreas no período estudado estão dispostos na tabela 03.

Tabela 03- Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

2009						
Áreas	PRP (mm)			Umidade do Solo		
	Mínimo	Máximo	Total	Mínimo	Máximo	Média
A	26,2	448,8	2.281,3	7,9	14,0	10,5
B	-	-	-	5,6	7,5	6,3
Torre	-	-	-	14,5	32,0	19,3
T. Preta	-	-	-	14,0	34,3	18,7

2010						
Áreas	PRP (mm)			Umidade do Solo		
	Mínimo	Máximo	Total	Mínimo	Máximo	Média
A	12,4	518,0	1.586,8	8,8	19,4	14,6
B	-	-	-	5,3	10,5	7,7
Torre	-	-	-	19,8	32,7	26,5
T. Preta	-	-	-	19,2	33,3	24,4

A Tabela 04 mostra a produção anual de serapilheira fina para o período estudado nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Notou-se que nesse período os maiores valores na produção total de serapilheira fina foram encontrados na área Torre, seguido das áreas de Terra Preta, área A e área B, respectivamente. Esse resultado pode estar relacionado com o arranjo do dossel da área Torre apresentar-se mais fechado, com a maior diversidade da vegetação, que nesta área apresenta número considerável de espécies com estratos mais bem estruturados, além de maior número de indivíduos na classe de maiores diâmetros a altura do peito (DAP), quando comparados às outras áreas. Os valores da produção na área Terra Preta, podem ser explicado pela dinâmica maior da área de floresta secundária, além da grande frequência de indivíduos com características bem peculiares de floresta de capoeira.. Um outro fator favorável a produção de serapilheira fina nessa área pode ser a proximidade com a baía de Caxiuanã que a torna mais sujeita a efeitos de brisas. Nas áreas A e B a produção de serapilheira fina foi bastante semelhante, A produção aproximada entre essas duas áreas está relacionada a semelhança de espécies dominantes entre as áreas, além da mesma textura

de solo. Contudo a menor produção na área área B pode ser justificada ao menor número de indivíduos contidos na mesma e pela exclusão de água que a área é submetida.

Notu-se para todas as áreas um aumento significativo na produção de serrapilheira fina entre os anos de 2009 e 2010 de cerca de aproximadamente 30% em média para as áreas estudadas, o que pode ser explicado pela redução de mesmo percentual na precipitação pluviométrica da região neste período, ocasionado pelo fenômeno El NIÑO, atuante no ano de 2010.

Estudos relataram resultados semelhantes a este em florestas com estádios sucessionais na Amazônia como Luizão (1982); Dantas (1986); Martius *et al.* (2004)

Valores semelhantes ao encontrado neste estudo foram verificados por Teixeira *et al* (2001), na mesma região em floresta primária e secundária, com médias de 5,8 Mg. ha.⁻¹.ano⁻¹ e 3,8 Mg.ha.⁻¹.ano⁻¹ respectivamente. Silva, (1982), estudando a produção de serapilheira em florestas de terra firme encontrou valor de 7,3 Mg. ha.⁻¹.ano⁻¹, sendo que a sazonalidade ficou marcante em todos esses estudos.

Tabela 04 - Produção média anual de serapilheira fina em Mg.ha.⁻¹.ano⁻¹, no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

Área	A	B	Torre	T. Preta
2009	3,33	3,18	6,03	5,00
2010	5,32	4,46	8,50	6,19
Total	8,65	7,64	14,53	11,19
Aumento 2009/2010	37%	29%	30%	19%

A Tabela 05 mostra os valores estatísticos para correlação simples entre a produção de serapilheira fina e a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

A produção mensal de serapilheira fina respondeu ao regime de precipitação pluviométrica da região de maneira indireta, ocorrendo uma correlação inversa para as quatro áreas estudadas, ou seja, os maiores valores na produção de serapilheira fina se deram no período de menor volume de chuvas para as áreas. Essas correlações

apresentaram nível fraco para as áreas A e B, com valor de variância significativa, com $P < 0,05$ de confiabilidade, onde 37% e 32% das variações na produção de serapilheira fina seriam explicada pela variação da precipitação pluviométrica nas áreas A e B respectivamente.

As áreas Torre e Terra Preta apresentaram correlações moderadas, mostrando variâncias significativas com valores de $p < 0,01$, onde 42% e 61% das variações na produção de serapilheira fina seriam explicados pela variação da precipitação pluviométrica nessas respectivas áreas.

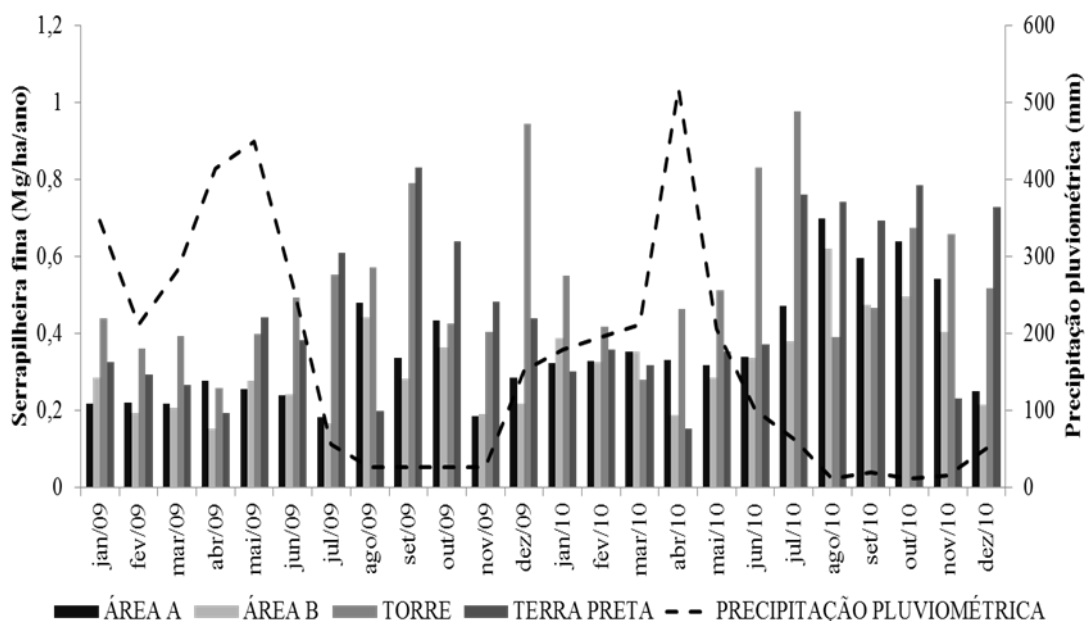
A diferença entre a qualidade de correlação existentes entre os parâmetros estudados nas diferentes áreas, pode está relacionada à distância existente entre o ponto de coleta de precipitação pluviométrica e as áreas, além da diferença do composição física do solo entre as mesmas.

Tabela 05- Valores estatísticos para correlação simples entre a produção de serapilheira fina e a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,05	0,37	Fraca
B	0,05	0,32	Fraca
Torre	0,01	0,42	Moderada
Terra Preta	0,01	0,61	Moderada

A Figura 07 mostra a distribuição mensal da produção de serapilheira fina das quatro áreas relacionada com a precipitação pluviométrica. Observou-se que a produção de serapilheira fina apresentou-se ininterrupta durante todo o ano, mostrando-se bem relacionada com a sazonalidade das chuvas da região. Os maiores valores foram observados no período menos chuvoso, declinando conforme a chegada do período mais chuvoso.

Figura –07 Distribuição mensal da produção de serapilheira fina relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



A Tabela 06 mostra os valores extremos de produção de serapilheira fina nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã. A área Torre apresentou máximos valores de produção de serapilheira fina, seguida da área de Terra Preta, área A e área B, respectivamente. Observou-se que o ano de 2009 apresentou maior regularidade na produção de serapilheira fina, apresentando menores amplitudes da produção para o período estudado. O ano de 2010 apresentou maior irregularidade na produção de serapilheira fina, com amplitudes mais elevadas, sendo provocadas provavelmente pela redução da precipitação pluviométrica nesse ano devido à atuação do fenômeno EL NIÑO.

Os máximos valores de serapilheira fina observados nas áreas Torre e Terra Preta e podem estar relacionadas à composição arbórea diferenciada nessas áreas, além da proximidade da baía de Caxiuanã que as torna sujeitas a efeitos de ventos de brisa. Os menores valores de produção observada nas áreas A e B podem estar relacionados com menor diversidade de espécies nessas áreas, apesar da textura do solo se apresentar-se bastante arenoso, o que facilita a lixiviação na superfície, além área B está passando por processo de estresse hídrico já a vários anos, podendo está contribuindo

com que as espécies vegetais alterem seus processos fenológicos para garantirem sua sobrevivência, alocando menos energia na produção de serapilheira.

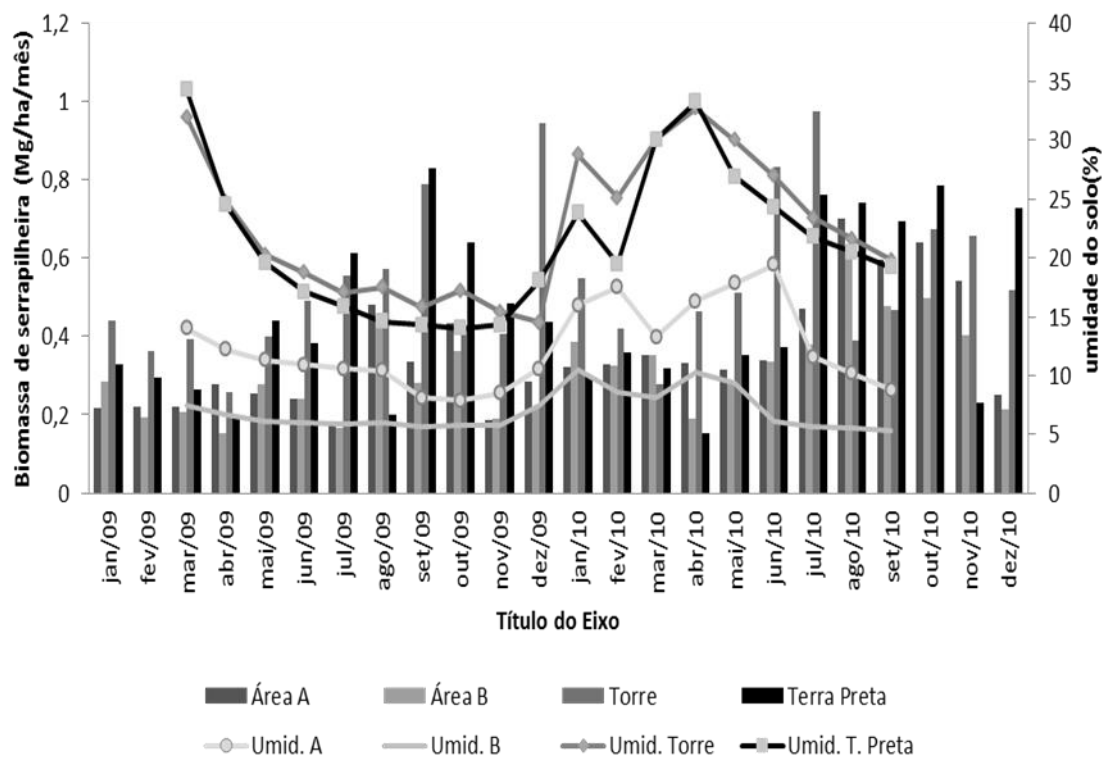
Valores semelhantes a esses foram encontrados em estudos de produção de serapilheira fina em floresta tropical por Silva et al 2007.

Tabela 06- Valores extremos de produção de serapilheira fina para as quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

	Áreas	A	B	Torre	T. Preta
	2009				
Máximo		0,48	0,44	0,94	0,83
Mínimo		0,18	0,15	0,26	0,19
	2010				
Máximo		0,70	0,62	0,98	0,78
Mínimo		0,25	0,19	0,28	0,15

A Figura 08 mostra a distribuição mensal da produção de serapilheira fina com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas. Observou-se que a área Terra Preta apresenta uma configuração de produção bem mais definida do que as demais áreas, mostrando uma correlação inversa, de nível fraco com a umidade do solo à superfície, o que pode ter ocorrido devido esta área apresentar maiores variações na produção de serapilheira no decorrer do período, tendo em vista que se trata de uma área em recuperação. Essa correlação indica que a produção de serapilheira fina é mais elevada, quando o solo encontra-se mais seco, ocorrendo uma redução dessa produção quando as taxas de umidade do solo aumentam nessa área, o que é perfeitamente compreendido, pois as espécies vegetais no início do período seco se utilizam de estratégias evolutivas sendo forçadas a liberarem serapilheira para aproveitarem a umidade ainda existente no solo e a proliferação de organismos decompositores para acelerarem o processo de ciclagem de nutrientes, que é o responsável pela manutenção de todo o processo biogeoquímico no ecossistema vegetal.

Figura 08 Distribuição média mensal da produção de serapilheira fina relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuana-PA.



A Tabela 07 mostra os valores estatísticos de correlação entre a produção de serapilheira fina e umidade do solo à superfície.

Para a área Terra Preta foi observado uma correlação fraca e inversa, onde 29% da variação na produção de serapilheira pode ser explicada pela variação da umidade do solo à superfície. Na área Torre não foi observada correlação significativa, apesar de apresentar os maiores valores de umidade no solo dentre as quatro áreas, essa área mostrou pouca variação no decorrer dos meses, devido à composição argilosa do seu solo, que dificulta a infiltração.

A área A apresentou pouca variação de umidade, devido a textura do solo que pouco permite a estocagem de umidade. A área B praticamente não mostrou variação de umidade do solo à superfície. Por esses motivos essas áreas também não apresentaram correlação significativas entre os parâmetros estudados.

Tabela 07 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção de serapilheira fina e a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,116	0,04	S/C*
B	0,690	0,04	S/C*
Torre	0,087	0,01	S/C*
Terra Preta	0,030	0,29	Fraca

*S/C – sem correlação.

A Tabela 08 mostra a distribuição percentual média do período da produção de serapilheira fina por componentes. Observou-se que as folhas representam os maiores percentuais na produção de biomassa de serapilheira fina entre os componentes, correspondendo a 77%, em média, do total produzido, seguido de galhos com 13%, frutos com 5%, flores com 4% e miscelâneas com 1%. Resultados semelhantes foram observados por Cunha et. al.(1993), em floresta estacional. Estudos da produção de serapilheira e o aporte de nutrientes em áreas de floresta tropicais, feitos por Calvi et. al.(2009), mostraram valores aproximados aos encontrados neste estudo. Valores análogos também foram observados por (Barbosa & Faria 2006) estudando o aporte de serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais no Rio de Janeiro.

Tabela08 Distribuição percentual da produção de biomassa de serapilheira fina por componentes na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

Componentes	A	B	Torre	T. Preta	Média
Folhas	74%	76%	76%	84%	77%
Galhos	15%	13%	14%	9%	13%
Flores	5%	4%	3%	3%	4%
Frutos	5%	6%	5%	3%	5%
Miscelâneas	1%	1%	2%	1%	1%

A Tabela 09 mostra a distribuição média da produção de serapilheira fina por componentes nas quatro áreas estudadas. Observou-se que os maiores valores de biomassa de serapilheira fina distribuídas em componentes foram encontrados nas áreas Torre. Esse resultado seguiu a mesma tendência da produção total de serapilheira, explicada pela característica diferenciada do solo dessa área, que mantém um maior teor de umidade na superfície do solo, facilitando a decomposição da serapilheira já existente no mesmo e conseqüentemente reaproveitando parte dos nutrientes contidos nessa serapilheira para manutenção do indivíduo e formação de novos componentes de sua estrutura, além de sua composição arbórea, que apresenta grande frequência de espécies com altura superior a 30 m, estrutura de dossel bem organizada, além de serem classificadas como caducifólia, ou seja, em uma época do ano as folhas caem por completo (Elias et al 1997).

A área Terra Preta apesar de conter o maior número de indivíduos dentre as áreas estudadas, apresentou valores de produção média de folhas inferior a área Torre, o que pode estar relacionado as características das espécies que compõem essa área, que apresentam folhas de menor tamanho e dossel não tão bem estruturado, segundo Elias et al (1997). Notou-se valores reduzidos na produção de frutos e flores para essa área, o que pode estar diretamente ligada à diversidade das espécies e a dinâmica da floresta secundária, que é completamente diferente das demais áreas, alocando mais energia na produção de biomassa de raízes e tronco (Junqueira 2008).

Observou-se uma certa semelhança na produção de componentes de serapilheira para as áreas A e B, o que pode ter sido ocasionada pela semelhanças nas características químicas e físicas do solo entre as duas áreas, além da semelhança entre o povoamento das espécies de maior frequência entre as mesmas. Houve uma considerável produção de frutos e flores nessas áreas, o que pode estar relacionados as características de algumas espécies que aparecem com grande frequência nas duas áreas, as quais produzem frutos e flores bastante apreciados por roedores e algumas espécies de primatas (Elias et al 1997), esses animais ao se alimentarem desses componentes deixam parte cair nas armadilhas, fazendo com que haja um aumento nessa produção.

A área B mostrou-se com a menor produção de folhas e galhos dentre as áreas, o que está relacionado diretamente com o controle hídrico imposto a ela, que dificulta com isso a produção desses componentes para evitar uma maior perda de energia, além de perda de água para a atmosfera através da evapotranspiração.

