

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM**

**NITROGÊNIO TOTAL EM FOLHAS E SUA RELAÇÃO COM O
INCREMENTO EM BIOMASSA DE FLORESTAS PRIMÁRIA E
MANEJADA NA AMAZÔNIA CENTRAL**

CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre CIÊNCIAS AGRÁRIAS, área de concentração em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS.

MANAUS-AM
2006

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM**

**NITROGÊNIO TOTAL EM FOLHAS E SUA RELAÇÃO COM O
INCREMENTO EM BIOMASSA DE FLORESTAS PRIMÁRIA E
MANEJADA NA AMAZÔNIA CENTRAL**

CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH

ORIENTADOR: Dr. JOAQUIM DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre CIÊNCIAS AGRÁRIAS, área de concentração em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS.

MANAUS-AM
2006

Felsemburgh, Cristina Aledi

Nitrogênio total em folhas e sua relação com o incremento em biomassa de florestas primária e manejada na Amazônia/ Central Cristina Aledi Felsemburgh – 2006.

56 f. : il.

Dissertação (mestrado)– INPA/UFAM, 2006.

1. Nitrogênio 2. Incremento em Biomassa 3. SPAD-502 4. Área Específica Foliar 5. Amazônia Central

CDD19.ed. (*) 634.95

Sinopse:

Foi analisado o teor de nitrogênio total em folhas em áreas de floresta primária e com diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira, na Estação Experimental de Silvicultura Tropical -ZF-2/INPA Br 174 – Manaus-AM.

Palavras-chave: nitrogênio, incremento em biomassa, SPAD-502, área específica foliar, Amazônia Central.

“ Se não houver frutos,
Valeu a beleza das flores.
Se não houver flores
Valeu a sombra das folhas.
Se não houver folhas
Valeu a intenção da semente”.

Henfil

À mãe, ao pai, ao irmão e ao Edgard
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que tem feito por mim.

À minha família.

Ao Laboratório de Manejo Florestal pela oportunidade.

Ao Laboratório de Nutrição Florestal pelo apoio.

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica CENA/ USP pelo apoio.

À FAPESP pela bolsa fornecida.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia(INPA)/ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela formação científica, estrutura e apoio logístico.

Ao Programa de Ciências de Florestas Tropicais.

Ao Niro Higuchi pela oportunidade e orientação.

Ao Joaquim dos Santos pela oportunidade e orientação.

Ao Jeff Chambers pela disponibilização de equipamentos, discussão e sugestões.

Ao Plínio Barbosa de Camargo pela colaboração e ensinamentos.

À Vilany, ao Chicó, Vanderlei, Bertran, Carço e Caboré pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

À equipe de campo da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (Núcleo ZF-2).

Aos colegas de turma pela boa convivência.

À amiga Dani Dias pela companhia e apoio durante todas as fases do curso.

À amiga Bárbara Borges que mesmo distante sempre esteve presente.

Ao Edgard Siza Tribuzy pela companhia, paciência, atenção, discussão, sugestões, orientação, ensinamentos e apoio durante todo o desenvolvimento do trabalho.

À minha mãe Penha, ao meu pai Luíz e ao irmão Celinho pelo apoio carinho e incentivo, por não medirem esforços para que eu concluísse este curso e que mesmo de longe estiveram sempre ao meu lado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Geral	4
2.2 Específicos.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 Manejo Florestal.....	5
3.2 Produtividade Florestal.....	6
3.3 Nitrogênio e Produtividade.....	8
3.4 Área Foliar e Produtividade.....	10
3.5 Área Específica Foliar e Produtividade.....	11
3.6 Área Especifica Foliar e Nitrogênio	12
3.7 Nitrogênio, Clorofila e Utilidades	13
3.8 Medidor Portátil de Clorofila SPAD-502.....	14
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.1 Caracterização da Área de Estudo	16
4.1.1 Localização.....	16
4.1.2 Clima	17
4.1.3 Geologia e Relevo	18
4.1.4 Solos	18
4.1.5 Vegetação	19
4.2 Coleta de Dados.....	21
4.2.1 Material Vegetal Estudado	21
4.2.2 Avaliações	21
4.3 Delineamento estatístico.....	23
5 RESULTADOS	24
5.1 Efeito dos tratamentos nas variáveis estudadas.....	26
5.2 Relação do teor de nitrogênio foliar com SPAD-502 e área específica foliar.....	36

5.3 Relação do incremento em biomassa com teor de nitrogênio foliar, área específica foliar e SPAD-502	34
5.4 Ciclo circadiano	37
6 DISCUSSÃO	39
6.1 Efeito dos tratamentos nas variáveis estudadas	39
6.2 Relação do teor de nitrogênio foliar com o SPAD-502 e área específica foliar.....	41
6.3 Relação do incremento em biomassa com teor de nitrogênio foliar, área específica foliar e SPAD-502	42
6.4 Ciclo circadiano	43
7. CONCLUSÃO.....	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
1 Distribuição do teor nitrogênio foliar na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.	27
2 Distribuição da área específica foliar (AEF) na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.	28
3 Distribuição dos valores de unidade SPAD na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.	29
4 Relação do incremento em biomassa na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.	30
5 Relação do teor de nitrogênio foliar com os valores de unidade SPAD.....	32
6 Relação do teor de nitrogênio foliar com a área específica foliar (AEF).	33
7 Relação dos valores de unidade SPAD com a área específica foliar (AEF).	34
8 Relação do incremento em biomassa com a área específica foliar (a), com o teor de nitrogênio foliar (b) e com os valores do medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502(c).	35
9 Relação do teor de nitrogênio foliar de cada gênero em função da AEF (a) e dos valores de unidade SPAD (b).	37
10 Distribuição média dos valores de unidade SPAD ao longo do dia em duas torres no estrato superior da floresta.	38

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1 Nomes referentes à identificação botânica das árvores da área de estudo (Família e Gênero), N° de espécies refere-se ao número de espécies encontradas para cada gênero, o número entre parenteses () refere-se ao que não foi possível chegar até o nível de espécie sendo identificadas como (sp), os valores atribuídos nas colunas T0, T1, T2 e T3, são referentes ao número de espécies encontradas em cada tratamento, no qual T0 representa a floresta primária, T1, T2 e T3 representam a floresta com remoção de 32%, 42% e 69% de remoção de área basal, respectivamente.....	25
2 Os tratamentos referem-se a, T0, T1, T2 e T3 sendo floresta primária, 32%, 42% e 69% respectivamente de a remoção de área basal, N (IA) refere-se ao número de indivíduos arbóreos amostrados, N (g.m ²) é o teor de nitrogênio foliar em g.m ² , CR é o crescimento relativo, Inc é o incremento em biomassa (Log10 Incremento+1) em kg....	31
3 Nomes referentes à identificação de campo (Gênero), o número de indivíduos arbóreos encontrados na área de estudo (N), coeficiente de determinação (r ²), o intercepto com o eixo dos Y (y-int) e AEFf e SPAD são os valores das constantes que multiplicam os seus respectivos parâmetros.	36

RESUMO

NITROGÊNIO TOTAL EM FOLHAS E SUA RELAÇÃO COM O INCREMENTO EM BIOMASSA DE FLORESTAS PRIMÁRIA E MANEJADA NA AMAZÔNIA CENTRAL

A produtividade florestal é estreitamente relacionada com o nitrogênio do local, podendo ser usado para prever a produtividade de um local. Desta forma, entender a distribuição do nitrogênio é uma alternativa para localizar áreas com maior ou menor produtividade, viabilizando a utilização dos recursos de maneira sustentável. O objetivo deste trabalho foi compreender como a distribuição do teor de nitrogênio foliar no dossel de uma floresta de terra-firme, relaciona-se com o incremento de biomassa dos sistemas florestais sujeitos a diferentes níveis de intensidade de exploração seletiva de madeira. A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (Núcleo ZF2), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. O experimento foi desenvolvido em dois transectos, do componente “Manejo Florestal” do Projeto Jacaranda (Convênio INPA/JICA) e na área do Bionte- Biomassa e Nutrientes Florestais (Convênio MCT-INPA e DFID), com quatro tratamentos sendo: T0 a floresta primária, T1, T2 e T3 representando a floresta com remoção de área basal de 32%, 42% e 69%, respectivamente. O material vegetal estudado estava em parcelas de tamanho 20 x 20 m. Foram coletadas três folhas completamente expandidas, expostas a radiação solar e em bom estado fitossanitário de cada indivíduo arbóreo com diâmetro a altura do peito (DAP), superior ou igual a 10 cm. As seguintes características foram quantificadas: leitura com o medidor portátil de clorofila (SPAD-502), área foliar referente ao diâmetro do furador (AF), área específica foliar (AEF), teor de nitrogênio foliar (N), diâmetro a altura do peito (DAP), incremento corrente anual (ICA) e crescimento relativo (CR). Os resultados mostraram que: o teor de nitrogênio foliar, a característica biofísica área específica foliar e o valor de unidade SPAD não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,01$), contudo, o incremento na área de floresta primária foi maior que os verificados nos tratamentos com corte seletivo de madeira ($DMS = 0,01$). O incremento não esteve bem correlacionado com N, AEF e SPAD sendo que todos os (r) foram menores que 0,19. Quando a floresta foi avaliada como um todo, verificou-se fracas correlações entre AEF e nitrogênio apresentando ($r = 0,56$; $P < 0,001$) e SPAD com nitrogênio ($r = 0,39$; $P < 0,01$), entretanto, quando avaliou-se estas relações considerando gêneros, o N teve melhor relação com AEF

(*Byrsonia*, $r^2 = 0,74$; *Licania*, $r^2 = 0,69$ e *Miconia*, $r^2 = 0,79$, todos com $P < 0,01$) e somente para alguns gêneros o SPAD mostrou-se correlacionado com o nitrogênio (*Byrsonia*, $r^2 = 0,02$ e $P = 0,44$; *Licania*, $r^2 = 0,45$ e $P < 0,01$; *Miconia*, $r^2 = 0,63$ e $P < 0,01$).

ABSTRACT

TOTAL NITROGEN IN LEAVES AND ITS RELATION TO INCREMENT OF BIOMASS OF MANAGED AND FORESTS IN CENTRAL AMAZON

Forest productivity is strongly related to local nitrogen and can be used to predict local productivity. Thus, understanding nitrogen distribution is an alternative to locate areas of productivity and make possible sustainable use of resources. This work aims to understand how the distribution of leaf nitrogen content of canopy in a terra-firme forest is related to increment of biomass of forest systems exposed to different levels of intensity of selective exploitation of wood. This research was carried out at the Experimental Station for Tropical Forest Research (Núcleo ZF2) of the National Institute of Research of the Amazon (INPA). The experiment was developed in two transects of the component “Manejo Florestal” of the Jacaranda Project (INPA/JICA) in area of Bionte - Biomass and Forest Nutrients (MCT-INPA and DFID), with four treatments being: T0 the primary forest, T1, T2 and T3 representing the forest with removal of commercial basal area of 32%, 42% and 69%, respectively. The vegetal material was in 20 x 20 m plots. Three leaves in good phytosanitary conditions completely expanded and exposed to solar radiation were collected of each arboreal individual with diameter at breast height (DAP) higher or equal to 10 cm. These characteristics were evaluated: with a portable chlorophyll meter reading (SPAD-502), leaf area related to diameter of hole (AF), specific leaf area (SLA), foliar nitrogen content (N), diameter at breast height (DHB), current increment annual (ICA) and relative growth (RG). The results showed that leaf nitrogen content, the characteristic biophysical of specific leaf area and the value of unity SPAD did not present significant difference between treatments ($P < 0,01$), however, increment of area of primary forest was higher than those verified in the treatments with selective cut of wood ($DMS = 0,01$). Increment was not well correlated with N, AEF and SPAD being all (r) lower than 0,19. When the forest was evaluated as a whole, it was noticed weak correlations between AEF and nitrogen presenting ($r = 0,56$; $P < 0,001$) and SPAD with nitrogen ($r = 0,39$; $P <$

0,01), however, when these correlations were evaluated considering genera, N had better relation with AEF (*Byrsonia*, $r^2 = 0,74$; *Licania*, $r^2 = 0,69$ and *Miconia*, $r^2 = 0,79$, all with $P < 0,01$) and only for some genera SPAD was correlated with nitrogen (*Byrsonia*, $r^2 = 0,02$ and $P = 0,44$; *Licania*, $r^2 = 0,45$ and $P < 0,01$; *Miconia*, $r^2 = 0,63$ and $P < 0,01$).

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais úmidas distribuem-se em uma faixa do globo terrestre situadas principalmente nas regiões equatoriais. Elas são caracterizadas pela sua alta estatura (excedendo 30m), com uma grande diversidade de formas de vida e são conhecidas por abrigar a maior diversidade de espécies do mundo. Essas florestas ocupam cerca de $17,5 \times 10^6 \text{ km}^2$, correspondendo a 12% da superfície terrestre, contendo mais de 55% do carbono armazenado do mundo na biomassa terrestre (Taylor e Lloyd, 1992; Grace *et al.*, 2001)

Há três grandes blocos de florestas tropicais no mundo, África com $5,3 \times 10^6 \text{ km}^2$, Ásia com $3,1 \times 10^6 \text{ km}^2$ e América do Sul e Central sendo o maior deles com cerca de $9,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ (FAO, 1993). Na América do Sul, a Amazônia ocupa uma área de, aproximadamente, $6,0 \times 10^6 \text{ km}^2$, sendo que mais da metade encontra-se em território brasileiro (Pires e Prance, 1985).

Segundo Braga (1979), os tipos de vegetação que ocorrem na Amazônia brasileira são: floresta de terra firme; floresta de várzea; campos de terra firme; campina; vegetação serrana e vegetação de restinga. Pires e Prance (1985), dividem-na em quatro grandes grupos, sendo estes: floresta de terra-firme; florestas inundáveis (várzeas e igapós); vegetação de savana e caatinga.

A floresta de terra-firme segundo Ribeiro *et al.* (1997), é a floresta pluvial de grande porte, localizada em planaltos pouco elevados (60-200m), planos, ondulados ou recortados por cursos d'água, não sujeitos a inundações, cujo substrato é argiloso de coloração amarelada ou avermelhada,

Um dos fatores que dificultam a utilização dos recursos oferecidos pela floresta é a heterogeneidade de sua composição florestal, o pouco conhecimento das espécies que a compõe e os mecanismos que a envolvem, no entanto, o impacto das atividades humanas, como a mudança do uso da terra e da cobertura vegetal, tem provocado alterações nas paisagens dessas regiões. Esta mudança de uso da terra está em torno de 1% ao ano (Dixon *et al.*, 1994; FAO, 1997; Grace *et al.*, 2001). Os altos índices de desmatamento nessas áreas são conseqüências, principalmente, da demanda sócio-econômica para criação de pastagens e aberturas de clareiras para a exploração madeireira na Amazônia.

A emissão de CO₂ pela mudança no uso da terra nos trópicos, conta com uma estimativa de 1,6 a 2,4 Gt de carbono que são transferidos globalmente a partir da vegetação para a atmosfera em cada ano (Schimel, 1995; Houghton, 1999; Fearnside, 2000; Grace *et al.*, 2001). E considerando os reservatórios de carbono (C) em todo mundo, a preservação da floresta amazônica representa a manutenção de um importante estoque deste elemento na forma de biomassa. Do ponto de vista das mudanças globais, a conversão desta floresta primária em campos para instalação de atividades agropecuárias, apresenta uma baixa relação custo/benefício, pois contribui significativamente para o aumento de CO₂ na atmosfera (Higuchi, 2000).

A produtividade e a dinâmica de muitos ecossistemas terrestres e sistemas submetidos a manejos florestais, são limitados pelo suprimento de nitrogênio biologicamente disponível. O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes que regulam a produtividade das florestas em diversas regiões (Reich *et al.*, 1997; Yamashita *et al.*, 2004). Em plantas superiores, a assimilação de nitrogênio é o segundo processo metabólico que mais acontece, sendo superado apenas pela fixação fotossintética do CO₂.

O nitrogênio é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento e produção das plantas. A produtividade das plantas é grandemente determinada pela interação entre o metabolismo do carbono e do nitrogênio. Esses dois processos são estreitamente interligados, uma vez que a energia necessária para a assimilação do nitrogênio deriva direta ou indiretamente da fotossíntese. Por sua vez, a capacidade fotossintética depende do suprimento de nitrogênio, pois, grande parte do nitrogênio das folhas está alocado nas proteínas envolvidas no processo fotossintético (Seemann *et al.*, 1987), principalmente na enzima Rubisco, no caso das plantas C₃ (Evans, 1983; Evans e Seemann, 1984).

