

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

**Biomassa e alocação de nutrientes em plantios comerciais de Pau-rosa
(*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia central.**

DIEGO DESCONCI

Manaus, Amazonas
Setembro, 2016

DIEGO DESCONCI

**Biomassa e alocação de nutrientes em plantios comerciais de Pau-rosa
(*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia central.**

Orientador: Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio

Coorientador: Dr. João Victor Figueiredo Cardoso Rodrigues

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em **Ciências de Florestas Tropicais**, área de concentração em **Silvicultura Tropical**.

Manaus, Amazonas
Setembro, 2016

RELAÇÃO DA BANCA JULGADRA

ITEM	NOME	IES	E-mail
1	Dr. Adriano José Nogueira	INPA	nfalcao@inpa.gov.br
2	Dr. Joaquin dos Santos	INPA	joca@inpa.gov.br
3	Dr. Newton Paulo de Souza Falcão	INPA	adriano@inpa.gov.br

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

DEFESA PÚBLICA DISSERTAÇÃO / PPG-CFT - INPA

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado de **DIEGO DESCONCI** aluno (a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS, realizada no dia 27 de setembro de 2016.

Aos vinte e sete dias do mês de setembro de 2016, às 14h30, na Sala de Aula do Programa de PG em Ciências de Florestas Tropicais, PPG-CFT, Campus III, INPA-V8, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado intitulada: "**BIOMASSA E ALOCAÇÃO DE NUTRIENTES EM PLANTIOS COMERCIAIS DE PAU-ROSA (*Aniba rosaeodora* Ducke), EM DUAS REGIÕES DA AMAZÔNIA CENTRAL**" em conformidade com o Artigo 68 do Regimento Interno do PPG-CFT e Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA) como parte final de seu trabalho para a obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS**, área de concentração em *Manejo Florestal*. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: **JOAQUIM DOS SANTOS (INPA)**, **NEWTON PAULO DE SOUZA FALCÃO (INPA)** e **ADRIANO JOSÉ NOGUEIRA (INPA)**. O(a) Presidente da Banca Examinadora, Dr(a) **Paulo de Tarso Barbosa Sampaio (Orientador(a)/INPA)**, deu início à sessão convidando os senhores membros e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares e informou sobre os procedimentos a serem observados para o prosseguimento do exame. A palavra foi, então, facultada ao(à) Mestrando(a) que apresentou uma síntese do seu estudo e respondeu às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Depois da apresentação e arguição, a referida Banca Examinadora se reuniu e decidiu por

APROVAR

A sessão foi encerrada às 16:40 e, para constar eu, Valdecira Azevedo, Secretária do PPG-CFT lavrei a presente Ata, que depois de lida e aprovada foi assinada pelo Presidente e membros da Banca Examinadora. Banca Examinadora:

Dr(a) **JOAQUIM DOS SANTOS**


Aprovado(a) Reprovado(a)

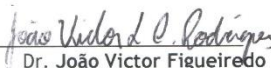
Dr(a) **NEWTON PAULO DE SOUZA FALCÃO**


Aprovado(a) Reprovado(a)

Dr(a) **ADRIANO JOSÉ NOGUEIRA**

Aprovado(a) Reprovado(a)


Dr. **Paulo de Tarso Barbosa Sampaio**
Presidente da Banca/Orientador


Dr. **João Victor Figueiredo Cardoso Rodrigues**
Coorientador


Dr. **José Francisco de Carvalho Gonçalves**
Coordenador do PPGCFT

FICHA CATALOGRÁFICA

D448 Desconci, Diego

Biomassa e alocação de nutrientes em plantios comerciais de Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia central. / Diego Desconci . --- Manaus: [s.n.], 2016.
viii,53 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2016.
Orientador: Paulo de Tarso Barbosa Sampaio
Coorientador: João Victor Figueiredo Cardoso Rodrigues
Área de concentração: Ciências de Florestas Tropicais

1. Pau-rosa . 2. Biomassa . 3. Estoque de biomassa . I. Título.

CDD 583.23

Sinopse:

Este estudo avaliou a alocação de biomassa e nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke, em duas regiões da Amazônia Central.

Palavras-chave: 1. Biomassa. 2. Alocação. 3. Nutrientes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela oportunidade de conhecer um dos biomas mais importantes do mundo;

...A CAPES, pelo apoio financeiro;

...Ao Programa de Ciências de Florestas Tropicais (CFT), pelo conhecimento transmitido ao longo do curso;

...A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde a caminhada teve início;

...Ao meu orientador Dr. Paulo de Tarso pela confiança e apoio logístico;

...Ao meu coorientador Dr. João Victor, pelo empenho e dedicação nos momentos mais importantes;

...A todos meus amigos, especialmente ao Rafael, Alexandre, Pedro, Diegler, Renan e Maíra, pelos momentos de descontração;

...A Hilana Louise, companheira;

...A meus irmãos Tiago, Mauricio e Mariana, por existirem;

...A minha mãe Margareth e meu pai Ênio, meus eternos mestres;

...A Deus, pela força.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Apresentação da espécie	3
2.2 Histórico e panorama atual	4
2.3 Biomassa acima do solo e nutrientes	6
3. HIPÓTESE	9
4. OBJETIVO GERAL	9
4.1 Objetivos específicos	9
5. MATERIAL E MÉTODOS	9
5.1 Caracterização da área de estudo	9
5.2 Caracterização dos plantios de pau-rosa	10
5.2.1 Área 1 – Maués	10
5.2.2 Área 2 – Novo Aripuanã	11
5.3 Biomassa aérea	11
5.3.1 Amostragem	11
5.3.2 Determinação da Biomassa	12
5.4 Determinação das concentrações de nutrientes nos compartimentos arbóreos	13
5.5 Determinação dos estoques de nutrientes nos compartimentos arbóreos	15
5.6 Análise dos dados	15
6. RESULTADOS	16
6.1 Biomassa	16
6.2 Concentração e estoque de nutrientes nos compartimentos arbóreos	17
6.2.1 Nitrogênio (N)	17
6.2.2 Fósforo (P)	18
6.2.3 Potássio (K)	19
6.2.4 Cálcio (Ca)	20

6.2.5 Magnésio (Mg)	21
6.2.6 Ferro (Fe).....	22
6.2.7 Zinco (Zn).....	23
6.2.8 Manganês (Mn)	24
7. DISCUSSÃO.....	25
7.1 Biomassa acima do solo	25
7.2 Concentração e estoque de nutrientes nos compartimentos arbóreos	27
8. CONCLUSÃO.....	30
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
10. APÊNDICES	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores da biomassa aérea média, do estoque de biomassa por hectare e dados biométricos nos três plantios de <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke.	16
Tabela 2: Biomassa e distribuição percentual nas árvores <i>Aniba. rosaeodora</i> Ducke.	17
Tabela 3: Concentração e estoque de nitrogênio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	17
Tabela 4: Concentração e estoque de fósforo nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	18
Tabela 5: Concentração e estoque de potássio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	19
Tabela 6: Concentração e estoque de cálcio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	20
Tabela 7: Concentração e estoque de magnésio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	21
Tabela 8: Concentração e estoque de ferro nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	22
Tabela 9: Concentração e estoque de Zn nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	23
Tabela 10: Concentração e estoques de Mn nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i> Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.	24

RESUMO

Biomassa e alocação de nutrientes em plantios comerciais de Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia central.

A produtividade do óleo do pau-rosa está diretamente relacionado ao acúmulo de biomassa nos diferentes compartimentos arbóreos. Assim, a quantificação da biomassa, bem como, dos nutrientes nela contidos quando da exploração, pode auxiliar na definição de estratégias que visem otimizar as práticas relacionadas ao manejo da espécie. O objetivo deste estudo foi investigar alocação de biomassa e nutrientes em três plantios de *Aniba rosaeodora* Ducke, aos 10, 12 e 17 anos, localizados nos municípios de Maués e Novo Aripuanã, no estado do Amazonas. Os estoques de biomassa e nutrientes foram determinados pelo método destrutivo, em 108 árvores, 36 por plantio. A biomassa média total não diferiu, significativamente, entre os plantios avaliados. O estoque total de biomassa no plantio de 10 (P10), 12(P12) e 17(P17) anos foi de 48,83, 44,66 e 10,00 Mg ha⁻¹, respectivamente. O compartimento copa dos referidos plantios estocou 34,04, 23,77 e 32,17 % da biomassa total acima do solo. As maiores concentrações de macro e micronutrientes foram observadas no compartimento folha e os maiores estoques no compartimento copa (folhas + galhos), onde P10 foi igual a 334,6 kg ha⁻¹ (59,21%), P12 igual a 206,81 kg ha⁻¹ (52,33%) e P17 igual a 64,36 kg ha⁻¹ (59,23%). Foram observadas diferenças significativas para a concentração de nutrientes entre compartimentos e entre plantios. A ordem predominante do estoque de macronutrientes na biomassa total foi N>Ca>K>Mg>P nos plantios P10 e P12 e N>K>Ca>Mg>P no plantio P17. Para os micronutrientes, a ordem predominante foi Fe>Mn>Zn. Considerando que não houve diferença significativa na biomassa média entre os plantios, possivelmente, os fatores relacionados ao espaçamento, sítio e sistema de cultivo, tenham influenciado a alocação de nutrientes que por sua vez, impactaram no acúmulo de biomassa. Nesse sentido, o sistema de cultivo adotado no P10, favoreceu um maior acúmulo de biomassa, em um menor espaço de tempo.

Palavras chave: estoque de biomassa, concentração de nutrientes, sistema silvicultural, *Aniba rosaeodora* Ducke.

ABSTRACT

Biomass and nutrient allocation in commercial plantations of Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), in two regions of central Amazonia

Rosewood oil yield is directly related to the accumulation of biomass. Thus, quantification of biomass and nutrients, allocated to different tree compartments, can help to define strategies to optimize the practices related to the management of the species. The objective of this study was to investigate the allocation of biomass and nutrients in three plantations of *Aniba rosaeodora*, at 10, 12 and 17 years, located in the municipalities of Maués and Novo Aripuana, Amazonas State. Therefore, biomass stocks and nutrients were determined by the destructive method, 108 trees, 36 per plantation. The average total biomass did not differ significantly between the evaluated plantations, however the total biomass stock in plantation 10 (P10), 12 (P12) and 17 (P17) years was 48.83, 44.66 and 10.00 Mg ha⁻¹, respectively. The crown compartment of these plantations stored 34.04, 23.77 and 32.17% of the total aboveground biomass. The highest concentrations of macro and micronutrients were observed in the leaf compartment and the largest stocks in the crown compartment (leaves + branches), which was equal to 334.6 kg ha⁻¹ (59.21%) for P10, 206.81 kg ha⁻¹ (52.33%) for P12, and 64.36 kg ha⁻¹ (59.23%) for P17. In general, for nutrient concentrations, significant differences were observed between compartments and between plantations. In order of predominance of the stock of macronutrients in the total biomass was N>Ca> K>Mg>P in plantations P10 and P12 and N>K>Ca>Mg>P in P17 plantation. For micronutrients, the order of predominance was Fe>Mn>Zn. Considering that there was no significant difference between the average biomass of the evaluated plantations, these plantations have different characteristics as spacing, age, and site, possibly the choice of cultivation system has influenced the nutrient allocation that affected the biomass accumulation. In this sense, the cultivation system applied in the P10 site appeared to be more favorable to biomass accumulation, because a same biomass as the other plantations accumulated in a shorter time.

Keywords: biomass stock, concentration of nutrients, silvicultural system, *Aniba rosaeodora* Ducke.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, em termos de biodiversidade, é considerado o país mais rico do mundo (Forzza *et al.* 2012). Grande parte dessa riqueza é advinda da Amazônia, que ocupa uma área que corresponde a 49,29% do território nacional (IBGE, 2004) e abriga aproximadamente 16 mil espécies de plantas (Steege *et al.* 2013).

Dentre esta ampla gama de espécies, que oferecem produtos madeireiros e não madeireiros, destaca-se o pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). A referida espécie possui relevante importância econômica, pois de seus diferentes compartimentos arbóreos é extraído, por destilação, um óleo muito apreciado pela indústria de perfumaria fina.

Amplamente distribuída na região amazônica a espécie tem por característica principal, a produção de óleo essencial rico em linalol. Esta característica levou o pau-rosa a ocupar um lugar de destaque no mercado de essências, ficando mundialmente famosa quando do lançamento, em 1921 do perfume Chanel nº 5. Criado pelo perfumista, Ernest Beaux o principal ingrediente do famoso perfume francês é o linalol.

A elevada demanda pelo óleo essencial, ocasionou a exploração predatória da espécie. Os maiores picos de produção referem-se as décadas de 1950 e 1960 (Homma, 2003). Estimativas correlacionando o rendimento de óleo essencial de pau rosa, com o total de óleo exportado entre os anos de 1937 a 2002, aproximadamente 13 mil toneladas, apontam que pelo menos, 825 mil árvores foram abatidas, sendo explorados mais de 14 milhões de hectares de floresta.

Porém, mesmo com as dificuldades na obtenção da matéria prima, o mercado mantém o interesse pelo produto. Hoje, custando em torno de U\$\$ 240 o litro, a produção é em sua maior parte absorvida por países como EUA, Alemanha, França, Itália e Inglaterra (MDIC, 2016). Deste modo em função do elevado valor de mercado, o cultivo da espécie, hoje protegida por lei, vem despertando o interesse de muitos investidores, que veem na espécie uma excelente alternativa de investimento, possibilitando elevados lucros a médio e longo prazo.

Atualmente a exploração do pau-rosa segue normativas federais (IN nº. 09/2011, IBAMA), e estaduais (IN nº. 002/2006 –SDSA). Juntas, as normativas supracitadas estabelecem uma série de procedimentos relativos ao ordenamento da extração e reposição da espécie, permeando toda a cadeia produtiva e estimulando o uso de técnicas sustentáveis quando da colheita, como por exemplo, a não necessidade da supressão do indivíduo, sendo o óleo obtido a partir de diferentes componentes arbóreos, como galhos e folhas. No entanto,

ainda são escassas as informações a respeito do manejo da biomassa aérea de pau-rosa, bem como do efeito de sua retirada quando da colheita florestal.

A quantificação da biomassa e de nutrientes em qualquer forma de ecossistema florestal é de fundamental importância para que se conheça a dinâmica dos nutrientes nos diversos compartimentos do ecossistema, podendo-se assim, encontrar indicadores de possíveis impactos que algumas técnicas silviculturais podem causar (Reis e Barros, 1990; Caldeira *et al.*, 2008). Na Amazônia esse conhecimento é ainda mais importante, a medida que a maioria dos solos da região são altamente intemperizados e pobres em nutrientes (Quesada *et al.*, 2010).

Sabe-se que as florestas plantadas, além de proporcionarem a diminuição da pressão sobre populações naturais, conservação do material genético e gerarem renda e emprego, são consideradas menos impactantes do que qualquer outra cultura intensiva. Todavia, para que os benefícios advindos da silvicultura sejam completos, há a necessidade de se observar os princípios ecológicos de cada região (Poggiani *et al.*, 1998), o que significa, que a colheita não pode exceder a capacidade produtiva do sítio, estando diretamente relacionado, dentre outros fatores, com o sistema de corte adotado.