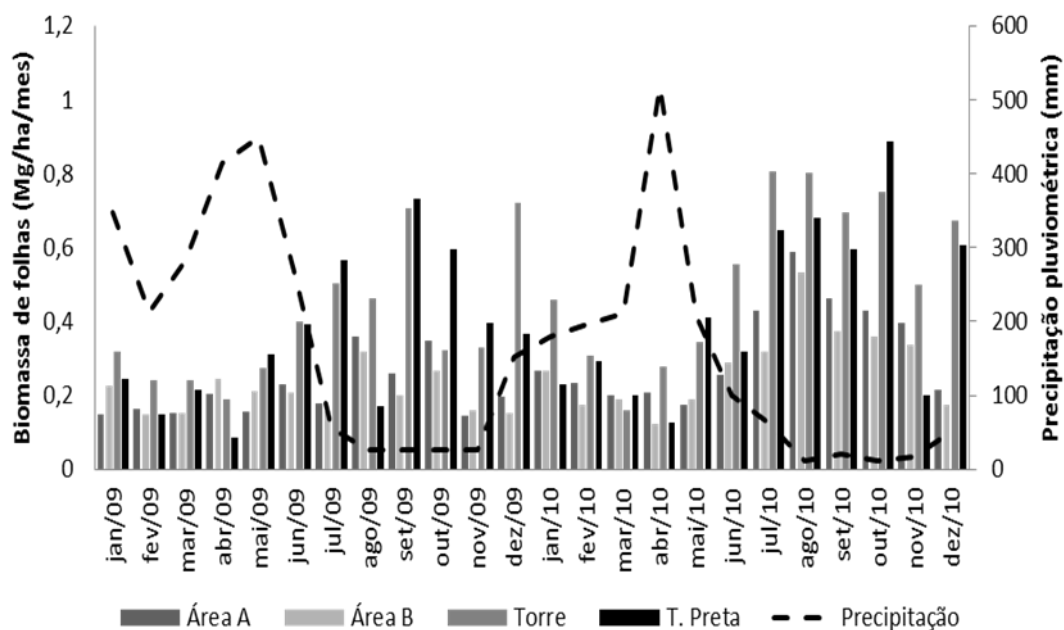
Tabela 09 Distribuição da Produção média de serapilheira fina por componentes (Mg/ha), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

Áreas	A	B	Torre	T. Preta
Folha	6,40	5,79	11,04	9,41
Galho	1,29	0,98	2,00	1,00
Flores	0,42	0,30	0,43	0,31
Frutos	0,42	0,50	0,78	0,34
Miscelâneas	0,11	0,08	0,28	0,14

A Figura 09 mostra produção mensal de folhas nas quatro áreas estudadas relacionada com a precipitação pluviométrica. Observou-se que houve uma tendência de acompanhamento da sazonalidade do regime de precipitação da região, onde o período menos chuvoso é responsável pelo período de maior produção dessa componente de serapilheira. O ano de 2009 apresentou maior regularidade na produção de folhas com o regime pluviométrico, contudo essa regularidade não sofreu alterações para o ano de 2010, devido a redução das chuvas ocasionada pelo fenômeno EL NIÑO.

As áreas Torre e Terra Preta apresentaram os maiores valores de produção de folhas, seguidas das áreas A e B respectivamente.

Figura 09- Biomassa média mensal de folhas relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.



A Tabela 10 mostra os valores extremos da produção de folhas nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Observou-se que o ano de 2010 apresentou os maiores valores de produção de biomassa de folhas para todas as áreas, bem como maiores amplitudes na produção, quando comparadas ao ano de 2009. Essa irregularidades observada para este ano, pode ter sido influenciada pela redução da precipitação ocasionada nesse ano.

As áreas A e B apresentaram um considerável crescimentos na produção de folhas de entre 2009 e 2010, com cerca de 52% e 36% respectivamente. Esse aumento na produção, está relacionado a diminuição do índice pluviométrico entre os anos e com a textura do solo das duas áreas, a qual é considerada com grande capacidade de drenagem, o que dificulta a absorção de água pelas indivíduos vegetais, causando maior estresse hídrico, com isso os indivíduos promovem uma maior produção de folhas, para não perderem mais água por evapotranspiração. As áreas Torre e Terra Preta, apresentaram menores crescimentos quando comparados as duas outras áreas, uma vez que seus solos são apresentam maior teor de argila, fazendo com que a água da chuva não se perca rapidamente por processo de infiltração, ocasionando menor stress hídrico nas áreas. O crescimento observado nas áreas foram bastante significativos, correspondendo a 34% e 23% nas áreas Torre e Terra Preta respectivamente.

Tabela 10 Valores extremos da Produção média de folhas (Mg/ha/mês) nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

	Áreas	A	B	Torre	T. Preta
2009					
Máximo		0,36	0,32	0,72	0,73
Mínimo		0,15	0,15	0,19	0,09
Total		2,54	2,45	4,71	4,22
2010					
Máximo		0,59	0,53	0,81	0,88
Mínimo		0,17	0,12	0,16	0,13
Total		3,86	3,33	6,33	5,19

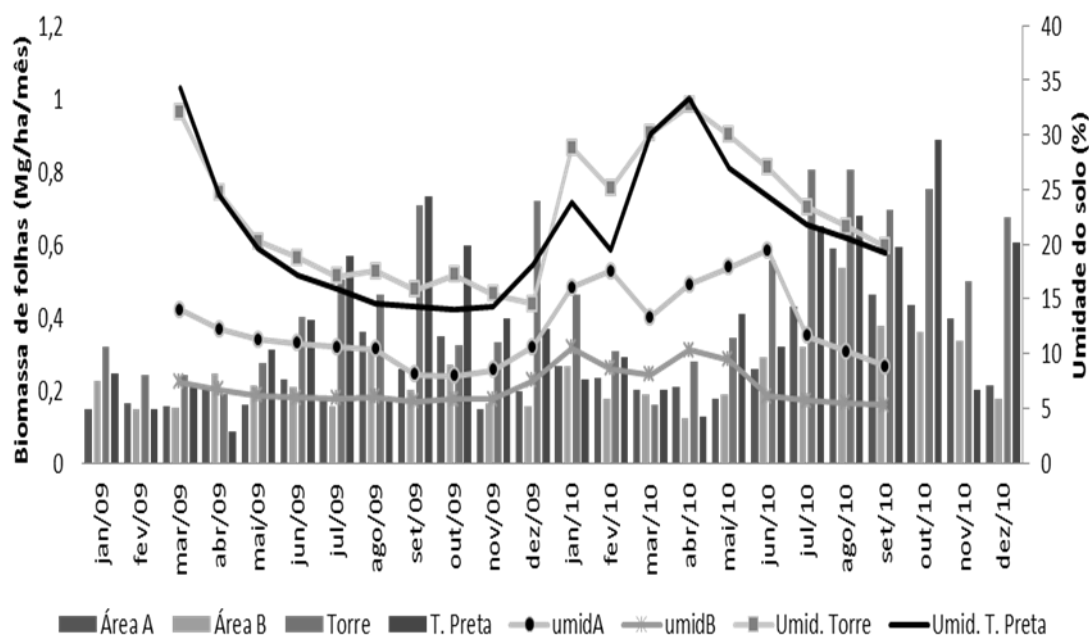
A Tabela 11 mostra a análise estatística da produção de folhas correlacionada com a produção pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã. Observou-se para as áreas Torre e Terra Preta, a ocorrência de uma correlação inversa, de nível moderado, com valor de significância $P < 0,01$, onde 44% e 41% da variação da produção de folhas seria explicada pela variação na precipitação pluviométrica nessas áreas respectivamente. Nas áreas A e B observou-se também correlação inversa, porém de nível fraco, com valor de significância $P < 0,02$, sendo a variação na precipitação pluviométrica responsável por explicar 34% e 24% das variações da produção de folhas nas respectivas áreas.

Tabela 11 Análise estatística da produção mensal de folhas correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,02	0,34	Fraca
B	0,02	0,24	Fraca
Torre	0,01	0,44	Moderada
Terra Preta	0,01	0,41	Moderada

A Figura 10 exibe a produção mensal de folhas relacionada com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas estudadas. Observou-se que os maiores valores de produção de folhas ocorreram no período em que o solos se encontravam com menor umidade à superfície, porém essa variação não foi muito regular, principalmente no ano de 2010, ano atípico na distribuição de umidade no solo, devido a inibição das chuvas pelo fenômeno EL NIÑO.

Figura 10 - Biomassa mensal de folhas relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 12 apresenta a análise estatística da produção de folhas relacionada com a umidade do solo à superfície nas áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã. Observou-se a ocorrência de uma correlação inversa, de nível fraco nas áreas Torre e Terra Preta, com valor de significância $P < 0,05$, mostrando que cerca de 20% e 29% da variação total da produção desse componente pode ser explicada pela variação de umidade do solo à superfície nas respectivas áreas. Esses valores de correlação estão ligados aos altos valores de umidade do solo observados em ambas as áreas, sendo que a maior variação de umidade encontra-se na área de Terra Preta, onde houve maior correlação.

Nas demais áreas estudadas, não foram observadas correlações significativas, devido a pouca variação encontrada na umidade do solo, além do controle de entrada de água na área B.

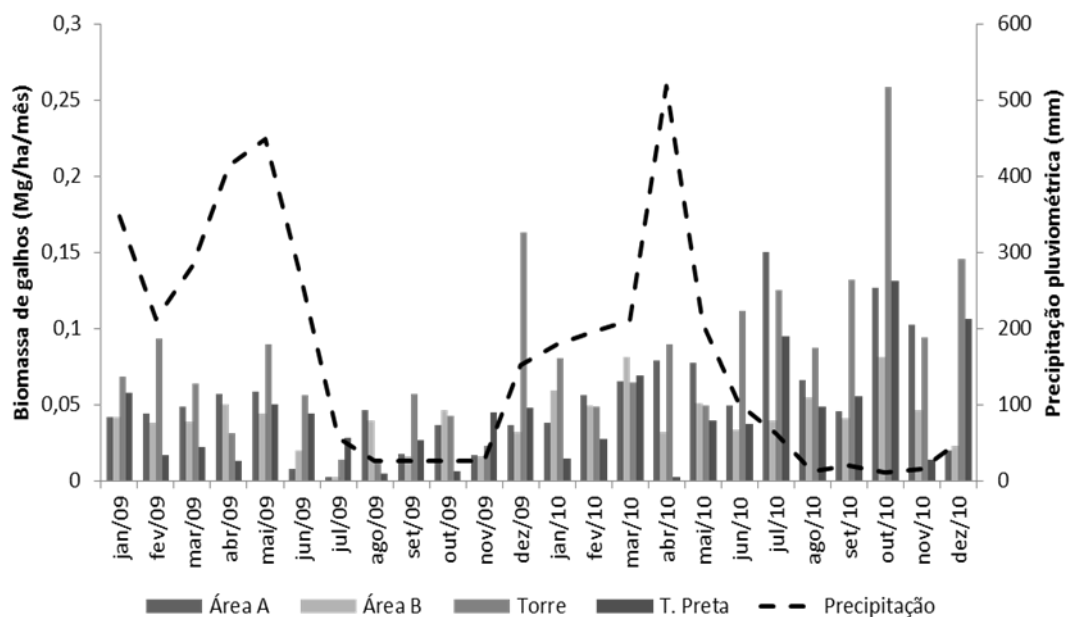
Tabela 12 Análise estatística da produção de folhas correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA

Área	P	r	Correlação
A	0,19	0,10	S/C*
B	0,77	0,00	S/C*
Torre	0,05	0,20	Fraca
Terra Preta	0,05	0,29	Fraca

*S/C – sem correlação.

A Figura 11 apresenta a produção mensal de galhos relacionada com a precipitação pluviométrica nas quatro áreas de estudo. Observou-se que a produção desse componente da serapilheira é ininterrupta no decorrer de todo o ano, apresentando valores mais expressivos no período menos chuvoso da região para todas as áreas estudadas, devido provavelmente a ocorrência de chuvas convectivas, formadas nesse período pelo aquecimento diferencial das superfícies, provocando tempestades intensas acompanhadas de rajadas de vento, favorecendo a produção de serapilheira, de maneira não espontânea, na forma de galhos. A área Torre apresentou a maior valor de produção desse componente, seguido, da área A, área T. Preta e área B respectivamente.

Figura 11 – Biomassa mensal de galhos relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 13 apresenta os valores extremos da produção de galhos das quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã. Observou-se que o ano de 2010 apresentou os maiores valores de produção de biomassa de galhos para todas as áreas, bem como maiores amplitudes na produção, quando comparadas ao ano de 2009. Esses valores observados para este ano, pode ter sido influenciada pela redução da precipitação pluviométrica ocasionada nesse período pelo fenômeno EL NIÑO, proporcionando um aumento na temperatura do ar e conseqüentemente diferença no gradiente de pressão atmosférica, modificando a magnitude da velocidade do vento, proporcionando um aumento da produção de galhos, de forma não espontânea.

A área A apresentou o maior crescimento dentre todas as áreas, com aproximadamente 109% de aumento entre 2009 a 2010. A áreas B apresentou crescimento de aproximadamente 51%. Os resultados referentes a estas áreas podem está relacionado a diminuição do índice pluviométrico entre os anos e com a textura do solo das duas áreas, a qual é considerada com grande capacidade de drenagem, o que dificulta a absorção de água pelas indivíduos vegetais, causando maior estresse hídrico, fragilizando com isso, toda a estrutura de dossel. A área B apresentou menor crescimento dentre as outras áreas, devido o stress hídrico maior imposto pela exclusão de água nesta parcela, que altera a fenologia dos indivíduos e reduz a alocação de energia na produção de biomassa do dossel. As áreas Torre e Terra Preta, apresentaram crescimento bastante semelhante entre 2009 e 2010, uma vez que seus solos apresentam

maior teor de argila, fazendo com que a água da chuva não se perca rapidamente por processo de infiltração, ocasionando menor stress hídrico nas áreas, consequentemente promovendo um ciclo fenológico dos indivíduos com maior regularidade.

Os valores elevados na produção de galhos para as áreas Torre e Terra Preta, podem está relacionados com sua maior proximidade da Baía de Caxiuanã, onde estão submetidas durante todo o período, a ventos de maior magnitude, formados pelo aquecimento diferencial da superfície de floresta, com a superfície aquosa da baía, permitindo assim a formação de efeito de brisa.

Tabela 13 - Valores extremos da Produção média de galhos (Mg/ha/mês), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

	Áreas	A	B	Torre	T. Preta
	2009				
Máximo		0,06	0,05	0,16	0,06
Mínimo		0,002	0,003	0,012	0,004
Total		0,42	0,39	0,72	0,36
	2010				
Máximo		0,15	0,08	0,26	0,13
Mínimo		0,02	0,002	0,049	0,002
Total		0,88	0,59	1,29	0,64

A Tabela 14 demonstra a análise estatística da produção de galhos correlacionada com a precipitação pluviométrica. Notou-se que não foi observada correlação significativas entre os parâmetros estudados em nenhuma das áreas, provavelmente a produção desse componente esteja relacionado com outros fatores como, por exemplo, a velocidade do vento como já constatada por Silva (2009).

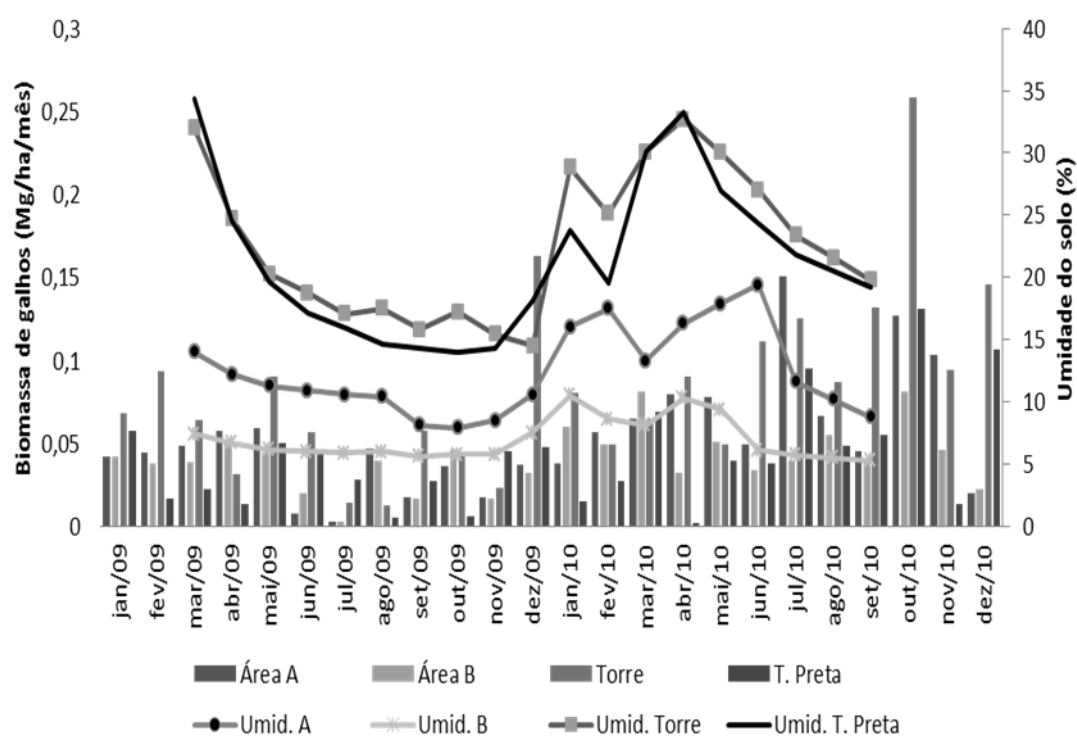
Tabela 14 - Análise estatística da produção de galhos correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA

Área	P	r	Correlação
A	0,98	-	S/C*
B	0,73	0,005	S/C*
Torre	0,40	0,032	S/C*
Terra Preta	0,20	0,07	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 12, expõe a produção mensal de galhos com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas de estudo. Observou-se que não houve um acompanha da produção de galhos com a distribuição da umidade do solo à superfície entre as áreas estudadas, onde provavelmente a produção desse componente está relacionado a outros fatores não abordados neste estudo.

Figura 12 - Biomassa mensal de galhos relacionada com umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA



A Tabela 15 descreve os dados estatísticos da correlação entre a produção mensal de galhos com a umidade do solo à superfície. Observou-se para todas as áreas que não houve correlação significativa entre os parâmetros estudados.