Em florestas tropicais, uma grande quantidade de nitrogênio circula anualmente, as emissões de gases são relativamente elevadas e os poucos dados existentes, mostram que a mineralização de nitrogênio e perdas por lixiviação deste nutriente também são elevadas (Vitousek e Sanford 1986, Matson e Vitousek 1987, Keller e Reiners 1994, Martinelli *et al.*, 1999, Matson *et al.*, 1999).

A concentração de nutriente foliar tem sido usada para indicar o estado nutricional da planta e até como índice da limitação de um nutriente em particular. O nitrogênio presente nas proteínas das folhas, depende da capacidade das plantas em assimilar o nitrogênio absorvido do solo. Outros fatores, além da disponibilidade de nutrientes do solo, podem causar variação na concentração de nutrientes.

A compreensão de ecossistema de florestas tropicais é um grande desafio para o manejo de florestas, pois a comunidade arbórea é caracterizada por padrões biofísicos e fisiológicos, que descrevem o ecossistema a partir de informações obtidas em indivíduos.

Por essa razão, as atividades de manejo direcionadas à Amazônia, bem como o conhecimento dos seus ecossistemas e componentes, são de suma importância, contribuindo assim, para a valorização, conservação e uso racional de sua riqueza florestal.

Sendo assim, este estudo tem como finalidade entender a distribuição do teor de nitrogênio foliar relacionando-o a produtividade florestal, verificando se há diferença de nitrogênio e produtividade em áreas com diferentes intensidades de exploração e em áreas não exploradas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Compreender como a distribuição do teor de nitrogênio foliar no dossel de uma floresta de terra-firme, está relacionado com o incremento de biomassa dos sistemas florestais sujeitos a diferentes níveis de intensidade de exploração seletiva de madeira.

2.2 Específicos

Correlacionar os valores do medidor portátil de clorofila SPAD-502 com o teor de nitrogênio foliar.

Avaliar o efeito das intensidades de exploração na distribuição do teor de nitrogênio foliar.

Analisar se há relação entre o teor de nitrogênio foliar e área específica foliar para a comunidade e para os gêneros com maior frequência.

Avaliar se o incremento está relacionado com teor de nitrogênio foliar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Para o manejo florestal, um entendimento mais apurado do estado e da dinâmica das regiões florestais e suas interações com ciclos biogeoquímicos em escalas global e regional, são importantes, já que estes ciclos, e em especial a distribuição do nitrogênio local, estão ligados à um dos princípios do manejo florestal que é a produção contínua. Logo, adquirir estimativas quantitativas mais precisas das características biofísicas e bioquímicas dos ecossistemas florestais, bem como, dos mecanismos envolvidos com a distribuição de nitrogênio podem trazer informações valiosas viabilizando a utilização dos recursos florestais de maneira ordenada e permitir avaliações sobre a necessidade de tratamentos silviculturais.

3.1 Manejo Florestal

A riqueza da biodiversidade da Amazônia e o seu delicado equilíbrio ecológico, aliados ao grande valor econômico de seus recursos naturais, exigem da sociedade nacional uma nova consciência em direção ao desenvolvimento sustentável. E os instrumentos de conservação da natureza, presentes na Amazônia, são o manejo de ecossistemas, as unidades de conservação e o estudo e preservação de espécies da fauna e flora (IBAMA,2002).

O manejo sustentável é, segundo OIMT (1990), a gestão (planejamento, controle e ordenamento) dos recursos florestais disponíveis, de modo a obter o máximo de benefícios econômicos, sociais e ambientais, conservando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema. Portanto, o manejo florestal sustentável é a atividade econômica que mais se coaduna com o conceito de desenvolvimento sustentável e é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades.

Assim, uma floresta manejada de forma sustentada refere-se àquela em que houve prescrição e aplicação de tratamentos silviculturais, não só com o objetivo de se obterem produção sustentável, mas também com propósitos de conservação da biodiversidade. Contudo, as florestas que são o objeto do manejo, podem ser simultaneamente complexos sistemas de produção econômica e biológica. (Souza, 1999).

De acordo com Higuchi (1994), o Manejo Florestal consiste em tratar um conjunto de princípios, técnicas e normas, que tem por fim *organizar* as ações necessárias para *ordenar* os fatores de produção e *controlar* a sua produtividade e eficiência para alcançar objetivos definidos. O manejo florestal tem como princípio a produção contínua e sustentada dos produtos madeireiros por meio do desenvolvimento cognitivo, dinâmico e iterativo. Isso significa admitir que a floresta contenha algo a mais que árvores e que o seu potencial é representado além de sua madeira. Dentro de uma floresta, há inúmeros organismos que se integram e interagem com o ambiente natural e que precisam ser cuidadosamente considerados antes de qualquer intervenção.

A crescente pressão da sociedade em consumir apenas produtos oriundos de planos de manejo florestal em regime de rendimento sustentável implica numa grande expectativa em torno das informações resultantes deste tipo de projeto de pesquisa, tanto por parte do Poder Público, como dos produtores. Contudo, somente por meio do conhecimento será possível produzir madeira e outros produtos não madeireiros de ecossistemas tão heterogêneos, complexos e frágeis como os da Amazônia. Diante disso, as informações sobre a dinâmica de uma floresta manejada, são fundamentais na efetivação do manejo florestal compatível com o novo paradigma de desenvolvimento da região (Higuchi *et al.*, 1997).

3.2 Produtividade Florestal

A produtividade de um ecossistema florestal está relacionada diretamente com o consumo de dióxido de carbono, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas. A assimilação do dióxido de carbono (CO₂) ocorre através de uma absorção passiva por meio dos estômatos das folhas, cuja abertura é regulada principalmente pela intensidade de luz, pelo regime hídrico interno da planta, quantidade de nitrogênio disponível nas folhas para atividade enzimática e clorofila que estão envolvidas neste processo. A produtividade primária de um sistema ecológico pode ser definida como sendo a taxa na qual a energia radiante é convertida pela atividade fotossintética em substâncias orgânicas (Odum, 1983).

A quantidade de matéria seca, produzida por uma associação vegetal que cobre certa área, é definida como Produção Primária Líquida (PPL) da comunidade vegetal. A produção primária é tão maior quanto maior for a capacidade de assimilação das espécies

que compõe a comunidade vegetal; quanto maior for a quantidade de radiação interceptada e absorvida pelas superfícies assimiladoras; e quanto maior for o período de um balanço positivo das trocas gasosas (Lacher, 2000).

A produtividade primária bruta representa a taxa global de fotossíntese, incluindo a matéria orgânica usada na respiração durante o período de medição, também chamada de fotossíntese total ou assimilação total (Odum, 1983). A aquisição de matéria seca durante o período de crescimento ou durante o ano é definida como o Rendimento da Produção Primária (RPP), também denominada de PPL (Lacher, 2000). A avaliação da PPL em uma escala regional ou global, é sempre difícil e incerta e as estimativas feitas por diversos autores podem diferir consideravelmente (Lacher, 2000).

Estimativas de produtividade primária podem ser obtidas por diferentes métodos. A mais antiga é por medidas destrutivas de biomassa da planta, acima e abaixo do solo. Essa acumulação de biomassa por unidade de tempo e por unidade de superfície do solo (g matéria seca (MS) $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$) é chamada de PPL (Roy e Saugier, 2001).

Verificando a produtividade global para diferentes tipos de vegetação Saugier *et al.* (2001), observaram que florestas e savanas seqüestram mais carbono e concluem que a PPL difere entre os biomas: floresta tropical 12,5 (t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$), 17,5 milhões de km^2 ; floresta temperada 7,7 (t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$), 10,4 milhões de km^2 ; floresta boreal 1,9 (t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$), 13,7 milhões de km^2 e savana tropical e pastagem, 5,4 (t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$), 27,6 milhões de km^2 (Saugier *et al.*, 2001; Grace, 2004).

É possível estimar a PPL acima e abaixo do solo utilizando a estimativa originária de uma área em Manaus e extrapolando-a de acordo com a razão de produtividade, ajustando-a, pelo fato de Manaus ser uma região que tem estimativa de produtividade tradicionalmente um pouco menor que a média da floresta tropical (Grace *et al.*, 2001).

De acordo com Grace *et al.* (2001), a estimativa para biomassa acima do solo é igual a 80 t C ha^{-1} . Esse método fornece a estimativa da média PPL tal como 18,1 t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com limites 8,5 e 27,5 t C $ha^{-1} \text{ ano}^{-1}$ inferior e superior, respectivamente

Métodos mais recentes de medidas de produtividade envolvem medidas de fluxo de dióxido de carbono da vegetação-interface atmosfera. Existem também modelos fisiológicos simulando fluxos no ecossistema originários de variáveis ambientais, modelos baseados em sensoriamento remoto, deduzindo fluxos originários do CO_2 atmosférico e processar estes modelos, permite a simulação passada e futura na PPL de acordo com as mudanças ambientais (Roy e Saugier, 2001).

É possível também explicar a produtividade a partir de características foliares, principalmente, no que se refere a área específica foliar e teor de nitrogênio, Reich *et al.*(1997) mostraram que a produtividade estava melhor correlacionada com essas características do que com clima e bioma local. E o teor de nitrogênio têm sido mostrado como um indicador de produtividade do sistema (Evans, 1983; Reich *et al.*, 1997; Grace *et al.*, 2001; Loustau *et al.*,2001; Pan *et al.*, 2004).

3.3 Nitrogênio e Produtividade

O nitrogênio constitui a maior fração da atmosfera, com cerca de 78% do seu volume, seguido do oxigênio com 21% e demais gases traços 1% no total. A atmosfera é a fonte e o reservatório de nitrogênio para qualquer forma de produção orgânica. Embora seja um dos elementos mais difundidos na natureza, praticamente não existe nas rochas que dão origem aos solos. Assim, pode-se considerar que a fonte primária do elemento, importante para o crescimento dos vegetais, é o ar (Odum, 1983).

Na atmosfera, o nitrogênio encontra-se na forma molecular altamente estável de N₂, não diretamente aproveitável pelos vegetais superiores. O nitrogênio é incorporado ao solo através de descargas elétricas na atmosfera, transformando o nitrogênio elementar (N₂) em óxidos que são convertidos em ácido nítrico. Esse acaba no solo com água das chuvas, resultando em nitratos aproveitáveis pelas plantas (Odum, 1983; Matson *et al.*,1999).

Na natureza, o nitrogênio encontra-se em equilíbrio dinâmico entre formas livres e fixadas. A passagem de uma forma para outra pode ocorrer por vários processos que constituem o que se denomina ciclo do nitrogênio no solo.

O nitrogênio é incorporado ao solo por diversos processos e pode ser classificado como inorgânico e orgânico. Do nitrogênio existente no solo, cerca de 95 a 98%, acha-se na forma orgânica, que, para ser aproveitada pelas plantas, necessita ser transformada para as formas inorgânicas (NH₄⁺ e NO₃⁻) pelo processo de mineralização. A mineralização de compostos orgânicos nitrogenados ocorre essencialmente por três reações: aminação, amonificação e nitrificação, sendo as duas primeiras promovidas por microrganismos heterotróficos e a terceira por microrganismos autotróficos (Taiz e Zeiger, 1998).

Outro método de incorporação é a fixação direta de nitrogênio do ar pelos microrganismos do solo. O processo de fixação biológica de nitrogênio ocorre através dos microrganismos livres, como bactérias e fungos. Todo nitrogênio acumulado na planta

somente é incorporado ao solo à medida em que os resíduos de raízes mortas, folhas, galhos, cascas e troncos forem decompostos (Odum, 1983; Cleveland *et al.*, 1999).

Peculiaridades das espécies, disponibilidade de nitrogênio e clima, são três fatores que controlam e determinam a concentração de nitrogênio na copa e causam a formação de um conjunto de variações na concentração de nitrogênio foliar em larga escala espacial. A concentração de nitrogênio foliar está relacionada com muitas variáveis, incluindo mineralização e nitrificação do nitrogênio do solo, razão carbono:nitrogênio (C:N) do solo, espécies, temperatura e irradiância. E o nitrogênio é o principal constituinte da clorofila e está envolvido na carboxilação de enzimas e nas reações fotossintéticas. (Pan *et al.*, 2004).

Para a efetivação do processo de conversão fotoquímica em energia de fixação bioquímica, requerida pelas folhas, é necessário certa quantidade de nitrogênio e nutrientes incorporados nos componentes estruturais, enzimas e outros componentes metabólicos. A concentração de nitrogênio nas folhas das plantas é alta, particularmente em folhas jovens, refletindo o gasto de nitrogênio da fotossíntese. Isso inclui o nitrogênio requerido na absorção de luz e fixação de CO₂ (Loustau *et al.*, 2001) e plantas adaptadas a altas luminosidades investem relativamente mais na Rubisco (fixação de CO₂) (Seemann *et al.*, 1987).

A proporção e atividade dos compostos nitrogenados nas folhas, mudam de acordo com o balanço e disponibilidade do recurso. Na clorofila, o nitrogênio constitui de 15-20% do total do nitrogênio da folha, quando as plantas crescem em alta luminosidade, essa proporção varia inversamente com a irradiância e pode aumentar em até 60% em plantas que crescem em sombra (Evans, 1989a, 1989b).

A aclimatação que ocorre a nível celular na folha quando a planta se expõe a maior radiação é a realocação de nitrogênio entre os vários mecanismos envolvidos na fotossíntese (Björkman, 1981; Evans e Seeman, 1989). A mais importante característica de folhas crescendo em alta luminosidade em comparação com as de baixa luz são: (i) menos clorofila por unidade de nitrogênio; (ii) uma alta razão clorofila a/b; (iii) um aumento da capacidade de transporte de elétrons por clorofila; (iv) a melhor taxa de capacidade de elétrons por atividade da Rubisco, podendo assim, maximizar a fotossíntese (Evans, 1989a, 1989b, 1993a, 1993b; Evans e Poorter, 2001).

A concentração de nitrogênio é fortemente relacionada com a taxa de fotossíntese líquida e conseqüentemente com a absorção de carbono, variando entre espécies de plantas e grupos funcionais. No caso do nitrogênio, relações empíricas são baseadas em

correlações diretas e indiretas com absorção de traços associados com o teor do nitrogênio nos componentes da folha como proteínas e clorofilas (Smith *et al.* 2003).

Uma forte correlação positiva tem sido observada entre a taxa de saturação de luz da fotossíntese de uma folha e seu conteúdo de nitrogênio (Fiel e Mooney, 1986; Reich e Walters, 1994). Geralmente, elevado conteúdo de nitrogênio está associado com altas taxas de fotossíntese máxima. O forte motivo dessa relação é a ampla quantidade de nitrogênio orgânico (75%) presente nos cloroplastos e mais concentradamente no aparelho fotossintético (Evans e Seemann, 1989).

Em resposta ao aumento no estoque de nitrogênio, a produção de área foliar aumenta mais que a taxa fotossintética por unidade de folha. A produção de novas folhas cria uma nova demanda por nitrogênio; novas folhas tendem a maximizar o crescimento, porque estão produzindo novo tecido fotossintético (Loustau *et al.*, 2001).

Com o aumento no estoque de nitrogênio e a concentração interna de nitrogênio da planta, o peso da folha, a área foliar e a taxa de assimilação líquida aumentam, resultando em maior taxa de crescimento relativo. A concentração de nitrogênio interno da planta torna-se um eficaz preditor da taxa de crescimento da planta e da produtividade primária (Loustau *et al.*, 2001).

3.4 Área Foliar e Produtividade

A área foliar de um ecossistema é amplamente conhecida como um indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da interceptação da energia luminosa pelas folhas; assim, a superfície foliar de uma planta é a base do rendimento de um ecossistema; como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento do ecossistema será maior, quanto mais rápido a planta atingir o Índice de Área Foliar - IAF (densidade das folhas na vegetação expressa quantitativamente) e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (Lacher, 2000).

De acordo com Lacher (2000), há uma clara relação entre o aumento de matéria seca e a assimilação do carbono e nitrogênio pela planta, porque o carbono que não é consumido pela respiração aumenta a matéria seca da planta e pode ser aplicado para o crescimento ou reserva. O nitrogênio, por conseguinte, atua sobre o tempo de duração da folha, sua deficiência prejudica o movimento estomático, uma oferta excessiva causa aumento na respiração e, portanto, um menor rendimento fotossintético.

A principal relação da área foliar na produção líquida, deriva da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela copa, esta interceptação de luz e produção do ecossistema tem sido amplamente demonstrada e há uma forte evidência empírica que diferenças na área foliar entre ecossistemas, explicam as variações geográficas na produção primária (Loustau *et al.*, 2001).

Para Radford (1967), um dos principais fatores característico do crescimento é a razão da área foliar, que se decompõe em área específica foliar; razão de peso foliar; índice de área foliar; e duração da área foliar. O índice de área foliar e a área específica foliar, são parâmetros usados em trabalhos que medem crescimento.