Quando o silvicultor da *A. rosaeodora* Ducke opta por um determinado tipo de exploração ou ciclo de cultivo, uma maior ou menor fração dos nutrientes presentes no sítio, pode estar sendo exportado, implicando diretamente no desenvolvimento da cultura à medida que a falta ou até mesmo, o excesso de um ou mais nutrientes podem provocar anormalidades nas árvores, diminuindo sua produtividade (Vieira *et al.*, 2011).

Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo investigar o efeito da idade, sítio e sistema de cultivo adotado, no acúmulo de biomassa e nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke. Com a finalidade de estimar a exportação de biomassa e nutrientes quando do manejo da biomassa aérea, foram avaliados 3 plantios de pau-rosa, sendo P10 e P12 cultivados em sistemas homogêneos e P17 em linhas de enriquecimento em meio a vegetação secundária.

As informações presentes neste estudo, corroboram com o manejo desta espécie, especialmente no que diz respeito às práticas silviculturais aplicadas nesses povoamentos quando da colheita florestal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Apresentação da espécie

Amplamente distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, a família Lauraceae é constituída por 49 gêneros e mais de 2500 espécies (Werff e Richter, 1996). No Brasil existem 439 espécies de lauráceas representando 24 gêneros (Quinet *et al.*, 2013). Os gêneros *Aniba*, *Nectandra* e *Ocotea* apresentam o maior número de espécies de importância econômica, pois destas, são extraídos produtos que são utilizados em diferentes áreas como: culinária, fabricação de papel, construção civil, medicina e perfumaria (Marques, 2001).

Dentro do gênero *Aniba* destaca-se o pau-rosa sinonímia *Aniba rosaeodora* var. *amazonica* Ducke e *Aniba duckei* Kostermans (Sampaio *et al.*, 2003; Ohashi e Rosa, 2004). A referida espécie, possui porte arbóreo e pode atingir até 30 metros de altura e 2 metros de diâmetro. O fuste é retilíneo, ramificado no ápice, formando uma pequena copa. A casca possui coloração pardo amarelada ou pardo avermelhada. Possui folhas obovada-elíptica, com margens levemente curvadas, variando de 6 a 25 cm de comprimento por 2,5 a 8 cm de largura. A face superior possui coloração glabra ou verde escura e a inferior, pilosa, amarelo pálida (Ohashi e Rosa, 2004).

A fenologia reprodutiva da espécie é anual ou supra anual, apresentando variação conforme a localização do sítio (Magalhães e Alencar, 1979). As flores, são hermafroditas e diminutas, de coloração amarelo-ferruginosas, dispostas em panículas subterminais. O sistema de reprodução é de fecundação cruzada, garantida pela ocorrência de dicogamia.

O fruto, é do tipo baga, possuindo uma cúpula cônica e espessa, de coloração marrom-esverdeada. A baga, que contém apenas uma semente, recalcitrante, possui um formato obovoide a ovoide, de cor verde quando imatura, tornando-se roxa-escura quando madura. Os frutos da *A. rosaeodora* Ducke são muito apreciados por pássaros, em especial os Psitacídeos, que atuam como predadores e dispersores de semente (Kubitzki e Renner, 1982).

A espécie é amplamente distribuída na região amazônica, ocorrendo na Guiana Francesa, Guiana, Suriname, Venezuela, Peru, Colômbia e Equador, (Ducke, 1930; Kostermans, 1938). No Brasil, ocorre desde o estado do Amapá no nordeste amazônico, seguindo as duas margens do Rio Amazonas e tributários até o Peru à noroeste (SUDAM 1972). Ocorre também desde a região centro-sul do estado do Pará até a bacia do Rio Purus no sul do estado do Amazonas (Ducke, 1938; Mitja e Lescure, 2000). A espécie pode ser encontrada tanto em floresta de terra firme úmida como também em área de campinarana, com habitat preferencial em platôs e nascentes de igarapés, em latossolos amarelos e

vermelhos (Kubitzki e Renner, 1982; Ohashi e Rosa, 2004).

A utilização mais conhecida e de grande valor econômico da espécie, é a produção de óleo essencial (Sampaio *et al.*, 2005). Obtido a partir de todos os componentes arbóreos, por meio da técnica de arraste a vapor, o óleo essencial do pau-rosa, além de possuir um odor característico, tem como componente majoritário, o linalol (Maia *et al.*, 2007; Lupe *et al.*, 2008).

A biossíntese deste terpeno ocorre, principalmente, a partir da rota do ácido mevalônico, tendo como principal composto o geranyl difosfato, que por meio da ação de diferentes enzimas resulta em uma grande variedade de compostos, tais como, o linalol (Taiz e Zeiger, 2004).

2.2 Histórico e panorama atual

O principal interesse econômico do pau-rosa, reside no fato da espécie ser produtora de um óleo essencial, rico em linalol, muito apreciado pela indústria de perfumaria fina (Sampaio *et al.*, 2003).

Entretanto, nas últimas décadas a aplicabilidade do linalol tem se expandido para diversas áreas do conhecimento humano, sendo necessária sua produção em quantidades sempre crescentes (Alcântara *et al.*, 2010). Atualmente, a indústria farmacêutica vem utilizando o linalol com sucesso, como componentes de sedativos, anti-convulsivos e anti-inflamatórios, são conhecidas também, suas propriedades acaricida, bactericida e fungicida (Linck *et al.*, 2009; Peana *et al.*, 2002; Elisabetsky *et al.*, 1999; Prates *et al.*, 1998; Belaiche *et al.*, 1995).

No Brasil, a exploração comercial do pau rosa teve início a partir do esgotamento das reservas da Guiana Francesa, sendo em 1926 instalada a primeira usina de beneficiamento no município de Juriti Velho, na localidade de Taparapu no estado do Pará (Homma, 2003). O comércio do óleo dessa espécie chegou a ocupar o terceiro lugar na pauta de exportação da região Amazônica (Marques, 2001), sendo os principais produtores os estados do Amazonas e Pará (May e Barata, 2004).

Dada a importância econômica da espécie para a região amazônica, já na década de 30 foram publicados decretos federais e estaduais, que buscaram ajustar toda a cadeia produtiva do pau-rosa, no entanto, devido a conjuntura político-econômica da época e também em função da falta de conhecimento técnico-científico, não se obteve o efeito esperado, e a exploração seguiu o mesmo sistema adotado na vizinha Guiana Francesa, onde todos os

indivíduos encontrados eram abatidos (Homma, 2003).

O pico da exploração do pau-rosa ocorreu em 1951, quando foram produzidos 599 t de óleo, sendo a maior parte, destinada ao mercado internacional (Homma, 2003). Esse sistema de exploração predatória levou ao declínio das populações naturais (Leite *et al.*, 1999).

Assim, os efeitos desta, logo foram sentidos na indústria nacional. A Perfumarias Phebo Ltda., fundada em 1932, em Belém do Pará, que fabricava sabonetes e cerca de duzentos tipos de perfumes, tinha como ingrediente básico de seus produtos, o óleo essencial de pau-rosa, no entanto, após a década de 60 em virtude da diminuição da matéria prima no mercado, a utilização do óleo essencial do pau-rosa ficou praticamente restrito ao uso na perfumaria fina, sendo quase toda a produção exportada (Homma, 2003).

Deste modo, o desenvolvimento deste cenário, levou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, em 1992, a incluir o pau-rosa na lista de espécies ameaçada de extinção (IBAMA, 1992). Adicionalmente, outras políticas públicas foram adotadas, visando regularizar e controlar toda cadeia produtiva do pau-rosa, como a Portaria 01/98 do IBAMA e a Instrução Normativa nº 002/06 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SDS) do governo do Amazonas.

No âmbito internacional, a espécie foi incluída em 1998, Lista Vermelha da IUCN (IUCN, 2014), e em 2011 na CITES (CITES, 2010). No mesmo ano da inclusão na CITES, foi publicada a instrução normativa nº 09/2011 do IBAMA, que em conjunto com a normativa estadual supracitada, venho a estabelecer uma série de procedimentos para a exploração das florestas primitivas e demais formas de vegetação arbórea natural que contenham a espécie (IBAMA, 2011).

Atualmente, dado o rigor das legislações, os produtores de óleo de pau-rosa são constantemente pressionados a adotarem práticas sustentáveis na exploração, o que tem contribuído para o desenvolvimento de novos métodos de extração de óleo essencial (Ferraz *et al.*, 2009), como por exemplo, a obtenção do óleo, sem a necessidade da supressão do indivíduo, sendo o óleo obtido a partir da destilação de folhas e galhos, por meio do manejo da biomassa aérea.

Portanto, o sucesso na silvicultura do pau-rosa poderá ser obtido a partir do desenvolvimento de técnicas de manejo mais adequadas para a espécie (Takeda, 2008), o que passa necessariamente, dentre outros questões, pela determinação da biomassa e dos nutrientes nela contidos, quando da colheita florestal.

2.3 Biomassa acima do solo e nutrientes

A Bacia Amazônica abrange uma área no território brasileiro de, aproximadamente, 4,5 milhões de km², dos quais 75% são solos de baixa fertilidade (Sanchez *et al.*, 1982), deste modo como estratégia, o maior estoque de nutrientes é armazenado na biomassa florestal (Haridasan, 2000). Assim, as estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas, dentre outras, ao manejo florestal, haja vista que a biomassa está diretamente relacionada com os estoques de macro e micro nutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada nutriente (Higuchi *et al.*, 1998).

Comparativamente a outros biomas, o acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos pode ser até cinco vezes maior (Marion, 1979, apud Pallardy, 2008). Cátions como Ca, K, Na, Mg e S são armazenados em quantidades significativas na biomassa deste ecossistema (Salati e Vose, 1984). Em florestas de terra firme localizadas próximas a Manaus, mais de 80% do K, Ca e Mg e 40% e 50% de N e P respectivamente, estão armazenados na biomassa florestal (Herrera *et al.*, 1978).

Sabe-se que a produção de uma floresta está diretamente relacionada com as características climáticas e físico-químicas do solo (Barros e Novais, 1990), além deste fatores, a quantidade de radiação solar interceptada pela copa, bem como, a eficiência de conversão desta em biomassa, afetam diretamente a produção florestal (McMurtrie *et al.*, 1994). Deste modo, uma maior disponibilidade de água e nutrientes tende a proporcionar uma maior eficiência, otimizando o acúmulo de biomassa (Marschner, 1995).

No entanto, como em florestas tropicais a relação solo-planta não é direta, tendo o solo como função principal, a sustentação (Golley, 1986), a remoção inadequada da biomassa mediante a exploração florestal, pode contribuir tanto para o aumento da demanda de nutrientes do solo como também para o declínio cada vez maior de sua fertilidade natural, fato que pode comprometer as atividades silviculturais subsequentes (Neves *et al.*, 2001).

Deste modo, conhecer a distribuição de nutrientes, nos diferentes compartimentos arbóreos, para controlar a exportação dos mesmos via colheita florestal, torna-se muito importante (Higuchi *et al.*, 1998).

Na Amazônia, diversos estudos tem reportado uma grande variação em relação as estimavas de biomassa. Em florestas de terra firme, por exemplo, estima-se que a biomassa fresca acima do solo seja de, aproximadamente 645 t ha⁻¹(Klinge e Rodrigue, 1973). Salomão *et al.*, (1996) avaliando florestas secundárias de 5, 10 e 20 anos estimaram uma

produção de biomassa de 13, 44 e 81 t ha⁻¹, respectivamente. Lima (2001), observou que fisionomias de capoeira de 6, 10 e 25 anos estocam 26, 56 e 110 t ha⁻¹ de biomassa, respectivamente.

Em florestas de terra firme próximas a Manaus, a maior porção de biomassa aérea encontra-se localizada no tronco (65,6%), seguida dos galhos grossos (17,8%), galhos finos (14,5 %), folhas (2,03%) e flores/frutos (0,01%) (Higuchi *et al.*,1998). Este padrão de distribuição também foi observado em plantios de *Ceiba pentandra* aos 43 e 55 meses de idade, onde o compartimento fuste foi responsável por estocar aproximadamente 55 % do total de biomassa seca acima do solo (Neves *et al.*, 2001).

Sampaio *et al.*, (2005), avaliando plantios de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 39 anos de idade sob sombra de floresta primária na região de Manaus, estimaram que 86,5 % da biomassa total é proveniente do compartimento fuste. A maior fração de biomassa acumulada no fuste, está relacionada, dentre outros fatores, a fase de desenvolvimento na qual encontra-se o plantio, pois durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é direcionada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui gradativamente (Reis e Barros, 1990).

Além das alterações na proporção da biomassa com diferentes conteúdos de nutriente, há também modificações no acúmulo de nutrientes nos diferentes tecidos da planta (Turner e Lambert, 2008). Ao contrário do que ocorre na produção de biomassa, a concentração de nutrientes aumenta da base para o topo da árvore, sendo, as maiores concentrações observadas no compartimento folha (Curlin, 1970).

Entretanto, apesar da importância do conhecimento da concentração de nutrientes existentes nos diferentes compartimentos da biomassa arbórea, para a manutenção a médio e longo prazo da produtividade dos plantios florestais (Neves, 1999), pouco se sabe sobre a composição química das espécies nativas da floresta amazônica, principalmente, quando cultivadas em sistemas homogêneos, onde fatores como fertilidade do solo, idade do plantio e densidade populacional, podem afetar de maneira mais acentuada o crescimento da planta, modificando a dinâmica de nutrientes durante o ciclo de crescimento da floresta (Leite *et al.*, 2011).

Dentre deste contexto, porém para florestas nativas, podem ser observados alguns estudos que buscaram determinar a alocação de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos em diferentes fisionomias florestais, como por exemplo Ferraz *et al.* (1997), que avaliando a alocação de nutrientes em uma floresta de terra firme próxima a Manaus,

determinou concentrações médias de macro (g/kg) e micronutrientes (mg/kg), nos compartimentos fuste, galhos e folhas iguais a, respectivamente: N (3,30; 5,50; 16,70); P (0,05; 0,14; 0,53); K (0,85; 2,05; 6,16); Ca (0,97; 2,65; 3,32); Mg (0,49; 0,74; 1,97); Fe (15,02; 25,73; 101,50); Mn (12,49; 30,47; 98,30); Cu (2,74; 5,59; 11,14) e Zn (1,69; 2,46; 4,30).

Em fisionomias de capoeira de 14 e 23 anos, na região de Manaus, os teores médios de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos variaram de: N: 3,0 g kg⁻¹ (fuste) a 20,5 (folhas); P: 0,1 g kg⁻¹ (fuste) a 0,8 (folhas); K: 1,0 g kg⁻¹ (fuste) a 6,7 (folhas); Ca: 1,0 g kg⁻¹ (galho grosso) a 15,8 (casca do fuste); Mg: 0,4 g kg⁻¹ (galho grosso) a 2,5 (folhas); Mn: 21 mg kg⁻¹ (raiz grossa) a 185 (folhas); Fe: 17 mg kg⁻¹ (galho grosso) a 400 (raiz fina); Cu: 2,6 mg kg⁻¹ (galho grosso) a 9,2 (folhas); Na: 160 mg kg⁻¹ (galho grosso) a 1000 (raiz) e Zn: 6,0 mg kg⁻¹ (galho grosso) a 36 (casca do galho grosso) (Pinto, 2008).

Para florestas plantadas, cultivadas sob sistemas homogêneos, Bastos (2011), observou que plantios de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) aos 9 anos, cultivados sobre área degradada na região de Manaus, que os menores teores de nutrientes estão localizado no compartimento galhos grossos (≥ 10 cm) e o maiores nas folhas.