Tabela 15 - Análise estatística da produção de galhos correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

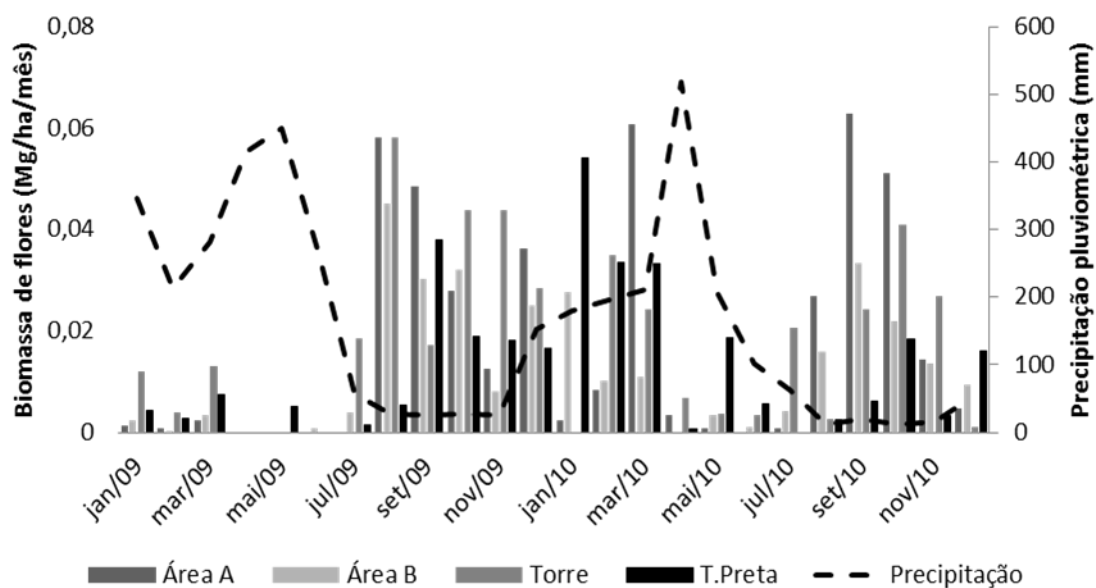
Área	P	r	Correlação
A	0,18	-	S/C*
B	0,08	0,16	S/C*
Torre	0,87	-	S/C*
Terra Preta	0,35	-	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 13 mostra a produção mensal de flores relacionada com a precipitação pluviométrica nas quatro áreas de estudo. Observou-se que a concentração da produção de flores para todas as áreas, acontece no período seco da região.

O ano de 2009 mostrou de maneira mais regular, uma dependência com a sazonalidade da região, o que não ficou muito claro para o ano subsequente. Para este ano mesmo no período chuvoso da região, as áreas A, Torre e Terra Preta apresentaram valores elevadas na produção desse componente, mostrando de maneira efetiva a interferência do Fenômeno EL NIÑO na dinâmica da produção de flores.

Figura 13 - Biomassa mensal de flores relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 16 mostra os valores extremos da Produção média de galhos nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA . Notou-se que a área Terra preta foi a área

que apresentou maior variação de crescimento entre os dois anos estudados, apresentando crescimento de aproximadamente 37% na produção de flores entre 2009 e 2010, o que pode estar relacionado com as espécies vegetais predominantes dessa área, além da dinâmica diferencial que ocorre nessa área de floresta secundária.

A área A apresentou crescimento na produção desse componente de serapilheira, para o mesmo período, de aproximadamente 21%, o que pode estar relacionada com a textura do solo dessa área, que facilita a drenagem do terreno, facilitando assim, a produção desse componente.

A área Torre apresentou crescimento negativo de aproximadamente 21% no período entre 2009 e 2010, apesar da redução de chuvas no ano de 2010, o que pode estar relacionado com a textura do solo dessa área, formada por grande teor de argila que dificulta a drenagem e faz com que a umidade do solo à superfície mantenha-se por mais tempo.

A área B, devido controle de entrada de água no solo, não apresentou diferença na produção de flores entre os anos de 2009 e 2010.

Os maiores valores para a área B foram observados nos meses de agosto de 2009 com cerca de 0,045 Mg. ha.⁻¹mês⁻¹ e em janeiro de 2010 com 0,028 Mg.ha.⁻¹mês⁻¹.

A produção de flores diferenciada para os anos de 2009 e 2010, foi bastante influenciada pelos efeitos do fenômeno EL NIÑO sentidos no período chuvoso do ano de 2010.

Tabela 16 - Valores extremos da Produção média de galhos (Mg.ha.⁻¹mês⁻¹), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

	Áreas	A	B	Torre	T. Preta
	2009				
Máximo		0,06	0,05	0,06	0,04
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,19	0,15	0,24	0,12
	2010				
Máximo		0,06	0,03	0,04	0,05
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,24	0,15	0,19	0,19

A Tabela 17 mostra Análise estatística da produção de flores correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA. Observou-se que as áreas A, B e Torre apresentam correlações inversa, significativas de nível moderado entre a produção de flores relacionada com a precipitação pluviométrica, mostrando que a concentração da produção de flores está no período seco da região. A área de Terra Preta não apresentou correlação significativa, O que pode está relacionado com a maior dinâmica dessa área de floresta, ocasionando maior irregularidade na produção desse componente.

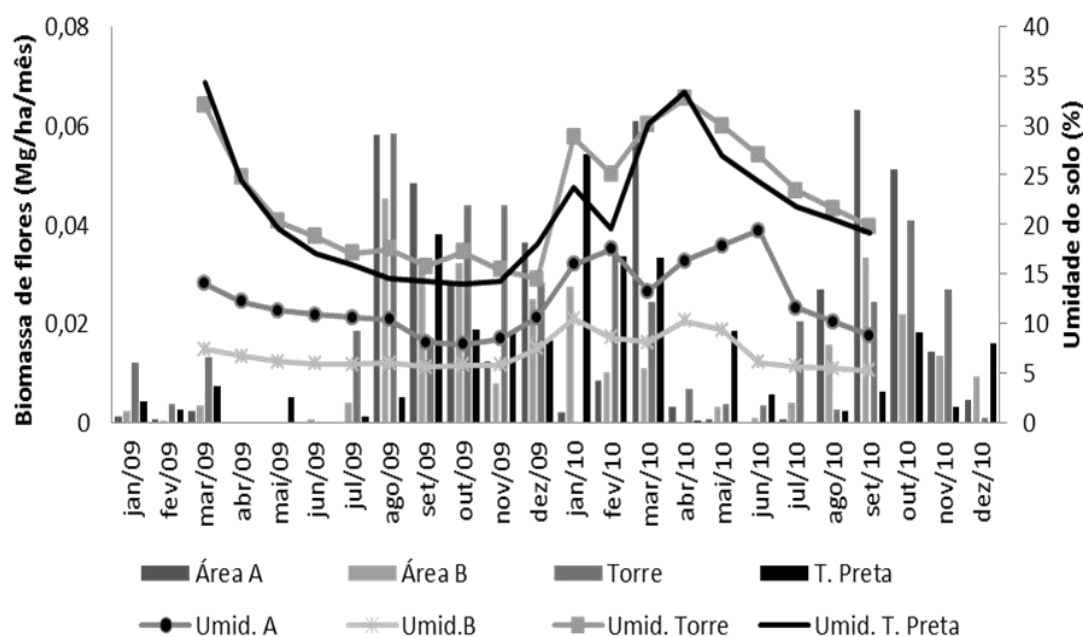
Tabela 17 Análise estatística da produção de flores correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA

Área	P	r	Correlação
A	0,01	0,23	Fraca
B	0,01	0,35	Fraca
Torre	0,01	0,27	Fraca
Terra Preta	0,37	0,03	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 14 mostra a produção mensal de flores relacionada com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas de estudo. Observou-se que os maiores valores de produção de flores foram observados no período seco do ano de 2009 e em dois períodos distintos em 2010, onde o primeiro foi de janeiro a março de 2010 e o outro no período seco do mesmo ano, de agosto a dezembro. Esses dois períodos pode está ligado ao menor volume de água no solo no ano de 2010, ocasionado pela influência do fenômeno EL NIÑO.

Figura 14 - Biomassa mensal de flores relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 18 apresenta os valores estatísticos da correlação entre a produção de flores e a umidade do solo à superfície nas áreas estudadas. Constatou-se apenas que as áreas A e Torre apresentaram correlações significativas, inversas, de nível fraco entre os parâmetros estudados, mostrando que quanto maior a umidade do solo menor a produção desse componente. Para essas áreas a umidade do solo à superfície responderia por cerca de 23% e 22% das variações ocorridas na produção de flores nas área A e Torre respectivamente, com valor de significância de $P < 0,05$.

As outras áreas não apresentaram valores significativos de correlação entre os parâmetros.

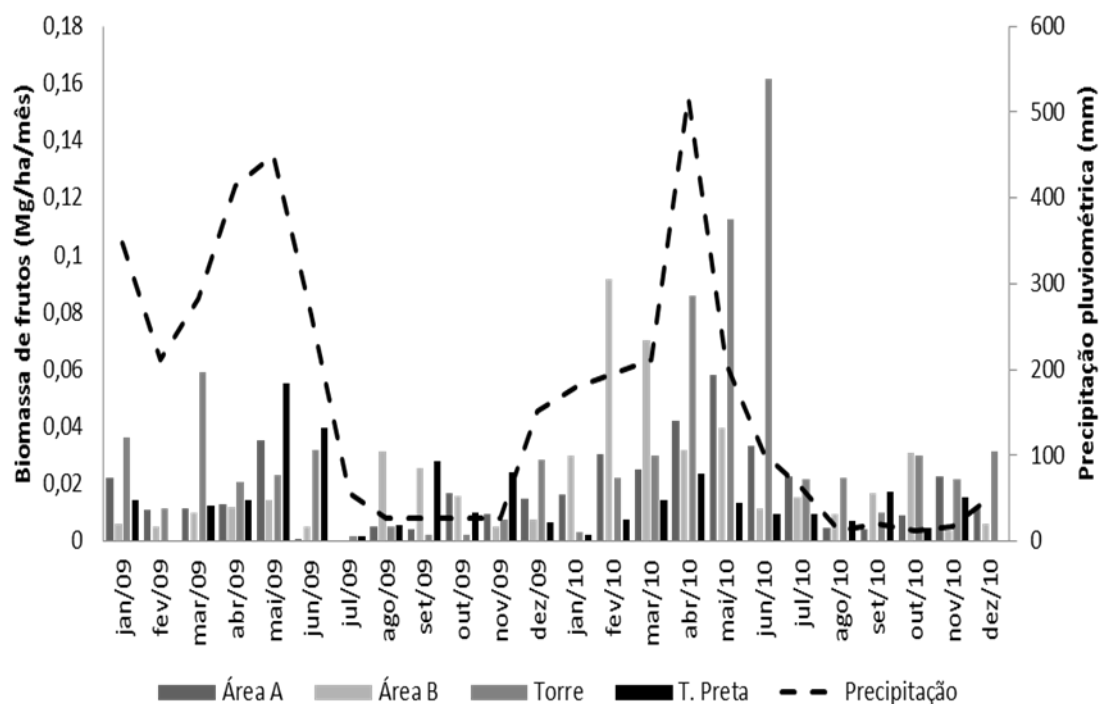
Tabela 18 - Análise estatística da produção de flores correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,03	0,24	Fraca
B	0,49	0,03	S/C*
Torre	0,04	0,22	Fraca
Terra Preta	0,85	0,01	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 15 mostra a distribuição da produção mensal de frutos relacionada com a precipitação pluviométrica nas quatro áreas de estudo. Notou-se que a produção de frutos se dá durante todo o decorrer do ano, contudo observa-se que os maiores valores na produção apresentam-se no período de chuvoso da região, com destaque para o ano de 2010.

Figura 15 - Biomassa mensal de frutos relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 19 apresenta os valores extremos da produção média de frutos nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA. Observou-se que os maiores valores de produção foram verificados na área Torre seguido da área Terra Preta, área A e área B respectivamente.

A área Torre apresentou variação significativa na produção de serapilheira na forma de frutos, apresentando crescimento entre 2009 a 2010 de aproximadamente 40%.

As áreas A e B apresentaram produções bastante semelhantes, com variações muito parecidas entre o período estudado, apresentando crescimento pouco superior a 100% na produção desse componente de serapilheira entre 2009 e 2010.

A área de Terra Preta apresentou a maior irregularidade na produção de frutos dentre as áreas estudadas. Essa área apesar de apresentar valores bem significativos na produção desse componente, foi a única área que mostrou uma redução na produção de

aproximadamente 62%, o que pode está ligado a diversidade das espécies dominantes que povoam essas áreas.

Tabela 19 - Valores extremos da Produção média de frutos ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mês}^{-1}$), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

	Áreas	A	B	Torre	T. Preta
	2009				
Máximo		0,04	0,03	0,06	0,06
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,14	0,14	0,23	0,21
	2010				
Máximo		0,06	0,09	0,16	0,02
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00
Total		0,30	0,36	0,58	0,13

A Tabela 20 mostra a análise estatística da produção de frutos correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA. Observou-se que as áreas A e Terra Preta apresentaram correlação direta, significativa de nível fraco entre os parâmetros estudados, mostrando que os maiores valores de produção de frutos está no período menos chuvoso para essas áreas, além disso, 22% e 21% da variação na produção de frutos, pode ser explicada pela variação da precipitação pluviométrica das áreas A e Terra Preta, respectivamente.

As outras áreas não apresentaram correlação significativa entre a produção de frutos e a precipitação pluviométrica, para o período estudado.

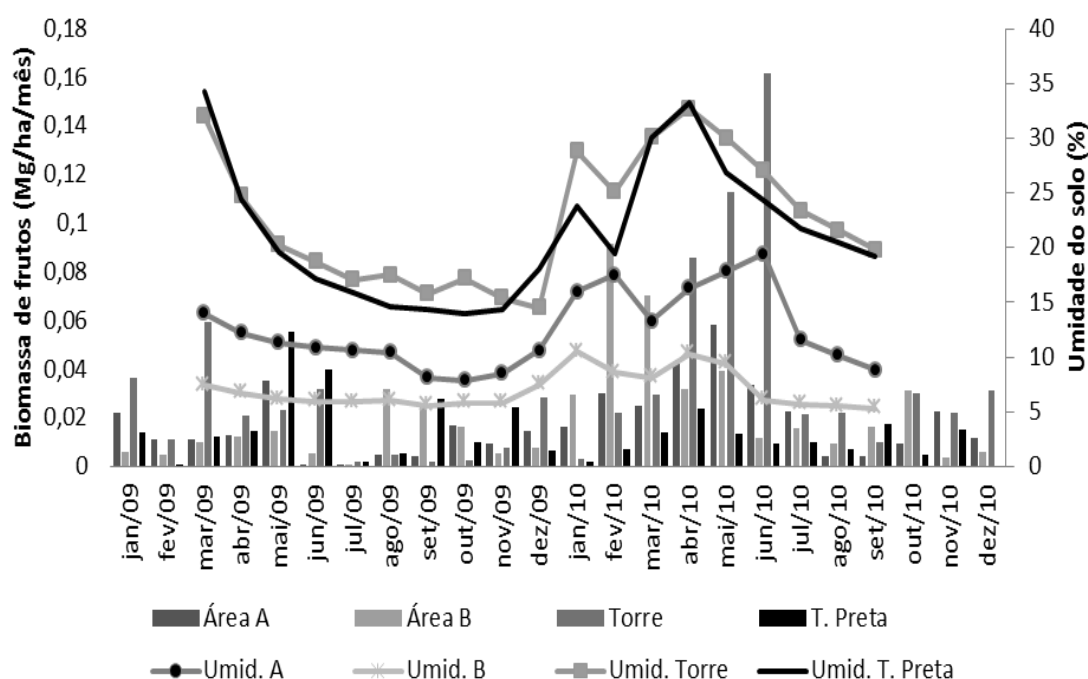
Tabela 20 - Análise estatística da produção de frutos correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA

Área	P	r	Correlação
A	0,02	0,22	Fraca
B	0,61	0,01	S/C*
Torre	0,19	0,07	S/C*
Terra Preta	0,03	0,21	Fraca

*S/C – sem correlação.

A Figura 16 mostra a produção mensal de frutos com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas de estudo. Observou-se que a produção desse componente apresenta os maiores valores no período de maior acúmulo de umidade no solo à superfície.

Figura 16 - Biomassa mensal de frutos relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 21 mostra a análise estatística da produção de frutos correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA. Observou-se que a umidade do solo à superfície apresentou correlação direta com a produção mensal de frutos, apenas com as áreas A e B, variando de intensidade, sendo muito fraca

para a área A e fraca para a para a área B. Para as áreas Torre e Terra Preta não foram registradas correlações significativas entre os parâmetros estudados.

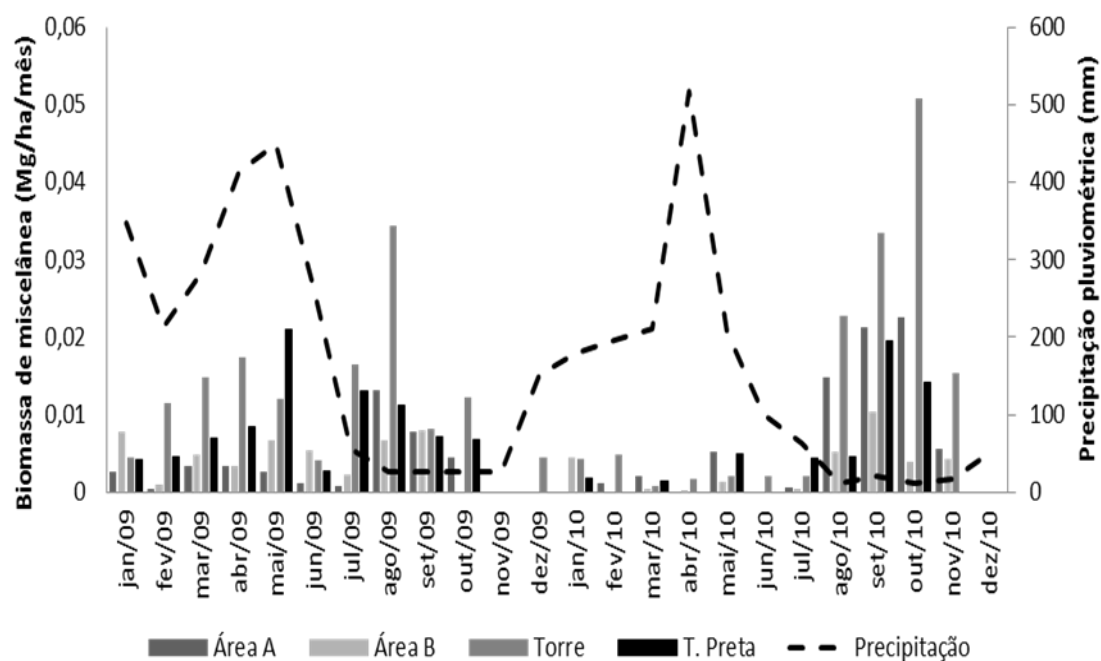
Tabela 21 - Análise estatística da produção de frutos correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,03	0,19	muito Fraca
B	0,02	0,20	Fraca
Torre	0,08	0,13	S/C*
Terra Preta	0,33	0,04	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 17 mostra a produção mensal de miscelâneas correlacionada com a precipitação pluviométrica nas quatro áreas estudadas. Observou-se que a produção de miscelâneas ocorreu de maneira diferenciada entre os dois anos estudados, sendo em 2009 a produção concentrando-se desde o início do período chuvoso da região até a metade do período menos chuvoso, mostrando máximos valores nos meses de julho e agosto. O ano de 2010, apresentou maiores valores de produção desse componente de serapilheira. Esses valores foram observados no período menos chuvoso.