A área foliar responde aos níveis de irradiação e a disponibilidade de nutrientes, e demonstra ser determinada por relações entre o tamanho e a densidade celular. A razão entre a área da folha e seu peso seco (área específica foliar), é um dos parâmetros usados por ecologistas e fisiologistas para definir grupos funcionais de plantas e prever as respostas de espécies a fatores ambientais. Porém, sua utilização e validade, são contestadas por alguns fisiologistas, pois significantes indicações são atribuídas à baixa porcentagem de matéria seca contida na folha (Mousseau, 1999; Lacher, 2000).

3.5 Área Específica Foliar e Produtividade

A área específica foliar é uma adaptação ao nível de folha e segundo Mousseau (1999), reflete o princípio da produtividade do mundo: os modelos ecológicos predizem que, quanto maior for a área específica foliar mais as plantas acumulam carbono. Uma dada quantidade de biomassa pode ser expressa em uma pequena ou grande área. A área específica foliar está relacionada com diversas variáveis como fotossíntese líquida, taxa de crescimento relativo, produção, estrutura da folha e nitrogênio (Reich *et al.*, 1997).

Plantas crescendo em alta luminosidade geralmente têm folhas grossas com baixa área específica foliar (Björkman, 1981), devido em parte a camadas extras do tecido paliádico ou alongamento das células deste tecido (Wilson *et al.*, 1999; Poorter e Nagel, 2000). O aumento no número de cloroplastos e das enzimas fotossintéticas aumenta a capacidade fotossintética por unidade de área. No entanto, por ter mais biomassa em uma dada área, o aumento da capacidade fotossintética de folhas de alta luminosidade tem o custo de ter que capturar mais luz por unidade de biomassa em baixas irradiância.

Consequentemente, para o crescimento, faz-se necessário alta luminosidade (Poorter e Nagel, 2000).

Sims, Gebauer e Pearcy (1994), modelaram o impacto da mudança de área específica foliar sobre a taxa de crescimento relativo da planta toda e encontraram que isso poderia ser mais importante em baixas do que em altas condições de luminosidade.

Plantas da mesma espécie, porém de diferentes populações, mesmo quando crescendo sob condições idênticas, podem exibir diferenças na área específica foliar. Variações na área específica foliar podem ser causadas por variabilidade ambiental, espacial e temporal (Wilson *et al.*, 1999). Shipley e Meziane (1998) verificaram que a nutrição mineral e a irradiância tem interação com a área específica foliar.

Outra adaptação, como resposta a variação de luz, foi verificada na flora britânica por Wilson *et al.* (1999), que encontraram uma forte correlação entre área foliar e espessura da folha. A densidade foliar foi fortemente correlacionada com a área específica foliar e menos intensa com densidade da folha. A área específica foliar e o conteúdo de matéria seca têm uma correlação negativa com densidade da folha.

De acordo com trabalho desenvolvido na área de estudo, Reis (2004) verificou que a área específica foliar obedece claramente um padrão de distribuição em relação a altura no dossel, que mostra ser influenciada pelas condições ambientais da floresta; como distribuição e absorção da radiação no interior da floresta.

Tribuzy *et al.* (2003), em estudo sobre fotossíntese máxima e altura de folha no dossel na floresta de terra firme, verificaram que há altas correlações entre estas variáveis, fato que evidencia a relação entre fotossíntese, área específica foliar e altura no dossel e Tribuzy *et al.* (2002), trabalhando com distribuição da área específica foliar e altura das folhas no dossel, mostraram uma correlação negativa entre área específica foliar e altura, fatos que indicam que pode haver relação entre fotossíntese máxima, área específica foliar e altura da folha no dossel.

3.6 Área Específica Foliar e Nitrogênio

Existe uma correlação entre a eficiência do uso do nitrogênio das espécies com sua área específica foliar. A área específica foliar é um determinante importante da variação inter-específica, a taxa de crescimento relativo (Lambers e Poorter, 1992; Garnier, 1992) e

interconexões com outras características: espécies com alta área específica foliar têm alto conteúdo de água por unidade de massa seca, baixa concentração de compostos na parede celular e carbono por unidade de massa da folha, e alta concentração de nitrogênio na base de massa (Poorter e Bergkotte, 1992).

Sob condições de competição por luz, nutrientes e espaço, a variabilidade intra-específica na estrutura e composição química da folha em resposta ao aumento de CO₂ é grande, e no caso da concentração de nitrogênio, essa variabilidade pode ser tão ampla quanto forem as diferenças de área específica foliar entre as espécies (Mousseau, 1999).

A área específica foliar e a concentração de nitrogênio são peculiaridades que têm sido extensivamente estudadas porque presumem ou demonstram a relação folha com trocas gasosas, e a área específica foliar foi inserida no contexto das análises do crescimento (Evans, 1989, Garnier *et al.*, 1997).

3.7 Nitrogênio, Clorofila e Utilidades

Os pigmentos fotossintéticos (clorofila a e b, carotenóides e xantofilas), são essenciais para o desenvolvimento de uma planta, pois são responsáveis pela captura da energia solar incidente, usada na fotossíntese. Com o desenvolvimento do sensoriamento remoto hiperespectral, tem-se aberto à possibilidade de quantificar pigmentos fotossintéticos individuais contidos na vegetação. Estas informações ajudam na determinação do estado fisiológico da vegetação (detecção de estresse), na discriminação de espécies (monitoramento das características fenológicas) e na estimativa de produtividade (medindo e interpretando a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida, com mais acurácia) (Blackburn, 1998a).

Trabalhos tais como, os de Chapelle *et al.* (1992) e de Peñuelas *et al.* (1995), têm proposto o uso de índices de reflectância com bandas estreitas na determinação da concentração absoluta e relativa de clorofila a, clorofila b e carotenóides em folhas, de plantas. Blackburn (1998b) quantificou clorofila e carotenóides tanto em folhas, como em dossel, com uma abordagem hiperespectral, utilizando a espécie *Pteridium aquilinum*, durante uma fase de desenvolvimento. Os resultados indicaram que índices de reflectância de bandas estreitas, tal como razão simples para pigmento específico (PSSR), pode ser desenvolvido, e este tem forte relação com a concentração por unidade de área de pigmentos individuais em dosséis.

A estimativa da composição bioquímica de plantas, através de alta resolução espectral, tem seu fundamento na espectroscopia do infra-vermelho próximo (NIRS). No nível de folha, o (NIRS) tem sido usada com sucesso para prever concentrações de nitrogênio, celulose e lignina sobre a folhagem. Vários estudos têm demonstrado a utilidade de dados hiperespectrais para estimar o conteúdo de nitrogênio e lignina, no dossel em escalas espaciais aumentadas (Serrano *et al.*, 2002).

3.8 Medidor Portátil de Clorofila SPAD-502

O SPAD-502 (SPAD-502, Minolta Corp., Ramsey, Japão) é um medidor portátil de clorofila. As leituras efetuadas pelo aparelho correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Os valores são calculados pelo aparelho com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorvâncias da clorofila. O medidor de clorofila possui dois diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). A luz em 650 nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas associados à absorvância da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou que sejam devidas a outros fatores. A luz que passa através da amostra da folha, atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, esses sinais analógicos são amplificados e convertidos em sinais digitais, sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD (“Soil plant analysis development”). Os valores obtidos, são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha (Minolta, 1989).

Avaliando folhas de milho Argenta *et al.* (2001), mostraram que há relação entre leitura com medidor portátil de clorofila e o teor de clorofila extraível, evidenciam que as leituras efetuadas com clorofilômetro estimam adequadamente o grau de esverdeamento da folha, ou seja, o teor relativo de clorofila na folha, independente do estágio avaliado e do híbrido de milho, com isso, as leituras efetuadas pelo equipamento SPAD-502, podem substituir com boa precisão as determinações tradicionais do teor de clorofila.

Trabalhando com tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), Guimarães *et al.* (1999), verificou que o método do medidor SPAD-502 apresentou correlações maiores que as obtidas para o laboratório, seja com a produção de matéria seca da parte aérea, seja com

as formas de N analisadas. A estimativa das concentrações de clorofila nas folhas do tomateiro, expressas na forma padrão, a partir das leituras obtidas no medidor SPAD, permitiu o em uma equação linear

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado para gerar informações sobre a distribuição do nitrogênio foliar do dossel florestal na Amazônia Central e contou com o apoio do Projeto Jacaranda (Convênio INPA/JICA) e do Projeto Bionte - Biomassa e Nutrientes Florestais (Convênio MCT-INPA e DFID).

4.1 Caracterização da Área de Estudo

4.1.1 Localização

A área de estudo localiza-se na Estação Experimental de Silvicultura Tropical (Núcleo ZF2), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, aproximadamente a 90 km a noroeste de Manaus-AM e tem seu acesso pela BR-174, km 50. A partir da BR-174, o acesso é dado pela vicinal ZF-2.

O experimento foi desenvolvido em dois transectos, caracterizados por sua localização cardinal, ou seja, um instalado no sentido Norte-Sul e o outro no sentido Leste-Oeste, do componente “Manejo Florestal” do Projeto Jacaranda (Convênio INPA/JICA) e na área do Bionte- Biomassa e Nutrientes Florestais (Convênio MCT-INPA e DFID).

Ambos transectos Norte-Sul e Leste-Oeste possuem uma faixa de 20 m de largura por 2.500 m de comprimento e são subdivididos em 125 parcelas permanentes de 20 x 20 m. As coordenadas geográficas da área são 02° 37' a 02° 38' latitude sul e 60° 09' a 60° 11' de longitude oeste (Radam-Brasil, 1978, folha AS-20-ZB). Esta área não sofre intervenção e representou a floresta primária sem remoção de área basal, sendo o tratamento testemunho T0.

A área do Bionte é de 24 hectares, com 400 m de largura e 600 m de comprimento, esta área foi subdividida para a aplicação de tratamentos silviculturais. No estudo, foram utilizadas as áreas com os seguintes tratamentos: T1: remoção de 32% da área basal (AB) das espécies listadas (EL) do banco de dados de 1987 com $dap \geq 55$ cm; T2: remoção de 42% da AB das EL, do banco de dados de 1987 com $dap \geq 57$ cm e T3: remoção de 69% da AB das EL, do banco de dados de 1988 com $dap \geq 40$ cm.

4.1.2 Clima

Segundo a classificação de Koppen, o clima é do tipo “Amw” tropical chuvosos. Tipo este, caracterizado como quente e úmido durante o ano inteiro. A umidade relativa anual apresenta um índice de 83% (INEMET, 1992). Tribuzy (2005), verificou que a umidade relativa do ar (UR) nos dois períodos sazonais apresentou médias de $73,8\% \pm 0,5\%$ no seco e $82,8 \pm 0,5\%$ no chuvoso. Com a presença de chuva a UR média diária passava a $96,0 \pm 1,8\%$ e $77,8 \pm 0,4\%$ no período chuvoso e seco, respectivamente. Os altos valores de umidade relativa observada nos meses de dezembro a maio, justifica-se como o período de maior precipitação pluviométrica. A precipitação total anual varia de 1.315 mm a 2.839 mm, com uma estação chuvosa de dezembro a maio e uma estação seca de junho a novembro; os meses mais chuvosos são de março e abril (> 300 mm de chuvas) e os mais secos são de julho, agosto e setembro (100 mm). Para uma série de 20 anos da EMBRAPA, o intervalo de confiança obtido para a região é de 2.610 ± 124 mm ($\alpha = 0,05$). Os valores médios registrados pelo INEMET em uma série histórica de 30 anos, citam valores de 2.286 mm ao ano (Silva 2001, Miranda, 2002).

A precipitação anual média medida entre 1961 e 1990 é de 2.285 mm. Há dois períodos sazonais distintos quanto ao regime pluviométrico, que resultam do movimento anual de zona da convergência intertropical, causando na região um período seco e um chuvoso bem definido (Marengo e Nobre, 2001). O período seco é caracterizado por uma precipitação em torno de 100 mm.mês^{-1} e os meses com precipitação maiores que estes valores são considerados períodos chuvosos (Sombroek, 2001; Chambers *et al.*, 2004). Trabalhando na mesma área durante os períodos de 27-07-03 a 28-08-03 e 28-10-03 a 17-12-03, Tribuzy (2005) verificou que a precipitação média (Prec) na torre N-S foi de $1,3 \text{ mm dia}^{-1}$ e na torre T14 foi de $3,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, sendo a precipitação mensal nestas duas áreas próxima a 110 mm, considerando-se este, como período seco.

A temperatura do ar (T_{ar}) apresentou valores distintos entre as duas épocas sazonais com uma diferença de $1,3 \text{ }^\circ\text{C}$. No período chuvoso, verificou temperaturas médias menores que no seco, onde a T_{ar} foi de $28,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, já na época chuvosa, o valor médio foi de $27,1 \pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ (Tribuzy, 2005).

4.1.3 Geologia e Relevo

Geologicamente, predominam os arenitos caulínicos, os argílicos, as grauvacas e as brechas intraformacionais da formação Alter do Chão. Trabalhos recentes já aceitam como limite inferior o Albiano médio e como limite superior, o Cenomaniano inferior, (Radam-Brasil, 1978).

O relevo é levemente ondulado e a maioria das ondulações é formada por pequenos platôs que variam de 500 a 1000 m de diâmetro. A diferença de nível entre as calhas dos igarapés e a superfície dos platôs varia de 70 a 80 m (Santos, 1996).

4.1.4 Solos

Chauvel (1982), citou que o solo mais bem representado nas bacias hidrográficas da ZF-2 é o Latossolo Amarelo Álico, argiloso, que ocupa a superfície dos platôs, cuja fase de referência sob floresta é caracterizado pela presença de um horizonte médio, poroso, situado entre dois horizontes pouco porosos, e que este solo é composto pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, que são constituídos de minerais resistentes a alteração, tais como: a caolinita, o quartzo, os óxidos e hidróxidos de ferro e o alumínio.

Ferraz *et al.* (1998), observaram que as topografias dos transectos têm seqüências de platôs, encostas e baixios. Os solos dos platôs apresentaram textura argilosa; nas encostas, variaram de argilo-arenosos próximos aos platôs e areno-argilosos próximos aos baixios e, os solos nas áreas de baixio, apresentaram textura arenosa. Os solos nas áreas dos transectos foram classificados em três tipos: Latossolo amarelo nos platôs; Podzólicos-Amarelo nas encostas e Arenossolos hidromórficos nos baixios.

O transecto leste-oeste (L-O) apresentou uma segunda área de baixio, onde foi observado um podzol. Ao longo das duas topossequências, os solos são muito ácidos, e, nas depressões, apresentam maiores concentrações de cargas negativas.

O padrão de distribuição vertical dos teores dos nutrientes trocáveis K, Ca e Mg indicam que é na camada mais próxima à cobertura vegetal onde se processa com maior intensidade a ciclagem de nutrientes. A conservação da matéria orgânica nesses solos, é fator importante para a manutenção da fertilidade dos solos. A disponibilidade de nutrientes para as plantas é baixa, e os solos podem ser classificados como distróficos. As

maiores concentrações dos micronutrientes Fe, Mn e Cu estão nos solos dos platôs, o que pode ser associado à textura argilosa desses solos. A oferta de Fe e Zn para as plantas nos solos arenosos é provavelmente reduzida, devido aos maiores teores desses nutrientes estarem abaixo da zona principal de enraizamento das plantas (Ferraz *et al.*, 1998).

4.1.5 Vegetação

A área de estudo é coberta por floresta tropical úmida densa de terra firme, típica da parte central da região amazônica (Higuchi *et al.*, 1997).

Radam-Brasil (1978) denominou a área de sub-região dos baixos platôs da Amazônia e, com base na geomorfologia, em levantamento florístico e em inventários florestais, sub-classificou a mesma em macro-ambiente de relevo tabular, no qual a cobertura florestal densa, raramente com estrato superior uniforme, é frequentemente alterada por manchas de floresta aberta, onde os estratos arbustivos e herbáceos são compostos por regeneração natural das espécies arbóreas, palmeiras e plantas não-vasculares.

Higuchi *et al.* (1985 a,b), em 96 ha (que compõe os blocos experimentais do PMEEFTU), encontraram 14.992 indivíduos com DAP \geq 25 cm, 19,3 m²/ha de área basal e 109,5 m³/ha de volume de madeira em pé com casca, 59 famílias botânicas, com 409 espécies, para 206 gêneros.

Jardim e Hosokawa (1986), em uma análise estrutural de uma amostra de oito ha dessa mesma floresta, a qual abordava todos os indivíduos com altura total \geq 10 cm, encontraram 324 espécies, distribuídas em 57 famílias botânicas, para 173 gêneros. Encontraram 72.885 indivíduos/ha com DAP < 20 cm.