Em plantios de *Bertholletia excelsa* Bonpl aos 9 anos, cultivadas em sistema homogêneo, o compartimento copa representou aproximadamente 57% do estoque total de nutrientes e as concentrações médias de macro (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) nos compartimentos fuste, galhos finos e folhas, foram iguais a, respectivamente: N (4,50; 3,30; 17,5); P (0,20; 0,30; 0,70), K (2,60; 4,10; 6,20), Ca (3,10; 6,20; 4,30), Mg (0,70; 1,40; 2,40), Fe (26,9; 33,8; 57,5), Cu (3,8; 7,3; 7,70), Zn (8,5; 28,50; 25,7) e Mn (20,50; 165,20; 94,50) (Costa *et al.*, 2015).

Takeda (2008), avaliando plantios de *Aniba rosaeodora* Ducke, aos 3 e 5 anos de idade, submetidos a poda e adubação, observou nos compartimentos galhos e folhas concentrações de macro (g kg⁻¹) e micronutrientes (g kg⁻¹) variando entre: N: 8,33(galho) a 18,11 (folha); Ca 3,31 (galho) a 7,90 (folha); Mg: 0,81 (galho) a 2,59 (folha); K: 4,64 (galho) a 6,32 (folha); P 0,94 (folha) a 1,68 (galho); Fe: 36,98 (folha) a 79,93 (galho); Zn: 10,10 (folha) a 33,58 (galho); Mn: 33,40 (folha) a 72, 75 (galho).

Em relação aos aspectos nutricionais do pau rosa, outros estudos podem ser observados (Krainovic, 2011; Mattos, 2015; Valencia et al., 2010) no entanto, os mesmos levam em consideração somente as concentrações de nutrientes foliares, restando portando, lacunas importantes para o melhor entendimento da dinâmica de crescimento e alocação de nutrientes da espécie.

3. HIPÓTESE

A alocação de biomassa e nutrientes varia em função do sistema de cultivo adotado e idade do plantio

4. OBJETIVO GERAL

Investigar o efeito do sistema de cultivo adotado e da idade no acúmulo de biomassa e nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke, em duas regiões do estado do Amazonas.

4.1 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar o estoque de biomassa aérea de *Aniba rosaeodora* Ducke sob diferentes sistemas de cultivo.
- ✓ Avaliar a concentração e estoque de nutrientes de *Aniba rosaeodora* Ducke nos diferentes compartimentos arbóreos, em três sistemas de cultivo adotados.
- ✓ Determinar a exportação de nutrientes no manejo de biomassa aérea.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi realizado em duas regiões da Amazônia Central, sendo a primeira área onde encontram-se plantios com 10 e 12 anos de idade (P10 e P12) localizada no município de Maués (figura 1), estado do Amazonas, Brasil, entre as coordenadas geográficas de 03°32'44'' latitude Sul e 57°41'30'' de longitude Oeste. O município dista 268 km em linha reta e 356 km por via fluvial, da capital do estado, e possui uma área total de 39.991,637 Km² (IBGE, 2015).

O clima local é quente e úmido, do tipo “Am” na classificação de Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006), com precipitação acima dos 2500 mm e temperatura média anual igual a 2500 mm e 25⁰c (Peel *et al.* 2007). Segundo Krainoviv (2011) o solo da propriedade, onde encontram-se os plantios P10 e P12, é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

O plantio de dezessete anos (P17), localiza-se no município de Novo Aripuanã (figura 1), estado do Amazonas, Brasil, entre as coordenadas geográficas de 05° 08'00'' latitude Sul e

60°22'30'' de longitude Oeste. O município dista 227 km em linha reta e 469 km por via fluvial, da capital do estado e possui uma área total de 41.187,69 km² (IBGE, 2015).

O clima local é quente e úmido, do tipo “Af”, na classificação de Köppen-Geiger (Kottek et al., 2006), com precipitação média anual de 2444mm e temperatura média anual igual a 26,9^oc (Tsuchiya *et al*, 2016). O solos da região, são predominantemente classificados como Latossolos Amarelo Álico com textura média, Latossolo Amarelo Álico com textura argilosa e areias quartzosas álicas (Viera *et al*, 1987).

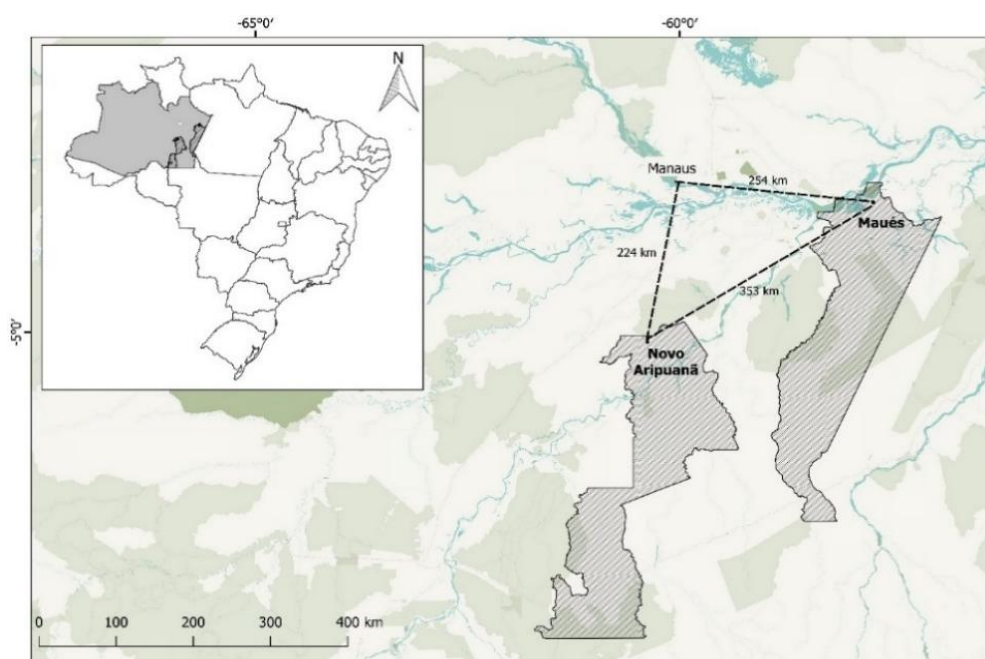


Figura 1: Localização dos municípios de Maués e Novo Aripuanã – AM.

5.2 Caracterização dos plantios de pau-rosa

5.2.1 Área 1 – Maués

A área onde encontram-se os plantios de P10 e P12 pertence a empresa Magaldi Agrocomercial e Industrial Ltda. A propriedade foi adquirida em 1940, e até o início dos plantios de pau rosa, no início da década de 90, passou por diversos usos. Em 1950 após a supressão da vegetação natural, houve o cultivo de seringueira (*Hevea brasiliensis*), guaraná e pimenta. Na década 70, a área foi transformada em pastagens para a criação de gado.

Atualmente a propriedade é constituída por 12 plantios de pau-rosa, com idades que variam de 3 a 26 anos, áreas abandonadas com fisionomia de capoeira e áreas de floresta secundária tardia, além de uma usina de destilação. Para o objetivo deste trabalho foram avaliados 2 plantios, com idades de 10 anos (P10) e 12 anos (P12) cultivados em sistema

homogêneo.

Para a formação destes plantios, foram utilizadas sementes, compradas junto a pequenos agricultores residentes em áreas próximas a cidade de Maués, coletadas de diferentes matrizes de populações naturais. Os plantios P10 e P12, são cultivados sob um espaçamento de 3,0 x 4,0 m. Cabe ressaltar que o plantio P12, foi implantado inicialmente sob um espaçamento de 3m x 2m, no entanto, após desbastes realizados nos anos de 2013 e 2014, o espaçamento foi alterado para o atual 3 x 4 m.

Quando da implantação, o talhão P10 recebeu 4 Kg de esterco bovino mais 350 g de superfosfato simples (P 18% de P₂O₅, 20% de Ca e 12% de S-SO₄) por cova. No caso do plantio P12, foram fornecidos 5 kg de esterco bovino por cova no primeiro ano, e 20 kg no segundo ano.

5.2.2 Área 2 – Novo Aripuanã

A segunda área de estudo, onde foi avaliado um plantio de 17 anos (P17), localiza-se a 40 km de Novo Aripuanã, na localidade denominada Cascalheira. O referido talhão, foi cultivado em uma área utilizada anteriormente para a agricultura de subsistência. Após o abandono da atividade supracitada, houve o desenvolvimento da regeneração natural, que foi suprimida através da queima, dando lugar ao plantio de pau-rosa em 1998. A formação do plantio ocorreu a partir de mudas advindas da regeneração natural, coletadas por pequenos agricultores locais em áreas próximas a localidade.

No momento do plantio a campo, foi utilizado um mistura de esterco bovino e solo florestal rico de matéria orgânica, na proporção de 1:1 kg por cova. Os indivíduos foram cultivados em um espaçamento de 6,0 x 10,0 m entre plantas e fileiras. Após o plantio, com o intuito de delimitar uma faixa de 2m de largura em meio a vegetação secundária, procederam-se duas roçadas duas vezes ao ano nos primeiros 2 anos de cultivo.

5.3 Biomassa aérea

5.3.1 Amostragem

A biomassa aérea foi determinada em 36 árvores por plantio. Para a escolha das árvores, na região central de cada talhão foram alocadas 6 parcelas com 12 indivíduos cada. Em cada parcela foram selecionados, aleatoriamente 6 indivíduos, que foram abatidos a 50 cm do solo, conforme a instrução normativa 09/2011 do IBAMA. Após o corte, procedeu-se a

coleta dos dados dendrométricos (altura total e DAP).

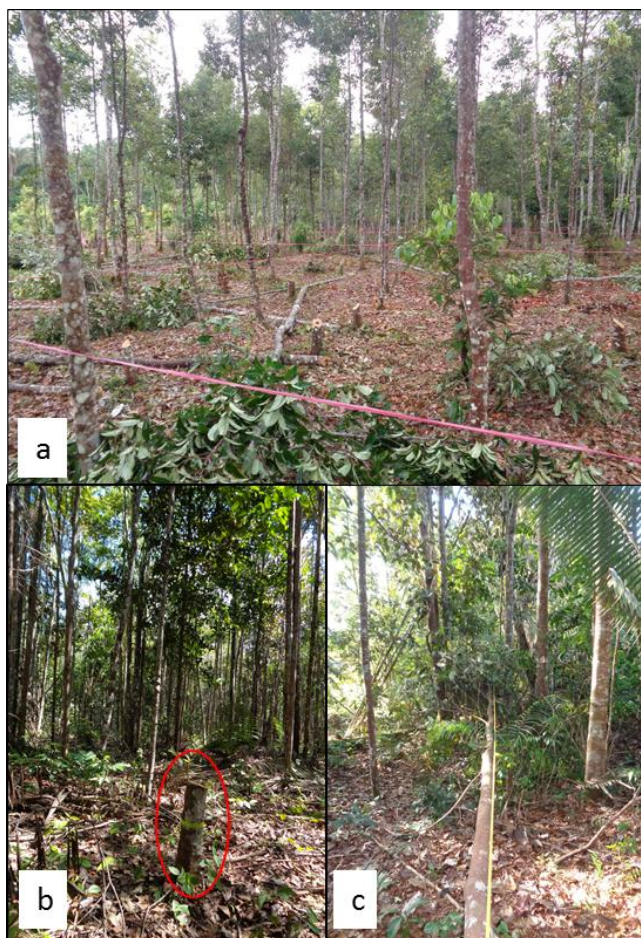


Figura 2: a) delimitação das parcelas; b) corte a 50 cm do solo; c) coleta dos dados dendrométricos.

5.3.2 Determinação da Biomassa

O peso fresco, dos compartimentos fuste e copa, foi determinado com o auxílio de uma balança de suspensão, com capacidade de até 500 kg instalada próxima ao local da coleta (Adaptado de Higuchi *et al.*, 1998).

Visando a obtenção da biomassa seca, do compartimento fuste foram retiradas alíquotas compostas por discos seccionados a 0% (base), 50% (terço médio) e 100% (ápice) da altura total. Para a coleta do material referente a copa, a mesma foi dividida em 4 projeções, sendo um ramo (galho + folha) coletado no terço médio, em cada projeção.

Posteriormente, as amostras foram secas ao ar livre e pesadas diariamente, em balança semi-analítica até atingirem massa constante. A partir da relação entre massa seca (ao ar livre) e massa verde, está obtida no momento da coleta dos dados, obteve-se o teor de umidade e a biomassa seca, conforme as equações 1 e 2. Para o cálculo da biomassa do compartimento copa, utilizou-se um teor de umidade médio do ramo (galho + folha).

Eq. 1

$$TU = \frac{Ms}{Mf}$$

Onde:

TU = Teor de umidade

Ms = Massa seca

Mf = Massa fresca

Eq.2

$$Bs = Bf * TU$$

Onde:

Bs = Biomassa seca

Bf = Biomassa fresca

TU = Teor de umidade

5.4 Determinação das concentrações de nutrientes nos compartimentos arbóreos

Para fins de determinação das concentrações de macro e micro nutrientes nos compartimentos fuste, galho e folha, foram utilizadas amostras compostas, advindas dos indivíduos utilizados para a determinação da biomassa, conforme o esquema abaixo (figura 4):

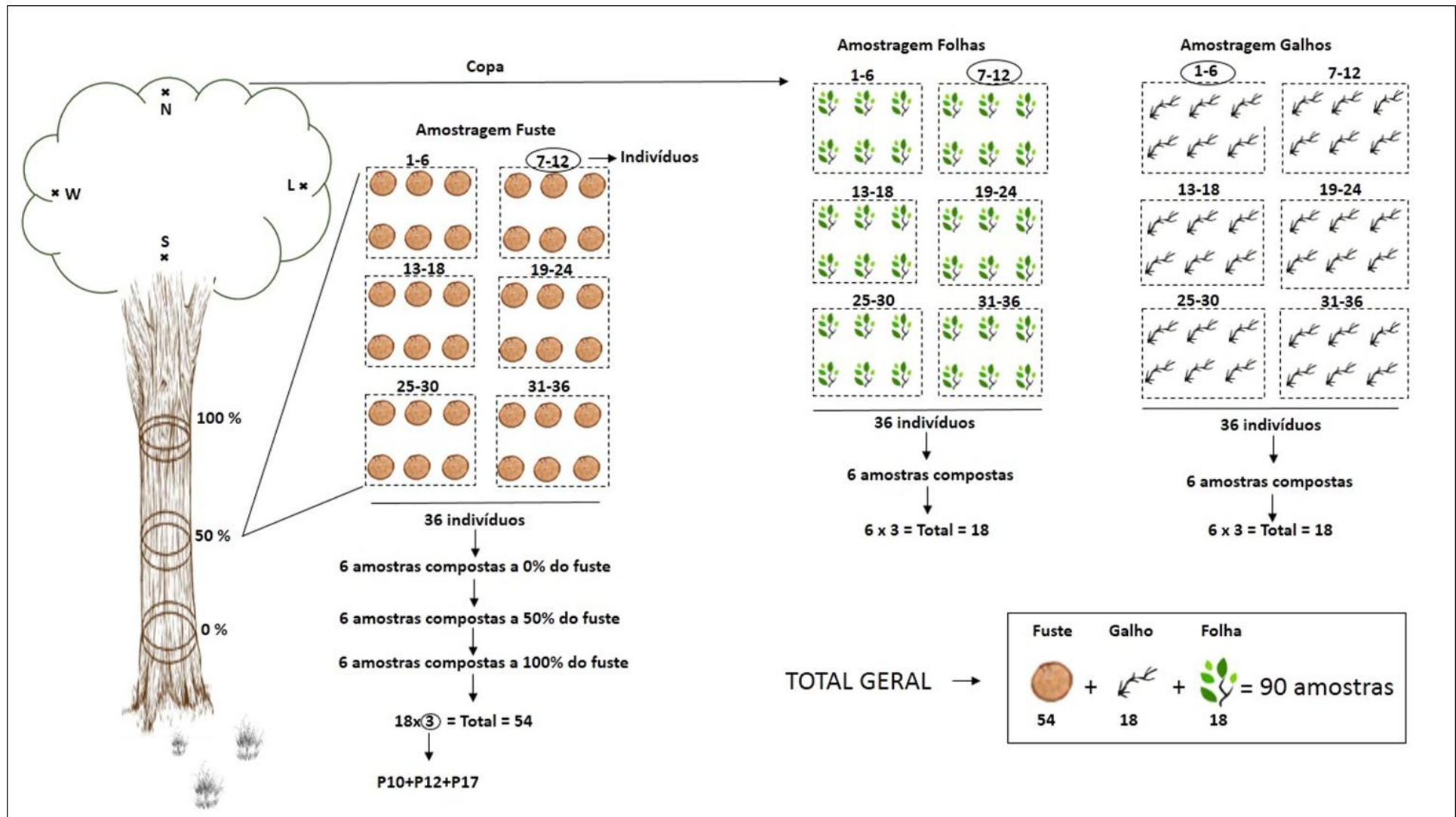


Figura 2: Croqui do delineamento amostral para análise nutricional.