Figura 17 - Biomassa mensal de miscelâneas relacionada com a precipitação pluviométrica no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 22 mostra os valores extremos da produção média de miscelâneas nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Observou-se que os maiores valores de produção desse componente de serapilheira, foram verificados na área Torre, seguido da área de Terra Preta, área A e área B, respectivamente. Notou-se também que a produção ocorreu de maneira diferenciada nos anos de 2009 e 2010 entre as áreas estudadas. A área A apresentou um aumento na produção de miscelâneas entre 2009 e 2010 de aproximadamente 57%. A área Torre apresentou produção semelhante nos dois anos de estudo, não mostrando crescimento na produção. As áreas B e Terra Preta, apresentaram redução na produção desse componente de serapilheira de aproximadamente 40% e 38%, respectivamente.

Os valores encontrados mostram que a produção de miscelâneas foi influenciada principalmente pelas espécies predominantes em cada área.

Tabela 22- Valores extremos da Produção média de galhos ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

Áreas	A	B	Torre	T. Preta
2009				
Máximo	0,01	0,01	0,03	0,02
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,04	0,05	0,14	0,08
2010				
Máximo	0,02	0,01	0,05	0,02
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,07	0,03	0,14	0,05

A Tabela 23 apresenta a análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Notou-se que apesar da distribuição de miscelâneas apresentar visualmente uma tendência de acompanhar o regime de chuvas da região e as áreas mostrarem certa regularidade nessa produção, não foi observada correlação significativa dessa componente com a precipitação pluviométrica em nenhuma das áreas.

Tabela 23 - Análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a precipitação pluviométrica na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA

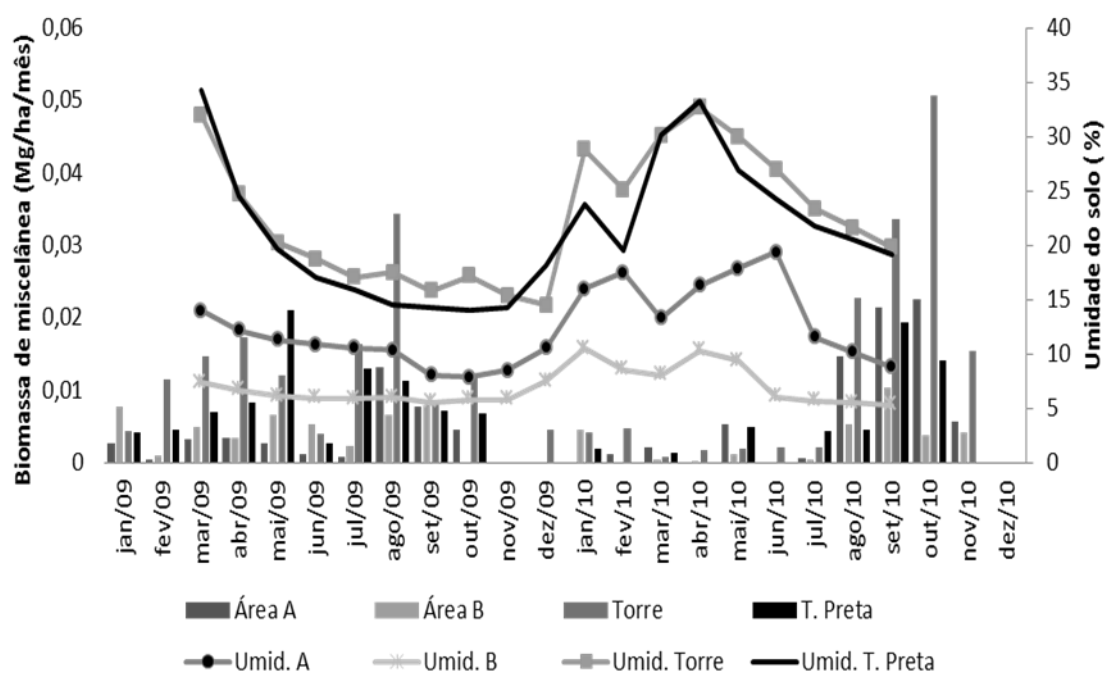
Área	P	R	Correlação
A	0,03	0,18	S/C*
B	0,96	-	S/C*
Torre	0,11	0,11	S/C*
Terra Preta	0,98	-	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 18 mostra a produção mensal de miscelâneas relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Notou-se que a distribuição da produção de miscelâneas

apresentou comportamento diferencial para os dois anos de estudo. Para o ano de 2009 ocorreu produção de janeiro a outubro, com máximos valores sendo observados no período menos chuvoso da região. Para o ano de 2010, a produção desse componente mostrou-se de forma indireta com a umidade do solo, mostrando seus máximos valores no período menos chuvoso e no período chuvoso praticamente não existindo produção desse componente.

Figura 18 - Biomassa mensal de miscelâneas relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010 nas quatro áreas na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.



A Tabela 24 apresenta a análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Observou-se que a produção mensal de miscelâneas tende a acompanhar visualmente o conteúdo de água no solo de maneira inversa, porém não esses parâmetros apresentaram correlações significativas entre si, com nível de significância de $P < 0,05$, em nenhuma das quatro áreas estudadas.

Tabela 24 - Análise estatística da produção de miscelâneas correlacionada com a umidade do solo à superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	P	r	Correlação
A	0,20	0,07	S/C*
B	0,41	0,03	S/C*
Torre	0,19	0,08	S/C*
Terra Preta	0,83	0,001	S/C*

*S/C – sem correlação.

2.6 CONCLUSÕES

Os maiores valores de biomassa total de serapilheira fina foram observados na área Torre, seguido da área de Terra Preta, área A e área B respectivamente.

A influência da precipitação pluviométrica e da umidade do solo à superfície na produção total de serapilheira fina foi bem evidenciada nas quatro áreas estudadas, porém essa influência não foi bem perceptível na produção de suas componentes, (folhas, galhos, flores frutos e miscelâneas).

A influência do fenômeno de grande escala ELNIÑO, reduzindo o volume de chuvas da região no ano de 2010, influenciou visivelmente para a variação da produção de serapilheira fina nas quatro áreas estudadas.

A componente folhas foi a que mais contribuiu na produção total de serapilheira fina, seguida de galhos, flores , frutos e miscelâneas.

Ocorreu uma correlação inversa entre a precipitação pluviométrica e umidade do solo com a produção de serapilheira fina total para as áreas estudadas.

A composição de espécies vegetais dominantes de cada área, o déficit hídrico, a diversidade nas espécies e as características do solo de cada área influenciaram significativamente na produção de biomassa total de serapilheira fina, assim como na produção de suas componentes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.G.; CABALLERO, S.S.U.; FARIA, S.M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22 p.
- BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S.M. **Aporte de serapilheira ao solo em estágio sucessionais florestais na reserva biológica de Poços das Antas**. Rio de Janeiro, Brasil: UFRRJ, 2006.
- BURGHOUTS, T. B. A.; CAMPBELL, E. J. F.; KODERMAN, P. J. Effects of tree species heterogeneity of leaf fall in primary an logged dipterocarp forest in the UluSegana Forest Reserv, Sabah, Malasia. **Journalof Tropical Ecology**, v. 10, p. 1-26, 1994.
- BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in theforests of the world. **Advances in Ecological Research** 2, 1964.101-157p.
- CALVI, G.P.; PEREIRA, M.G.; JUNIOR, A.E. Produção de serapilheira e aporte denutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 131-138, abr.-jun, 2009. ISSN 0103-9954.
- CARREIRA, C. C.; RONDON, J. N.; ZAIDAN, L.B. P. Produção de serapilheira em uma área de cerrado em Mogiguaçu, SP. Instituto de Botânica IB, São Paulo, 2006. Programa de Pós – Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente Curso de Capacitação de monitores e educadores.
- CLARK, A.D. *et al.* Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. **Ecological Applications**, v. 11, n. 2, p. 371-384, 2001.
- COSTA, A . C. L. **Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de caxiuanã**. In: XIII C B AGROMETEOROLOGIA, 2003, Santa Maria – RS, 2003.
- DELLITI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p. 469-486, 1995.
- DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. 1997. Variação temporal e espacial da produção de leiteira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26.
- DINIZ, S.; PAGANO S.N. Dinâmica de folhedeo em floresta mesófila semidecídua no Município de Araras, SP – Produção, decomposição e acúmulo. **Rev. Inst. Flor.**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 1997.
- FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHAES, L. M. S. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*Benth.) e andiroba (*Carapaguianensis*Aubl.) na flona Mário xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FERREIRA, J; L. **Deposição, composição química e decomposição de liteira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*Benth)**, ITAMBÉ – PE: [s.n.], 2008.

FIGUEIRÓ, A. S. **Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeitos de borda no Maciço da Tijuca – Rio de Janeiro, RJ**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. **O sistema radicular das árvores**. In: Nutrição e fertilidade florestal. Piracicaba (SP): IPET, 2000. p. 219-261.

JANZEN, D. H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. 79 p.

KINDEL, A. **A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus**. 2001. 188p. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MORAES, R.M. Ciclagem mineral em mata atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP; nutrientes na serapilheira acumulada. In: VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 6., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...**São Paulo: ACIESP, 1996. p. 71-77.

NETO, G.F.C. *et al.* Relação entre produção total de liteira e umidade do solo em uma floresta tropical chuvosa no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011. **Anais...** Guarapari-ES, 2011.

ODUM, E.P. **Ecologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434 p.

OLIVEIRA, R.R. . Importância das bromélias epífitas na ciclagem de nutrientes da Floresta Atlântica. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 793-799, 2004.

PORTES, M. C. G. O. ; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação Sazonal de deposição de liteira em uma Floresta Ombrófila densa Altomontana no morro do Anhangava. **Floresta**, v. 26, p. 3-10, 1996.

SILVA, R.M. *et al.* **Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna**. Caxiuanã, Pará: [s.n.], 2009.

RUIVO, M.L.P. *et al.* Propriedades do solo e fluxos de CO₂ em Caxiuanã, Pará: experimento LBA-ESECAFLOR. In. Contribuições a geologia da Amazônia, v.3, (CGA-3), **Sociedade Brasileira de Geologia**, Belém: [s. n.], p. 291-299, 2002. ISBN: 95-88692-02-3.

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: < <http://www.R-project.org/>>.

SILVA, M.F.F. **Produção anual de liteira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme na área do Rio Tocantins, Pará.** 78f. 1982. Dissertação (Mestrado)- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

SOARES, A. C.L.; LISBOA, P. L. B. (Org.). **Caxiuanã 2009.** Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi,. p. 23-42.

TEIXEIRA, L.B., OLIVEIRA, R.F. MARTINS, P. F. 2001. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Revista Ciências Agrárias**, v. 36, p. 91-99.

VITOUSEK, P.M. Litterfal, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.

3. INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DA UMIDADE DO SOLO NA ESTIMATIVA DE BIOMASSA AÉREA NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ-PA.

3.1 INTRODUÇÃO

As Florestas Tropicais Úmidas caracterizam-se pela sua biodiversidade e alta taxa de produtividade biológica com grande acúmulo de carbono (C). Entretanto, atividades antrópicas como desmatamento, queimadas, agricultura de corte/queima que transferem à atmosfera grande parte do carbono imobilizado na vegetação, e a industrialização e geração de energia via queima de carbono mineral, tem contribuído para o aumento na concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, principal gás responsável pelo efeito estufa (Salomão, 1994; Murillo, 1997).

O planeta Terra funciona como um sistema integrado, onde a atmosfera, os oceanos e os ecossistemas terrestres interagem de uma forma altamente complexa. Mudanças em um componente afetará o comportamento dos outros. A compreensão das ligações entre estes diferentes componentes é, portanto, fundamental. Prever os impactos das mudanças climáticas requer uma compreensão detalhada do ciclo global do carbono (C). Uma das principais fontes de informação sobre a dinâmica de carbono e ecologia florestal da Amazônia tem sido amplamente mostradas por redes de parcelas florestais permanentes Publicado por Copérnico Publicações em nome da União Européia de Geociências, LO Anderson et. al, 2009. Também estudos sobre a Heterogeneidade da paisagem e de variáveis da Floresta na Amazônia como a rede RAINFOR (Malhi et al, 2002; Peacock et al., 2007). Estudos dessas parcelas têm gerado significativas introspecções na dinâmica espacial e temporal dos processos de ciclagem de carbono da floresta, incluindo a biomassa (Baker et al, 2004;. Chave et al, 2005;. Malhi et al, 2006;. Saatchi et al, 2009), produtividade da madeira (Malhi et al, 2004;... Baker et al, 2009; Mercado et al, 2009), densidade específica da madeira (Baker et.al 2004b), alterações no crescimento (Phillips et al, 2002;. Baker etal, 2003;. Lewis et al, 2004), entre outros.

A biomassa é a massa dos organismos vivos por unidade de superfície. Quando esta se refere a animais, diz-se biomassa animal, quando se trata de plantas, diz-se

biomassa vegetal. É comum diferenciar biomassa aérea e biomassa das raízes, contudo a maior parte de dados de biomassa representa a matéria da parte aérea da planta.

As estimativas de biomassa são informações imprecidíveis nas questões ligadas, entre outras, as áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pela concentração de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é utilizada para estimar os estoques de Carbono, que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que a floresta absorve da atmosfera e que é liberado à atmosfera no caso de um processo de queimadas (HIGUCHI et. al. 1998).

Sabe-se que a capacidade de absorção e fixação de carbono pelas árvores é função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto à absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (AREVALO et. al. 2002).

As estimativas de biomassa, atualmente disponíveis na literatura, relacionados à diversidade florestal da Amazônia, vêm de estudos, os quais se utilizam basicamente de dois métodos: O método Direto e o Indireto.

O método direto consiste naquele método, que se baseia na derrubada e pesagem de todas as árvores de uma determinada parcela fixa. Estas estimativas, segundo Brown et. al. (1989), não são confiáveis, devido se basear em poucas parcelas, tornando os dados tendenciosos.

No método indireto produzem-se as estimativas através de dados de sensoriamento remoto ou de inventários florestais, com intuito de explorar e manejar a floresta. Esta estimativa pode ser realizada por meio de relação empírica entre a biomassa e outras variáveis como, diâmetro a altura do peito (DAP), comprimento a altura do peito (CAP), volume de madeira (Vm) etc...

Na Amazônia Brasileira poucos são os estudos realizados nas diferentes tipologias vegetais. Os estudos existentes nessa região são quase que totalmente direcionados para sistemas “florestais”, de alta biomassa, por causa do maior impacto nas emissões de carbono e das elevadas taxas de desmatamento (INPE, 2002).

A questão de ser a Amazônia fonte ou sumidouro de carbono para a atmosfera global permanece ainda em aberto (Nobre, 2001). O desmatamento e a queima de biomassa foram responsáveis por emissões médias na década 1989-98 de 200±100

mega toneladas de carbono por ano (Houghton, 2000) na Amazônia Brasileira, levando-se em conta a emissão por queima de biomassa do desmatamento, devido à decomposição relativamente rápida tanto da biomassa que resta após as queimadas como da matéria orgânica no solo, e pela retirada de madeira.

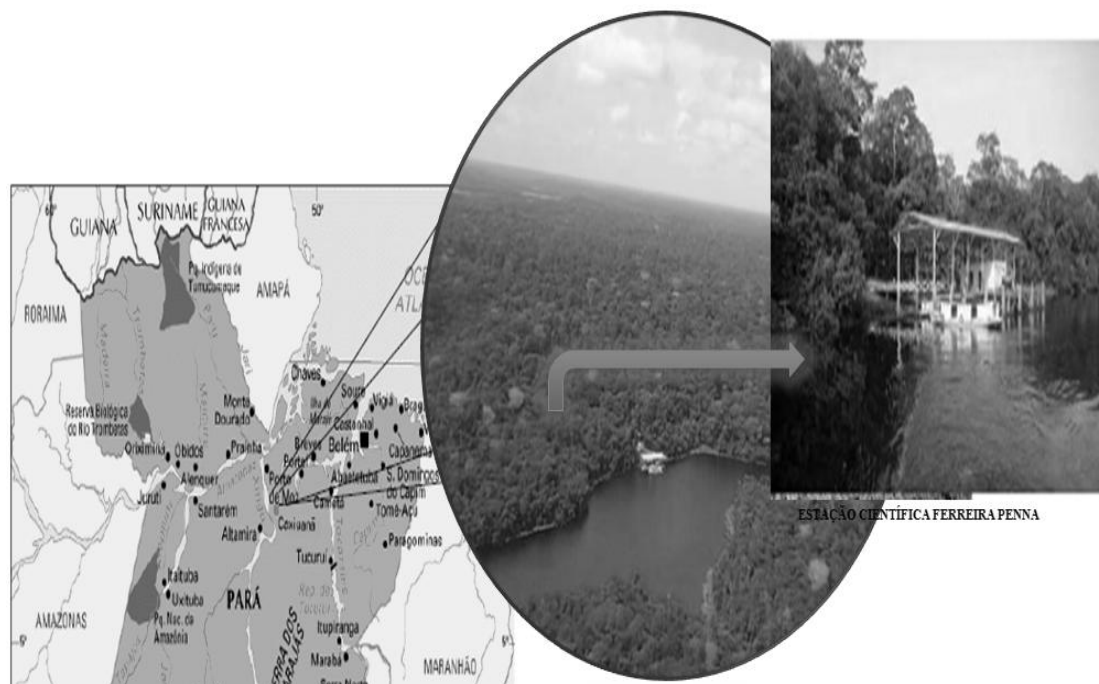
O objetivo desse trabalho foi estimar o ganho de biomassa aérea em quatro áreas com características bem distintas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA, relacionando-o com a precipitação pluviométrica e a umidade do solo à superfície, procurando entender a dinâmica da biomassa com a grande heterogeneidade da Amazônia, seja em ecossistemas naturais ou antropizados, e como esse parâmetro reage a variações hídricas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Localização

A Figura 19 mostra a localização da Estação Científica Ferreira Penna, que serve como base para as pesquisas realizadas na área da Floresta Nacional de Caxiuanã, criada pelo decreto lei nº 194, de 22 de novembro de 1961. Está localizada no Estado do Pará, ocupando área de 324.060 hectares, nas proximidades da baía de Caxiuanã, entre os rios Xingu e Tapajós. Corresponde a aproximadamente 70% do município de Portel e 30% do município de Melgaço e está distante cerca de 400 km a Oeste da cidade de Belém, capital do Estado do Pará. Esta região possui alguns dos ecossistemas naturais mais representativos da Amazônia, como florestas de terra firme, igapó e várzeas. (COSTA et al., 2009).