Segundo Jardim e Hosokawa (1986), a família Sapotaceae é a mais rica em número de espécies, no povoamento adulto (DAP \geq 20 cm), enquanto na regeneração natural (DAP < 20 cm), a família mais rica em número de espécies é a Caesalpiniaceae. Porém, as famílias com maiores densidades são, Lecythidaceae (povoamento adulto) com 53,3 indivíduos/ha e Burseraceae (regeneração natural) com 6.618,3 indivíduos/ha. Os gêneros mais bem representados são *Swartzia*, do povoamento adulto e *Ocotea*, na regeneração natural.

A composição florística da área é bastante heterogênea, apresentando índices de Shannon-Wiener para os transectos N-S e L-O de 4,39 e 4,59, respectivamente. Os valores

estimados para área basal, volume e biomassa fresca acima do nível do solo foram sequencialmente 29 m²/ha, 438 m³/ha e 561 t/ha para o L-O (Higuchi *et al.*, 1998).

Em um inventário diagnóstico realizado por Higuchi *et al.* (1998) no transecto Norte-Sul, foram amostrados 2.965 indivíduos arbóreos com DAP \geq 10cm, distribuídos em 37 famílias botânicas e mais de 218 espécies. Para os dois transectos (N-S e L-O), as espécies com maiores IVI foram matamatá (*Eschweilera odorata* (Poepp.Miers)), abiurana (*Micropholis sp*) e riheiro vermelho (*Corytophora alta* R.Knuth). Na encosta foram matamatá (*Eschweilera odorata* (Poepp.Miers)), abiurana (*Micropholis sp*) e breu vermelho (*Protium apiculatum* Swart) e no baixio, seringarana (*Micranda rossiana* R.E.Schultes), muirapiranga folha grande (*Eperua bijuga* Mart.ex Bth) e abiurana (*Micropholis sp*).

Na mesma área de estudo Rocha *et al.* (2003) analisando as taxas de recrutamento, mortalidade e mudanças de estoque em fitomassa, com base em medições feitas em duas ocasiões, 1996 e 2000, verificaram que as taxas de recrutamento e mortalidade foram, respectivamente, 0,90% e 0,86%, com acúmulo de biomassa vegetal de 1,12 t/ha/ano, equivalente a 0,337 t/ha/ano de carbono, indicando que a floresta estudada funcionou como sumidouro, retirando carbono da atmosfera e fixando nas árvores.

Segundo Rocha (2001) os estoques em área basal, volume e biomassa vegetal fresca, acima do nível do solo são os mesmos nos platôs, encostas e baixios, apesar dos maiores estoques e diferenças de estoques, do ponto de vista absoluto, ser maiores nos baixios. O padrão de crescimento individual de árvores, utilizando bandas dendrométricas, também é o mesmo no platô, encosta e baixio. Em um ano de observação, a espécie com menor incremento anual foi maueira (*Erismia bicolor* Ducke) e a com maior incremento foi louro fofo (*Ocotea immersa* van der Werff) (Silva, 2001).

De acordo com Carneiro (2004), na mesma área de estudo, a composição florística nos sete hectares (platô + baixio) constou de 737 espécies, pertencentes a 238 gêneros e 59 famílias. As famílias que apresentaram maior número de indivíduos foram: Lecythidaceae com 505 indivíduos, Sapotaceae (498), Arecaceae (343), Euphorbiaceae (306), Burseraceae (291), Chrysobalanaceae (258), Fabaceae (255), Caesalpiniaceae (240), Lauraceae (136), Mimosaceae (134), Myristicaceae (126), Annonaceae e Moraceae (114) cada uma, Bombacaceae (108) e Humiriaceae (70), somando 80,1 % do total dos indivíduos amostrados. As 43 famílias restantes contribuíram com 19,9% dos indivíduos, sendo que as famílias Erythroxylaceae, Hugoniaceae, Myrsinaceae, Opiliaceae e Rutaceae, contribuíram com 1 indivíduo cada uma. As famílias mais ricas em espécies foram:

Sapotaceae (69 espécies), Chrysobalanaceae e Lauraceae (44), Lecythydaceae e Fabaceae (39) e Mimosaceae (38). No platô, a composição florística constou de 533 espécies, pertencentes a 187 gêneros e 53 famílias, apresentando densidade total de 623 ind./ha e área basal de 28,3 m².ha⁻¹. As famílias mais ricas em espécies foram: Sapotaceae (61 espécies), Lecythydaceae (36) e Burseraceae (27). No baixio, a composição florística constou de 461 espécies, pertencentes a 177 gêneros e 50 famílias, apresentando uma densidade total de 624 ind./ha e área basal de 29,1 m².ha⁻¹. As famílias mais ricas em espécies foram: Sapotaceae (37 espécies), Fabaceae (33) e Chrysobalanaceae (28). Quanto a exclusividade de famílias, gêneros e espécies, o platô sobressaiu-se com 9 famílias, 60 gêneros e 281 espécies, enquanto que o baixio apresentou 6 famílias, 54 gêneros e 212 espécies.

4.2 Coleta de Dados

4.2.1 Material Vegetal Estudado

O material vegetal estudado estava localizado em parcelas de tamanho 20 x 20 m. Foram coletadas três folhas completamente expandidas, expostas a radiação solar e em bom estado fitossanitário de cada indivíduo arbóreo com diâmetro a altura do peito (DAP), superior ou igual a 10 cm.

As folhas foram coletas do dossel florestal por trabalhadores de campo treinados para escalada de árvores utilizando peconha e garra. Para a coleta das folhas foi utilizado um podão.

4.2.2 Avaliações

As seguintes características foram quantificadas: leitura com o medidor portátil de clorofila (SPAD-502), área foliar referente ao diâmetro do furador (AF), área específica foliar (AEF), teor de nitrogênio foliar, diâmetro a altura do peito (DAP) dos indivíduos arbóreos, incremento corrente anual (ICA) entre os anos de 2004 e 2005 e ciclo circadiano em duas torres e crescimento relativo (CR)

A quantificação da absorvância da folha, foi feita com a utilização de um medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502 (SPAD-502, Minolta Corp., Ramsey, Japão), a

leitura refere-se ao Índice Relativo de Clorofila (IRC), sendo sua unidade designada pela Minolta como SPAD e esta avaliação foi conduzida no terço médio foliar evitando medidas sobre a nervura central. Para cada indivíduo da área avaliada foram amostradas três folhas, nas quais fez-se quatro leituras como sub-amostras.

Para quantificar a AEF foram utilizados furadores circulares de áreas equivalentes a 0,302 cm², 1,630 cm² e 1,973 cm², os quais permitiram a retirada de discos foliares de cada folha amostrada, no mesmo local onde foram realizadas as leituras com o medidor Minolta SPAD-502. Os discos do material vegetal foram levados para estufa com temperatura de 60°C para a quantificação da massa foliar seca (g). A quantificação da massa foliar seca (MS) (g) foi obtida com o auxílio de uma balança analítica 4800pm (Mettler-Toledo, Inc.). A AEF foi dada em cm².g⁻¹ e obtida pela razão AF/MS.

O teor de nitrogênio foliar (N_{fol}) foi quantificado a partir de uma folha de cada indivíduo arbóreo e alguns indivíduos por sorteio tiveram as três folhas analisadas. No total, a quantificação do N_{fol} foi realizada em 43% do material vegetal amostrado. As amostras destinadas a determinação do teor de nitrogênio foliar foram trituradas, colocadas em uma cápsula de metal e introduzida num analisador elementar Carlo Erba, que através da combustão das amostras determina a concentração de N_{fol}. O N_{fol} foi expresso em relação a MEF (g.m⁻²) dada em g N.m⁻² de folha.

O diâmetro à altura do peito (DAP) dos indivíduos foi medido a 1,30 m acima do solo utilizando-se uma fita diamétrica. O incremento foi dado por:

incremento = $dap_2 - dap_1/t$, onde dap_2 refere-se ao dap do ano de coleta (2005), dap_1 ao ano anterior (2004) e t refere-se ao tempo. O modelo alométrico utilizado proposto por Chambers *et al.* (2001) foi: $Bio = EXP(-0.37+0.333*LN(DAP)+0.933*LN(DAP)^2-0.122*LN(DAP)^3)$. O crescimento relativo (CR) foi dado por: $CR = (Bio_2 - Bio_1)/Bio_1$, onde Bio_2 refere-se a biomassa no ano de 2005 e Bio_1 refere-se a biomassa do ano de 2004.

O estudo do ciclo circadiano foi realizado em duas torres do componente do projeto LBA, nos quilômetros 14 e 34 com alturas de 35 e 55m, respectivamente. Foram realizadas medidas durante dois dias utilizando o medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502 (SPAD-502, Minolta Corp., Ramsey, Japão) a cada 2 horas, no estrato superior da floresta acima de 21m de altura. As coletas foram iniciadas às 5:00 horas sendo a próxima às 6:00 horas e posteriormente de duas em duas horas. O término do trabalho foi às 20:00 horas. Foram medidas 45 folhas em cada torre, sendo que, em todos os horários de medidas, as

mesmas folhas foram avaliadas. Após medidas, as folhas foram coletadas e levadas para o Laboratório para obtenção da AEF.

4.3 Delineamento estatístico

Teste 1

H0: Maiores teores de nitrogênio foliar ocasionarão maior produtividade local.

Teste 2

H0: Quanto maior a intensidade de exploração de uma área, maior será o teor de nitrogênio foliar no dossel.

Para verificar se a produtividade, área específica foliar e teor de nitrogênio tiveram correlação entre si, aplicou-se o teste de correlação de Pearson para os valores individuais de cada planta amostrada. Uma vez verificada a correlação, foram feitas regressões lineares simples, entre as características estudadas, para entender as interações entre estes fatores.

Para a análise estatística deste trabalho, foi conduzido um delineamento experimental inteiramente casualizado, onde as médias foram comparadas em um quadro de análise de variância (ANOVA). Os tratamentos foram as intensidades de remoção de área basal (transectos N-S, L-O sem remoção de área basal e tratamentos do projeto BIONTE T1, T2 e T3 com remoção de área basal de 32%, 42% e 69% respectivamente), com três repetições para cada tratamento.

Todos os testes foram avaliados até o nível de noventa e cinco por cento de confiança ($\alpha = 0,025$). Os cálculos para a ANOVA e regressão simples, foram feitos com a utilização do programa estatístico SAS 8e, segundo as instruções do guia de análises do mesmo.

5 RESULTADOS

O estudo foi conduzido em 12 parcelas de 400 m² onde cada tratamento teve 3 parcelas. Foram encontrados 255 indivíduos arbóreos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm, os quais foram classificados em 125 espécies, 73 gêneros e 35 famílias botânicas. Para o tratamento (T) sem remoção de área basal (AB) ou seja, floresta primária (T0) foram quantificados 82 indivíduos arbóreos (IA), para os T1 e T2 com remoção de 32% e 42% de AB respectivamente, foram encontrados 58 IA para cada um e o T3 com remoção de 69% de AB foram amostrados 57 IA.

Na área de estudo, para os gêneros *Amphirox*, *Anisophyllea*, *Cordia*, *Drypetes*, *Ecclinusa*, *Erismia*, *Eugenia*, *Hevea*, *Iryanthera*, *Jacaranda*, *Laetia*, *Landerbergia*, *Lecythis*, *Maclobium*, *Maquira*, *Myrcia*, *Neea*, *Parinari*, *Peltogyne*, *Pseudoxandra*, *Ptychopetalum*, *Quiina*, *Rauvolfia*, *Ronnarus*, *Rudgea*, *Ruizterania*, *Sorocea*, *Sterculia*, *Symphonia*, *Tachigali*, *Tetragastris*, *Tourolia*, *Unonopsis* e *Xylopia* foram encontrados um IA, já os gêneros *Amaiouma*, *Duroia*, *Fusae*, *Guarea*, *Insertia*, *Lacunaria*, *Manilka*, *Micropholis*, *Minquartia*, *Pogonophora*, *Psychortia*, *Sclerolobium*, *Simarouba* e *Siparuna* foram encontrados dois IA. *Casearia*, *Tovomita*, *Vantanea*, *Vismia* e *Zygia* foram encontrados três IA, os gêneros *Geissospermum* e *Pouroma* quatro IA e *Bellucia*, *Licaria*, *Mabea*, *Swartzia* e *Virola* foram representados por cinco IA. Os gêneros que apresentaram mais IA, portanto, mais frequentes foram *Croton*, *Eschweilera*, *Pouteria*, *Licania*, *Inga*, *Protium* e *Miconia* com 42, 35, 17, 11, 10, 10 e 9 respectivamente. Conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Nomes referentes à identificação botânica das árvores da área de estudo (Família e Gênero), N° de espécies refere-se ao número de espécies encontradas para cada gênero, o número entre parenteses () refere-se ao que não foi possível chegar até o nível de espécie sendo identificadas como (sp), os valores atribuídos nas colunas T0, T1, T2 e T3, são referentes ao número de espécies encontradas em cada tratamento, no qual T0 representa a floresta primária, T1, T2 e T3 representam a floresta com remoção de 32%, 42% e 69% de remoção de área basal, respectivamente.

Família	Gênero	N° de espécies	Tratamentos			
			T0	T1	T2	T3
Anisophylleaceae	<i>Anisophyllea</i>	1		1		
Annonaceae	<i>Fusaea</i>	1	1	1		
	<i>Pseudoxandra</i>	1		1		
	<i>Unonopsis</i>	1	1			
	<i>Xylopia</i>	1				1
	<i>Geissospermum</i>	1	1		1	2
Apocynaceae	<i>Rauvolfia</i>	1	1			
	<i>Jacaranda</i>	1			1	
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	1			1	
Bursaceae	<i>Protium</i>	7 (1)	5	2	1	2
	<i>Tetragastris</i>	1	1			
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i>	2			4	3
	<i>Pouroma</i>	3		1	1	2
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i>	4 (4;1)	5	2	2	2
	<i>Parinari</i>	1			1	
Clusiaceae	<i>Symphonia</i>	1	1			
	<i>Tovomita</i>	2 (1)	1	1		1
	<i>Vismia</i>	1				3
Connaraceae	<i>Ronnarus</i>	1			1	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	1		4	5	5
	<i>Drypetes</i>	1				1
	<i>Hevea</i>	1	1			
	<i>Mabea</i>	2 (1)	1	3	1	
	<i>Micrandropsis</i>	2	1	4	1	3
	<i>Pogonophora</i>	1	1			1
Flacourtiaceae	<i>Casearia</i>	3	2			1
	<i>Laetia</i>	1	1			
Humiriaceae	<i>Vantanea</i>	1		3		
Lauraceae	<i>Licaria</i>	2 (3)	1	1	1	2
	<i>Ocotea</i>	4	1	1	1	1
Lecythidaceae	<i>Eschweilera</i>	11 (4)	15	7	5	6
	<i>Lecythis</i>	(1)		1		
Leguminosae						
Caesalpinioideae	<i>Macrolobium</i>	1				1
	<i>Peltogyne</i>	1	1			
	<i>Sclerolobium</i>	1 (1)		1	1	

	<i>Tachigali</i>	1		1		
Leguminosae						
Mimosoideae	<i>Inga</i>	7 (3)	2	3	4	1
	<i>Zygia</i>	2	3			
Leguminosae						
Papilionoideae	<i>Swartzia</i>	1(3)	2	2		
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	1		1	6	2
Melastomataceae	<i>Bellucia</i>	2		1	1	3
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	4 (1)		1	4	2
Meliaceae	<i>Guarea</i>	2	1		1	
Moraceae	<i>Brosimum</i>	1 (5)	1		2	3
	<i>Maquira</i>	1			1	
	<i>Sorocea</i>	1	1			
Myristicaceae	<i>Iryanthera</i>	1		1		
	<i>Virola</i>	3 (1)	1		4	
Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	(1)				1
	<i>Myrcia</i>	(1)				1
Nyctaginaceae	<i>Neea</i>	(1)	1			
Olacaceae	<i>Minquartia</i>	1	1		1	
	<i>Ptychopetalum</i>	1		1		
Quiinaceae	<i>Quiina</i>	1	1			
	<i>Lacunaria</i>	1 (1)	2			
	<i>Touroulia</i>	(1)	1			
Rubiaceae	<i>Amaioua</i>	1 (1)	1	1		
	<i>Duroia</i>	1 (1)	1	1		
	<i>Insertia</i>	1		2		
	<i>Landenbergia</i>	1	1			
	<i>Psychotria</i>	(2)		1	1	
	<i>Rudgea</i>	(1)		1		
Sapotaceae	<i>Ecclinusa</i>	1	1			
	<i>Manilkana</i>	1				1
	<i>Micropholis</i>	1	1		1	
	<i>Pouteria</i>	13 (2)	7	4	3	5
Simaroubaceae	<i>Simarouba</i>	1		1	1	
Siparunaceae	<i>Siparuna</i>	1	1	1		
Sterculiaceae	<i>Sterculia</i>	1	1			
Violaceae	<i>Amphirrhox</i>	1	1			
	<i>Rinorea</i>	1 (4)	7			
Vochysiaceae	<i>Erisma</i>	1		1		
	<i>Ruizterania</i>	1				1

5.1 Efeito dos tratamentos nas variáveis estudadas

Observando a distribuição da concentração de nitrogênio foliar entre os tratamentos, conforme a Figura 1, pode-se verificar de acordo com a ANOVA que as diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira não proporcionaram diferença significativa nos teores de nitrogênio foliar ($P < 0,01$), verificando-se que o valor médio do

teor de nitrogênio foliar (N) para T0 foi de $1,996 \text{ g.m}^{-2}$ com desvio padrão de $0,660 \text{ g.m}^{-2}$, para T1 o N médio foi de $2,084 \pm 0,578 \text{ g.m}^{-2}$, no T2 foi encontrado N médio de $2,108 \pm 0,580 \text{ g.m}^{-2}$ e para o T3 o N médio foi de $2,046 \pm 0,647 \text{ g.m}^{-2}$.