Posteriormente, as amostras devidamente identificadas e acondicionadas, foram encaminhadas ao Laboratório Temático de Solos e Plantas, do INPA. Em seguida, foram colocadas para secar em estufa com ventilação forçada a temperatura controlada entre 60 – 65 °C, por um período mínimo de 72 horas, até atingir peso constante (Miyazawa et al., 1999). Após a secagem, o material, foi moído em moinho de faca e retirou-se de cada amostra uma alíquota de 0,05g matéria seca, que foi submetida a uma pré-digestão durante uma noite, e posteriormente a uma digestão úmida (HNO₃ + HClO₄) na proporção de 3:1 a uma temperatura gradativa de até 200⁰ C, durante, aproximadamente, 8 horas (EMBRAPA, 2009).

O Nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl. O P foi pelo método molibdato de amônio e medido colorimetricamente no espectrofotômetro (Shimizu UV-VIS 1240) em comprimento de onda de 725 nm (EMBRAPA, 2009). Os macronutrientes K, Ca e Mg e os micronutrientes Mn, Fe e Zn foram extraídos por digestão nitro-perclórica (Malavolta *et al.*, 1997) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin Elmer 1100B) a partir de extratos diluídos 20 vezes.

5.5 Determinação dos estoques de nutrientes nos compartimentos arbóreos

Para o cálculo do estoque de nutrientes no compartimento fuste, multiplicou-se as concentrações pelos respectivos valores da biomassa seca do fuste. Para o compartimento copa, utilizou-se a concentração média do ramo, composta pela média entre as concentrações de galhos e folhas, multiplicada pela biomassa seca da copa.

5.6 Análise dos dados

Primeiramente os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando-se medida e tendência central (média, mínimo e máximo) e de variabilidade de dados (desvio padrão - D.P e coeficiente de variação - C.V).

Buscando verificar a normalidade dos dados bem como a homogeneidade das variâncias foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk (teste W) e Levene. Quando aceito os pressupostos, foi lançado mão da análise de variância (ANOVA) seguido de teste Tukey. Para dados não paramétricos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas.

6. RESULTADOS

6.1 Biomassa

As médias de biomassa área nos plantios P10, P12 e P17 foram iguais a 58,62, 53,61 e 60,39 kg/árvore, respectivamente. As médias supracitadas não diferem significativamente ($p > 0,05$). Individualmente, foram observados valores que variaram de 26,46 a 105,26 kg no P10, 15,98 a 112,03kg no P12 e 24,26 a 128,82 kg no P17. O plantio P10, estocou a maior biomassa total (48,83 Mg/ha) seguido pelo plantio P12 (44,66 Mg/ha) e P17 (10,02 Mg/ha).

A altura média observada variou de 8,54 metros no plantio P10 a 10,98 metros no P17. O plantio P12 apresentou 9,89 metros de altura média, com mínima e máxima de 6,40 e 23 m, respectivamente.

O diâmetro médio a altura do peito (DAP) variou de 11,43 cm no plantio P17 a 18,98 cm no plantio P12. No plantio P10 o DAP médio foi igual a 12,81 cm, com valores mínimo e máximo variando entre 7,48 a 18,46 cm, respectivamente.

Tabela 1: Valores da biomassa aérea média, do estoque de biomassa por hectare e dados biométricos nos três plantios de *Aniba rosaeodora* Ducke.

Sítio	-----Biomassa(kg)-----					
	Média	Valor de p	Máx	Min	CV (%)	Estoque (Mg ha ⁻¹)
P10	58,62(±19,33)*		105,26	24,46	32,98	48,83
P12	53,61(±21,89)	0,4724	112,03	15,98	40,83	44,66
P17	60,39(±30,18)		128,82	24,26	49,98	10,02

Sítio	-----Ht (m)-----			-----DAP (cm) -----		
	Média	Máx	Min	Média	Máx	Min
P10	8,54	22	4,6	12,81	18,46	7,48
P12	9,89	23,00	6,40	13,88	18,94	9,23
P17	10,98	15,00	7,00	11,43	18,98	6,45

*= desvio padrão; Ht = altura total; DAP = diâmetro a 1,30 m da altura do solo; Max = valor máximo; Min= valor mínimo; CV = coeficiente de variação.

Quando observado os compartimentos em separado, o plantio P10, apresentou 1392,10 kg de biomassa armazenadas no fuste, o que corresponde a 65,96 % da biomassa total e 718,31 kg armazenados no compartimento copa, que corresponde a 34,04% da biomassa total acima do solo. Para o plantio P12 foram observados 1471,28 kg (76,23 %) de biomassa armazenados no fuste e 458,86 kg (23,77%) de biomassa armazenados no compartimento copa. No plantio P17, 1474,63 kg (67,83%) de biomassa correspondem ao compartimento fuste e 699,23 (32,17%) ao compartimento copa (Tabela 2). A biomassa armazenada no compartimento Fuste, não diferiu significativamente entre os plantios, no entanto, a biomassa armazenada no compartimento copa do plantio P12, diferiu significativamente dos demais.

Tabela 2: Biomassa e distribuição percentual nas árvores *Aniba. rosaeodora* Ducke.

Compartimento	----- P10* -----		-----P12* -----		----- P17* -----		Valor de P
	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	
Fuste	1392,10	65,96	1471,28	76,23	1474,63	67,83	0,8434
Copa	718,31 ^a	34,04	458,86 ^b	23,77	699,23 ^a	32,17	0,0001
Total	2110,41	100	1930,14	100	2173,86	100	

*= biomassa total de 36 árvores; Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente ($p < 0,05$).

6.2 Concentração e estoque de nutrientes nos compartimentos arbóreos

6.2.1 Nitrogênio (N)

As maiores concentrações de N foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12 e P17 com valores iguais a 16,77, 16,98 e 11,74 g kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 6,15, 6,51 e 4,83 g kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 3,35 g kg⁻¹, P12 igual a 2,82 g Kg⁻¹ e P17 igual a 2,77 g kg⁻¹. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) nas concentrações de N nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices A, B e C) e entre plantios (Tabela 3).

Tabela 3: Concentração e estoque de nitrogênio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - N (g kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	3,35 ^b (±0,46)*	2,82 ^a (±0,28)	2,77 ^a (±0,42)	0,0001
Galho	6,15 ^a (±0,69)	6,51 ^a (±0,88)	4,83 ^b (±0,31)	0,0015
Folha	16,77 ^{ab} (±0,48)	16,98 ^a (±2,66)	15,03 ^b (±0,27)	0,0182

Compartimento	----- Estoque - N (kg ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	107,99	95,84	16,98
Copa	190,44	124,67	32,12
Total	298,43	220,51	50,99

* = Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente ($p < 0,05$).

Os plantios P10, P12 e P17 (190,44, 124,67 e 32,12 kg ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 107,99, 95,84 e 16,98 kg ha⁻¹, (P10, P12 e P18) (tabela 2). O maior estoque total de N foi observado no sítio P10 (298,43 kg ha⁻¹), seguido pelo sítio P12 (220,51 kg ha⁻¹) e P17 (50,99 kg ha⁻¹).

6.2.2 Fósforo (P)

As maiores concentrações foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 com valores iguais a 0,43, 0,44 e 0,33 g kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 0,34, 0,29 e 0,15 g kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 0,19 g kg⁻¹, P12 igual a 0,29 g Kg⁻¹ e P17 igual a 0,097 g kg⁻¹ (tabela 3). Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de P nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices D, E e F) e entre plantios (Tabela 4).

Tabela 4: Concentração e estoque de fósforo nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - P (g kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	0,19 ^a (±0,04)*	0,13 ^b (±0,04)	0,09 ^c (±0,04)	0,0000
Galho	0,34 ^a (±0,05)	0,29 ^a (±0,04)	0,15 ^b (±0,04)	0,0000
Folha	0,43 ^a (±0,05)	0,44 ^a (±0,06)	0,33 ^b (±0,05)	0,0039

Compartimento	-----Estoque - P (kg ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	6,23	4,40	0,62
Copa	6,40	3,84	0,78
Total	12,63	8,24	1,40

*= Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P10 e P17 (6,40 kg ha⁻¹ e 0,78 kg ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 6,23 e 0,62 kg ha⁻¹. No plantio P12 foram observados 4,40 kg ha⁻¹ de P armazenados no fuste e 3,84 kg ha⁻¹ armazenados na copa. O maior estoque total de P foi observado no sítio P10 (12,63 kg ha⁻¹), seguido por P12 (8,24 kg ha⁻¹) e P17 (1,40 kg ha⁻¹) (tabela 3).

6.2.3 Potássio (K)

As maiores concentrações foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 com valores iguais a 3,21, 2,83 e 7,38 g kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 1,54, 0,98 e 2,89 g kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 1,34 g kg⁻¹, P12 igual a 0,89 g Kg⁻¹ e P17 igual a 0,1,47 g kg⁻¹ (tabela 4). Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de K nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices G, H e I) e entre plantios (Tabela 5).

Tabela 5: Concentração e estoque de potássio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - K (g kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	1,34 ^b (±0,16)*	0,89 ^a (±0,20)	1,47 ^b (±0,54)	0,0000
Galho	1,54 ^b (±0,24)	0,98 ^b (±0,33)	2,89 ^a (±0,77)	0,0000
Folha	3,21 ^a (±0,50)	2,83 ^a (±0,84)	7,38 ^b (±1,56)	0,0023

Compartimento	-----Estoque - K (kg ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	43,10	30,30	10,02
Copa	39,40	20,25	16,60
Total	82,50	50,55	26,63

*= Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P10 e P12 (43,10 kg ha⁻¹ e 30,30 kg ha⁻¹, respectivamente), apresentaram os maiores estoques por hectare localizados no compartimento fuste. O compartimento copa dos referidos plantios estocou 39,40 e 20,25 kg ha⁻¹. No plantio P17 foram observados 10,02 kg ha⁻¹ de K armazenados no fuste e 16,60 kg ha⁻¹ armazenados na copa. O maior estoque total de K foi observado no sítio P10(82,50 kg ha⁻¹), seguido por P12 (50,55 kg ha⁻¹) e P17 (26,63 kg ha⁻¹) (tabela 4).

6.2.4 Cálcio (Ca)

As maiores concentrações de Ca, foram observadas nos compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 com valores iguais a 5,63, 5,40 e 4,1 g kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 3,57, 2,7 e 2,42 g kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 2,08 g kg⁻¹, P12 igual a 1,53 g kg⁻¹ e P17 igual a 1,97 g kg⁻¹. Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de Ca nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices J, K e L) e entre plantios (Tabela 6).

Tabela 6: Concentração e estoque de cálcio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - Ca (g kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	2,08 ^a (±0,48)*	1,53 ^b (±0,34)	1,97 ^a (±0,43)	0,0006
Galho	3,57 ^a (±0,71)	2,77 ^{ab} (±0,66)	2,42 ^b (±0,29)	0,0160
Folha	5,63 ^a (±0,41)	5,40 ^a (±0,51)	4,41 ^b (±0,53)	0,0013

Compartimento	----- Estoque - Ca (kg ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	66,86	52,04	13,42
Copa	76,44	43,36	11,04
Total	143,30	95,40	24,46

* Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P12 e P17 (52,04 kg ha⁻¹ e 13,42 kg ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento fuste. O compartimento copa dos referidos plantios estocou 43,36 e 11,04 kg ha⁻¹, respectivamente. No plantio P10 foram observados 66,86 kg ha⁻¹ de Ca armazenados no fuste e 76,44 kg ha⁻¹ armazenados na copa. O estoque total de Ca foi observado no sítio P10 (143,30 kg ha⁻¹) seguido pelo sítio P12 (95,40 kg ha⁻¹) e P17 (24,46 kg ha⁻¹) (tabela 6).

6.2.5 Magnésio (Mg)

As maiores concentrações de Mg foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 iguais a 1,97, 2,12 e 1,80 g kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 0,40, 0,39 e 0,32 g kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 0,15 g kg⁻¹, P12 igual a 0,14 g Kg⁻¹ e P17 igual a 0,15 g kg⁻¹ (tabela 7). Houve diferença significativa ($\alpha < 0,05$) nas concentrações de magnésio nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices M, N e O) e entre plantios, exceto compartimento Fuste (Tabela 7).

Tabela 7: Concentração e estoque de magnésio nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - Mg (g kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	0,15(±0,02)*	0,14(±0,02)	0,15(±0,05)	0,2384
Galho	0,40 ^a (±0,05)	0,39 ^{ab} (±0,06)	0,32 ^b (±0,03)	0,0244
Folha	1,97 ^{ab} (±0,17)	2,12 ^a (±0,12)	1,80 ^b (±0,19)	0,0151

Compartimento	----- Estoque - Mg (kg ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	4,98	4,84	1,01
Copa	19,64	13,32	3,43
Total	24,62	18,17	4,44

* Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente ($p < 0,05$).

Os plantios P10, P12 e P17 (19,64, 13,32 e 3,43 kg ha⁻¹), apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 4,98, 4,84 e 1,01 kg ha⁻¹. O maior estoque total de Mg foi observado no sítio P10 (24,62 kg ha⁻¹), seguido pelo sítio P12 (18,17 kg ha⁻¹) e P17 (4,44 kg ha⁻¹) (tabela 7).

6.2.6 Ferro (Fe)

As maiores concentrações de Fe foram observada no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 com valores iguais a 76,70 75,00 e 76,16 mg kg⁻¹, respectivamente. O compartimento galho dos referidos plantios apresentou 63,17, 54,83 e 53,50 mg kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 27,78 mg kg⁻¹, P12 igual a 18,33 mg kg⁻¹ e P17 igual a 38,33 mg kg⁻¹. Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de Fe nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices P, Q e R) e entre plantios, exceto compartimento Folha (Tabela 8).