Figura19- Localização da Floresta Nacional de Caxiuanã – Pa.



3.2.2 Clima

Segundo Köppen o clima da Floresta Nacional de Caxiuanã é do tipo tropical quente e úmido e subtipo “Am” com curta estação seca entre agosto e novembro. A temperatura média do ar é de 26,7° C, com mínimas de 22,0° C e máximas de 32,0° C (Ferreira et al., 2003). O brilho de luz solar alcança cerca de 2100 horas ano⁻¹, com média anual de umidade relativa do ar em torno de 92,2%, com menores valores de umidade relativa sendo encontrados no período seco da região, com valor de 70% (Costa et al., 2009). A direção predominante do vento é de nordeste – sudeste, apresentando velocidade média de 0,9 m/s (Moraes et al., 1997).

A região de Caxiuanã apresenta sazonalidade bem definida, com distribuição regular das chuvas, porém divididas em dois períodos distintos. Climatologicamente, o período chuvoso está compreendido de dezembro a junho, enquanto o período seco vai de agosto a novembro. A média anual climatológica da chuva na Floresta Nacional de Caxiuanã é de 2.011,2 mm (Costa et al., 2009).

3.2.3 Solos

A Floresta Nacional de Caxiuanã agrega vários ecossistemas, dentre eles a floresta densa de terra-firme, várzeas e igapós (ALMEIDA et al., 1993). Os solos são bem a moderadamente drenados, arenosos a argilosos, ácidos e pobres em nutrientes, apresentando pH muito ácido (3,5) a moderadamente ácido (5,5), (RUIVO et al., 2002).

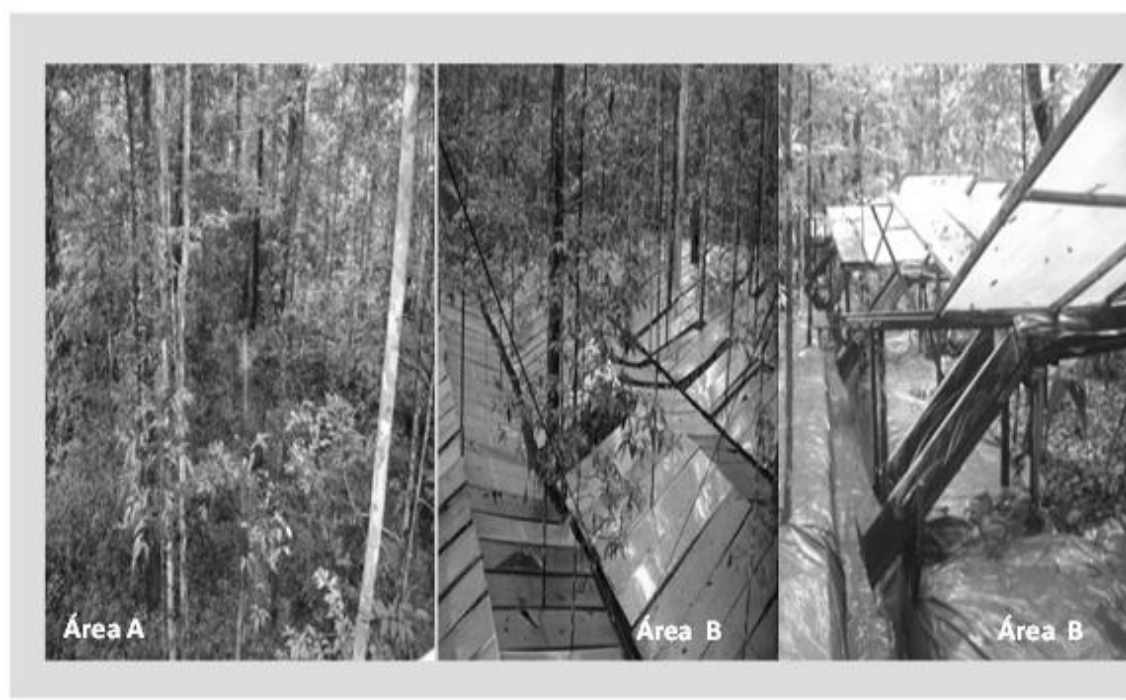
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

3.3.1 Áreas A e B

As áreas A e B apresentam tamanho correspondentes a um hectare cada uma, divididas em 100 sub parcelas de 10 m por 10 m. Essas áreas fazem parte do projeto ESECAFLOR, o qual é sub-projeto do Programa de grande escala da biosfera atmosfera na Amazonia (LBA). O projeto ESECAFLOR consiste na simulação de um período de seca prolongada em uma área da floresta tropical umida, simulando um período no qual um fenômeno El NIÑO atuaria por vários anos, inibindo a precipitação pluviométrica na região.

A área de controle (A) corresponde a um hectare de floresta nativa, conservada e sem alterações antrópicas, servindo como área testemunha ou área de referência para os experimentos realizados na área de exclusão (B), na qual cerca de aproximadamente, 70% de toda água precipitada sobre ela, no período estudado, é excluída. As duas áreas estão separadas por 50 metros de distância uma da outra, sendo delimitadas por trincheiras de 0,5 m de largura, apresentando profundidades variando entorno de 0,5m a 1,5m para facilitar escoamento da água da chuva. A exclusão da água da chuva na área (B) ocorre através da cobertura da área de estudo com cerca de 6.000 painéis plásticos transparentes, com estrutura de madeira. Estes painéis estão dispostos no formato de um telhado, variando sua altura de 1,5 m nas áreas laterais até 4 m, nas áreas centrais. Com isso a chuva escoar pelos painéis em direção as calhas de madeira, onde é levada, por gravidade, para fora da área B, reduzindo consideravelmente a umidade do solo. Em toda a área existem 25 calhas paralelas, com cerca de 0,3m x 0,3m de largura e profundidade e 100 m de comprimento, dispostas 5m uma, da outra como mostra a figura 20.

Figura 20 - Descrição das áreas A e B na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



3.3.2 Solos das áreas A e B

Essas áreas apresentam, segundo RUIVO et. al (2001), solos classificados como Latossolo Amarelo, bem drenados com cor bruno amarelo. A textura varia de franco arenoso a areia franca, com estrutura forte granular pequena a média, se apresentando como bem drenado. Essas áreas constituem-se predominantemente de caulinita na fração argilosa e quartzo na fração arenosa, apresentando baixos teores de silte, o que é característico de solos intemperizados (RUIVO et al 2001).

Ambas as áreas apresentam teores de carbono orgânico variando de médio a baixo, decaindo gradualmente com a profundidade. A matéria orgânica diminui intensamente com a profundidade no primeiro metro. Apresentam baixos teores de Ca e Mg, comuns aos solos amazônicos, em decorrência da intensa lixiviação que sofrem. Os teores de fósforo disponível são baixos em todas as camadas, apresentando pH variando de 3,9 a 4,5 considerado como extremamente ácido (CUNHA et al 2005).

3.3.3 Espécies Predominantes

Na área A foram encontradas cerca de 84 espécies, sendo as que apresentaram maior frequência foram: *Pouteria decorticans*; *Rinoria guianensis*; *Protium tenuifolium*; *Eschweilera coriácea*; *Swartzia racemosa*; *Licania octandra*; *Vouacapoua*

americana; *Manilkara bidentata* ssp. *Amazônica*; *Tetragastris panamensis*. Essas espécies foram as que apresentaram frequência maior que dez indivíduos e corresponderam a cerca de 52,1 % do número total de 436 indivíduos estudados nesta área, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007.

Na área B, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007, foram identificadas cerca de 153 espécies, onde as com frequência igual ou superior a dez indivíduos foram: *Eschweilera coriácea*; *Lecythis*; *Tetragastris panamensis*; *Manilkara bidentata*; *Xylopia nítida*; *Minquartia guianensis* ; *Protium tenuifolium*; *Swartzia racemosa* ; *Stachyarrhena*; *Pouteria decorticans*. Essas espécies representaram cerca de 31,5% do número total de 489 indivíduos estudados nesta área.

3.3.4 Área Terra Preta

Pequenas áreas com solos de Terra Preta Amazônica (TPA) estendem-se por toda a região amazônica. Dentre suas características mais marcantes destacam-se sua elevada carga de nutrientes e a presença de vestígios das sociedades que habitaram a região no período pré-colonial. Fragmentos de vasos cerâmicos são os mais frequentemente resgatados nestes solos. Os elevados conteúdos de fósforo nas TPA são a muito tempo relatado e estudos recentes mostram que os fragmentos também os contêm (Costa et. al. 2004).

As práticas funerárias e os vegetais utilizados como fonte de matéria-prima para construção das habitações dos povos que habitavam a área tiveram papel relevante para o aumento de matéria orgânica no solo e, conseqüentemente, o seu enriquecimento em cálcio, magnésio, zinco, manganês, fósforo e carbono.

A Figura 21 mostra a área de Terra Preta estudada na Floresta Nacional de Caxiuanã. Este sítio arqueológico é conhecido popularmente de “Manduquinha”, nome este que está relacionado a um antigo morador da área. É uma área de um hectare de terra firme, dividido em 25 sub parcelas de 20m por 20 m, localizada as margens da baía de Caxiuanã, na área de proteção do IBAMA.

Figura 21- Descrição da área Terra Preta em Caxiuanã – PA.



3.3.5 Solo da Área Terra Preta

Segundo CUNHA et. at., (2005), essa área apresenta textura variando de franco arenosa, nos primeiros 5cm a franco argilo arenosa até 50cm, apresentando maiores teores de silte em relação às outras áreas.

Estudos de carbono orgânico realizados por CUNHA et al (2005), mostram valores muito altos de teores de carbono orgânico nas camadas de 0-5 e 10 - 20 cm , correspondente ao solo de terra preta arqueológica. Já na faixa de 20-50, apresentou valor alto, porém não tanto quanto próximo à superfície. Segundo o autor a área apresenta os maiores teores de nitrogênio total nas primeiras camadas, além de uma alta razão carbono / nitrogênio (C/N), explicada pelo cultivo de alguns pomares em períodos anteriores. Os valores de Ca, Mg e P trocáveis são bem mais elevados nesta área quando comparados às demais áreas estudadas, devido a aportes de material pelo homem pré-histórico, principalmente de produtos de origem vegetal e animal, que produzem grande quantidade de matéria orgânica, permanecendo no local e aumentando os teores desses elementos.

O solo da área Terra Preta apresenta valores de pH de nível moderadamente ácidos, em torno de 6,13 diminuindo essa acidez com a profundidade (RUIVO 2001).

A área de Terra Preta apresenta solo com boa drenagem e coloração do solo escurecido, resultado da concentração de substâncias orgânicas depositadas no solo, apresentando altos teores de cálcio, carbono, magnésio, manganês, fósforo e zinco, elementos que tornam o solo com fertilidade diferenciada, quando comparadas a outros solos amazônicos (COSTA e KERN 1999).

3.3.6 Espécies Predominantes

Nessa área encontra-se uma mistura de espécies outrora cultivadas, com espécies de vegetação secundária em regeneração, sobrepondo-se a estas, onde foram observados cerca de 74 espécies diferentes, dentre essas espécies foram verificadas as que apresentavam frequência igual ou superior a dez indivíduos como: *Jacaranda copaia*; *Hevea brasiliensis*; *Spondias mambim*; *Pouteria macrophylla*; *Bertholetia excelsa*; *Acrocomia aculeata*; *Himatanthus sucuuba*; *Margaritaria nobilis*; *Bellucia excelsa*; *Lecythis lúrida*. Essas espécies corresponderam a cerca de 60,2% do total de 664 indivíduos estudados nesta área, segundo inventário realizado pelo Projeto RAINFOR em 2007.

3.3.7 Área Torre

A Figura 22 mostra a área Torre, que corresponde a uma área de um hectare de floresta primária, dividida em 25 sub parcelas de 20m por 20 m, onde fica localizada uma torre de observação micrometeorológica do projeto LBA. Nesta área há menor quantidade de árvores por hectare, porém as mesmas são maiores e apresentam maior concentração de biomassa nos troncos.

Figura 22- Descrição da área Torre na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



3.3.8 Solo da Área Torre

O solo dessa área é classificado por Ruivo (2001), como Latossolo amarelo, moderadamente drenado, cor bruno amarelo escuro a vermelho amarelado, com textura de média a muito argiloso. Possui um horizonte de areia e/ou argila caulínica intercalada com um horizonte laterítico. Esse sítio apresenta maiores teores de argila e silte que os das outras áreas, caracterizando-o como argilo arenoso, tornando-o imperfeitamente drenado. Contudo apresenta maior teor de carbono orgânico e matéria orgânica na superfície que as áreas A e B.

Apresenta pH, nas primeiras camadas, em torno de 3,90, além de baixo teores de N, Ca, Mg e P total, mostrando o que já é característica comum aos solos amazônicos mais intemperizados, em decorrência da intensa lixiviação que sofrem.

Segundo Ruivo (2001), a drenagem deficiente do solo nessa área, aliada a sua textura mais argilosa e a porosidade mais baixa, limita a drenagem interna e o fluxo de nutrientes no interior do perfil do solo.

3.3.8 Espécies Predominantes

Foram verificados cerca de 130 espécies diferentes nesta área, onde as espécies de maior frequência foram: *Rinorea riana*; *Lecythis idatimon*; *Vouacapoua americana*; *Pouteria oppositifolia*; *Licania octandra*; *Crudia indet*; *Eschweilera coriácea*. Essas

espécies corresponderam a cerca de 49,2 % do número total de 431 indivíduos estudados nesta área.

3.4 ESTIMATIVA PARA CADA ÁREA

3.4.1 Produção de biomassa aérea

A Tabela 25, mostra o número de indivíduos, utilizados em cada área para a estimativa de biomassa aérea. Foram selecionadas para as quatro áreas estudadas, através de inventário florestal, indivíduos que apresentavam diâmetros a altura do peito (DAP) iguais ou superiores a 10 cm, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010, sendo que algumas árvores, apesar de apresentarem essas características, ficaram de fora, por não apresentarem leituras de DAP de forma regular.

Tabela 25 – Numero de indivíduos por área estudada.

Área	Número de Indivíduo
A	436
B	489
Torre	331
T. Preta	664

Para as árvores selecionadas, foram implantadas cintas dendométricas e placas identificadoras de alumínio, onde foi feito o monitoramento a cada tres meses, através de paquímetro digitais (instrutemp, 150mm/6” 100.174 BL), com o objetivo de medir o aumento da circunferência a altura do peito (CAP) de cada indivíduo, levando em consideração suas características.

De posse do aumento da circunferência a altura do peito e de um DAP inicial, foram calculados o aumento de DAPs para cada indivíduo através da equação proposta por Silva (1979) representada abaixo:

$DAP = CAP / \pi$, onde:

DAP é o diâmetro a altura do peito;

CAP é a circunferência a altura do peito e,

π = constante igual a 3, 14159.

Após a obtenção dos DAP's, eles foram distribuídos em classes de frequência entre 10 cm a 40 cm e maiores que 40 cm, levando em consideração a metodologia utilizada por Silva et. al. (2006).

O aumento de biomassa aérea foi calculado por método indireto, utilizando duas equações alométricas, sendo uma recomendada especificamente para floresta primária (Brown et. al. 1992) e a outra para vegetação secundária (Nelson et al 1999), especificadas a seguir:

A equação proposta por Brown et. al. (1992) é dada pela seguinte equação:

$$P = 2,297 - 6,95(d) + 0,740(d^2)$$

Onde:

P é a biomassa por árvore (Mg/ha) ;

d é o diâmetro a altura do peito (cm) e

A equação proposta por Nelson et al (1999) é dada pela seguinte fórmula:

$$\ln P = - 1,9968 + 2,4128.\ln (d)$$

Onde:

P é o peso seco da biomassa em (kg);

Ln: logaritmo natural e

d: diâmetro a altura do peito (cm).

3.4.2 Estimativa de Área Basal

Estimou-se a variação de área basal, para cada área, com objetivo de se verificar a perda ou ganho de madeira para cada área no período estudado. Utilizando-se a equação proposta por Silva (1997), onde a área basal é o somatório das áreas transversais dos troncos de todas as árvores contidas no hectare, como expresso na equação abaixo:

$$G = \sum g_i$$

Onde:

G é a área basal por hectare (m^2/ha),

g_i é a área transversal do tronco de cada árvore (m^2)

Para a área transversal (g) da árvore temos:

$$g_i = \pi \text{DAP}^2 / 4 \longrightarrow g_i = \pi (\text{CAP} / \pi)^2 / 4$$

$$g_i = \pi (C^2 / \pi^2) / 4 \therefore g_i = C^2 / 4\pi$$

Logo $g_i = 0,78539 \text{DAP}^2$ ou $g_i = \text{CAP}^2 / 12.56637$ (Silva,. 1997).

Onde:

g_i é a área transversal do tronco de cada árvore (m^2)

DAP é o diâmetro a altura do peito (cm);

CAP é o circunferência a altura do peito.

3.4.3 Dados Meteorológicos

A precipitação pluviométrica foi obtida através da utilização de um pluviógrafo do tipo *CSI Model CS700-L Rain Gage*, com 200 mm de diâmetro de funil e capacidade de “basculante” 100mm/hora instalado em uma torre micro meteorológico de alumínio, com 42 metros de altura. A umidade do solo á superfície foi medida através de um sensor do tipo CS616 (Water Content Reflectometer). Os dados foram armazenados em um sistema de aquisição de dados (*data logger*), *Campbell Scientific modelo CR1000*.