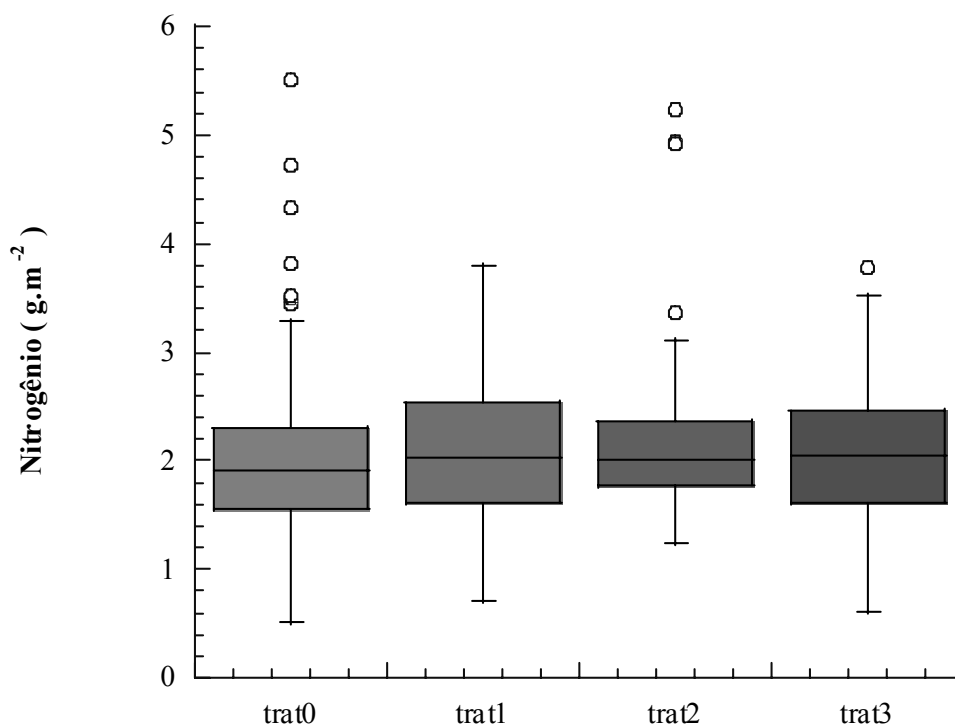


Figura 1 – Distribuição do teor nitrogênio foliar na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.

Para a característica biofísica área específica foliar (AEF), de acordo com a ANOVA, também não foi encontrada diferença significativa ($P < 0,01$), entre os valores das médias na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira (Figura 2). O tratamento representando a floresta primária T0, apresentou valor médio de AEF de $103,6 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ com desvio padrão de $26,8 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$, enquanto para o T1 a AEF média foi de $100,6 \pm 30,6 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$, no T2 foi verificado AEF média de $110,5 \pm 37,2 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ e para o T3 o valor médio de AEF foi de $106,9 \pm 32,0 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$.

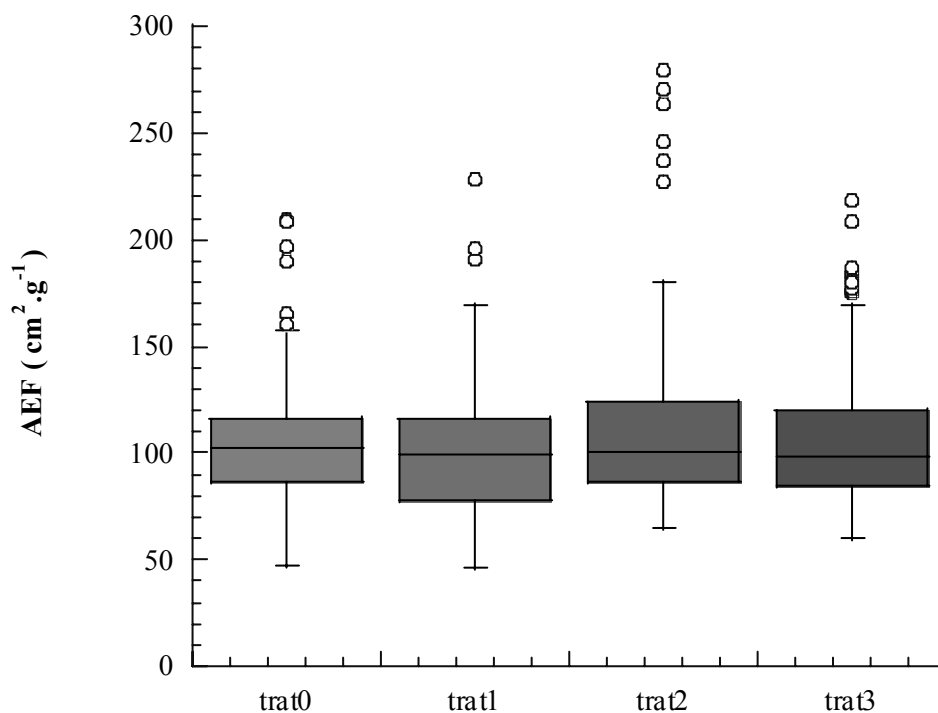


Figura 2 – Distribuição da área específica foliar (AEF) na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.

Observando os dados da distribuição dos valores de unidade SPAD entre os tratamentos conforme Figura 3, de acordo com a ANOVA, verificou-se que as diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira não proporcionaram diferença significativa em seus valores. Para o tratamento sem exploração seletiva de madeira T0, foi verificado um valor médio da unidade SPAD (SPAD) de 61,1 SPAD com desvio padrão de 9,4 SPAD, para T1, o SPAD médio foi de $63,9 \pm 8,3$ SPAD, no T2 o SPAD médio de $62,1 \pm 10,4$ e para o T3 o SPAD médio foi de $63,0 \pm 9,5$ SPAD.

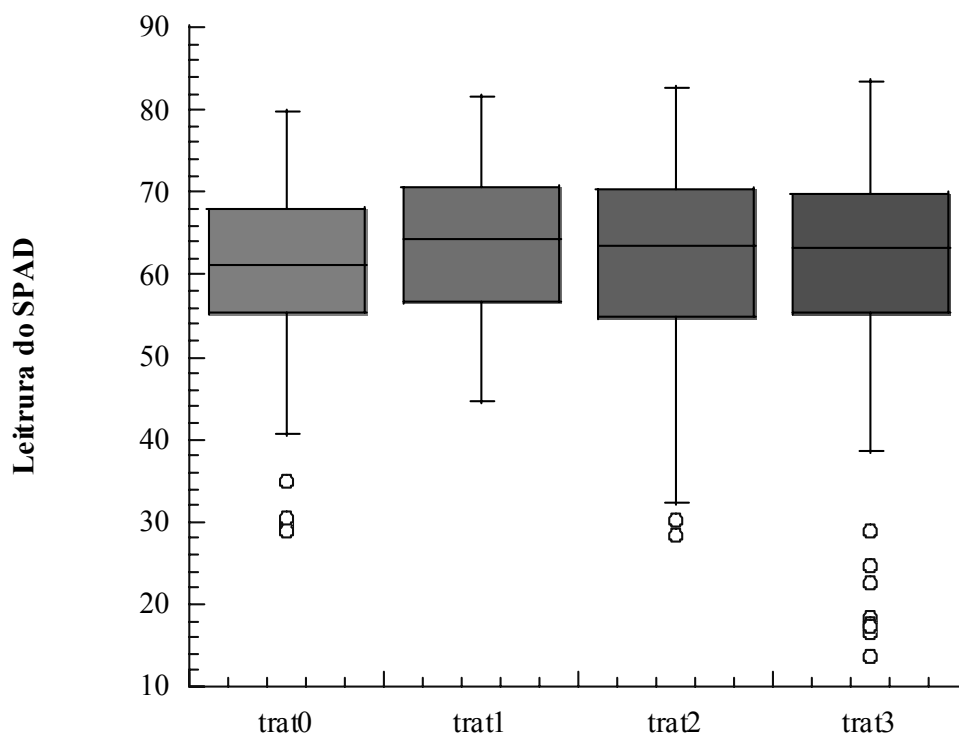


Figura 3 - Distribuição dos valores de unidade SPAD na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.

Analisando a relação entre incremento em biomassa na floresta primária e nos diferentes níveis de exploração seletiva de madeira (Figura 4), verificou-se de acordo com a ANOVA que há diferença significativa entre os mesmos ($P < 0,01$), sendo o T0 o que obteve maior incremento em biomassa. Seguindo um teste de diferença mínima significativa entre médias (teste de Tukey) com probabilidade verificou-se que: o tratamento representando a floresta primária T0, apresentou valor médio de incremento em biomassa (LogInc) $1,2168$ kg com desvio padrão de $0,673$ kg, enquanto para o T1 o LogInc médio foi de $0,7827 \pm 0,751$ kg, no T2 foi verificado LogInc médio de $0,9632 \pm 0,668$ kg e para o T3 o valor médio de LogInc foi de $0,8065 \pm 0,562$ kg. Os dados foram transformados para $\text{Log}_{10}(\text{incremento}+1)$, para obter-se uma melhor relação.

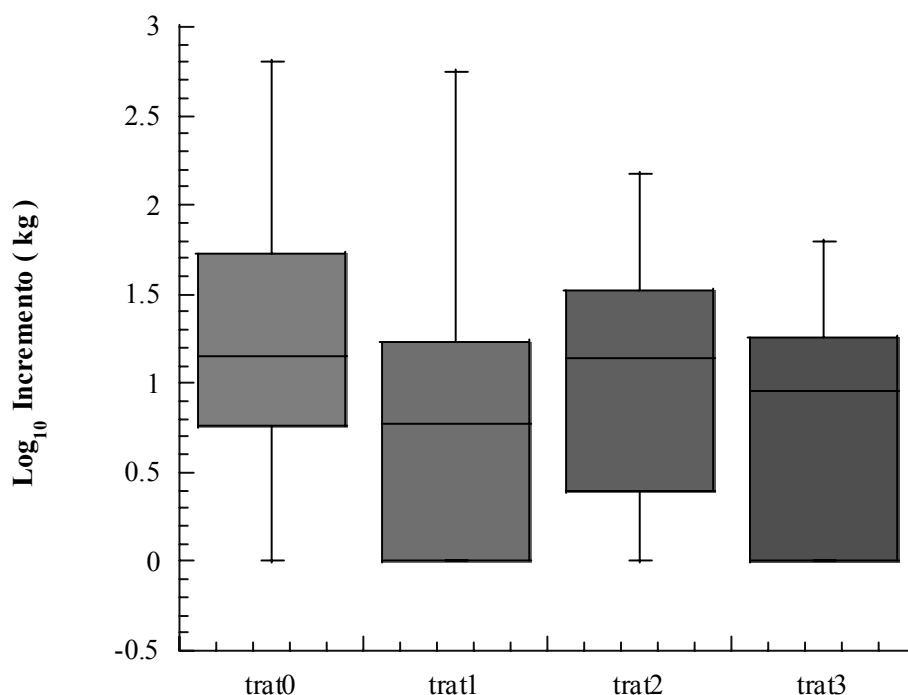


Figura 4 – Relação do incremento em biomassa na floresta primária e nas diferentes intensidades de exploração seletiva de madeira. O traço horizontal no interior das caixas representa a mediana, as caixas são a amplitude da média (desvio padrão), os traços perpendiculares representam a variância e as circunferências os dados fora da variância.

A Tabela 2 representa o teor médio de nitrogênio foliar, o crescimento relativo médio e o incremento médio em biomassa para cada um dos tratamentos estudados. De acordo com a ANOVA e o teste de Tukey, o crescimento relativo médio, na área de floresta primária foi maior quando comparado aos demais tratamentos, entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos onde houve exploração seletiva de madeira ($P < 0,01$).

Tabela 2 – Os tratamentos referem-se a, T0, T1, T2 e T3 sendo floresta primária, 32%, 42% e 69% respectivamente de a remoção de área basal, N (IA) refere-se ao número de indivíduos arbóreos amostrados, N (g.m²) é o teor de nitrogênio foliar em g.m², CR é o crescimento relativo, Inc é o incremento em biomassa (Log10 Incremento+1) em kg.

Tratamento	N (IA)	N (g.m ²)	CR	Inc (kg)
T0	82	1,960 a	1,077 a	1,2168 a
T1	58	2,084 a	1,047 b	0,7827 b
T2	58	2,057 a	1,070 b	0,9632 b
T3	57	2,046 a	1,054 b	0,8065 b

Médias com mesma letra não diferem significativamente (P < 0,01).

5.2 Relação do teor de nitrogênio foliar com SPAD-502 e área específica foliar

Na Figura 5, observa-se que o método de quantificação de clorofila pela medição da absorvância utilizando o medidor portátil de clorofila modelo Minolta SPAD-502, também utilizado para quantificar o teor de nitrogênio foliar dos indivíduos arbóreos, apresentou correlação positiva com (r = 0,39) e probabilidade (P< 0,0001) de estarem correlacionados com os valores do teor de nitrogênio foliar dos indivíduos arbóreos apresentando a equação que rege a relação (N = 0,7274 + 0,021*SPAD)

Ainda observando a Figura 5, verificou-se que para os indivíduos encontrados na área de estudo, a maioria dos valores obtidos com a utilização do Minolta SPAD-502 estavam concentrados entre 50 e 80 unidades SPAD, e que os menores que 50 e maiores que 80 unidades SPAD foram observados em menores quantidades, não permitindo um melhor coeficiente de determinação devido a alta concentração de dados nos valores intermediários entre 50 e 80 unidades SPAD e esta grande concentração de dados correspondem ao teor de nitrogênio foliar entre 1,2 e 3,0 g.m². Entretanto, pode ser verificada uma tendência, em que, maiores unidades do valor SPAD estão associadas a maiores teores de nitrogênio foliar.

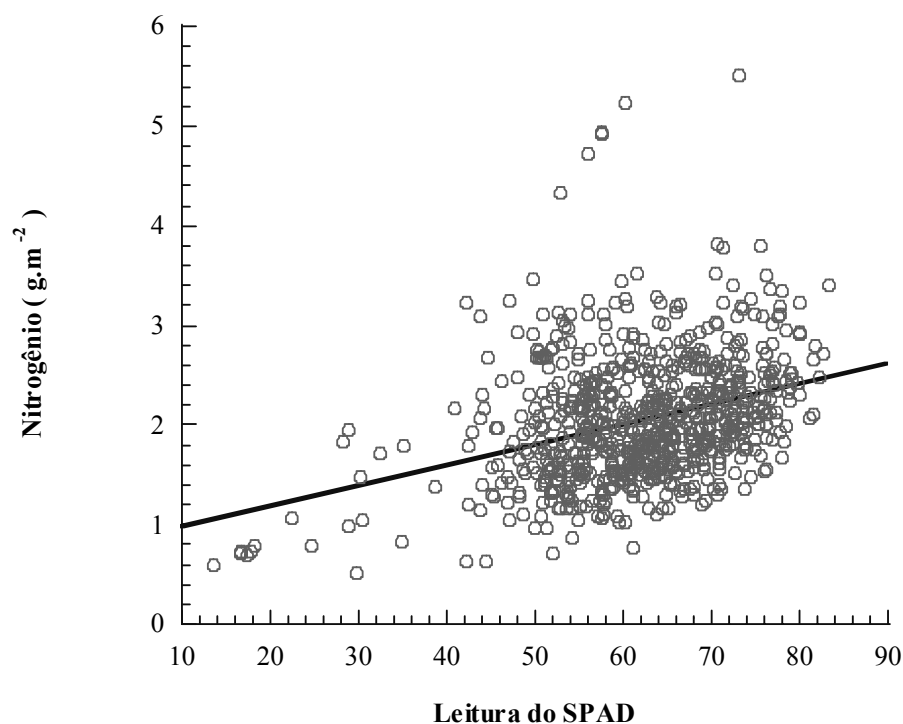


Figura 5 – Relação do teor de nitrogênio foliar com os valores de unidade SPAD.