Tabela 8: Concentração e estoque de ferro nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - Fe (mg kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	27,78 ^b (±5,07)*	18,33 ^c (±5,38)	38,33 ^a (±5,04)	0,0000
Galho	63,17 ^b (±2,32)	54,83 ^{ab} (±6,21)	53,50 ^a (±5,61)	0,0311
Folha	75,67(±2,88)	75,00(±2,45)	76,17(±12,27)	0,8832

Compartimento	----- Estoque - Fe (g ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	894,85	624,08	261,55
Copa	1153,87	689,19	209,76
Total	2048,72	1313,27	471,31

* Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P10 e P12 (1153,87 e 689,19 g ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 894,85 e 624,08 g ha⁻¹. No plantio P17 foram observados 261,55 g ha⁻¹ de Fe armazenados no fuste e 209,76 g ha⁻¹ armazenados na copa. O maior estoque total de Fe foi observado no sítio P10 (2048,72 g ha⁻¹), seguido pelo sítio P12 (1313,27 g ha⁻¹) e P18 (441,31 g ha⁻¹).

6.2.7 Zinco (Zn)

As maiores concentrações de Zn foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 iguais a 19,50, 15,00 e 13,33 mg kg⁻¹, respectivamente. No compartimento galho dos referidos plantios foram observados valores iguais a 14,50 mg kg⁻¹, 9,83 mg kg⁻¹ e 9,33 mg kg⁻¹. As menores concentrações de Zn, foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 2,50 mg kg⁻¹, P12 igual a 0,33 mg kg⁻¹ e P17 igual a 1,11 mg kg⁻¹. Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de Zn nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices S, T e U) e entre plantios, exceto compartimento Galho (Tabela 9).

Tabela 9: Concentração e estoque de Zn nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba rosaedora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - Zn (mg kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	2,50 ^a (±2,01)*	0,33 ^b (±0,59)	1,11 ^{ab} (±1,45)	0,0002
Galho	14,50(±4,09)	9,83(±5,46)	9,33(±5,28)	0,1744
Folha	19,50 ^a (±2,59)	15,00 ^b (±2,10)	13,33 ^b (±1,86)	0,0006

Compartimento	----- Estoque - Zn (g ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	80,54	11,35	7,58
Copa	282,58	131,82	36,67
Total	363,12	143,17	44,25

* Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P10, P12 e P17 (282,58, 131,82 g ha⁻¹ e 36,67 g ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 80,54, 11,35 e 7,58 g ha⁻¹. O maior estoque total de Zn foi observado no Plantio P10 (363,12 g ha⁻¹) seguido pelo plantio P12 (143,17 g ha⁻¹) e P17 (44,25 g ha⁻¹) (tabela 9).

6.2.8 Manganês (Mn)

As maiores concentrações de Mn foram observadas no compartimento folha, sendo P10, P12, e P17 com valores iguais a 61,33, 70,67 e 57,33 mg kg⁻¹, respectivamente. No compartimento galho dos referidos plantios foram observados 40,50, 34,00 e 25,17 mg kg⁻¹. As menores concentrações foram observadas no compartimento fuste, sendo P10 igual a 10,33 mg kg⁻¹, P12 igual a 9,33 mg kg⁻¹ e P17 igual a 15,78 mg kg⁻¹. Houve diferença significativa (p<0,05) nas concentrações de Mn nos compartimentos Fuste, Galho e Folha, dentro do plantio (apêndices V, W e X) e entre plantios, exceto compartimento Folha (Tabela 10).

Tabela 10: Concentração e estoques de Mn nos compartimentos arbóreos de pau-rosa (*Aniba roseodora* Ducke), em duas regiões da Amazônia Central.

Compartimento	----- Concentração - Mn (mg kg ⁻¹) -----			Valor de p
	P10	P12	P17	
Fuste	10,33 ^a (±1,97)*	9,33 ^a (±2,25)	15,78 ^b (±2,49)	0,0000
Galho	40,50 ^a (±12,05)	34,00 ^a (±2,61)	25,17 ^b (±2,14)	0,0031
Folha	61,33(±5,39)	70,67(±9,65)	57,33(±12,93)	0,0853

Compartimento	----- Estoque - Mn (g ha ⁻¹) -----		
	P10	P12	P17
Fuste	332,88	317,71	107,65
Copa	846,36	555,60	133,46
Total	1179,24	873,31	241,11

* Desvio padrão; P10 = Plantio aos 10 anos; P12 = Plantio aos 12 anos; P17 = Plantio aos 17 anos. Letras diferentes na mesma linha identificam médias diferentes estatisticamente(p<0,05).

Os plantios P10, P12 e P17 (846,36, 555,60 e 133,46 g ha⁻¹) apresentaram os maiores estoques de manganês Mn localizados no compartimento copa. O compartimento fuste dos referidos plantios estocou 332,88, 317,71 e 107,65 g ha⁻¹. O maior estoque total de Mn foi observado no plantio P10 (1179,24 g ha⁻¹), seguido por P12 (873,31g ha⁻¹) e P17 (241,11g ha⁻¹).

7. DISCUSSÃO

7.1 Biomassa acima do solo

O estoque de biomassa aérea total, determinado para os plantios P10, P12 e P17 (48,83 44,66 e 10,02 Mg ha⁻¹), é inferior as estimativas para a produção de biomassa em florestas primárias (288,14 e 361,26 Mg ha⁻¹, Maués e Novo Aripunã respectivamente) (Lima, 2010).

Contudo, os valores de biomassa determinados para os plantios P10 e P12 não estão muito distantes das estimativas de Lima *et al* (2007), que avaliaram a estrutura e estoque de fitomassa em uma floresta secundária da região de Manaus, 10 anos após o corte raso e queima, e estimaram um estoque médio de biomassa aérea igual a 56,2 Mg ha⁻¹. É importante ressaltar que as estimativas de biomassa em florestas secundárias são variáveis, pois o modo como a floresta foi suprimida, o histórico de uso do solo, bem como as dimensões da clareira artificialmente aberta e a distância dessa em relação a vegetação remanescente, afetam diretamente as taxas de acúmulo de biomassa (Uhl, 1982).

Nesse sentido, observando a literatura referente a estimativas de biomassa em florestas secundárias na região amazônica, é possível constatar a variação existe em relação a estas avaliações. Uhl e colaboradores (1988) estimaram o estoque de biomassa aérea na Amazônia Venezuelana, sobre áreas de antigas pastagens, aos 10 anos, em 80 Mg ha⁻¹. Salomão *et al.* (1996), trabalhando em florestas secundárias com 5, 10 e 20 anos no estado do Pará, estimaram um estoque de biomassa aérea igual a 13, 44 e 82 Mg ha⁻¹, respectivamente. Rodrigues *et al* (2007), estimaram a produção de biomassa aérea em 2,8 Mg ha⁻¹, em uma floresta secundárias, aos 4 anos de idade, no nordeste do estado do Para. Lima (2001), avaliando a mesma tipologia florestal, aos 6 e 25 anos, na região de Manaus, estimou biomassas na ordem de 26 e 110 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Em relação a florestadas plantas, o estoque de biomassa aérea total determinado para os plantios P10 e P12, foi superior ao determinado por Costa *et al.* (2015), que avaliando plantios de *Bertholletia excelsa* Bonpl (castanheira), aos 8 anos de idade, cultivado sob sistema homogêneo, em um espaçamento de 2,5 x 1,5 m, próximos a Manaus, determinaram um estoque total de biomassa seca acima do solo igual 16,1 Mg ha⁻¹. Bastos (2011), determinou um estoque de biomassa seca igual a 13 Mg ha⁻¹, em plantios de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá), aos 9 anos de idade, cultivados sob área degradada, em um espaçamento

de 3,0 x 2,0 m, na região de Manaus.

Dentre os plantios avaliados, o menor estoque de biomassa por hectare pode ser observado no plantio P17. O referido plantio, possui um amplo espaçamento, gerando por consequência um menor número de indivíduos por hectare, refletindo neste modo, nos cálculos de estoque de biomassa. Além disso, foi possível constatar que devido a inexistência de tratos culturais nos últimos anos a vegetação secundária, adjacente as linhas de enriquecimento de pau-rosa, vem se desenvolvendo e afetando negativamente o crescimento da espécie de interesse, a medida que compete por luz e nutrientes com a mesma.

Sampaio *et al.* (2005), avaliando plantios de pau-rosa, aos 37 anos (DAP médio= 14,3cm; H média= 18,4 m), em um espaçamento de 5 x 10 m, cultivados sob sombra parcial em florestal primária, estimaram uma produção média de 4.620 Mg h⁻¹ advinda do compartimento copa. Para o mesmo compartimento, no plantio P17, foi estimada uma produção média de 3,26 Mg ha⁻¹.

Em todos os plantios avaliados, a maior porção da biomassa aérea ($\geq 65\%$) encontra-se localizada no fuste. Tal distribuição corrobora com Curlin (1970), onde o mesmo descreve que a biomassa decresce da base para ápice da árvore. A maior concentração da biomassa no fuste, pode ser explicado em partes, pela própria forma (arquitetura) das árvores de pau-rosa, que apresentam um tronco retilíneo e ramificado no ápice, formando uma pequena copa (Kubitzki e Renner, 1982). Além disso, durante a fase inicial de desenvolvimento de uma floresta, boa parte dos carboidratos é direcionada para a formação da biomassa da copa, contudo quando as copas iniciam a competir entre si por espaço, a produção relativa do tronco aumenta e as folhas e ramos (copa) diminui gradativamente (Schumacher,1992).

Este comportamento pode ser observado em maior grau nos plantios P12 e P17. Considerando os históricos do plantios, P12 passou por um desbaste sistemático nos anos de 2013 e 2014, esta atividade levou a uma diminuição da densidade do plantio, assim em uma condição anterior onde os indivíduos estavam mais adensados, houve um maior investimento em altura. No Plantio P17, os indivíduos foram cultivados em linhas de enriquecimento em meio a vegetação secundária, esta condição de cultivo levou a um maior investimento em altura, em partes decorrentes da competição (luz e nutrientes) com a vegetação secundária, haja vista, que os tratos culturais limitaram-se aos dois primeiros anos de cultivo. Resultados semelhantes foram observados por Dünisch *et al.* (2002), que avaliaram o crescimento da *Carapa guianensis* Aubl (andiroba) em dois sistemas de plantio (homogêneo x linhas de enriquecimento) na Amazônia central, e constataram que em média, a biomassa advinda do fuste dos plantios cultivados em linhas de enriquecimento foi 43,75% maior que a biomassa

do mesmo compartimento em plantios homogêneos.

O maior estoque de biomassa total foi observado no plantio P10. Este fato pode ser explicado, pelo espaçamento utilizado neste plantio (3m x 4m), o que além de proporcionar uma maior incidência de luminosidade na área, propiciou uma menor competição por recursos, a medida que espaçamentos mais adensados tendem a demandar uma maior quantidade de nutrientes do solo. Leite *et al.* (1997), avaliando plantios de *Eucalyptus grandis*, constataram haver uma correlação significativa entre características da copa, produção de biomassa e radiação interceptada. Assim, variações na interceptação de luz, em função de um espaçamento maior ou menor, afetam as características relacionadas a copa das árvores e influenciam o crescimento das plantas.

Em termos de produtividade de óleo e considerando que o rendimento varia conforme o material de origem, sendo as folhas o compartimento de maior rendimento (1,9%), seguido das galhos (1,2%) e lenho (1,1%) (IBAMA, 2011), estima-se que somente o compartimento fuste, dos plantios P10, P12 e P17 produza 354,33 kg ha⁻¹, 374,48 kg ha⁻¹ e 74,80 kg ha⁻¹ de óleo, respectivamente. Para o compartimento copa, estima-se uma produção média igual a 257,62 kg ha⁻¹, 164,57 kg ha⁻¹ e 49,98 kg ha⁻¹, (P10, P12 e P17, respectivamente).

7.2 Concentração e estoque de nutrientes nos compartimentos arbóreos

Observando os resultados, é possível constatar que as maiores concentrações estão associadas ao compartimento folha, enquanto as menores estão associadas a componentes com funções estruturais, caso dos compartimentos galho e fuste. Essa sequência, de maneira geral, é comum em espécies de diferentes regiões ecológicas, em virtude das folhas concentrarem maior atividade metabólica que o fuste (Baggio e Carpanezzi, 1997).

De maneira geral, o padrão de concentração observado neste estudo, assemelha-se com o observado por Ferraz *et al.* (1997), que avaliando a distribuição de nutrientes em 34 espécies arbóreas em uma floresta de terra firme ao norte de Manaus, notou que a concentração de macro e micronutrientes aumenta da base para o ápice da árvore.

A diferenciação na concentração de nutrientes, entre compartimentos e dentro de um mesmo compartimento, intensifica-se com a idade, em decorrência da ciclagem bioquímica, a qual desloca nutrientes de tecidos senescentes para regiões com maior atividade metabólica (Pallardy, 2008), logo, a concentração de nutrientes nos diferentes compartimentos arbóreos está ligada principalmente a diferença de idade dos tecidos e a mobilidade dos nutrientes (Rubilar *et al.*, 2005). Assim, as maiores concentrações de macro e micro nutrientes

observadas no plantio P10, em relações ao demais, podem estar relacionadas dentre outras questões, com a idade do mesmo.

Considerando a biomassa total, o estoque de nutrientes correspondeu a 565,07 kg ha⁻¹, 395,20 kg ha⁻¹ e 108,67 kg ha⁻¹ (P10, P12 e P17, respectivamente). Desse montante, macro e micro nutrientes, correspondem a 99,36% e 0,64% no plantio P10, 99,41% e 0,59% no plantio P12 e 99,30% e 0,70% no plantio P17. Estes resultados, corroboram com os encontrados por Witschorek *et al* (2013), que avaliando o teor e padrão de alocação de nutrientes em plantios de *Platanus x acerifolia* com 5,5 anos, observou um estoque de 574,72 Kg ha⁻¹, dos quais 99,5% referem-se a macronutrientes e 0,5% a micronutrientes. Costa e colaboradores (2015), observaram estoques de nutrientes iguais a 49,68 kg ha⁻¹, sendo 99,24% macronutrientes e 0,76% micronutrientes.

Nos três sítios avaliados merecem destaque as contribuições relativas de N, Ca e K, que corresponderam a 92,77% (P10), 92,73 % (P12) e 93,93% (P17), do estoque total de nutrientes presentes na biomassa de *Aniba rosaeodora* Ducke.

A maior concentração de N em relação aos outros elementos é esperada, a medida que este é requisitado para a maioria das reações de metabolismo de compostos como, proteínas, aminoácidos, aminas, amidas, vitaminas entre outros, cujo sítio de ocorrência principal dá-se nas folhas, em função da ocorrência da fotossíntese. (Malavolta, 1985; Epstein e Bloom, 2006). As maiores concentrações de Ca, na maioria das vezes são observadas em componentes estruturais, dada sua imobilidade no floema das plantas (Malavolta, 1985). Porém, o Ca é também requisitado em maiores quantidades em galhos finos e folhas, que demandam uma maior concentração para a realização dos processos fisiológicos (Lautner e Fromm, 2010). O K mesmo não sendo um componente estrutural, está presente em altas concentrações, regulando o potencial osmótico e o balanço catiônico (Malavolta *et al.*, 1997).

O acúmulo de determinado nutriente na biomassa, está relacionado a uma série de fatores ligados a complexa relação solo-planta, com grande variação entre espécies, a medida que os níveis de exigência nutricional, bem como, a eficiência no uso dos nutrientes, idade e disponibilidade de nutrientes no solo, são alguns dos fatores que mais influenciam o padrão de alocação de nutrientes (Téo *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2012; Fernandez-Moya *et al.*, 2013).