3.4.4 Análise Estatística

Análises de regressão linear foram utilizadas para se avaliar a influência de uma única variável (precipitação pluviométrica ou umidade do solo), na produção de biomassa aérea. Utilizou-se para isso o programa estatístico “r”, para aplicação de medidas de tendência central, medidas de dispersão, correlação linear simples e teste de significância, além de representação gráfica. Também se utilizou para a geração de

gráficos o software Microsoft Excel (2010). Como parâmetro de interpretação do coeficiente de Pearson (r), ou coeficiente de correlação, foi utilizada a metodologia proposta por Shimakura (2006), que estabelece sistema de classificação para este coeficiente, atribuindo valor qualitativo aos valores numéricos de coeficiente encontrado, como mostrado na tabela 26.

Tabela 26 – Tabela de classificação do coeficiente de Pearson.

Valor de (+ OU -)	Interpolação
0.00 a 0.19	correlação muito fraca
0.20 a 0.39	correlação fraca
0.40 a 0.69	correlação moderada
0.70 a 0.89	correlação forte
0.90 a 1.00	correlação muito forte

O coeficiente de Correlação de Pearson foi usado na determinação das correlações entre o ganho de biomassa aérea com as variáveis: precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície, conforme equação descrita abaixo:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

em que:

X é a Precipitação pluviométrica ou umidade do solo à superfície (mm e ou %);

\bar{X} É a média de x ;

Y é a produção trimestral de biomassa aérea (kg);

\bar{y} é a média de y

r = coeficiente de correlação entre a produção de biomassa aérea e a precipitação pluviométrica ou umidade do solo à superfície.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 27 apresenta a distribuição mensal da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície nas quatro áreas no período estudado. Notou-se uma tendência de correlação direta de nível fraco entre os dois parâmetros estudados, onde os maiores valores de umidade do solo à superfície são observados no período chuvoso da região, ocorrendo o inverso para o período seco, com exceção da área de Terra Preta que não apresentou correlação significativa entre os parâmetros. Esse fato pode ter ocorrido devido esta área apresentar-se mais distante do ponto de coleta de chuva, além de está localizada às margens da Baía de Caxiuanã, onde a precipitação pode se dá de maneira diferenciada, devido o efeito de brisas.

Tabela 27- Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

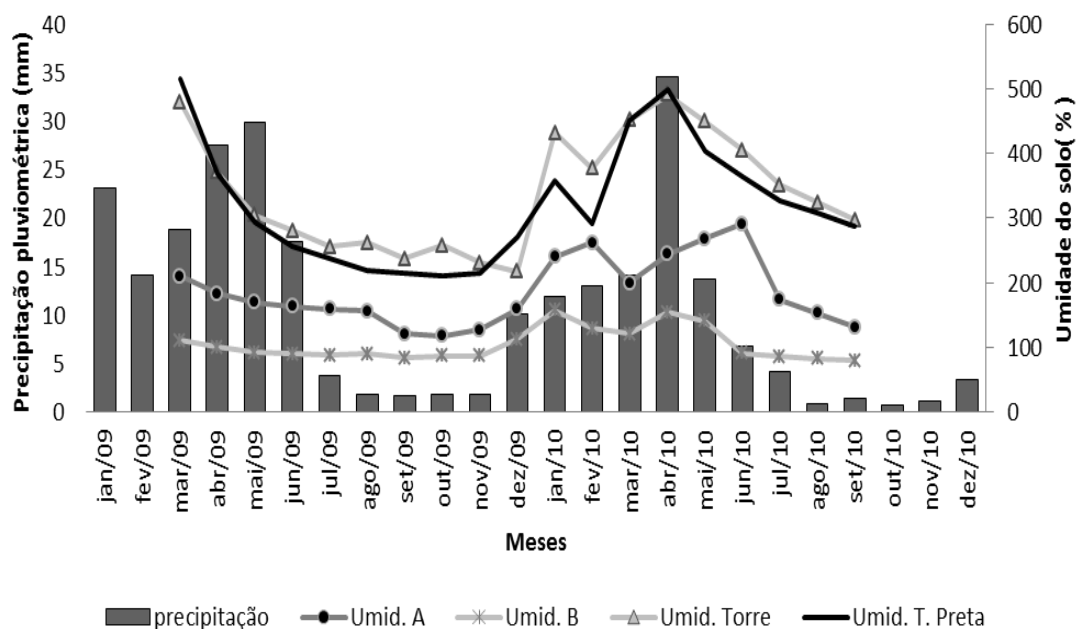
Área	P	r	Correlação
A	0,06	0,19	Fraca
B	0,01	0,28	Fraca
Torre	0,01	0,30	Fraca
Terra Preta	0,83	0,00	S/C*

*S/C – sem correlação.

A Figura 23 apresenta a distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. observou-se um maior volume de chuvas no ano de 2009, com valor de 2.281,3 mm, próximo a normal climatológica da região que é em torno de 2011,2 mm. O ano de 2010 apresentou um volume de 1.586,8 mm, abaixo da normal climatológica, mostrando uma redução no volume dede chuva de cerca de 30,4% com relação ao ano anterior. Esse fato se deve ao fenômeno EL NIÑO, que é um fenômeno de escala global que tende a inibir as chuvas na região amazônica. Esse fenômeno apesar de ter sido detectado em 2009 só foi sentido seus efeitos em 2010. O ano de 2009 apresentou características próximas à normalidade climatológica da região, onde o período chuvoso estendeu-se de janeiro a maio, apresentando junho e julho como período de transição e o período menos chuvoso ocorrendo de agosto a dezembro. O

ano de 2010 apresentou maior irregularidade, com volume menor de chuvas principalmente no período chuvoso da região, com exceção do mês de abril.

Figura 23 - Distribuição da precipitação pluviométrica relacionada com a umidade do solo à superfície no período de 2009 a 2010, nas quatro áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.



Os maiores valores de umidade do solo à superfície foram observados na área Torre, seguido da área de Terra Preta, área A e área B.

Esses valores mais elevados de umidade do solo à superfície observados nas áreas Torre e Terra preta, estão relacionados às características da textura do solo dessas áreas, a qual se apresenta com alto teor de argila (ANEXO I), quando comparado às áreas A e B, tornando ineficiente a drenagem da água das chuvas.

As áreas A e B apresentaram valores menores de umidade do solo à superfície, devido à textura de seu solo, onde se apresenta com maior teores de areia grossa e fina (ANEXO I), facilitando com isso a drenagem do terreno. Notou-se ainda para a área B, que além da facilidade de drenagem dessa área, houve pouca variação desse parâmetro durante o período nessa área, devido o controle da entrada de água no solo pelos painéis do Projeto ESECAFLOR.

Os valores estatísticos da distribuição de precipitação pluviométrica e umidade do solo à superfície para as quatro áreas no período estudado estão dispostos na tabela 28.

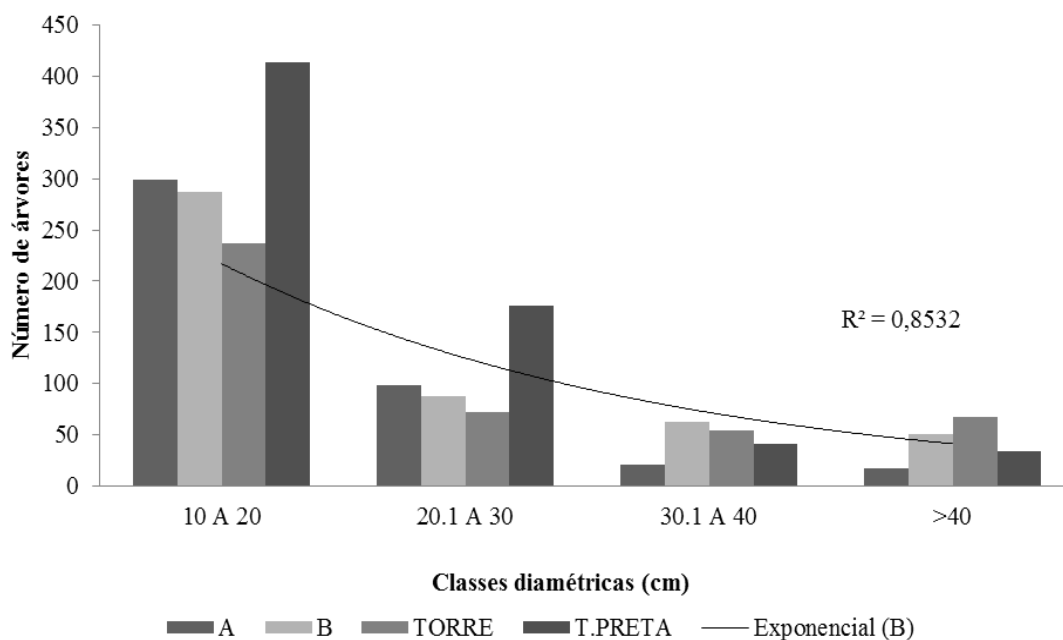
Tabela 28 - Valores estatísticos para correlação simples entre a precipitação pluviométrica e a umidade do solo á superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

2009						
Áreas	PRP (mm)			Umid do Solo		
	Mínimo	Máximo	Total	Mínimo	Máximo	Média
A	26,2	448,8	2.281,3	7,9	14,0	10,5
B	-	-	-	5,6	7,5	6,3
Torre	-	-	-	14,5	32,0	19,3
T. Preta	-	-	-	14,0	34,3	18,7

2010						
Áreas	PRP (mm)			Umid do Solo		
	Mínimo	Máximo	Total	Mínimo	Máximo	Média
A	12,4	518,0	1.586,8	8,8	19,4	14,6
B	-	-	-	5,3	10,5	7,7
Torre	-	-	-	19,8	32,7	26,5
T. Preta	-	-	-	19,2	33,3	24,4

A distribuição de classes de DAP das árvores para todas as áreas de estudo, mostrou-se com uma linha de tendência exponencial com $r^2 = 0,85$ em que a maiorias das árvores estão contidas na classe entre 10 cm a 20 cm de DAP, seguidas da classe de 20.1 cm a 30 cm. A classe de 30.1cm a 40 cm apresenta números bem reduzidos de indivíduos, assim como na classe acima de 40 cm, porém há um destaque para a área Torre, que apresenta número considerável de indivíduos nessas ultimas classes. No geral a distribuição mostrou-se no formato de “J” invertido, como mostra a Figura 24.

Figura 24 - Distribuição diamétrica das árvores (cm), nas quatro áreas da Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.



A Tabela 29 apresenta a distribuição percentual do diâmetro a altura do peito (DAP). A área A, apresentou os maiores percentuais na primeira classe diamétrica (10 cm a 20 cm), em torno de 69% dos indivíduos contido nessa área. Na segunda classe diamétrica (20.1cm a 30cm), notou-se a ocorrência de 22% do total de indivíduos. Para as duas últimas classes, os indivíduos contidos representaram 9% do total para essa área.

A área B apresentou 59% dos indivíduos totais com diâmetros a altura do peito (DAP), ente 10 cm a 20 cm, 18% dos indivíduos total apresentavam-se com DAP na segunda classe de distribuição (20.1 cm a 30 cm). Contudo, as duas ultimas classes mostraram valores percentuais bem relevantes com 23% do número total de indivíduos contidos nesta área.

Para a área Torre a distribuição percentual apresentou-se da seguinte forma: A primeira classe englobou 55% dos indivíduos contidos nessa área, o que corresponde ao menor valor percentual observado dentre as áreas estudadas para essa classe. Para a segunda classe apenas 17% do número total dos indivíduos foram verificados, representando o menor valor percentual para essa classe dentre as áreas estudadas, contudo, essa área mostrou maior valor relativo dentre todas as áreas, nas ultimas classes, com 29% do número total de indivíduos, revelando que essa área apresenta um número considerável de indivíduos com DAP superior aos 30 cm.

A área Terra Preta mostrou 89% das árvores contidas nessa área nas duas primeiras classes de distribuição de DAP, o que é natural por se tratar de uma floresta em recuperação. Para as duas últimas classes de distribuição de DAP, apenas 11% do total de indivíduos foram observados.

Tabela 29 – Dados estatísticos da distribuição percentual de diâmetro a altura do peito (DAP) nas áreas estudadas no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

Classe (cm)	Área			
	A	B	Torre	T. Preta
10 A 20	69%	59%	55%	62%
20,1 A 30	22%	18%	17%	27%
30,1 A 40	5%	13%	13%	6%
>40	4%	10%	16%	5%

Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Löetsch et. al. (1973), Pinto et.al. (2003), Souza (2004) e Paula et al, (2009), onde a distribuição diamétrica apresentado na forma de “J” invertido retrata a situação normal verificada em florestas tropicais naturais e em condições pós-exploratórias, onde a maior concentração de indivíduos é verificada nas classes mais baixas de DAP, enquanto indivíduos com diâmetros maiores estão presentes em número cada vez mais reduzido.

A Tabela 30 apresenta a produção anual de biomassa aérea no período estudado nas quatro áreas, estimada pela equação de Brown na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA. Observou-se que a área B foi a que apresentou maiores valores relativos de ganho de biomassa. Esse maior valor de ganho de biomassa observado para essa área pode está relacionado ao grande período de exclusão hídrica a qual ela foi submetida, ocorrendo com isso o aumento no índice de mortalidade de indivíduos, ocasionando com isso o aparecimento do número de clareiras, permitindo a melhor penetração da radiação solar no interior da área e com isso, facilitando os processos fotossintéticos dos indivíduos remanescentes desta área. Embora tenha mostrado os maiores valores de ganho de biomassa para o período estudado, ficou muito evidente que esta parcela sofreu influência significativa da redução de chuvas, provocada pela Fenômeno EL NIÑO em

2010, intensificando a redução no ganho de biomassa, ficando em aproximadamente 34% entre 2009 e 2010.

A área A não apresentou variação significativa na produção de biomassa entre os anos estudados, sendo registrado um ganho positivo em 2010 de aproximadamente 15% com relação a 2009. Embora a área A apresente características químicas e físicas do solo semelhantes à área B (ANEXO I), o resultado diferente de ganho de biomassa aérea, pode ser justificado devido à área A, está em condições normais e não submetida a stress hídrico forçado. Outro fator importante, é que nessa área 91% dos indivíduos estão contidos nas primeiras camadas de DAP's, ou seja, entre 10 cm a 30 cm, correspondendo a uma dinâmica de crescimento diferente da área B que apresenta nessa faixa de DAP, apenas 76 % dos indivíduos.

A área Torre apresentou os menores valores na produção anual de biomassa aérea das quatro áreas estudadas no período, sendo registrado uma variação positiva de aproximadamente 32% entre 2009 e 2010. Os menores valores de ganho de biomassa registrados por essa área podem está relacionados com o grande índice de indivíduos com DAP acima dos 30 cm, pois quanto maior o tamanho do indivíduo mais lento o seu metabolismo. Outro fator importante é o solo, que apresenta maiores teores de argila, silte, dificultando a drenagem do terreno. Essa área também apresenta uma boa quantidades de carbono orgânico e matéria orgânica na superfície, que são elementos fundamentais para o crescimento das plantas, contudo, essa área é possui em seu solo características de baixo teor de N, Ca, Mg e P total (ANEXO I), mostrando-se bastante intemperizado, em decorrência da lixiviação que sofre.

A área de Terra Preta apresentou variação significativa na produção de biomassa no período entre 2009 e 2010. Nesse período houve um incremento positivo de biomassa de aproximadamente 63%, ou seja, $1,00 \text{ Mg. ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Esses valores estão relacionados com a intensa dinâmica da floresta secundária e pela diferença entre as espécies dominantes, onde 91% dos indivíduos estão contidos nas primeiras classes de DAP's. Outro fator importante a ser citado, é a presença no solo de grandes quantidades de nitrogênio total nas primeiras camadas, além de elevados teores de nutrientes no solo ligados diretamente ao desenvolvimento dos vegetais como; Ca, Mg e P trocáveis, além de maior quantidade de matéria orgânica, quando comparados com as demais áreas (ANEXO I).

CHAGAS et. al (2012), analisando os impactos da redução pluviométrica na biomassa aérea da Floresta Amazônica, observou valores de ganho de biomassa anual muito próximos ao encontrado neste estudo.

Tabela 30 - Produção anual de biomassa aérea (Mg/ha/ano), no período de 2009 e 2010, nas quatro áreas, estimadas pela equação de Brown na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

ÁREA	A	B	Torre	T. Preta
2009	1,29	3,05	0,31	0,65
2010	1,53	2,02	0,44	1,67

A Tabela 31 apresenta o ganho anual de biomassa aérea nas quatro áreas no período estudado, estimado pela equação de Nelson. Observou-se que para o período estudado a área B apresentou os maiores valores relativos de ganho de biomassa, semelhantemente a estimativa calculada pela equação anterior, contudo o ano de 2009 mostrou-se com valores mais elevados na produção do que em 2010, ocorrendo uma perda de biomassa aérea nesse período de aproximadamente 65%. Esses resultados mostram tendências semelhantes no cálculo de biomassa entre as duas equações, porém a equação de Nelson mostrar uma perda muito superior para esta área, manifestando uma influência ainda maior no crescimento de biomassa, com a redução das chuvas em 2010, ocasionada pelo fenômeno ELNIÑO. O alto valor e a elevada perda de biomassa aérea entre os períodos podem ser explicados por fatores já citados anteriormente.

A área A apresentou uma variação positiva na produção de biomassa aérea entre 2009 e 2010 da ordem de 53%, seguindo a mesma tendência da estimativa feita pela equação de Brown. Essa variação positiva está ligado diretamente ao nível de desenvolvimento dos indivíduos dessa área, onde apresenta 91% dos indivíduos em estágio inicial de desenvolvimento.

A área Torre apresentou o menor valor relativo no ganho anual de biomassa aérea dentre as quatro áreas estudadas para o ano de 2009, contudo mostrou um ganho significativo em 2010, apresentando um aumento de aproximadamente 75%. Esse resultado mostra uma super estimativa de ganho de biomassa aérea quando comparada a estimativa observada pela equação de Brown, contudo tende se levar em consideração que a equação de Nelson é preferencialmente utilizada para áreas em estágios de

desenvolvimento inicial, como áreas de florestas secundárias ou em recuperação, o que não é o caso dessa área.