Na Figura 6, pode-se observar que a AEF, apresentou correlação negativa ($r = -0,56$) e probabilidade ($P < 0,0001$) sendo representada pela equação ($N = 3,1067 - 0,0102 * aef$). Os valores mais encontrados de AEF foram entre 50 e 150 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ aos quais estão associados a teores de nitrogênio foliar entre 1,2 e 3,0 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$. Ainda na figura 6, pode-se observar que há uma tendência de que os maiores valores de nitrogênio foliar estejam associados com menores AEF.

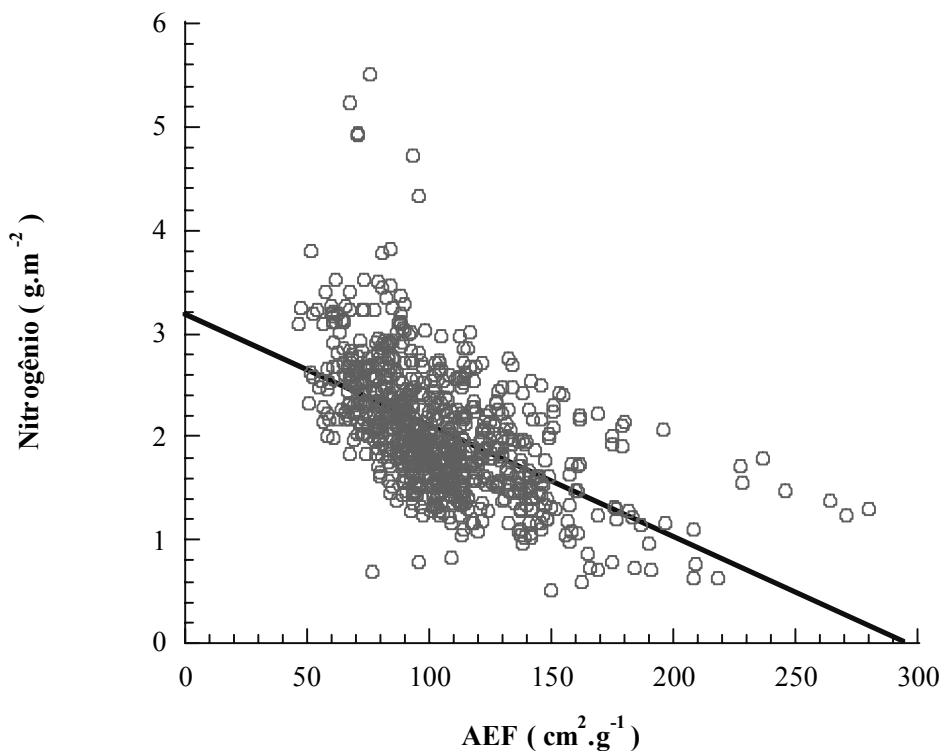


Figura 6 – Relação do teor de nitrogênio foliar com a área específica foliar (AEF).

Os valores de AEF estiveram pouco correlacionados com os valores obtidos pelo medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502, apresentando correlação negativa e ($r = -0,025$), apesar de alta probabilidade ($P < 0,0001$), (Figura 7). Entretanto, pode-se observar que, para os indivíduos encontrados na área de estudo, a maior partes dos dados obtidos encontravam-se entre 50 e 150 $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$ para AEF e entre 50 e 80 unidades SPAD na leitura do clorofilômetro, talvez não permitindo um melhor coeficiente de determinação.

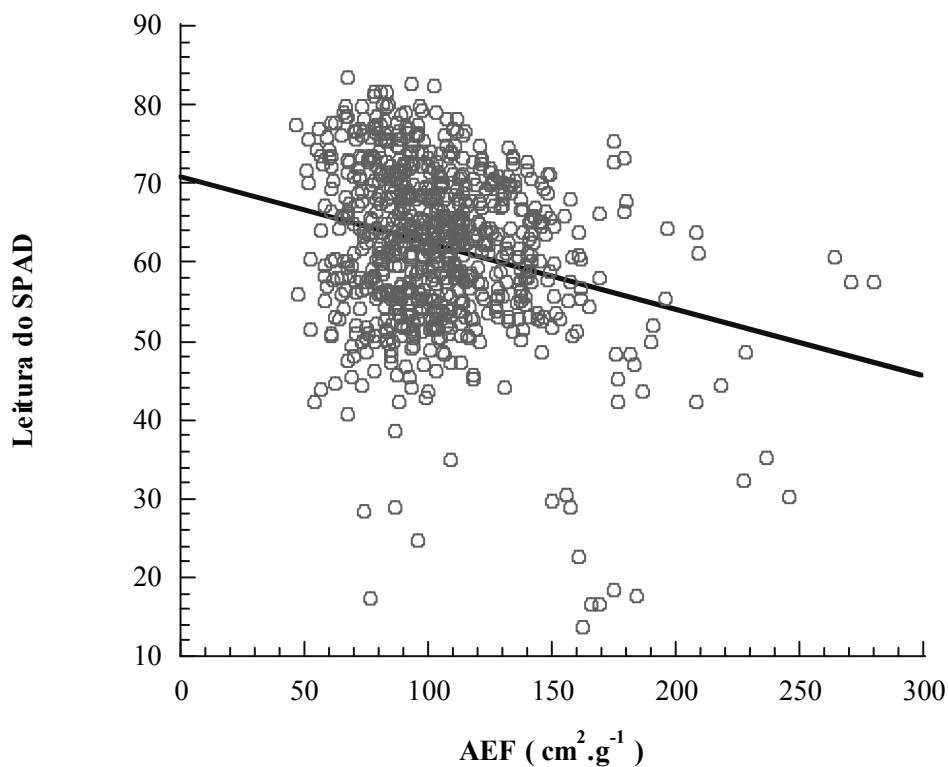


Figura 7 – Relação dos valores de unidade SPAD com a área específica foliar (AEF).

5.3 Relação do incremento em biomassa com teor de nitrogênio foliar, área específica foliar e SPAD-502

As características como área específica foliar, teor de nitrogênio foliar e valores obtidos com medidas do clorofilômetro SPAD-502 estiveram pouco correlacionadas com o incremento em biomassa, apresentando correlação positiva a Figura 8a e correlação negativa as Figuras 8b e c, sendo todos os (r) menores que 0,19. No entanto, a característica biofísica AEF e o teor de nitrogênio foliar apresentaram altas probabilidades com $P < 0,0001$ e $P < 0,0033$ respectivamente, já a leitura com o Minolta SPAD-502 não foi significativa. Foram encontrados muitos valores de incremento em biomassa próximos de 0.

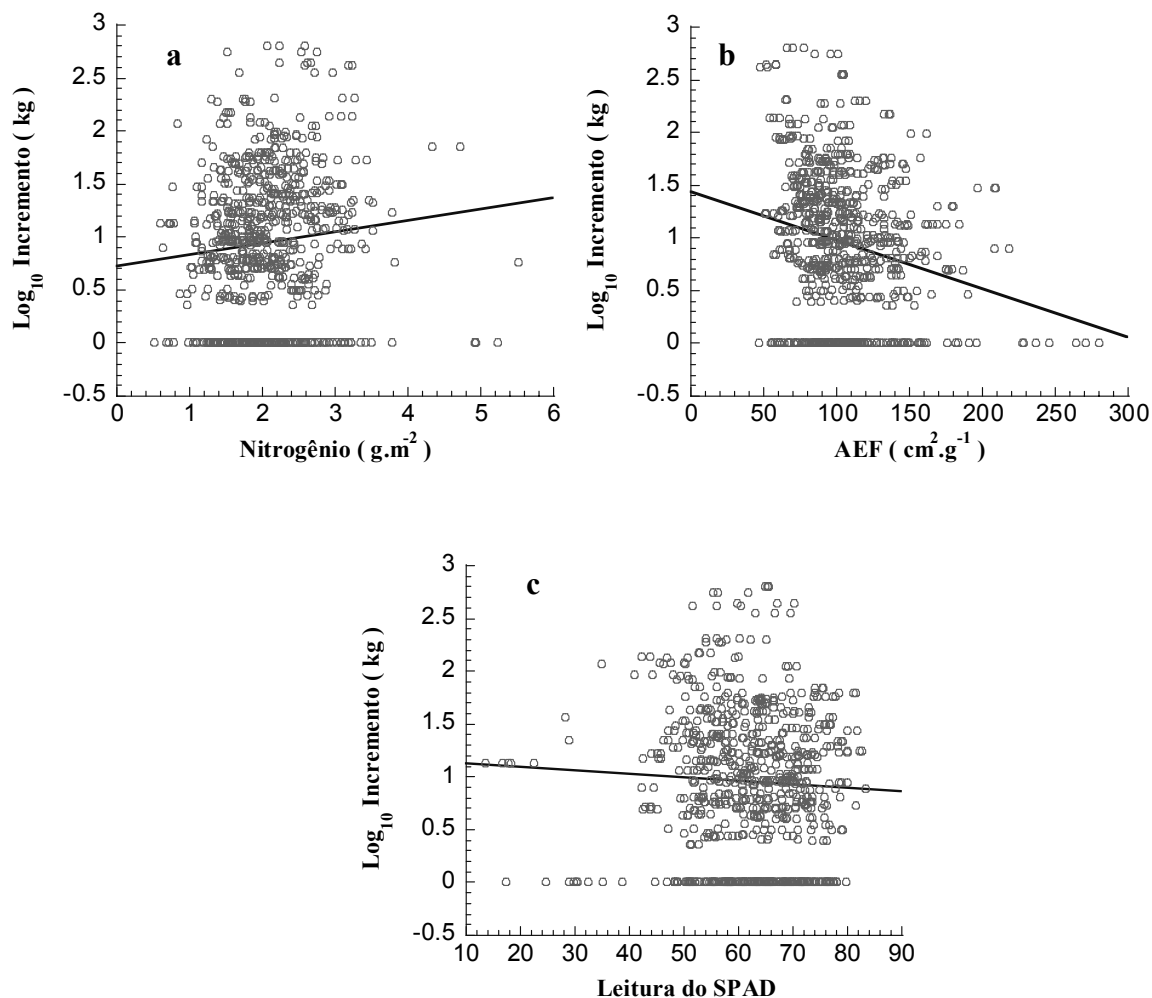


Figura 8 – Relação do incremento em biomassa com a área específica foliar (a), com o teor de nitrogênio foliar (b) e com os valores do medidor portátil de clorofila Minolta SPAD-502(c).

Devido a alta variabilidade encontrada neste trabalho direcionou-se as análises para o estudo a nível de gêneros, considerando os que apresentaram o maior número de indivíduos arbóreos (IA). Ao analisar os gêneros separadamente, pode-se observar um melhor coeficiente de determinação entre as variáveis estudadas conforme a Tabela 2. No entanto, de modo geral o teor de nitrogênio foliar apresentou-se melhor correlacionado com a AEF.

Tabela 3 – Nomes referentes à identificação de campo (Gênero), o número de indivíduos arbóreos encontrados na área de estudo (N), coeficiente de determinação (r^2), o intercepto com o eixo dos Y (y-int) e AEF e SPAD são os valores das constantes que multiplicam os seus respectivos parâmetros.

Gênero	N	N x AEF			N x SPAD		
		r^2	y-int	AEF	r^2	y-int	SPAD
<i>Bellucia</i>	5	0,33*	4,2582	- 0,0198	0,08 ^{ns}	1,8287	0,0147
<i>Licaria</i>	5	0,34*	3,6708	- 0,0128	0,38*	-3,5102	0,1108
<i>Mabea</i>	5	0,70***	3,8305	- 0,016	0,35*	-0,6656	0,0391
<i>Virola</i>	5	0,50**	2,7541	- 0,0061	0,17 ^{ns}	1,2738	0,013
<i>Brosimum</i>	6	0,67***	3,9358	- 0,0205	0,01 ^{ns}	1,8169	0,005
<i>Cecropia</i>	7	0,30**	3,3725	- 0,0128	0,45***	-0,3563	0,0501
<i>Byrsonia</i>	9	0,74***	3,8753	- 0,0185	0,02 ^{ns}	2,7482	-0,0132
<i>Miconia</i>	9	0,79***	4,1404	- 0,019	0,63***	0,2312	0,0272
<i>Micrandrophys</i>	9	0,58***	3,354	- 0,0145	0,10 ^{ns}	0,8469	0,0147
<i>Inga</i>	10	0,64***	3,1341	- 0,0068	0,35***	0,7038	0,0232
<i>Protium</i>	10	0,14*	1,9148	- 0,0043	0,01 ^{ns}	1,1151	0,0051
<i>Licania</i>	11	0,69***	3,9213	- 0,0227	0,45***	0,0701	0,0295
<i>Croton</i>	14	0,46**	3,9745	- 0,0157	0,33***	-1,9992	0,0589
<i>Pouteria</i>	19	0,14**	3,2951	- 0,0091	0,20***	0,6617	0,0266
<i>Eschweilera</i>	35	0,46***	3,8225	- 0,0165	0,01 ^{ns}	1,5947	0,0085

* P < 0,05; ** P < 0,01 e *** P < 0,001.

Como pode ser observado na Figura 9 a, os maiores valores de AEF apresentaram menores valores. Ainda na Figura 9 a, pode ser notado que para alguns gêneros há uma melhor relação entre teor de nitrogênio foliar com a AEF e valor de unidade SPAD, e que

somente o gênero *Byrsonia* apresentou-se diferente dos demais, quando analisado em relação ao valor de unidade SPAD.

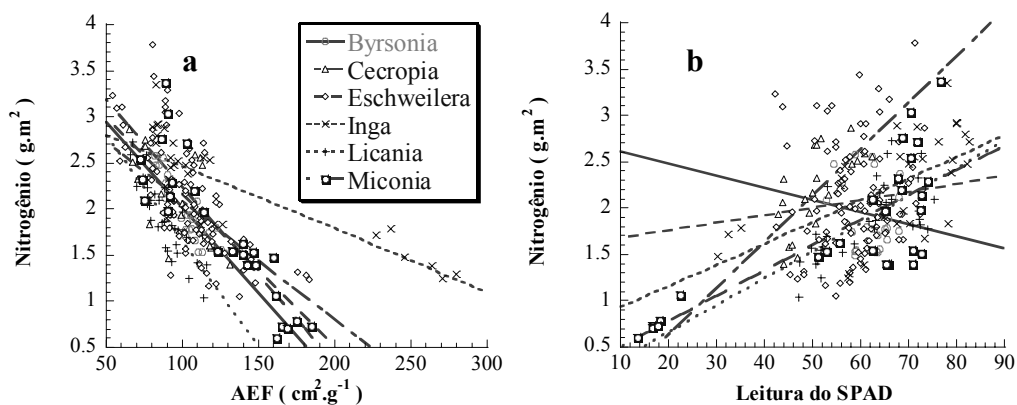


Figura 9 – Relação do teor de nitrogênio foliar de cada gênero em função da AEF (a) e dos valores de unidade SPAD (b).

5.4 Ciclo circadiano

Conforme pode ser observado na Figura 10, nota-se que nas primeiras horas do dia até às 10 horas ocorreram aumentos dos valores de unidade SPAD. Nas horas mais quentes do dia entre 10 e 12 horas houve uma redução destes valores e entre 12 e 14 horas estes mantiveram-se baixos. Após às 14 os valores de unidade SPAD começaram a aumentar, alcançando o nível máximo às 16 horas. Cada ponto da figura, representa a média das medidas realizadas em 90 folhas. No entanto, não houve diferença significativa entre os horários de medição.