Porém, a ordem predominante de acúmulo de nutrientes nas espécies arbóreas, pode representar um indicativo da exigência nutricional (Witschoreck *et al.*, 2013), que no caso do pau-rosa, assemelha-se com o que vem sendo observado para a maioria das espécies florestais, onde há uma maior concentração de N seguida por, Ca, K, Mg, P, Fe, Mn, Zn

(Schumacher e Caldeira, 2001; Viera *et al.*, 2011; Mendes *et al.*, 2011; Schumacher *et al.*, 2013).

A nível de espécie, quando a mesma é encontrada em sítios diferentes, com diferentes fertilidades do solo, as concentrações foliares são bastantes semelhantes, desviando ligeiramente na direção da diferença média entre sítios (Vitousek e Sanford, 1986). De modo geral, este padrão foi observado no presente estudo, a medida que as concentrações de nutrientes foliares, foram semelhantes nos diferentes sítios avaliados.

Em relação ao estoque de nutrientes, o compartimento copa, mesmo representando menos de 35% da biomassa total, devido a maior concentração de nutrientes, representou mais de 52% do estoque total de nutrientes, e foi o principal em alocação de N, Mg, Zn e Mn nos plantios P10 e P12, bem como, N, K, Mg e Zn no plantio P17. O compartimento fuste, embora tenha apresentado a menor concentração de nutrientes, em função da maior biomassa relativa, acumulou entre 40 e 47% do estoque total de nutrientes, sendo de maneira geral os maiores acúmulos de P, K, Ca, Fe observas neste compartimento.

O maior estoque de nutrientes no compartimento copa, tem como função o estoque estratégico (Bellote e Silva, 2000), pois os elementos móveis, armazenados nas folhas são translocados antes da abscisão foliar (Epstein e Bloom, 2006). Além disso, a estrutura do compartimento em questão, que em sistema de plantio, possui uma grande quantidade de galhos com diâmetro menor ou igual a 10 cm, faz com que as concentrações de nutrientes nesse compartimento sejam elevadas a medida que galhos finos ($d \leq 10$ cm) segundo Ferraz *et al.* (1997), possuem concentrações ligeiramente superiores a de galhos grossos e fuste.

8. CONCLUSÃO

Mesmo não havendo variação em relação a biomassa média, na prática, em termos monetários, conforme o sistema de cultivo adotado, há perdas ou ganhos econômicos, pois atualmente o valor do óleo do pau-rosa custa cerca de U\$\$ 240,00 o quilo.

Em relação ao manejo da espécie, em média 70% da biomassa aérea é alocada no fuste. Entretanto, sabe-se que rendimento de óleo do compartimento copa é maior. Assim ao realizarmos a extração deste compartimento (Copa), cerca de 43,08% do estoque total nutrientes é mantido no sítio, implicando em melhores condições de desenvolvimento para futuros ciclos de corte.

Mediante o exposto, as informações deste trabalho corroboram para um manejo mais preciso da espécie, a medida que foram determinados a biomassa e os nutrientes alocados nos diferentes compartimentos arbóreos, os quais são exportados do sítio via exploração florestal.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcântara, J. M.; Yamaguchi, K. K. L.; Veiga Junior, V. F.; Lima, E. S. 2010. Composição química de óleos essenciais de espécies de Aniba e Licaria e suas atividades antioxidante e antiagregante plaquetária. *Quim. Nova*. 33(1): 141-145.

Baggio, A. J.; Carpanezi, A. A. 1997. Biomassa aérea da bracatinga *Mimosa scabrella* Benth. em talhões do sistema de cultivo tradicional. *Boletim de Pesquisa Florestal* n.34:31-44.

Barros, N. F.; Novais, R. F. 1990. Relação solo-eucalipto. Viçosa: Ed. *Folha de Viçosa*. 330pp.

Bastos, R.P. 2011. *Plantios de Hymenaea courbaril l. em área alterada na região de Manaus: influência dos fatores de sítios do solo nos estoques de biomassa, nutrientes e na fotossíntese*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas. 100pp.

Belaiche, T.; Tantaoui-Eleraki, A.; Ibrahimy, A. 1995. Application of a two levels factorial design to the study of the antimicrobial activity of three terpenes. *Sciences des aliments*.15(6): 571-578.

Bellote, A. F. J.; Silva, H. D. 2000. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de Eucalyptus spp. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 135-166.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 09 de 25 de ago. de 2011. Procedimentos para a exploração das florestas primitivas que contemplem a espécie pau-rosa (*Aniba rosaeodora*). **Diário Oficial da União**, 26 de agosto de 2011, Seção 1, p. 73.

Caldeira, M. V. W.; Vitorino, M. D.; Schaadt, S. S.; Moraes, E.; Balbinot, R. 2008. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Ciências Agrárias*. 29(1): 53-68.

CITES - Comércio Internacional de Espécie da Flora e Fauna Selvagens Ameaçadas de Extinção. 2010. Regulamento (UE) n.º 709/2010 da Comissão, de 22 de Julho de 2010, que altera o Regulamento (CE) n.º 338/97 do Conselho relativo à proteção de espécies da fauna e da flora selvagens através do controlo do seu comércio. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 212, p. 1-59.

Costa, K. C. P. D.; Ferreira, M. J.; Linhares, A. C. C.; Guedes, A. V. 2015. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste em plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl. *Scientia Florestalis*, 43 (107):591-600.

Curlin, J. W. 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: Youngberg, C. T.; Davey, C. B. Ed. *Tree growth and forest soils*. Oregon, Oregon State University Press. p.313-326.

Ducke, A. 1930. Relatórios das comissões desempenhadas pelo Chefe da Secção de Botânica, Adolpho Ducke, na região amazônica durante os anos de 1919 a 1928. *Archivos do Jardim Botânico*. 5(3): 1-184.

Ducke, A. 1938. Lauraceas aromáticas do Amazonas. *Reunião Sul Americana de Botânica* 3. p. 55-74

Dünisch, O.; Schwarz, T.; Neves, E. J. 2002. Nutrient fluxes and growth of *Carapa guianensis* Aubl. in two plantation systems in the central Amazon. *Forest ecology and management*, 166(1): 55-68.

Elisabetsky, E., Brum, L. S., Souza, D. O. 1999. Anticonvulsant properties of linalool in glutamate-related seizure models. *Phytomedicine*. 6(2): 107-113.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2009. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ.

Epstein, E.; Bloom, A. J. 2006. *Nutrição mineral de plantas, princípios e perspectivas*. 2ª. Ed. Editora Planta, PR, BR. 403pp.

Fernandez-moya, J.; Murillo, R.; Portuguez, E.; Fallas, J. L.; Rios, V.; Kottman, F.; Verjans, J. M.; Mata, R.; Alvarado A. 2013. Nutrient concentration age dynamics of teak (*Tectona grandis* L. f.) plantations in Central America. *Forest Systems*. 22(1):123-133.

Ferraz, J.; Higuchi, N.; Santos, J.; Biot, Y.; Marques, F.; Baker, K.; Baker, R.; Hunter, I.; Proctor, J. 1997. Distribuição de nutrientes nas árvores e exploração seletiva de madeira. In: INPA/DFID (ed.). *Bionte. Biomassa e nutrientes florestais. Relatório final*. p. 344.

Ferraz, J., Barata, L. E., Sampaio, P. D. T., Guimarães, G. P. 2009. Perfumes da floresta Amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. *Ciência e Cultura*. 61(3): 40-43.

Forzza, R. C.; Baumgratz, J. F. A.; Bicudo, C. E. M.; Canhos, D. A.; Carvalho, A. A.; Coelho, M. A. N.; Lohmann, L. G. 2012. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. *BioScience*, 62(1): 39-45.

Golley, F. B. 1986. Chemical plant-soil relationships in tropical forests. *Journal of tropical ecology*. 2(03): 219-229.

Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 12(1): 54-64.

Herrera, R.; Jordan, C. F.; Klinge, H.; Medina, E. 1978. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia*. 3(4): 223-231.

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

Homma, A. K. O. 2003. O extrativismo do óleo essencial de pau-rosa na Amazônia. Belém: *Embrapa Amazônia Oriental*. Belém, PA. 32pp.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1992. Portaria IBAMA Nº 37-N, de 3 de abril de 1992. Brasília.

IBGE. Mapa de biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 12/06/2016.

IBGE. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 12/09/2016.

IUCN - Red List of Threatened Species. Version. 2014. Varty, N. 1998. *Aniba rosaeodora*. Disponível em: www.iucnredlist.org Acessado em: 15/04/2016.

Klinge, H.; Rodrigue. W. A. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain-forest. *Acta Cientifica Venezuelana*. 24(6): 225-237.

Kostermans, A.J.G.H. 1938. Revision of the Lauraceae V: A monograph of the genera: *Anaueria*, *Beilschmiedia* (American species) and *Aniba*. Extrait du Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais 35: 834-930.

Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3): 259-263.

Krainovic, P. M. 2011. *Plantios de pau-rosa (Aniba rosaeodora Ducke) estabelecidos em áreas com histórico de uso por atividades agrícolas e pecuárias*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 118pp.

Kubitzki, K.; Renner, S. 1982. Lauraceae 1 (*Aniba* and *Aiouea*). *Flora Neotropica*. New York Botanical Garden. New York, US. 129p.

Lautner, S.; Fromm, J. 2010. Calcium-dependent physiological processes in trees. *Plant Biology*, 12(2):268-274.

Leite, F. P.; Barros, N. D.; Novais, R. D.; Sans, L. M. A.; Fabres, A. S. 1997. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. *Revista árvore*. 21(3): 313-321.

Leite, A. M. C.; Pérez, E. I.; Quisen, R.C. 1999. Pau-rosa. Manaus: *Embrapa Amazônia Ocidental*.6: 43 p.

Leite, F.P.; SILVA, I.R.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Neves, J.C.L.; Villani, E.M.A. 2011. Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 35(5):949-959.

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

Lima, A. J. N.; Teixeira, L. M.; Carneiro, V. M. C.; Santos, J. D.; Higuchi, N. 2007. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de uma floresta secundária da região de Manaus AM, dez anos após corte raso seguido de fogo *Acta Amazônica*, 37(1): 49-54.

Lima, A. N. 2010. *Avaliação de um sistema de inventário florestal contínuo em áreas manejadas e não manejadas do estado do Amazonas (AM)*. Tese de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 183pp.

Linck, V.M., Silva, A.L., Figueiró, M., Piato, A.L., Hermann, A.P., Birck, F.D., Caramão, E.B., Nunes, D.S., Moreno, P.R.H., Elisabetsky, E.2009. Inhaled linalool-induced sedation in mice. *Phytomedicine*. 16(4): 303-307.

Lupe, F.; Souza R.; Barata L.E.S. 2008. Seeking a sustainable alternative to Brazilian rosewood, *Perfumer & Flavorist*. 33: 40–43

Magalhães, L. M. S. De; Alencar, J. C. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba dukei* Kostermans), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 9 (2): 227-232.

Maia, J.G.S.; Andrade, E.H.A.; Couto, H.A.R.; Da Silva, A.C.; Marx, F.; Henke, C. 2007. Plant sources of Amazon rosewood oil. *Quimica Nova* 30: 906-1910.

Malavolta, E. 1985. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: Ferri, M.G.(ed.). *Fisiologia vegetal 1*. São Paulo: EPU.p. 77-116.

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; de Oliveira, S. A. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. 2.ed. POTAFOS. Piracicaba, SP, Brasil 319pp.

Marques, C. A. 2001. Importância econômica da família Lauraceae Lindl. *Floresta e Ambiente*: 8(1): 195-206.

Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients. *Mineral nutrition of higher plants*. 2: 379-396.

Mattos, D.C. 2015. *Fertilidade do solo e estado nutricional de pau-rosa em função do ciclo de cultivo e densidades populacionais*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 42pp.

May, P. H.; Barata, L. E. 2004. Rosewood exploitation in the Brazilian Amazon: options for sustainable production. *Economic Botany*. 58(2): 257-265.

McMurtrie, R. E.; Gholz, H. L.; Linder, S.; Gower, S. T. 1994. Climatic factors controlling the productivity of pine stands: a model-based analysis. *Ecological Bulletins*. 43: 173-188.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Brasília, Brasil (<http://alicesweb.mdic.gov.br>). Acesso: 10/06/2015.

Mendes, A. D. R.; Oliveira, L. E. M.D; Nascimento, M. N.D; Reis, K. L.; Bonome, L. T.D.S. 2011. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. *Acta Amazonica*, 42(4): 525-532.

Mitja, D.; Lescure, J.P. 2000. Madeira para perfume: qual será o destino do Pau-rosa? In: Emperaire, L. (Coord). *A floresta em jogo. O extrativismo na Amazônia Central*. Ed. UNESP, São Paulo, Brasil. p. 93-102.

Miyazawa, M.; Sakano, K.; Nakamura, S. I.; Kosaka, H. 1999. Antimutagenic activity of isoflavones from soybean seeds (*Glycine max* Merrill). *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(4): 1346-1349.

Neves, E. J.M. 1999. *Biomassa e acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos de Ceiba pentandra (L.) Gaerten e Virola surinamensis (ROL) WARB plantadas na Amazônia ocidental Brasileira*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná. Paraná, PR. 203pp.

Neves, E. J.; Reissmann, C. B.; Dünisch, O. 2001. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra (L.) Gaertn.* *Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo*.42: 41-49.

Ohashi, S. T.; Rosa, L. dos S. 2004. Pau-rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, (4). 2 p.

Pallardy, S. G.; Kozlowski, T. T. 2008. Physiology of woody plants. *Academic, London*.

Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., Moretti, M. D. L. 2002. Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*. 9(8): 721-726.

Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences discussions*, 4(2):439-473.

Pinto, F.R. 2008. Estimativas dos estoques de biomassa e nutrientes em florestas secundárias na Amazônia Central. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, AM. 161pp.

Poggiani, F.; Stape, J.L.; Gonçalves, J.L.de M. 1998. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. *Sér. Téc. IPEF*, 12 (31): 33-44.

Prates, H. T., Leite, R. C., Craveiro, A. A., Oliveira, A. B. 1998. Identification of some chemical components of the essential oil from molasses grass (*Melinis minutiflora* Beauv.) and their activity against cattle-tick (*Boophilus microplus*). *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 9(2): 193-197.

Quesada, C. A.; Lloyd, J.; Schwarz, M.; Patiño, S.; Baker, T. R.; Czimczik, C.; Santos, A. J. 2010. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences*, 7(5): 1515-1541.

Quinet, A.; Baitello, J.B.; Moraes, P.L.R. de; Alves, F.M.; Assis, L. 2013. Lauraceae In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB143>. Acessado em: 10/06/2016.

Reis, M.G.F.; Barros, N.F. 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: Barros, N.F., Novais, R.F. (Eds.). *Relação Solo-Eucalipto*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: pp. 265 – 301.

Rodrigues, M. A. C. D. M.; Miranda, I. S.; Kato, M. D. S. A. 2007. Estrutura de florestas secundárias após dois diferentes sistemas agrícolas no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. *Acta amazônica*. 37(4): 591-598.

Rubilar, R. A.; Allen, H. L.; Kelting, D. L. 2005. Comparison of biomass and nutrient content equations for successive rotations of loblolly pine plantations on an Upper Coastal Plain Site. *Biomass and Bioenergy*. 28(6): 548-564.