A área de Terra Preta apresentou variação significativa na produção de biomassa aérea no período de 2009 a 2010, ocorrendo um incremento positivo de biomassa aérea nesse período de aproximadamente 54%. Esses valores encontrados mostraram ser bastante semelhantes aos encontrados pela estimativa de Brown.

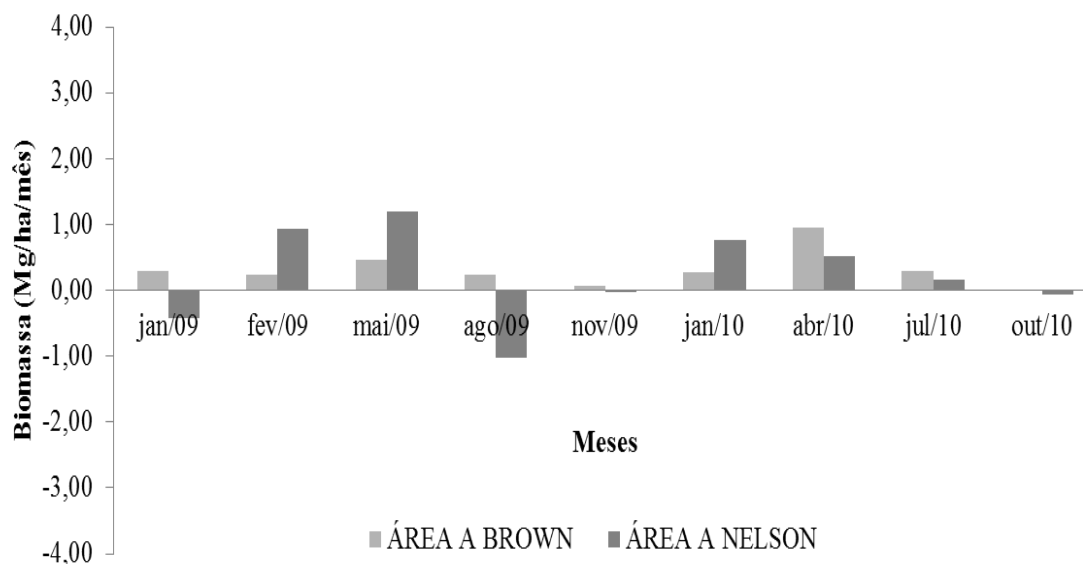
Tabela 31 - Produção anual de biomassa aérea (Mg/ha/ano), no período de 2009 e 2010, nas quatro áreas, estimadas pela equação de Nelson na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

ÁREA	A	B	Torre	T. Preta
2009	0,65	6,20	0,43	0,64
2010	1,38	2,18	1,70	1,38

A Figura 25 apresenta a distribuição do ganho de biomassa aérea, no período de coleta de dados na área A, estimada pelas equações de Brown e Nelson. Notou-se para esta área que a produção de biomassa aérea estimada pelas equações de Brown e Nelson, tendeu a acompanhar o regime de chuvas do período estudado, mostrando os maiores valores nos meses de maior volume de chuvas da região (maio de 2009 e abril de 2010), porém os meses menos chuvosos apresentaram diminuição na produção de biomassa aérea, ficando mais evidenciado, na biomassa estimada pela equação de Nelson, onde se mostrou de uma forma irregular na distribuição.

Para esta área não se pode observar, a influencia da diminuição do volume de chuvas no ano de 2010, na produção de biomassa aérea.

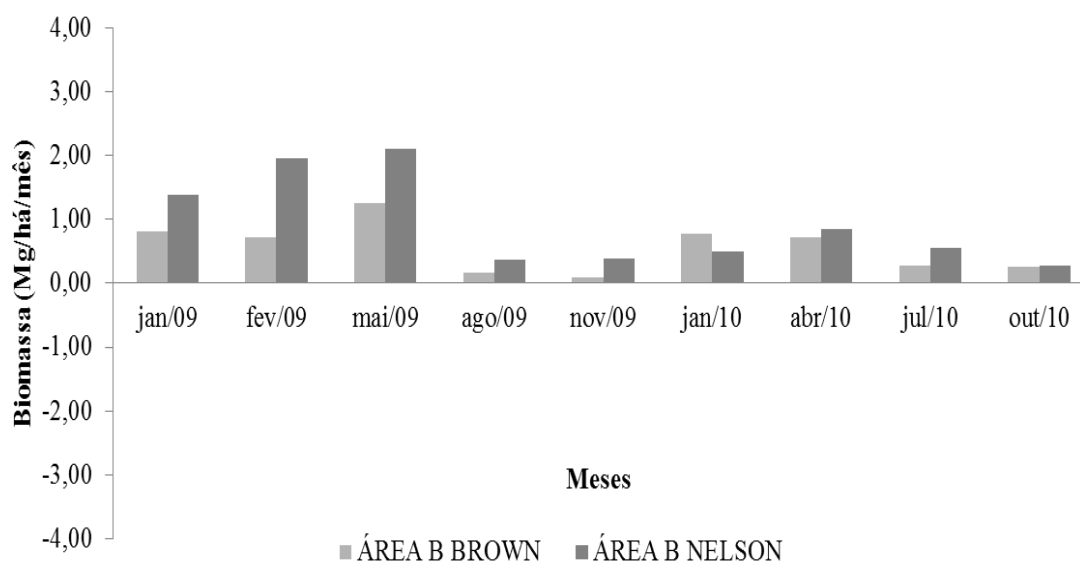
Figura 25 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área A, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 e 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.



A Figura 26 apresenta a distribuição da produção relativa de biomassa aérea na área B, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período estudado. Observou-se que para as duas estimativas, a distribuição acompanhou o regime de chuvas da região, mostrando os maiores valores de produção no período chuvoso e os menores valores no período menos chuvoso da região. Para a estimativa feita pela equação de Nelson apresentou, em média, os maiores valores relativo de biomassa com relação à estimativa de Brown.

Apesar da proximidade e semelhança entre as áreas A e B, a área A apresentou menor produção de biomassa aérea estimada pelas duas equações, com relação a área B. Isso pode ter ocorrido devido a maior dificuldade de penetração da radiação solar no interior da área, inibindo assim os processos fotossintéticos no seu interior.

Figura 26 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área B, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.

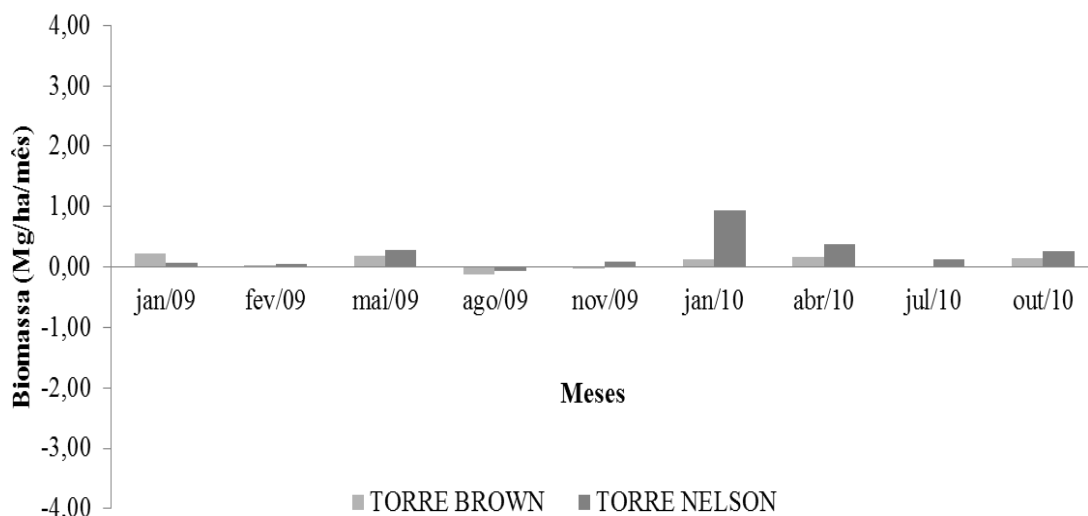


A Figura 27 exibe a distribuição da produção de biomassa aérea na área Torre, estimada pelas equações de Brown e Nelson. Verificou-se que essa área apresentou os menores valores de produção relativa de biomassa aérea, quando comparados às outras áreas. Isso pode ter ocorrido devido essa área apresentar o menor percentual de indivíduos por hectare, além de conter o menor percentual de indivíduos lotados nas primeiras fases de desenvolvimento, ou seja, essa área apresenta o maior percentual de árvores acima de 30cm, quando comparada às outras, mostrando com isso, um comportamento diferenciado de crescimento, apresentando metabolismo mais lento. Outro fator importante é a textura do solo dessa área, que apresenta teores elevados de argila, que dificultando a penetração da água para o interior do solo e absorção pelo vegetal.

Notou-se também que a produção de biomassa aérea estimada pelas duas equações não acompanhou o regime pluvial do período estudado de maneira clara.

Para esta área a equação de Nelson tendeu a superestimar o ganho de biomassa, quando comparado com a estimativa pela equação de Brown.

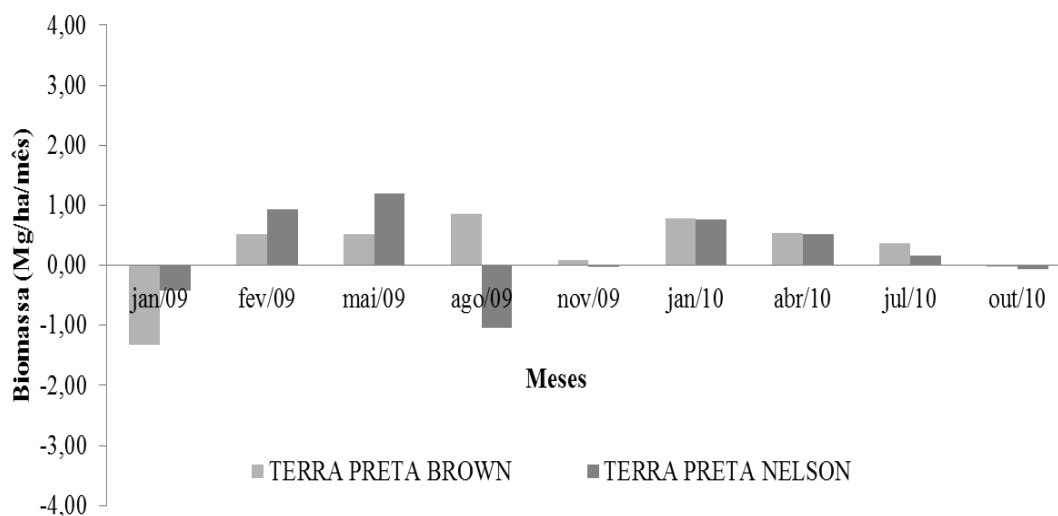
Figura 27 - Distribuição média da produção de biomassa aérea na área Torre, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 e 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã –PA.



A Figura 28 expõe a distribuição da produção de biomassa aérea na área Terra Preta, estimada pelas equações de Brown e Nelson. Observou-se que essa área apresentou comportamento na produção de biomassa aérea diferenciado em relação às outras áreas, mostrando um comportamento irregular, principalmente a estimativa feita pela equação de Brown no ano de 2009, o que é perfeitamente justificado por se tratar de uma equação utilizada preferencialmente em áreas de florestas primárias. Com relação à sazonalidade da precipitação, a estimativa de Nelson mostrou-se com maior tendência a acompanhá-la, com os maiores valores sendo apresentado no período chuvoso da região e os menores no período menos chuvoso. Esse comportamento na produção de biomassa, pode ser explicado pela dinâmica diferenciada no desenvolvimento nesta área de floresta secundária, uma vez que 91% de seus indivíduos, encontra-se em fase primária de desenvolvimento, alocando muita energia para funções fenológicas intensas como a produção de raízes, galhos, folhas etc. (Clutter., et al. 1983).

O ano de 2010 apresentou menores valores na produção de biomassa, além de mostrar maior regularidade na produção da mesma, o que pode estar relacionada à diminuição de cerca de 30,4% do volume de chuvas com relação ao ano anterior, influenciado pelos efeitos do fenômeno EL NIÑO.

Figura 28-Distribuição média da produção de biomassa aérea na área Terra Preta, estimada pelas equações de Brown e Nelson no período de 2009 e 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã – PA.



A Tabela 32 apresenta os dados estatísticos da produção de biomassa aérea nas quatro áreas estudadas. Encontrou-se para as duas estimativas os maiores valores médios de produção para a área B, onde esse produção se deu de maneira bem variável proporcionando grandes amplitudes. Isso pode está relacionada a essa área possuir um grande número de clareiras, originadas pela grande quantidade de indivíduos mortos, no início do projeto ESECAFLOR, o que favorece a entrada de radiação fotosinteticamente ativa, proporcionando maior desenvolvimento dos indivíduos.

A área Torre apresentou o menor valor médio na produção de serapilheira para a estimativa de Brown, contudo para a estimativa de Nelson sua produção média se assemelhou a produção das áreas A e Terra Preta, inclusive aumentando suas amplitudes de produção.

As áreas A e Terra Preta apresentaram Grandes variações na produção de serapilheira, mostrando valores elevados de amplitude. Em termos médio, a produção de serapilheira para essas duas áreas se assemelharam bastante, uma vez que ambas as áreas apresentam grande quantidade de indivíduos em estágio primário de desenvolvimento (91%).

Tabela 32 – Dados estatísticos da produção de biomassa aérea (Mg/ha/mês), estimado pela equações de Brown e Nelson, nas quatro áreas estudadas no período de 2009 a 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA.

ÁREA	Brown				Nelson			
	A	B	Torre	T. Preta	A	B	Torre	T.Preta
Máximo	0,95	1,26	0,23	0,86	1,19	2,11	0,94	1,19
Mínimo	0,01	0,10	-0,13	-1,33	-1,03	0,27	-0,06	-1,03
Média	0,31	0,56	0,08	0,26	0,23	0,93	0,24	0,22
Desv.Padrão	0,27	0,38	0,12	0,66	0,70	0,71	0,30	0,70
Desv.Médio	0,18	0,32	0,10	0,45	0,56	0,59	0,20	0,56

A Figura 29 mostra a variação da área basal nas quatro áreas experimentais, no período de dezembro de 2008 a outubro de 2010. A área A apresentou uma área basal média de aproximadamente $17,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, apresentando variação razoável no decorrer do período, com desvio padrão de $\pm 1,60 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. O valor verificado em dezembro de 2008 de área basal foi entorno de $20,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, contudo em outubro de 2010 foi verificado o valor de $14,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, o que corresponde a um decréscimo de $6,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, 28,2%. Apesar do decréscimo significativo no período total no início de 2009 e no período seco de 2010 essa variação foi bem mais acentuada.

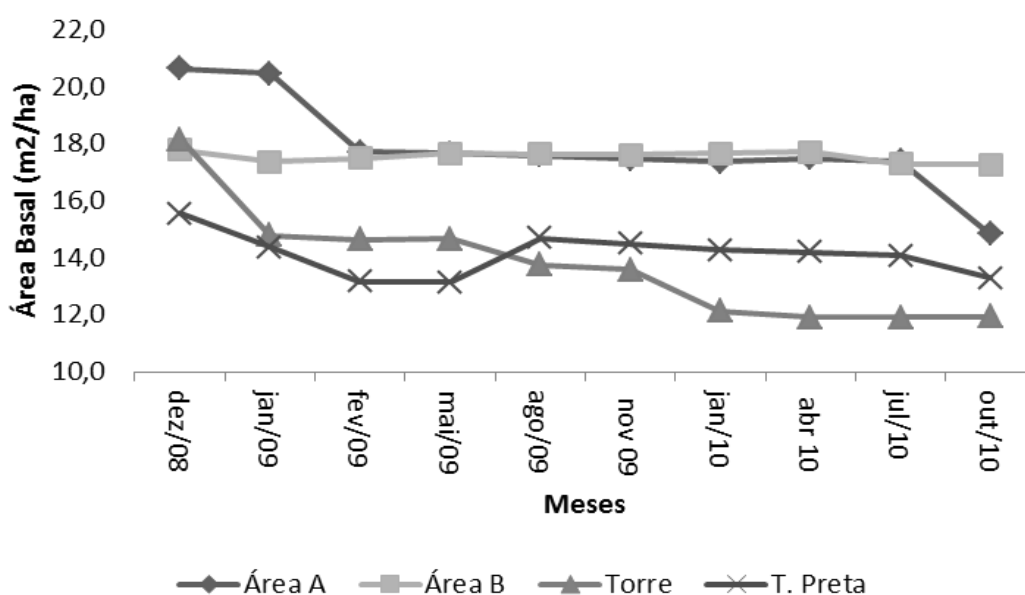
A área B mostrou área basal média para o período entorno de $17,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, apresentando pouca variação no decorrer do período na área basal, com desvio padrão de $\pm 0,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. O valor de área basal observado em dezembro de 2008 foi de cerca de $17,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e o valor em outubro de 2010 foi de $17,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, o que corresponde a um decréscimo de $0,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, de 2,81%. Essa pouca variação pode ser explicado devido o grande período em que essa parcela é submetida à exclusão de água, onde no início do processo houve uma perda de área basal significativa, contudo atualmente essa área pode está passando por uma adaptação, para manutenção dos indivíduos.

A área torre apresentou valor médio de área basal de $13,7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, apresentando no decorrer do período uma variação bem significativa, com desvio padrão em torno de $\pm 1,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Essa alta variação pode ser explicada devido à mesma apresentar uma

grande quantidade de seus indivíduos contidos na classe de DAP superior a 30cm, cerca de 30%, pois quando ocorre à morte e queda de um desses indivíduos, o mesmo leva consigo outros indivíduos menores totalizando uma perda muito alta na área basal. O valor observado em dezembro de 2008 foi de $18,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e o valor em out de 2010 foi de $11,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, o que corresponde a uma perda de área basal de $6,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, de cerca de 34,3%.

A área Terra Preta apresentou área basal média para o período estudado de $14,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, onde o desvio padrão foi de $\pm 0,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Essa área apresentou-se com o menor valor médio de área basal, porém mostrou-se com variação significativa, o que é compreensível por se tratar de uma área em regeneração, que apresenta a maioria dos indivíduos com valor de DAP entre 10cm e 20 cm, além da diferença de espécies com relação às outras áreas. O valor de área basal observado em dezembro de 2008 para essa área foi de $15,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e em outubro de 2010 foi de $13,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, correspondendo a um decréscimo de $2,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, ou seja, de cerca de 14,2% da sua área.