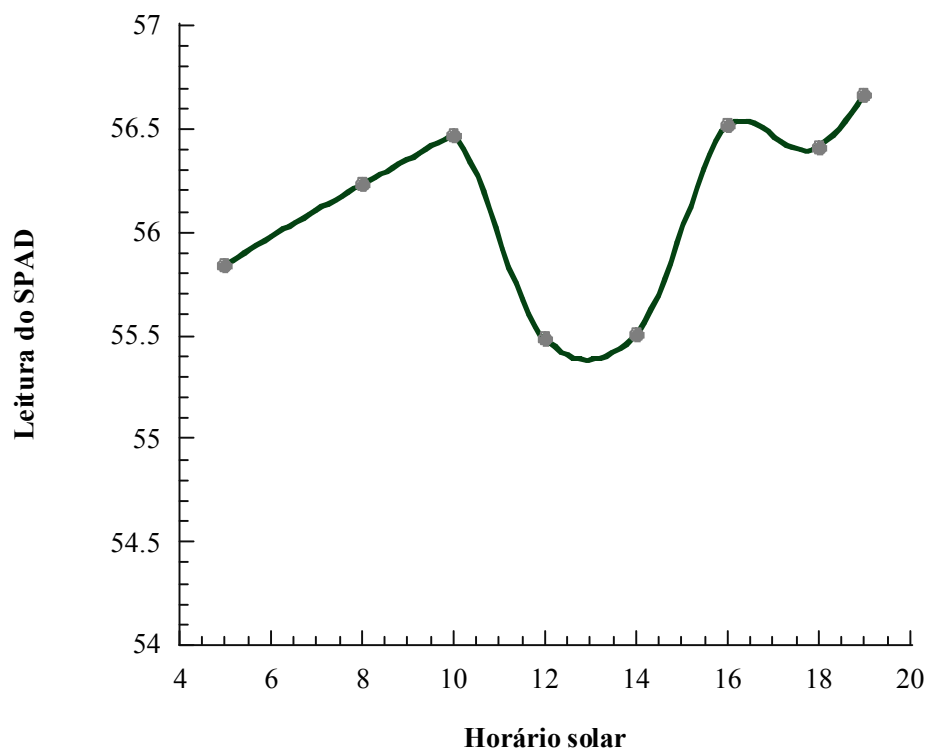


Figura 10 – Distribuição média dos valores de unidade SPAD ao longo do dia em duas torres no estrato superior da floresta.

6 DISCUSSÃO

6.1 Efeito dos tratamentos nas variáveis estudadas

Ao analisar o efeito dos tratamentos para o teor de nitrogênio foliar, área específica foliar e leitura do medidor SPAD (Figuras 1, 2 e 3) pode ser observado que não houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre os mesmos.

A exploração da área estudada foi realizada entre os anos de 1987 e 1988 e pode ser que passados esses 17 anos, a floresta tenha se reestabelecido, tornando os níveis de nitrogênio foliar iguais ao da floresta primária. Talvez a curto prazo, ou seja, logo após a exploração, pudesse ser observado algum efeito no teor de nitrogênio foliar ou outras características morfofisiológicas das folhas, como o encontrado por Medhurst *et al.* (2005) trabalhando com *Eucalyptus nitens*, que verificaram aumento no teor de nitrogênio em uma área com alta intensidade de corte.

Já Teixeira (2003), trabalhando na mesma área de estudo, encontrou que o teor de nitrogênio do tecido lenhoso foi maior onde a exploração foi mais intensa, o que também era o esperado para este trabalho, entretanto, o nitrogênio do tecido lenhoso pode refletir o nitrogênio fixado em períodos anteriores o que inclui o pós-exploratório, já o presente na folha, reflete a concentração atual do ambiente (Lacher, 2000). Teixeira (2003) ainda sugere que o teor de nitrogênio nos tecidos vivos tende a reduzir-se com o aumento do crescimento do caule

O mesmo também ocorreu para a variável área específica foliar, que não apresentaram diferenças entre os níveis de tratamentos, embora alguns trabalhos tenham encontrado decréscimo na área específica foliar e aumento na taxa fotossintética após o corte, causada pelo aumento da incidência solar como o trabalho de Medhurst *et al.* (2005) com *Eucalyptus nitens*.

Entretanto, após 17 anos da exploração, na área de estudo possivelmente houve a recomposição do dossel florestal aumentando a competição por luz nas mesmas quantidades daquelas verificadas nas áreas de floresta sem a ação antropogênica e a área específica foliar tende a se aclimatar, pois as plantas podem aclimatar-se a seus ambientes integrando-se a muitos níveis de radiação e para isso elas podem mudar a fração de biomassa investida em folhas, caules e raízes e são capazes de modular a área por unidade

de biomassa investida na folha, alterando desta forma sua anatomia e mudar o investimento relativo de nitrogênio entre os componentes fotossintéticos (Evans e Poorter, 2001).

Estando também de acordo com o encontrado por Marengo *et al.* (2005), trabalhando na mesma área verificaram que o corte de árvores de grande porte, após 15 anos, não causaram qualquer efeito significativo na área específica foliar das espécies estudadas, que foram: *Miquartia guianensis*, *Scleronema micranthum* e *Goupia glabra*, e isso deu indícios de que os processos morfofisiológicos estão envolvidos na aclimatação de espécies.

O valor de unidade SPAD está relacionado com o conteúdo de clorofila e com o teor de nitrogênio na folha, entretanto, na área de estudo o teor de nitrogênio foliar mostrou-se homogêneo entre os tratamentos, o que foi refletido nas leituras deste aparelho, que apresentaram valores médios semelhantes em todos os tratamentos, isto pode ter sido ocasionado pelo elevado número de gêneros amostrados e pela variabilidade na morfologia das folhas como o verificado na variação da AEF, pois, de acordo com Jifon *et al.* (2005), a espessura da folha pode influenciar as leituras e Richardson *et al.* (2002), sugerem que o ideal seria estudar cada espécie individualmente.

Analisando o incremento em biomassa, para os diferentes tratamentos, verifica-se que a floresta primária foi a que teve o maior incremento diferindo assim dos tratamentos onde ocorreu remoção de área basal. Teixeira (2003), trabalhando na mesma área de estudo, exceto para o tratamento sem remoção de área basal (T0), encontrou que o crescimento médio e a taxa de crescimento do tecido lenhoso não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,068$) entre os tratamentos.

Comparando agora as médias dos tratamentos onde houve remoção de área basal, pode-se dizer que o nível intermediário de corte (32%) foi o que apresentou o maior incremento em biomassa e que altos níveis de intensidade de exploração não aumentou esse incremento para os indivíduos arbóreos estudados.

Carvalho *et al.* (2004), trabalhando na Floresta Nacional do Tapajós em uma área que foi explorada verificaram que o incremento em diâmetro, foi similar nas duas intensidades de exploração até o quinto ano após a exploração e que espécies comerciais também tiveram crescimento maior nessa mesma intensidade de exploração, embora tenha sido significativamente diferentes apenas entre o primeiro e o quinto ano após a exploração, já na floresta não explorada, as árvores com diâmetros maiores apresentaram maior crescimento.

6.2 Relação do teor de nitrogênio foliar com o SPAD-502 e área específica foliar

O medidor portátil de clorofila modelo Minolta SPAD – 502 (SPAD-502, Minolta Corp., Ramsey, Japão), foi desenvolvido com a finalidade de ser utilizado principalmente na agricultura, por ser um método rápido e não destrutivo para prever a necessidade ou não da intervenção por meio da adubação nitrogenada, sendo assim um aparelho que pode indicar o teor de nitrogênio foliar. Entretanto, quando passamos de um sistema agrícola para um sistema florestal e diverso como a floresta amazônica, é possível que este método se torne menos preciso quando estudado a nível de comunidade.

A Figura 5, mostra que apesar de apresentar alta probabilidade, o coeficiente de correlação (r) foi baixo e isso pode ter ocorrido devido ao elevado número de famílias e gêneros botânicos e também pela variação estrutural das folhas inter e intra genérica.

Trabalhando com 10 espécies florestais e com os aparelhos PPW-3000 e SPAD-502, Ichie *et al.* (2002) indicaram que usando os dois medidores juntos, pode-se medir tanto o conteúdo de clorofila da folha quanto o teor de nitrogênio foliar, entretanto, utilizando-se apenas o SPAD-502, o teor de nitrogênio foliar não esteve bem relacionado com as leituras do medidor; já utilizando o PPW-3000, o teor de nitrogênio foliar foi significativo para todas as espécies estudadas e ainda afirma que quando calculamos o conteúdo de nitrogênio utilizando o medidor SPAD-502 devemos considerar que a relação entre as leituras de unidade SPAD e conteúdo de nitrogênio atual da folha variam com o estágio de crescimento.

Para Richardson *et al.* (2002), o ideal seria estudar cada espécie individualmente. Mas em se tratando de floresta amazônica, isto não representaria a população. Neste estudo os dados ficaram concentrados em uma faixa entre 50 e 80 unidades SPAD, porém alguns autores sugerem a necessidade de se coletar folhas em diferentes estágios de desenvolvimento para que se possa obter uma maior amplitude de dados, o que ocasionaria um melhor coeficiente de correlação (r). A mesma tendência foi encontrada por Netto *et al.* (2002) em que maiores valores SPAD estão associados a maiores teores de nitrogênio foliar.

A área específica foliar é uma característica biofísica que vem sendo estudada, por presumir a relação da folha com as trocas gasosas. Na Figura 6, pode-se observar que menores áreas específicas foliares estavam correlacionadas com maiores teores de nitrogênio foliar, o mesmo encontrado por Reich *et al.* 1997 trabalhando com tundra. No presente trabalho as folhas foram coletadas o mais alto possível, sendo então folhas

expostas ao sol e de acordo com Loustau *et al.*(2001) e Seeman *et al.* (1987), folhas expostas adaptadas a alta luminosidade investem mais na enzima Rubisco, o que inclui o nitrogênio requerido para a fixação do CO₂, mas, não o inclui para pigmentos destinados a absorção de luz. A AEF variou entre 50 e 150 cm²g⁻¹ e esta amplitude pode ser explicada pela heterogeneidade da composição florestal e também pelo fato de que plantas da mesma espécie, mesmo em condições idênticas, podem exibir diferenças na área específica foliar (Wilson *et al.*, 1999).

Direcionando o estudo e analisando somente os gêneros (Tabela 2 e Figura 9 a, b) percebemos que para os gêneros que apresentaram maior número de indivíduos arbóreos e por isso foram estudados, a variável área específica foliar esteve bem correlacionada com o teor de nitrogênio foliar, principalmente para os gêneros *Mabea*, *Brosimum*, *Byrsonia*, *Miconia*, *Micrandrophy*, *Inga*, *Licania* e *Eschweilera*. Já para a variável valor de unidade SPAD, os gêneros que apresentaram maior correlação com o teor de nitrogênio foliar foram *Cecropia*, *Miconia*, *Inga*, *Licania*, *Croton* e *Pouteria*. Comparado agora os coeficientes de determinação dos gêneros em que a correlação com área específica foliar e valor de unidade SPAD apresentaram ($P < 0,0001$), verifica-se que a área específica foliar esteve sempre melhor correlacionada com o teor de nitrogênio foliar.

Analisando AEF e valores de unidade SPAD verifica-se, na Figura 6, que apesar do baixo r , maiores valores de unidade SPAD estão associados a menores áreas específicas foliares, entretanto, é preciso considerar a heterogeneidade da composição florística estudada que de acordo com Jifon *et al.* (2005) verificaram que a espessura das folhas é uma forte limitação para as leituras com o medidor portátil SPAD-502, como o observado na Figura 7, em que não houve significância entre AEF e leitura com o medidor SPAD, e que deve-se considerar esse fato quando se tem o objetivo de gerar equações.

6.3 Relação do incremento em biomassa com teor de nitrogênio foliar, área específica foliar e SPAD-502

Nas Figuras 8a,b e c, observa-se que maiores teores de nitrogênio foliar, leituras de unidade SPAD e menores AEF, não causaram aumento no incremento em biomassa. Com relação ao nitrogênio, isto pode ter ocorrido porque maiores teores de nitrogênio promovem aumentos na taxa respiratória dos indivíduos o que pode acarretar em uma diminuição da eficiência do uso de nitrogênio na planta (Roderick *et al.*, 1999).

Como as folhas foram coletadas da parte superior do dossel, essas diferenças não foram notadas o que está de acordo com Sim, Gebauer e Pearcy, (1994) no qual modelaram o impacto da mudança da área específica foliar sobre a taxa de crescimento relativo da planta e encontraram que isso poderia ser mais importante em baixas do que em altas condições de luminosidade. Como citado anteriormente, as leituras com o medidor SPAD-502 podem ser influenciadas pela espessura das folhas sendo então recomendado o estudo de espécies individualmente.

6.4 Ciclo circadiano

Os valores da unidade SPAD apresentaram uma queda no horário entre 11 e 13 horas, e começaram a subir após as 14 horas, tendendo a se igualar aos valores das 5 horas (Figura 10). Como o Minolta SPAD- 502 é um medidor portátil de clorofila, sabe-se que pode ocorrer a desestruturação das membranas do cloroplastos nas horas mais quentes do dia, como o verificado por Hoel *et al.* (1998), afirmam que a irradiância afeta os valores de unidade SPAD, pois os cloroplastos podem modificar sua orientação na célula em resposta à irradiância recebida pela folha, e que o efeito da irradiância nos valores de unidade SPAD devem ser considerados, quando se quer utilizá-lo para estimar o teor de nitrogênio da folha.

Martinez *et al.* (2004) trabalhando com milho, observaram que os valores de unidade SPAD decresciam em 2-3 unidades nos horários mais quentes e isso poderia também estar relacionado com o decréscimo do conteúdo de água da folha e que houve um aumento de 4 unidades de leitura SPAD com a diminuição da irradiância.

7. CONCLUSÃO

O teor de nitrogênio foliar, não diferiu entre os tratamentos estudados, no entanto, o tratamento T0, que é a floresta primária, apesar de ter apresentado o menor valor médio de nitrogênio, foi o que apresentou maior incremento em biomassa.

Os valores de unidade SPAD estiveram pouco relacionados com o teor de nitrogênio foliar, mesmo quando as análises foram feitas a nível de gêneros, sendo que somente alguns apresentaram-se significativos.

A área específica foliar esteve pouco relacionada com o teor de nitrogênio foliar, quando estudou-se a comunidade florestal, no entanto, quando analisou-se os gêneros separadamente, todos foram significativos apresentando melhores coeficientes de determinação.

Não foi possível quantificar o teor de nitrogênio foliar utilizando o SPAD-502.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argenta, G., da Silva, P. R. F., Bortolini, C. G., Forsthofer, E. L., Manjabosco, E. A., and Neto, V. B. 2001: Response of maize single-cross hybrids to reduced row spacing. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 36: 71-78.

Baldocchi, D.D.; Meyers, T.P. 1991. Traces gas exchange above the floor of deciduous forest,1, Evaporation and CO₂ efflux. *Geophys*, 96: 7271-7285.

Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. *In: Lange, O.L.; Nobel, P.S.; Osmond, C.B.; Ziegler, H (Eds). Physiological Plant Ecology I. Responses to the Physical Environment. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, (12A): 57-107.*

Blackburn, G.A. 1998a. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: a test using senescent tree leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 19(4): 657-675.

Blackburn, G.A. 1998b. Quantifying chlorophylls and carotenoids at leaf and canopy scales: an evolution of some hyperspectral approaches. *Remote Sensing of Enviroment*, 66(3): 273-285.

Braga, P.I.S. 1979. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. Sulp. *Acta Amazônica*, 9(4):53-80.

Carneiro, V.M.C., 2004. *Composição florística e análise estrutural da floresta primária de terra firme na bacia do rio Cuieiras Manaus (AM)*. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. Manaus-AM. 77p.

Carvalho, J.OP., Silva, J.N.M., Lopes,J.C.A. 2004. Growth rate of terra firme rain forest in brasilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. *Acta Amazonica*. 34(2): 209-217.

Chambers, J.Q.; Santos, J., Ribeiro, R.S., Higuchi, N. 2001. Tree damage, allometric relationships and above-ground net primary production in a tropical forest. *Forest Ecology and Management*. 152: 73-84.

Chambers, J.Q.; Tribuzy, E.S.; Toledo, L.C.; Crispin, B.F.; Higuchi, N.; Santos, J.; Araújo, A.C.; Kruijt, B; Nobre, A.D.; Trumbore, S.E. 2004. Respiration from a Tropical Forest Ecosystem: Partitioning of Sources and Low Carbon Use Efficiency. *Ecology Application*, 14 (4): 72-88.

Chappelle, E.W.; Kim, M.S.; McMurtrey, J.E.; 1992. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b and the carotenoids in soybean leaves. *Remote Sensing of Environment*., 39(3): 239-247.

Chapman, J.L.; Reiss, M.J. 1992. *Ecology principles and applications*. Cambridge University Press. 294p.

Chauvel, A. 1982. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos, dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. *Acta Amazonica*, 12(3): 47-60.

Cleveland, C.C.; Townsend, A.R.; Schimel, D.S.; Fisher, H., Howarth, R.W.; Hedin, L.O.; Perakins, S.S.; Latty, E.F.; Von Fisher, J.C.; Elseroad, A.; Wasson, M.F. 1999. Global patterns of terrestrial biological nitrogen (N₂) fixation in natural ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* 13 (2): 623-645.