Salati, E.; Vose, P. B. 1984. Amazon basin: a system in equilibrium. *Science*. 225(4658):129-138.

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

Sampaio, P.T.B.; Ferraz, I.D.K.; Camargo, J.L.C. 2003. Pau-rosa - *Aniba rosaeodora* Ducke – Lauraceae. Manual de sementes da Amazônia. (3):7 p.

Sampaio, P. D. T. B.; Barbosa, A. P.; Vieira, G.; Spironello, W. R.; Bruno, F. M. S. 2005. Biomassa da rebrota de copas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária. *Acta Amazônica*. 35(4): 491-494.

Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Nicholaides, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. *Science*. 216(4548):821-827.

Schumacher, M. V. 1992. *Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus torelliana F. Messel*. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, SP. 87 pp.

Schumacher, M. V.; Caldeira, M. V. W. 2001. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. *Ciência Florestal*. 11(1):45-53.

Schumacher, M. V.; Witschoreck, R.; Calil, F. N.; Lopes, V. G. 2013. Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de *Pinus taeda* L. de 27 anos de idade em Camará do Sul-RS. *Ciência Florestal*.23(2):321-332.

SDSA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Amazonas. 2006. Disponível em: <http://www.fundomazonia.gov.br>, acessado em 05/06/2016.

Silva, J. V.; Nogueira, G. S.; Santana, R. C.; Leite, H. G.; Oliveira, M. L. R.; Almado, R. P. 2012. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 47(11):1555-1562.

Steege, H. ter; Pitman, N. C. A.; Sabatier, D.; Baraloto, C.; Salomão, R. P.; *et al.* 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*. 342: 1243092.

Sudam - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. 1972. O extrativismo do pau-rosa. *Sudam-Documenta*. Belém, PA. (3): 5-58.

Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. *Fisiologia vegetal*. 3ed. Porto Alegre: Artmed. 722pp.

Takeda, P.S. 2008. *Avaliação de biomassa e óleo de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (Aniba rosaeodora Ducke) em plantios comerciais submetidos à poda e adubação*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 87pp.

Téo, S.J; Machado, S.D.A; Reissmann, C.B; Filho, A.F. 2010. Concentração e conteúdo de macronutrientes da biomassa de mimosa scabrella bentham, em diferentes classes de sítio, idade e diâmetro. *Scientia agraria*. 11(6):459-467.

Tsuchiya, A.; Tanaka, A. 2016. Changes in CO₂ concentrations within shallow soils originating from solar radiation and rainwater in Central Amazonia. *Japanese Journal Of Biometeorology*, 53(2): 83-93.

Turner, J; Lambert, M. J.2008. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. *Forest Ecology and Management*. 255(5):1701-1712.

Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrao, E. A. S.1988. Abandoned Pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of Plant Succession. *Journal of Ecology*, 76(3): 663-681.

Uhl, C.1982. Recovery following disturbances of different intensities in the Amazon rain forest of Venezuela. *Interciencia*, 7(1):19-24.

Witschoreck, Rudi.; Schumacher, M.V. 2013. Teor e alocação de nutrientes em plantio de *Platanus x acerifolia* (Aiton) willd. em Dom Feliciano – RS. *Ciência Florestal*: 23(4): 667-678.

Werff, H. van der.; Richter, H.G. 1996.Toward an improved classification of Lauraceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*: 83(3): 409-418.

Valencia, W.H; Sampaio, P.T.B; Souza, L.A.G. 2010. Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaeodora Ducke*) en distintos ambientes de fertilidad. *Acta Amazonica*. 40(4): 693-698.

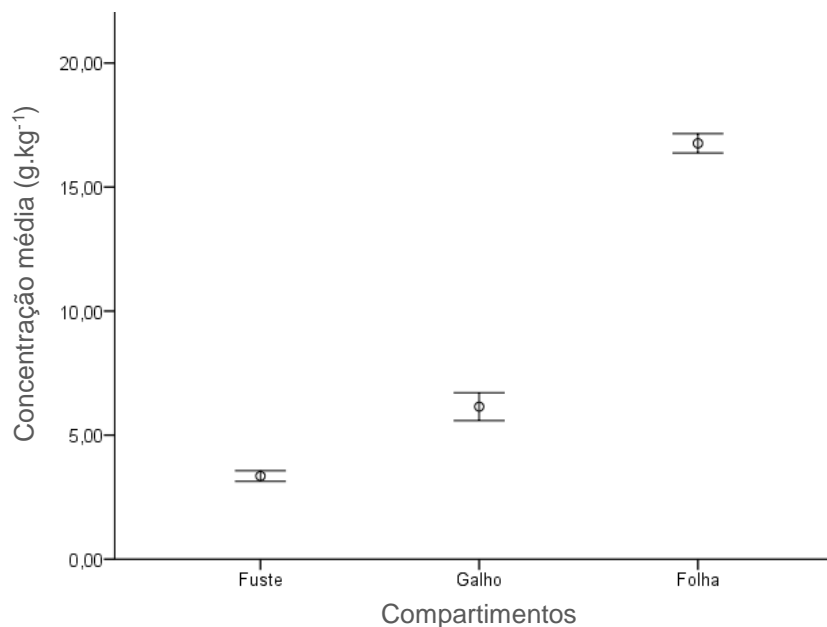
Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. 1987. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Agronômica Ceres. 416pp.

Vieira, M.; Schumacher, M. V.; Bonacina, D. M.2011. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em cambará do Sul, RS. *Revista Árvore*:35(3): 371-379.

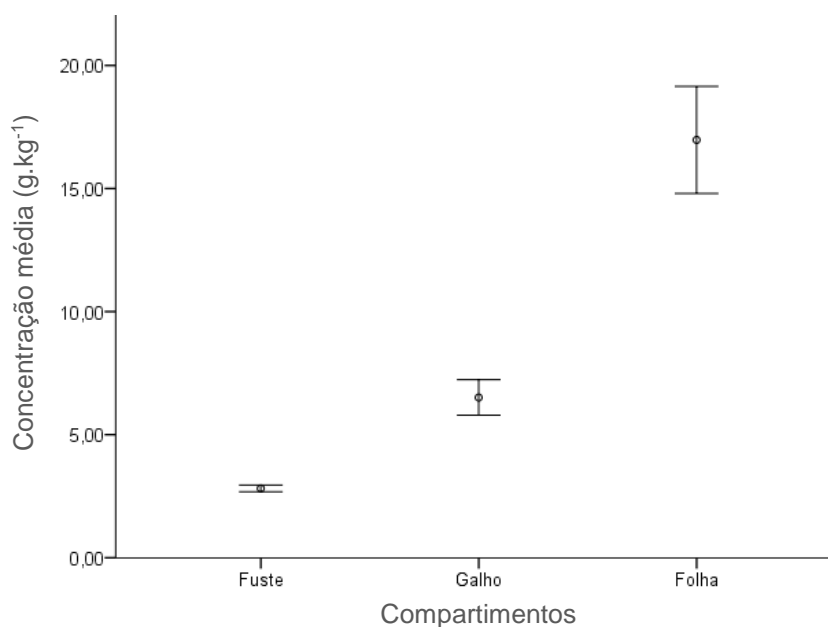
Vitousek, P.M.; Sanford, R. L.1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual review of Ecology and Systematics*.17(1): 137-167.

10. APÊNDICES

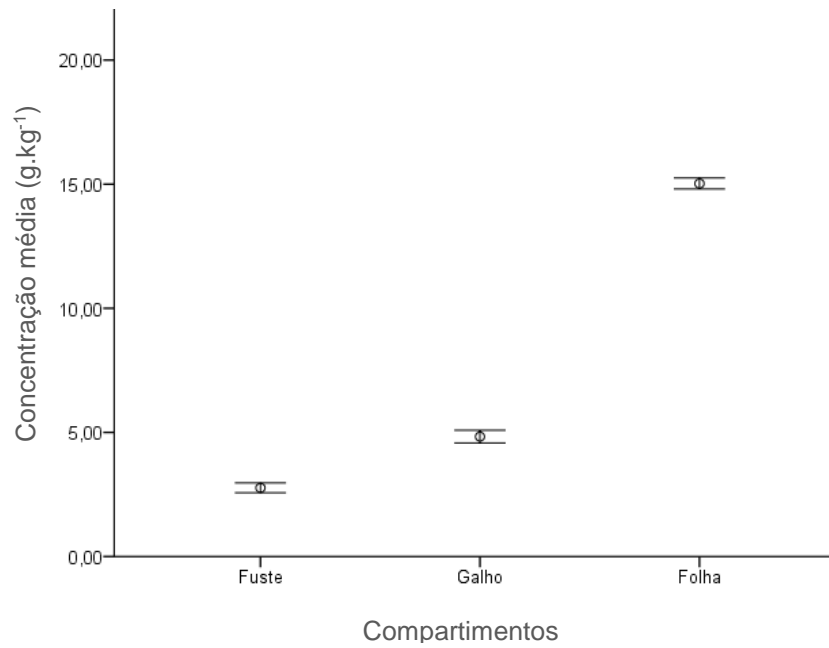
APÊNDICE A. Gráfico barra de erros da concentração média de nitrogênio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de nitrogênio entre os compartimentos.



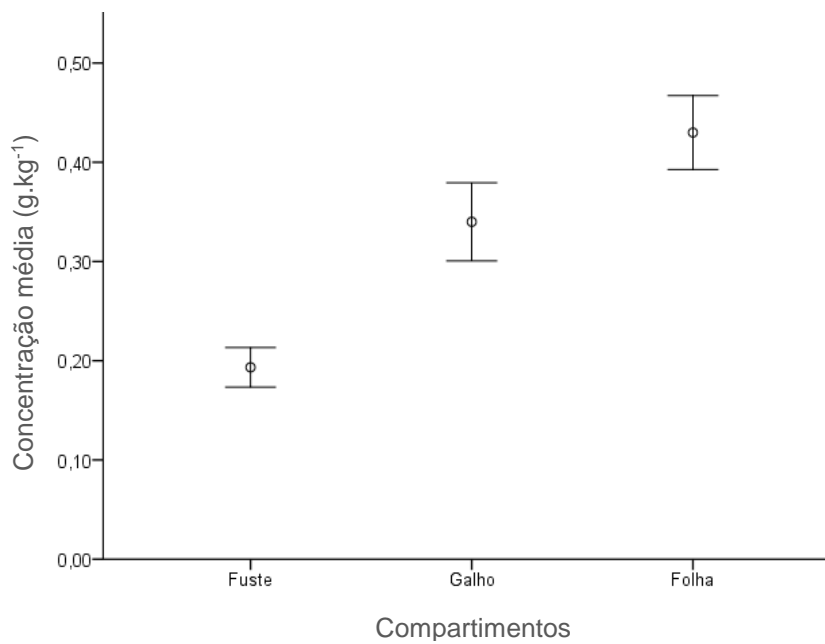
APÊNDICE B. Gráfico barra de erros da concentração média de nitrogênio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de nitrogênio entre os compartimentos.



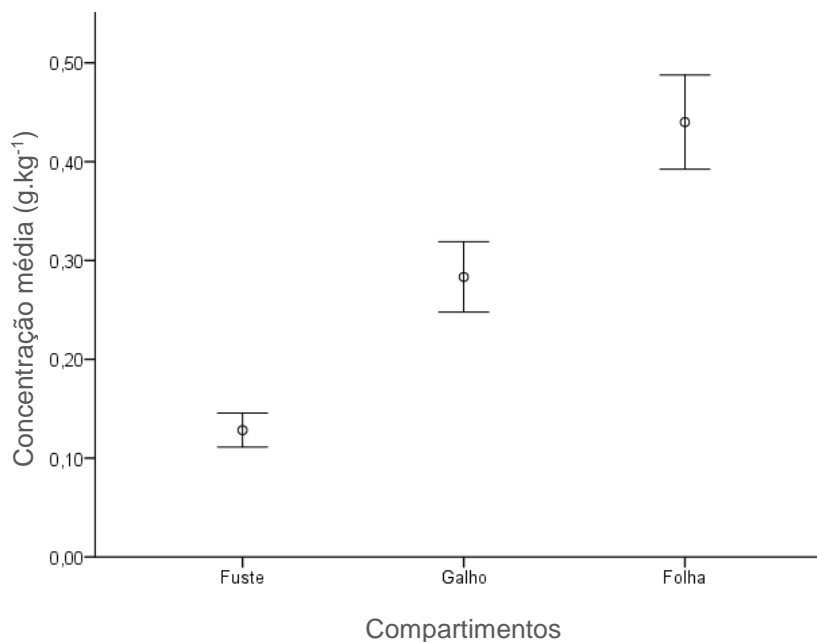
APÊNDICE C. Gráfico barra de erros da concentração média de nitrogênio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaedora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de nitrogênio entre os compartimentos.



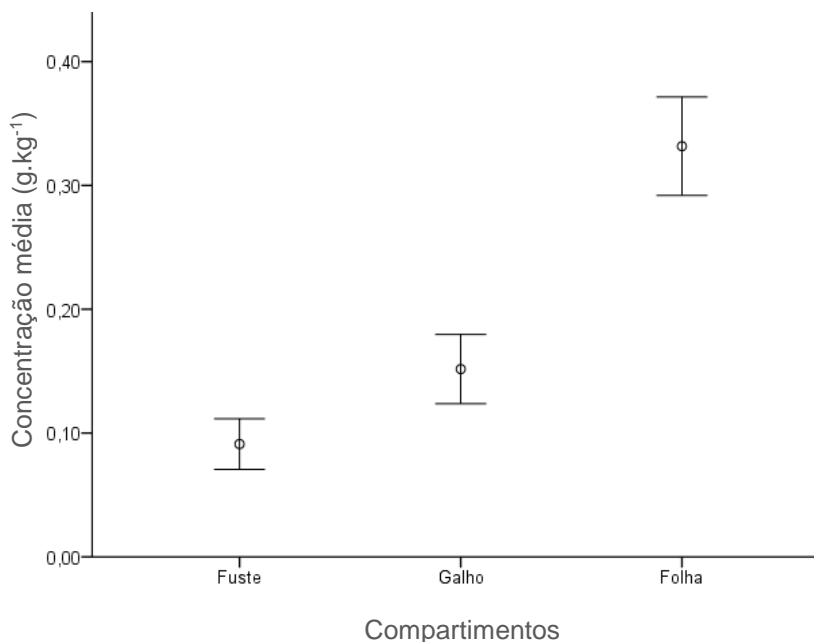
APÊNDICE D. Gráfico barra de erros da concentração média de fósforo (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaedora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, não há diferença na concentração de fósforo entre os compartimentos folha e galho. A concentração observada no compartimento fuste difere dos demais.