Figura 29 – Distribuição da perda de área basal no período de dezembro de 2008 a outubro de 2010 para as áreas estudadas na Floresta Nacional de Caxiuana – PA.



A Tabela 33 mostra as correlações aplicadas a produção média de biomassa aérea, estimada pelas equações de Brown e Nelson, nas quatro áreas estudadas, com a precipitação pluviométrica. Para a estimativa de Brown as áreas A, B e Torre apresentaram correlações diretas e significativas, de nível moderado para os parâmetros estudados, para valores de significância igual a $P < 0,05$, mostrando que no período mais chuvoso da região há um ganho maior de biomassa, ocorrendo o inverso no

período menos chuvoso, onde 67%, 65% e 51% das variações da produção de biomassa nessas aéreas, poderia ser explicadas pela variação na precipitação pluviométrica das áreas A, B e Torre, respectivamente.

A área Terra Preta não apresentou correlações significativas entre os dois parâmetros estudados, o que pode ser explicado pela maior dinâmica na produção, apresentando maiores variações no incremento. Outra explicação seria de que a estimativa de Brown não apresenta valores confiáveis para áreas de florestas em recuperação.

Para a estimativa de Nelson, observou-se que a área Terra Preta apresentou uma correlação direta, significativa, de nível moderado para os parâmetros estudados, com valor de significância de $P < 0,05$, mostrando que 49% das variações na produção de biomassa aérea nessa área pode ser explicadas pela variação da precipitação pluviométrica.

Para as demais, foram verificadas correlações muito fracas entre os parâmetros estudados, com valores de significância (P) pouco expressivos, mostrando que 28%, 23% e 26% das variações na produção de biomassa aérea seriam explicados pela variação da precipitação pluviométrica nas áreas A, B e Torre, respectivamente. Esse resultado pode estar relacionado à estimativa de Nelson ter sido direcionada prioritariamente a florestas secundárias, como o caso da área de Terra Preta.

Tabela 33 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção média de biomassa aérea, estimada pela equação Brown, nas quatro áreas estudadas com a precipitação pluviométrica média mensal na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

Área	Brown				Nelson			
	A	B	Torre	T. Preta	A	B	Torre	T.Preta
P	0,01	0,01	0,03	0,85	0,14	0,19	0,17	0,03
R	0,67	0,65	0,51	0,05	0,28	0,23	0,26	0,49
Correlação	Moderada	Moderada	Moderada	*S/C	Bem fraca	Bem fraca	Bem fraca	Moderada

*S/C – sem correlação.

Costa et. al. (2010), estudando o crescimento de biomassa aérea e de raízes em áreas de clareiras reflorestadas e floresta natural adjacentes na base petrolífera geólogo “Pedro de Moura” em Urucu, município de Cuari, AM, Encontrou fortes relações no ganho de biomassa aérea com a precipitação pluviométrica, semelhantes à encontrada neste estudo.

A Tabela 34 mostra às correlações aplicadas a produção de biomassa aérea, estimada pelas equações de Brown e Nelson nas quatro áreas estudadas, com a umidade do solo a superfície. Para a estimativa de Brown, observou-se que apenas a área A apresentou correlação significativa, direta de nível moderado para os parâmetros estudados. O valor de significância foi de $P = 0,05$, mostrando que 44% das variações na produção de biomassa aérea nessa área podem ser explicadas pela variação da umidade do solo a superfície.

Nas demais áreas os valores de significância foram pouco expressivos, onde praticamente não foram observadas correlações significativas entre os parâmetros estudados.

Para a estimativa de Nelson, observou-se que a área A e a área de Terra Preta apresentaram correlações significativas, diretas de nível moderado para os parâmetros estudados, com valores de significância $P < 0,05$, mostrando que 44% e 61% das variações na produção de biomassa aérea das áreas A e Terra Preta respectivamente, podem ser explicados pela variação da umidade do solo a superfície nas respectivas áreas. Essas significativas correlações existente nessas áreas podem ter ocorrido devido a maior dinâmica na produção de biomassa aérea existente nessas áreas, as quais apresentam cerca de 91% dos indivíduos nas primeiras classes de desenvolvimento, ou seja, com alto poder de metabolismo, uma vez que a equação de Nelson é direcionada preferencialmente a áreas de florestas em regeneração ou florestas secundárias.

As áreas Torre e B não apresentaram correlação significativa entre os dois parâmetros estudados, onde a pouca variação na produção da área torre, devido às características do solo e maturidade da floresta (indivíduos acima dos 30 cm de DAP), pode está explicando essa não correlação. Para a área B, a não relação pode está relacionado com a exclusão forçada da precipitação pluviométrica e a diminuição de água ao solo, tornando a umidade do solo à superfície nessa área com pouca variação.

Estudos como de SILVA (2008), estimando o incremento de biomassa aérea influenciado por deficiência de água no solo, encontraram resultados diferentes para as áreas do projeto ESECAFLOR, contudo o autor salienta que a disponibilidade hídrica do solo é de fundamental importância no sentido do crescimento das florestas tropicais chuvosas na Amazônia, onde a redução na disponibilidade hídrica para a floresta poderá implicar na redução das taxas de crescimento.

Tabela 34 - Valores estatísticos para correlação simples entre a produção média de biomassa aérea, estimadas pelas equações de Brown e Nelson nas quatro áreas estudadas com a umidade do solo a superfície na Floresta Nacional de Caxiuanã - PA.

ÁREA	Brown				Nelson			
	A	B	Torre	T. Preta	A	B	Torre	T.Preta
P	0,05	0,37	0,67	0,95	0,05	0,63	0,10	0,01
r	0,44	0,12	0,03	0	0,44	0,03	0,34	0,56
Correlação	Moderada	*S/C	*S/C	*S/C	Moderada	*S/C	*S/C	Moderada

*S/C – sem correlação.

3.6 CONCLUSÕES

A distribuição diamétrica das árvores apresentou forma de “J” invertido em todas as áreas estudadas.

A produção de biomassa aérea variou de forma distinta entre as áreas, onde os maiores valores de produção anual de biomassa aérea foram observados na área B, seguido da área A, Terra Preta e Torre, respectivamente.

A área Terra Preta apresentou maior irregularidades na produção de biomassa aérea dentre as áreas estudadas.

A área Torre apresentou os menores valores de ganho de biomassa aérea dentre as áreas estudadas.

A produção anual de biomassa aérea tendeu a acompanhar a sazonalidade das chuvas da região, mostrando maiores produções no período chuvoso e menores no período menos chuvoso.

A utilização da equação de Nelson superestimou a produção de biomassa aérea em todas as áreas estudadas, contudo essa estimativa acompanhou a mesma tendência da estimativa calculada pela equação de Brown..

A precipitação pluviométrica foi o parâmetro que mais se correlacionou com a produção de biomassa aérea quando estimadas pelas duas equações.

A composição de espécies vegetais dominantes de cada área, o déficit hídrico, a diversidade das espécies e as características do solo de cada área influenciaram significativamente na produção de biomassa aérea.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.S.; LISBOA, P.L.B.; SILVA, A.S.L. 1993. Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, série botânica*, Belém, v.9, n.1, p.99-105.
- AREVALO, A. L.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. Colono, PR: EMBRAPA, 2002.
- BAKER, T. R., SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.6, n.21–36, 2003.
- Baker, T. R. *et al.* Increasing biomass in Amazonian forest plots, *Philos. T. Roy. Soc. B*, 359, 353–365, 2004a.
- Baker, T. R. *et al.*: Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. **Global Change Biol.**, v.10, 545–562, 2004b.
- Baker, T. R. *et al.*: Do species traits determine patterns of wood production in Amazonian forests?, **Biogeosciences**, 6, 297–307, 2009. Disponível em: <<http://www.biogeosciences.net/6/297/2009/>>.
- COSTA, A. C.L; PORTELA, B. T.T. Crescimento de biomassa aérea e de raízes em áreas de clareiras reflorestadas e floresta natural adjacentes na base petrolífera geólogo ‘Pedro de Moura’ em Urucu, município de Coari, AM. III Reunião da Rede CT-PETRO Amazônia-Manaus, p.4 – 5 2010.
- COSTA, M. L. da, KERN, D. C.; PINTO, A. H. E.; SOUZA, J. R. T. The ceramic artifacts in Archaeological black earth (Terra Preta) form Lower Amazon Region, Brazil: chemistry and geochemical evolution. **Acta Amazônica**. , v.34, p.375 - 386, 2004a.
- COSTA, A. C. L. *et al.* Efeito da exclusão de água da chuva no solo sobre a variabilidade mensal da biomassa em floresta tropical chuvosa na Amazônia Oriental - Projeto ESECAFLOR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.
- COSTA, M.L., KERN, D. C. Geochemical signatures of tropical with archaeological black earth in Amazon, Brazil. **Jornal of Geochemical Exploration**, v. 66, p369-385, 1999.
- CHAGAS,G.F.B. *et al.* impacto da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v16, p72 - 79, 2012.
- Chave, J., Andalo, C. *et al.* **Gestão florestal**: uma abordagem quantitativa. New York: JohnWiley. 1983, 333p.

COSTA, R. Ferreira da. *et al.* Projeto LBA/Esecaflor em Caxiuanã: características, atividades e resultados. In: SEMINÁRIO DE 10 ANOS DE ATIVIDADES DA ESTAÇÃO CIENTÍFICA FERREIRA PENNA, Caxiuanã, Pará. **Anais...** Caxiuanã, Pará, 2003.

HOUGHTON, R.A. *et al.* Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, n. 403, p. 301-304 (2000).

MONITORAMENTO da floresta Amazônica brasileira por satélite 2000-2001. [s.l.]: Ministério da Ciência e Tecnologia; INPE, 2002. 21p.

L. O. Anderson. Influence of landscape heterogeneity on spatial patterns of wood productivity, wood specific density and above ground biomass in Amazonia. **Biogeosciences**, 6, 1883–1902, 2009. Disponível em: <<http://www.biogeosciences.net/6/1883/2009/>>.

LÖETSCH, F. ; ZÖHRER, F. ; HALLER. K. E. Florest Inventory. BLV, München , 1973, v. 2. 469p.

MALHI, Y. *et al.* An international network to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR), **J. Veg. Sci.**, v.13, p. 439–450, 2002.

MALHI, Y. *et al.* The above-ground wood productivity and net primary productivity of 100 Neotropical forests, **Global Change Biol.**, v.10, p. 563–591, 2004.

MALHI, Y. *et al.* Regional variation of above-ground live biomass in old-growth Amazonian forests, **Global Change Biol.**, v.12, p. 1–32, 2006.

Mercado, L. M. *et al.* Model calibration, evaluation and upscaling functions for canopy photosynthesis, **Biogeosciences**, v.6, p. 1247–1272, 2009. Disponível em: <<http://www.biogeosciences.net/6/1247/2009/>>.

MORAES, J.C. *et al.* Estudos Hidrometeorológicos na Bacia do Rio Caxiuanã. In: Lisboa, P. L. B. (Org). Belém: Cnpq/Museu Paraense Emílio Goeldi, p.85-95, 1997.

MURILLO, M.A. 1997. Almacenamiento y fijación de Carbono en ecosistemas forestales. **Revista Forestal Centroamericana**, v. 6, n. 19, p. 9-12.

NETO,G.F.C. *et al.* Relação entre produção total de liteira e umidade do solo em uma floresta tropical chuvosa no Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011. Anais... Guarapari-ES, 2011.

N. Higuchi; SANTOS,J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.: BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**. v.28, n.2, p. 153 – 166, 1998.

Paula, J.E. *et al.* Levantamento florístico e sua distribuição diamétrica da vegetação de um cerrado sensu strictue de um fragmento de floresta de galeria no ribeirão Dois Irmãos

na APA de Cafuringa, DF, Brasil. **Biotemas** ISSN 0103 – 1643, v. 22, n.3, p.35-46, setembro de 2009.

PEACOCK, J. *et al.* RAINFOR plot database: monitoring forest biomass and dynamics. **J. Veg. Sci.**, v.18, p.542–553, 2007.

Phillips, O. L. *et al.* Changes in growth of tropical forests: evaluating potential biases. **Ecol. Appl.**, v.12, p.576–587, 2002.

Pinto, A.C.M. *et al.* Projeto Jacarandá Fase I – Pesquisas Florestais na Amazônia Central. Manaus/AM. P. 1-20.

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: < <http://www.R-project.org/>>. ISBN 3-900051-07-0.

Ruivo, M.L.P. *et al.* Propriedades do solo e fluxos de CO₂ em Caxiuanã, Pará: experimento LBA-ESECAFLOR. In. Contribuições à geologia da Amazônia, v.3, (CGA-3), **Sociedade Brasileira de Geologia**, Belém, ISBN: 95-88692-02-3. p. 291-299, 2002.

Saatchi, S. *et al.* Mapping landscape scale variations of forest structure, biomass, and productivity in Amazonia, **Biogeosciences Discuss.**, v.6, p. 5461–5505, 2009, Disponível em: <<http://www.biogeosciences-discuss.net/6/5461/2009/>>.

SALOMÃO, R.P. **Estimativas de biomassa e avaliação do estoque de carbono da vegetação de florestas primárias e secundárias de diversas idades (capoeiras) na Amazônia Oriental, município de Peixe-boi, Pará.** 53f. 1994. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Pará/MPEG, Belém, 1994.

SCOLFORO, J.R.S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas.** Lavras: UFLA/FAPE, 1998.453 p.

SHIMAKURA, Silvia ; Departamento de Estatística UFPR; CE003 - **Estatística II**; <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/>. 2006;

SILVA, A. C. S. Estudando da variabilidade do incremento de biomassa influenciado por deficiência de água no solo. **Revista Científica da UFPA.** 2008.

SILVA, José Antônio Aleixo da. Princípios básicos de dendrometria. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, 1979. 191p.

SILVA, V.S.M. Manejo de Florestas nativas, implantação e monitoramento. Universidade Federal do Mato Grosso, 56p. 2006.

SMITH, N. J. H. Anthrosols an human carrying capacity in Amazonia. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 70, n.4, p. 553-566, 1980.

Souza, M.E.R.F. Influência de diferentes níveis de exploração na distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida da Amazônia. Dissertação (Mestrado)- INPA/UFAM. 64p. 2004.

YADVINDER MALHI *et al.* The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonia forests. **Global Change Biology**, v.12, 1107 – 1138, 2006.

ANEXO 01

TABELA – Valores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (N) e razão carbono / nitrogênio (C/N) das áreas em Caxiuanã – PA (RUIVO et. al 2001).

Prof. (cm)	Áreas	g/Kg		
		COT	N	C/N
0 - 5	A	10,33	3,17	15,73
	B	13,70	1,50	6,95
	TORRE	26,52	1,30	11,07
	T. PRETA	48,53	2,83	9,38
5 - 10	A	10,52	1,67	6,39
	B	7,13	1,27	5,62
	TORRE	16,93	2,00	8,47
	T. PRETA	42,50	2,70	19,21
10 - 20	A	6,60	1,27	8,60
	B	4,73	1,10	4,27
	TORRE	13,37	1,20	15,01
	T. PRETA	35,80	1,87	27,64
20 - 50	A	4,35	1,03	4,21
	B	3,48	1,00	3,51
	TORRE	7,35	1,00	9,74
	T. PRETA	13,40	1,23	10,79

Tabela- Valores de cálcio trocável, magnésio trocável e fósforo trocável de solos de áreas de caxiuanã - PA

Prof. (cm)	Áreas	mg/Kg		
		Ca ⁺	Mg ²⁺	P
0 - 5	A	70,11	55,90	5,13
	B	94,89	106,02	4,65
	TORRE	73,88	49,91	4,77
	T. PRETA	2324,71	352,39	41,61
5 - 10	A	56,14	31,00	3,00
	B	56,32	35,55	2,61
	TORRE	56,50	29,04	2,46
	T. PRETA	2101,49	274,46	30,48
10 - 20	A	48,11	25,32	2,07
	B	52,07	25,01	1,83
	TORRE	58,88	26,14	1,47
	T. PRETA	2006,16	242,83	28,20
20 - 50	A	48,18	22,63	1,26
	B	49,94	20,77	0,72
	TORRE	50,97	26,27	0,84
	T. PRETA	1269,08	171,95	14,73

Tabela – Valores de pH, acidez potencial e alumínio trocável das áreas em Caxiuanã - PA

Prof. (cm)	Áreas	cmol/Kg		
		pH	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺
0 - 5	A	4,17	5,61	1,70
	B	4,37	8,28	1,73
	TORRE	3,89	13,56	2,87
	T. PRETA	6,13	7,09	0,20
5 - 10	A	4,11	4,85	1,60
	B	4,17	6,86	1,50
	TORRE	3,91	11,98	2,57
	T. PRETA	6,06	8,08	0,23
10 - 20	A	4,01	4,16	1,63
	B	4,18	5,31	1,53
	TORRE	4,02	9,28	2,07
	T. PRETA	5,98	9,67	0,23
20 - 50	A	4,16	3,96	1,30
	B	4,31	4,62	1,43
	TORRE	4,03	7,26	1,77
	T. PRETA	5,68	8,28	1,17

Tabela – Atributos granulométricos dos solos das áreas estudadas em Caxiuanã - PA

Sítios	Prof. (cm)	g/Kg				
		Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	Silte/Argila
A	0 - 5	251,7	565,3	63,3	119,7	0,53
	5 - 10	233,7	514,7	99,3	152,4	0,65
	10 - 20	265,0	489,7	78,3	167,0	0,47
	20 - 50	281,9	438,1	87,6	192,5	0,46
B	0 - 5	257,3	537,9	56,5	148,4	0,38
	5 - 10	286,4	442,0	82,8	188,8	0,43
	10 - 20	271,7	474,1	77,0	177,2	0,43
	20 - 50	296,6	486,3	67,1	150,0	0,43
TORRE	0 - 5	186,1	258,4	139,6	415,9	0,34
	5 - 10	182,7	241,3	147,7	428,4	0,34
	10 - 20	170,5	192,7	156,3	480,5	0,32
	20 - 50	136,9	144,6	107,8	610,6	0,18
T. PRETA	0 - 5	52,1	539,3	205,0	192,0	1,07
	5 - 10	54,3	498,2	241,9	205,7	1,18
	10 - 20	59,5	453,6	240,9	244,9	0,98
	20 - 50	61,7	403,8	247,9	286,6	0,86