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

Dixon, R.K.; Brown, S.; Houghton, R.A.; Solomon, A.M.; Trexler, M.C.; Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global ecosystems. *Science*, 263: 185-190.

Evans J.R.; Seemann, J.R. 1984. Differences between wheat genotypes in specific activity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase and the relationship to photosynthesis. *Plant Physiology*, 74(4): 759-765.

Evans J.R.; Seemann, J.R. 1989. The allocation of protein nitrogen in the photosynthetic apparatus: costs, consequences, and control. *In: Briggs, W.R. (Eds) Photosynthesis*. A.R. Liss, New York. p. 183-205.

Evans, J.R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 72: 297-302.

Evans, J.R. 1989a. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. *Oecologia*, 78: 9-19.

Evans, J.R. 1989b. Photosynthesis – the dependence on nitrogen partitioning. *In: Lambers, H.; Cambridge, M.L.; Konings, H.; Pons, T.L. (Eds). Causes and Consequences of Variation in growth rate and productivity of higher plants*. SPB Academic Publishing. The Hague, The Netherlands. p. 159-174.

Evans, J.R. 1993a. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a lucerne canopy I. Canopy characteristics. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20: 55-67.

Evans, J.R. 1993b. Photosynthetic acclimation and nitrogen partitioning within a Lucerne canopy II. Stability through time and comparison with a theoretical optimum. *Australian Journal of Plant Physiology*, 20: 69-82.

Evans, J.R.; Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell and Environment*, 24: 55-767.

Falesi, I. C. 1971. *Solos do Distrito Agropecuário da Suframa*. Bol. Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental. Série: Solos. Vol. (1). Manaus – Amazonas. 99p.

FAO. 1993. FAO Forestry Paper 112. *FAO*. Rome, Italy.

FAO. 1997. State of the world's forests 1997. *FAO*. Rome, Italy.

Fearnside, P. M. 1997. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: net committed emissions. *Climate Change*, 35: 321-360.

Fearnside, P.M. 2000. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climate Change*, 46: 115-158.

Ferraz, J.; S. Ohta e P.C. Salles. 1998. Distribuição dos Solos ao Longo de Dois Transectos em Floresta Primária ao Norte de Manaus (AM). *In: Higuchi, N.; Campos, M.A.A.; Sampaio, P.T.B. e Santos, J.(Eds). Pesquisas Florestais para Conservação da Floresta e Reabilitação de Áreas Degradadas da Amazônia.* p.111-143.

Field, C.B.; Mooney, H.A. 1986. The photosynthesis-nitrogen relationships in wild plants. *In: Givnish T.J. (Eds). On the economy of plant form and function.* Cambridge: Cambridge University Press. p. 25-55.

Garnier, E. 1992. Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species. *Journal of Ecology*, 80(4): 665-675.

Garnier, E.; Condonnier, P.; Guillerm, J.-L.; Sonié, L. 1997. Specific leaf area and leaf nitrogen concentration in annual and perennial grass species growing in Mediterranean old-fields. *Oecologia*, 111: 490-498.

Grace, J. 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology*, 92: 189-202.

Grace, J.; Malhi, Y., Higuchi, N., Meir, P. 2001. Productivity of tropical rain forest. *In: Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H.A (Eds). Terrestrial Global Productivity.* p. 401-426.

Guimarães, T.G.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; V. Alvarez, V.H.; Monnerat, P.H. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de

nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. *Bragantia*. 58(1): 209-216.

Hendry, G.A.F.; Price, A.H. 1993. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. *In*: Hendry, G.A.F.; Grime, J.P. (Eds), *Methods in Comparative Plant Ecology*, Chapman Hall, London, p. 148-152.

Higuchi, N. 1994. Utilização e Manejo dos Recursos Madeireiros das Florestas Tropicais Úmidas. *Acta Amazonica* 24(3-4): 275-288.

Higuchi, N. 2000. Ciência e tecnologia e o desmatamento no Amazonas. *Jornal Gazeta Mercantil Amazonas*. p20.

Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos, J. dos; Alencar J. C. 1985b. Bacia 3 – Inventário diagnóstico da regeneração natural. *Acta Amazônica*, 15(1-2): 199-233.

Higuchi, N.; Jardim, F.C.S.; Santos, J. dos; Barbosa, A.P.; Wood, T.W.W. 1985a. Bacia 3 – Inventário florestal comercial. *Acta Amazônica*, 15(3-4): 327-335.

Higuchi, N.; Santos, J. dos; Ribeiro, J. R.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica*, 28(2): 153-166.

Higuchi, N.; Santos, J. dos; Ribeiro, R.J.; Freitas, J.V.; Vieira, G.; Cöic, A.; Minette, L.J. 1997. Crescimento e Incremento de uma Floresta Amazônica de Terra-Firme Manejada Experimentalmente *In: Biomassa de Nutrientes Florestais*. INPA/DFID. 89-132pp.

Hoel, B.O., Solhaug, K.A. 1998. Effect of irradiance on chlorophyll estimation with the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Annals of Botany*.82: 389-392.

Houghton, R.A. 1999. The annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land-use 1850-1990. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology*. 51(2): 298-313.

IBAMA. 2002. www.ibama.gov.br. Acesso em dezembro de 2002.

Ichie, T., Kitahashi, Y., Matsuki, Y., Koike, T. 2002. The use of portable non-destructive type nitrogen meter for leaves of woody plants in field studies. *Photosynthetica* 40 (2): 289-292.

INEMET. 1992. Normais Climatológicas. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 84 p.

Jardim, F. C. S.; Hosokawa, R. T. 1986. Estrutura da floresta equatorial úmida da Estação experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazônica*, 16/17 (único):411-508.

Jifon, J.L., Syvertsen, J.P., Whaley, E. 2005. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in *Citrus sp.* leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130 (2): 152-158.

Keller, M.; Reiners, W.A. 1994. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic Lowlands of Costa Rica. *Global Biogeochemistry*, 8: 399-409.

Lacher, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Editora Rima, São Carlos. 532p.

Lambers, H.; Poorter, H. 1992. Inherent variation in growth-rate between higher-plants - a search for physiological causes and ecological consequences. *Advances in Ecological Research*. 23: 187-261.

Lichtenthaler, H.K.; Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. *Biochemica Societ Transactions*, 591-603.

Loustau, D.; Hungate, B.; Drake, B.G.; 2001. Water, Nitrogen, Rising Atmospheric CO₂ and terrestrial productivity. In: Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H.A (Eds). *Terrestrial Global Productivity*. p. 123-167.

Marenco, R.A., Vieira, G. 2005. Specific leaf area and photosynthetic parameters of trees species in the forest understorey as a function of the microsite light environment in central Amazonia. *Journal of Tropical Forest Science*. 17 (2): 265-278.

Marengo, J. A.; Nobre, C. A. 2001. General characteristics and variability of climate in the Amazon Basin and its links to the global climate system. *In*: McClain, M. E.; Victoria, R. L. Richey, J. E. (Eds). *The biogeochemistry of Amazon Basin*. ed. Oxford University Press, New York. p. 17-41.

Martinez, D.E., Guiamet, J.J. 2004. Distortion of the SPAD-502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomie*. 24 (1): 41-46.

Martinelli, L.A.; Piccolo, M.C.; Townsend, A.R.; Vitousek, P.M.; Cuevas, E.; McDowell, W.H.; Robertson, G.P.; Santos, O.C.; Treseder, K. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry*, 46: 45-65.

Matson, P.A.; Mc.Dowell, W.H.; Townsend, A.R.; Vitousek, P.M. 1999. The globalization of N deposition: ecosystem consequences in tropical environments. *Biogeochemistry*, 46: 67-83.

Matson, P.A.; Vitousek, P.M. 1987. Cross-system comparison of soil nitrogen transformations and nitrous oxide fluxes in tropical forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 1: 163-170.

Medhurst, J.L., Beadle, C.L. 2005. Photosynthetic capacity and foliar nitrogen distribution in *Eucalyptus nitens* is altered by high-intensity thinning. *Tree Physiology*. 25 (8): 981-991.

Minolta Camera Co., Ltda. 1989. *Manual for chlorophyll meter SPAD 502*. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 22p.

Miranda, 2002. Padrão de desenvolvimento radial horário do fuste de três espécies florestais típicas da amazônia utilizando dendrômetros automáticos. Dissertação de Mestrado INPA-UA. 70pp.

Mousseau, M. 1999. At the crossroads of plant physiology and ecology. *Trends in Plant Science*, 4(1): 1-1.

Netto, A.T., Campostrini, E., Oliveira, J.G., Yamanishi, O.K. 2002. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. *Braz. J. Plant. Physiology*, 14(3): 203-210.

Odum, E.P. 1983. *Ecologia*. Editora Guanabara Koogan S.A. 434p.

OIMT. 1990. Diretrizes da OIMT para o manejo sustentado de florestas tropicais naturais. Malásia: Forest Research Institute of Malasya (FRIM). Série técnica, 5.

Pacala, S. W.; Canham, C. D.; Saponara, J.; Silander, J. A.; Kobe, R. K.; Ribbens, E. 1996. Forest models defined by field measurements: Estimation, error analysis and dynamics. *Ecological Monographs*, 66: 1-43.

Pan, Y.; Hom, J.; Jenkins J.; Birdsey, R. 2004. Importance of foliar nitrogen concentration to predict forest productivity in the mid-atlantic region. *Forest Science* 50 (3): 279-289.

Peñuelas, J.; Baret, F.; Filella, I. 1995. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, 31(2): 221-230.

Pires, J.M.; Prance, G.T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (Eds). *Key enviromets Amazonia*. Pergamon Press. Oxford. New York. p. 109-145

Poorter, H.; Bergkotte, M. 1992. Chemical-composition of 24 wild-species differing in relative growth-rate. *Plant Cell And Environment*, 15(2): 221-229.

Poorter, H.; Nagel, O.W. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of light, CO₂, nutrients and water a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 595-607.

Radam-Brasil. 1978. *Programa de Integração Nacional*. Levantamento de Recursos Naturais. V 18 (Manaus) – RADAM (projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil. 626 p.

Radford, P. J. 1967: Growth Analysis Formulae - Their Use and Abuse. *Crop Science* 7: 171-&.

Reich, P.B.; Walters, M.B. 1994. Photosynthesis-nitrogen relations in Amazonia tree species. II. Variation in nitrogen vis-à-vis specific leaf area influences mass- and area-bass expressions. *Oecologia*, 97: 73-81.

Reich, P.B.; Walters, M.B.; Ellsworth, D.S. 1997. From tropics to tundra: global converge in plant functioning. *Ecology*, 94: 13730-13734.

Reis, T. da Silva. 2004. *Distribuição da área específica foliar ao longo do dossel florestal em floresta de terra firme na Bacia do Rio Cuieiras*. Monografia. Centro Universitário Nilton Lins. 68pp.

Ribeiro, J.E.L S; Hopkings, M.J.G; Vinventini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A.S.; Brito, J.M; Souza, M.A .D; Martins, L.H.P.; Lhomann, L.g.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva,C.F; Mesquita, M.R.; Rizzini, C. T. 1997. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Âmbito Cultural Edições Ltda.

Richardson, A.D.; Duigan, S.P.; Berlyn, G.P. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153: 185-194.

Rocha, R.M. 2001. *Taxas de Recrutamento e Mortalidade da Floresta de Terra Firme da Bacia do Rio Cuieiras na Região de Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado INPA-UA. 63pp.

Rocha, R.M; Higuchi, N.; Santos, J.; Nakamura, S.; Silva, R.P.; Pinto, A.C.M.; Tribuzy, E.S. 2003. Taxas de recrutamento e mortalidade e mudanças de estoque de fitomassa da floresta primária na região de Manaus-AM. *In: Higuchi, N.; Santos, J.; Sampaio, P.T.B.; Marengo, R.A.; Ferraz, J.; Sales, P.C.; Saito, M.; Matsumoto, S. (Org). Projeto Jacaranda-Fase II. Pesquisas florestais na Amazônia Central.* INPA. Manaus-AM. p.34-54.

Roy, J.; Saugier, B. 2001. Terrestrial primary productivity: definitions and milestones *In: Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H.A (Eds). Terrestrial Global Productivity.* p. 1-6.

Roderick, M.L., Berry, S.L., Noble, I.R. 1999. The relationship between leaf composition and morphology at elevated CO₂ concentrations. *New Phytol.* 143: 63-72.

Santos, J. dos. 1996. *Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.* Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 120 p.

Saugier, B.; Roy, J.; Mooney, H.A. 2001. Estimation of global terrestrial productivity: converging toward a single number ?. *In: Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H.A. (Eds). Terrestrial Global Productivity,* p. 543-557.

Schimel, D. S. 1995. Terrestrial Biogeochemical Cycles - Global Estimates with Remote-Sensing. *Remote Sensing of Environment,* 51(1): 49-56.

Seemann, J.R.; Sharkey T.D.; Wang J.L.; Osmond C.B. 1987. Environmental-effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pools in leaves of sun and shade plants. *Plant Physiology,* 84(3): 796-802.

Serrano, L.; Peñuelas, J.; Ustin, S.L. 2002. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposition biochemical from structural signals. *Remote Sensing of Enviroment,* 81: 355-364.

Shipley, B.; Meziane, D. 1998. The statistical modelling of plants growth and its components using structural equations. *In: Lambers, H.; Poorter, H.; Van Vuuren MMI*

(Eds). *Inherent variation in plant growth, physiological mechanisms and ecological consequences*. Leiden, The Netherlands: Backhuys. p. 393-408.

Silva, R. P. da. 2001. *Padrões de crescimento de árvores que ocorrem em diferentes toposseqüências na região de Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. Manaus-AM. 60pp.

Sims, D.A.; Gebauer, R.L.E.; Percy, R.W. 1994. Scaling sun and shade photosynthetic acclimation of *Alocasia macrorrhiza* to whole-plant performance – II. Simulation of carbon balance and growth at different photon flux densities. *Plant, Cell and Environment*, 17: 889-900.

Sims, D.A.; Percy, R.W. 1994. Scaling sun and shade photosynthetic acclimation of *Alocasia macrorrhiza* to whole-plant performance – I. Carbon balance and allocation at different daily photon flux densities. *Plant, Cell and Environment*, 17: 881-887.

Smith, M.L.; Martin, M.E.; Plouder, L.; Ollinger, S.V. 2003. Analyses of hyperspectral data estimation of temperature forest canopy nitrogen concentration: comparison between an airborne (AVIRIS) and a spaceborne (hiperion) sensor. *IEEE Transaction on Geoscience and Remoting Sensing*, 41(6): 1-7.

Sombroek, W. 2001. *Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall*. *Ambio*. 30: 388-396.

Souza, A.L. 1999. *Estrutura, Dinâmica e Manejo de Florestas Nativas*. Apostila de Aula. Viçosa-MG-UFV. 40pp.

Taiz, L.; Zeiger, E. 1998. *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, 792p.

Taylor, J.A.; Lloyd, J. 1992. Sources and sinks of atmospheric CO₂. *Aust. J.Bot.*, 40: 407-418.

Teixeira, L.M. 2003. *Influência da intensidade de exploração seletiva de madeira no crescimento e respiração do tecido lenhosodas árvores em uma floresta tropical de terra firme na região de Manaus*. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. Manaus-AM. 71pp

Tribuzy, E. S.; Teixeira, L. M; Chambers, J. Q.; Reis, T. S.; Trumbore, S.; Camargo, P.; Silva, R. P.; Higuchi, N. 2003. *Physiological Responses of Tree Species Growing under Different Site Conditions in the Central Amazon*. LBA annual book of congress.

Tribuzy, E.S. 2005. *Variações da temperatura foliar do dossel e o efeito na taxa assimilatória de CO₂ na Amazônia Central*. Tese de doutorado. ESALQ/ USP. Piracicaba-SP. 84p.

Tribuzy, E.S.; Chambers, J. Q.; Higuchi, N.; Santos, Joaquim dos.; Pinto, A.C.M.; Miranda, E.V. de.; Silva, R.P. da.; Rocha, R. de M.; Félix, B.C.; Trumbore, S.; Camargo, P. 2002 *Response of Photosynthesis to Height Canopy in a Forestry Central Amazon*. I LBA annual book of congress.

Vitousek, P.M.; Sanford Jr, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *American Review Ecological Systems*, 17: 137-167.

Wilson, P.J.; Thompson, K.; Hodgson, J.G. 1999. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plants strategies. *New Phytol.*, 143: 155-162.

Yamashita, T.; Kasuya, N.; Nishimura S.; Takeda H. 2004. Comparison of two coniferous plantations in central Japan with respect to forest productivity, growth phenology and soil nitrogen dynamics. *Forest Ecology and Management*. 200 (1-3): 215-226.