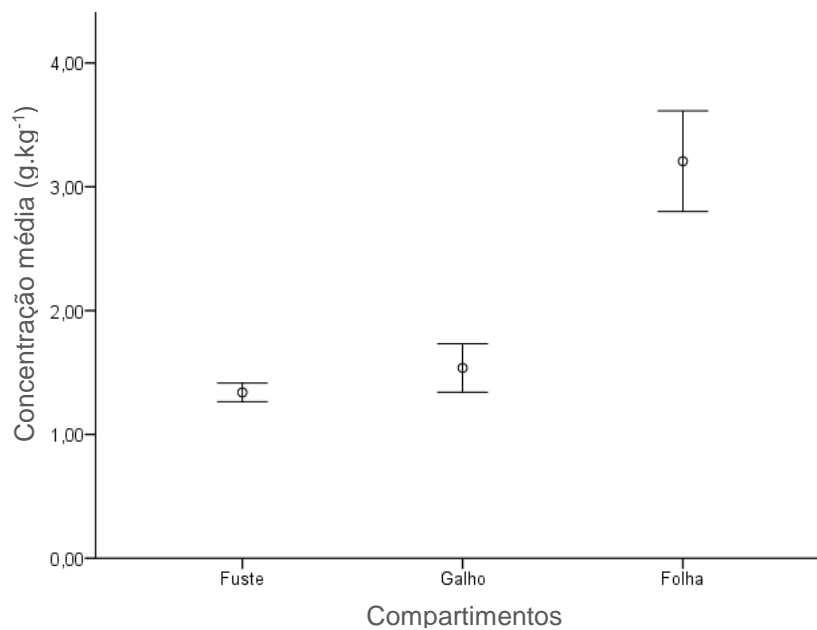
APÊNDICE E. Gráfico barra de erros da concentração média de fósforo (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de fósforo entre os compartimentos.



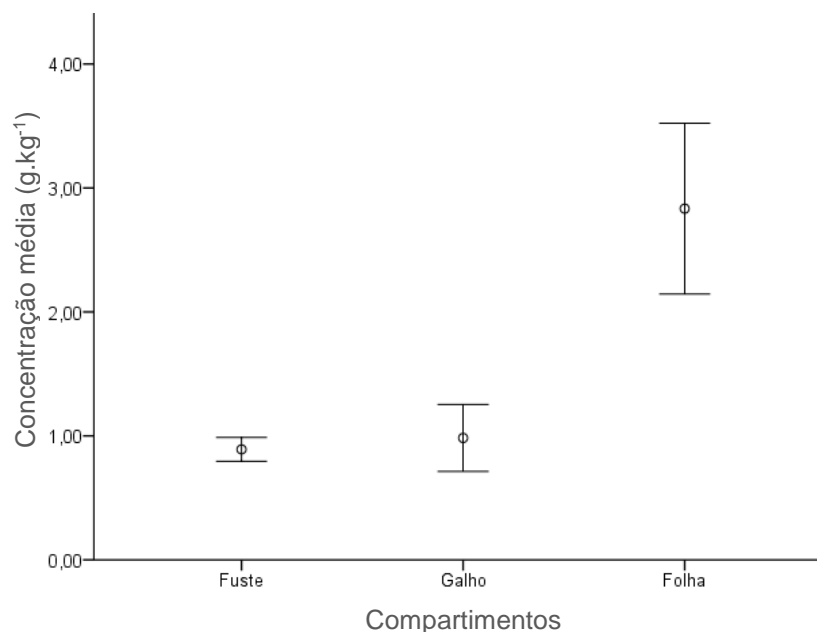
APÊNDICE F. Gráfico barra de erros da concentração média de fósforo (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de fósforo entre os compartimentos.



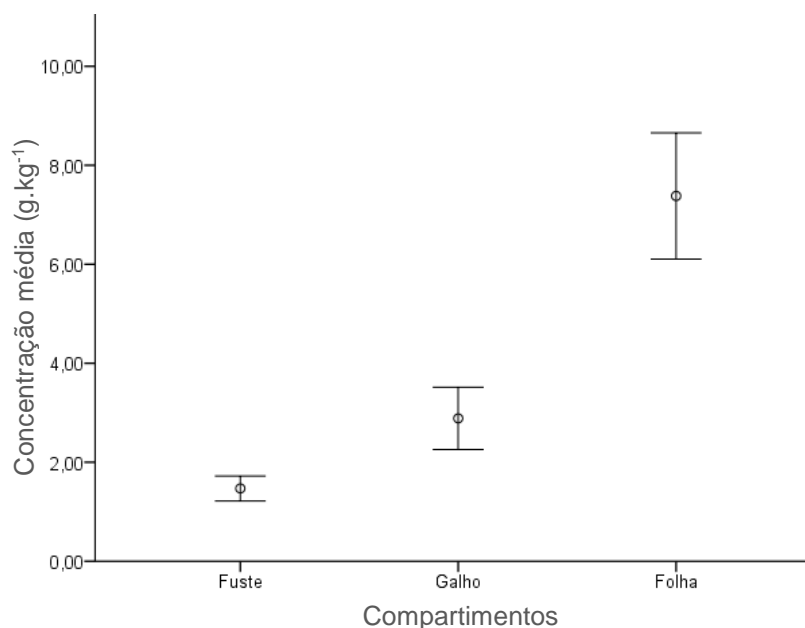
APÊNDICE G. Gráfico barra de erros da concentração média de potássio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de potássio entre os compartimentos.



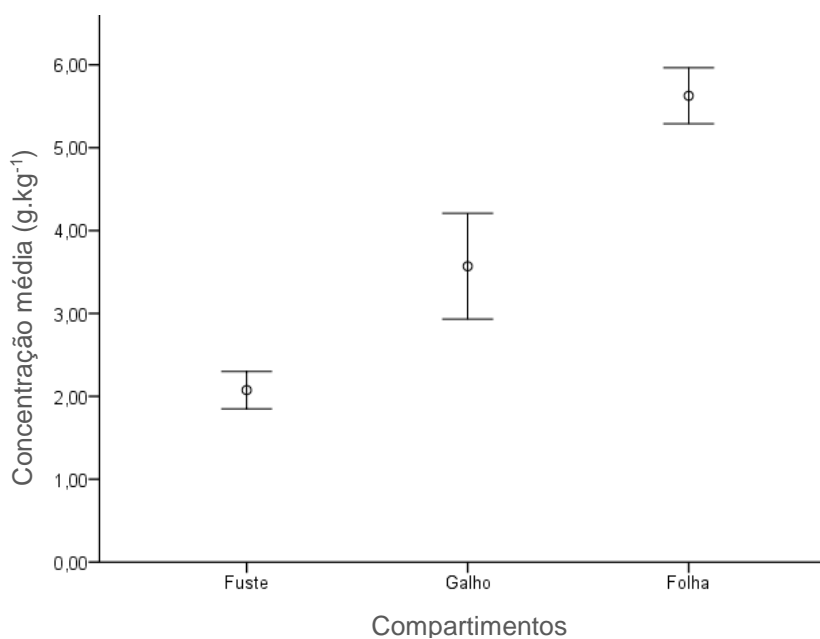
APÊNDICE H. Gráfico barra de erros da concentração média de potássio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, a concentração de potássio no compartimento folha, difere dos compartimentos fuste e galho.



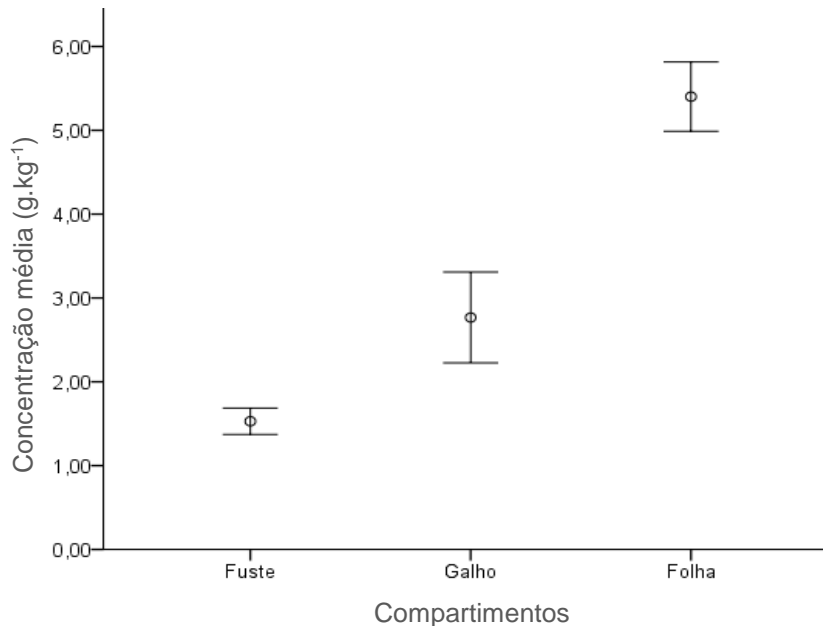
APÊNDICE I. Gráfico barra de erros da concentração média de potássio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de potássio entre os compartimentos.



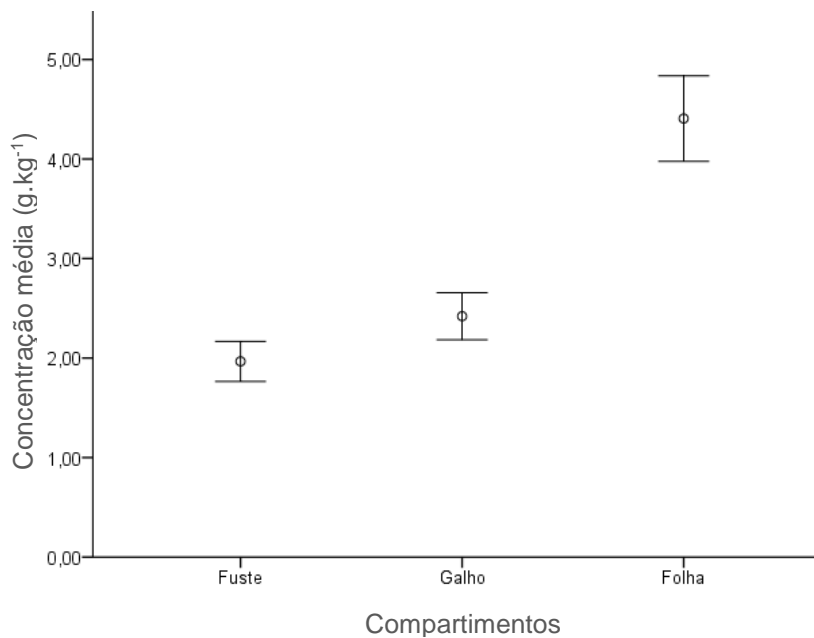
APÊNDICE J. Gráfico barra de erros da concentração média de cálcio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke ao 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de cálcio entre os compartimentos.



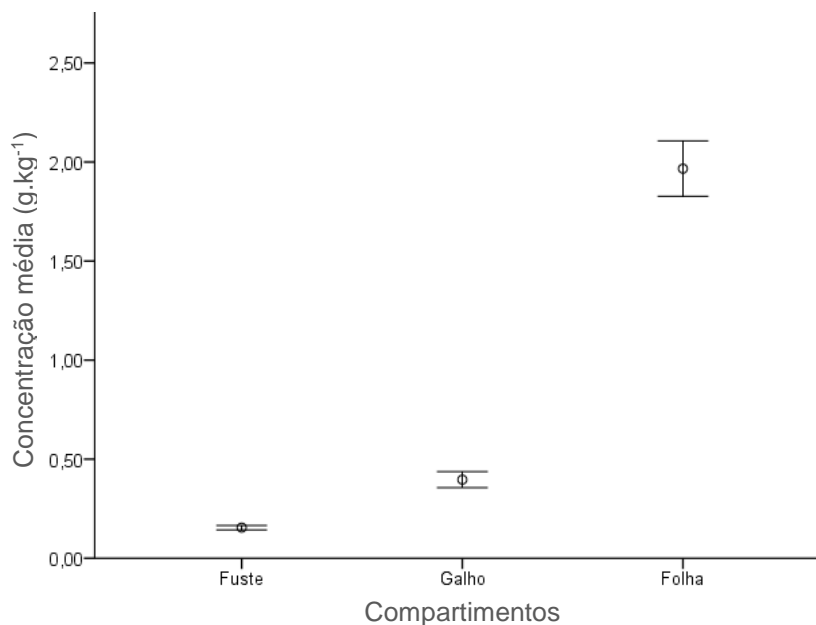
APÊNDICE K. Gráfico barra de erros da concentração média de cálcio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de cálcio entre os compartimentos.



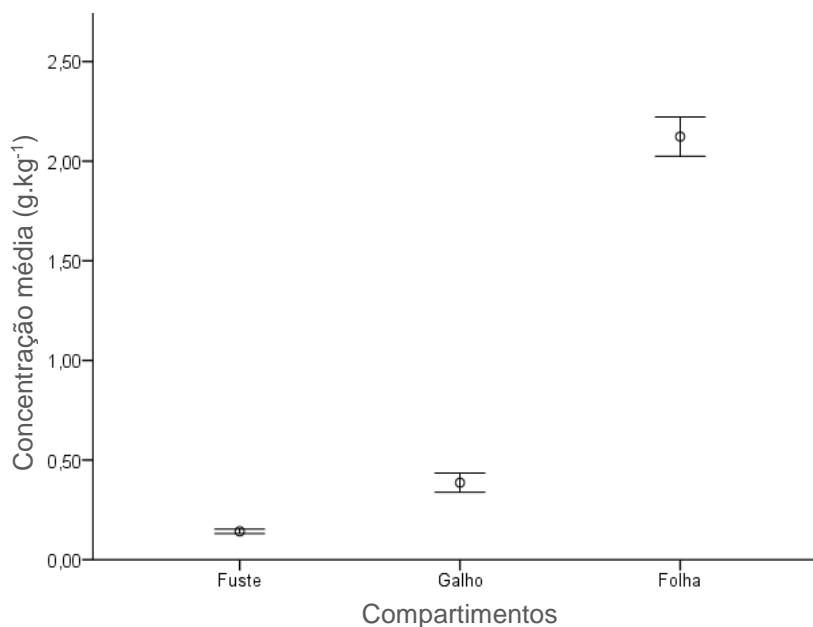
APÊNDICE L. Gráfico barra de erros da concentração média de cálcio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de cálcio entre os compartimentos.



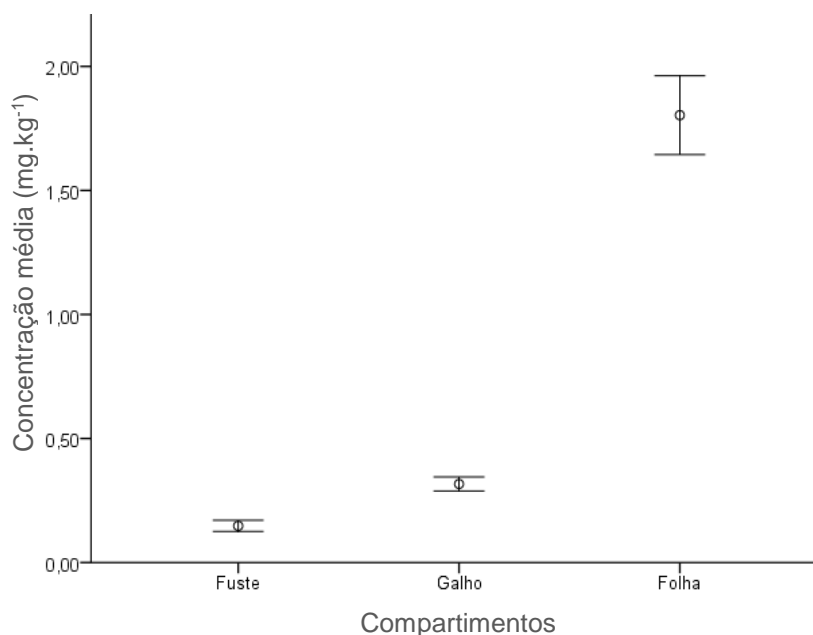
APÊNDICE M. Gráfico barra de erros da concentração média de magnésio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de magnésio entre os compartimentos.



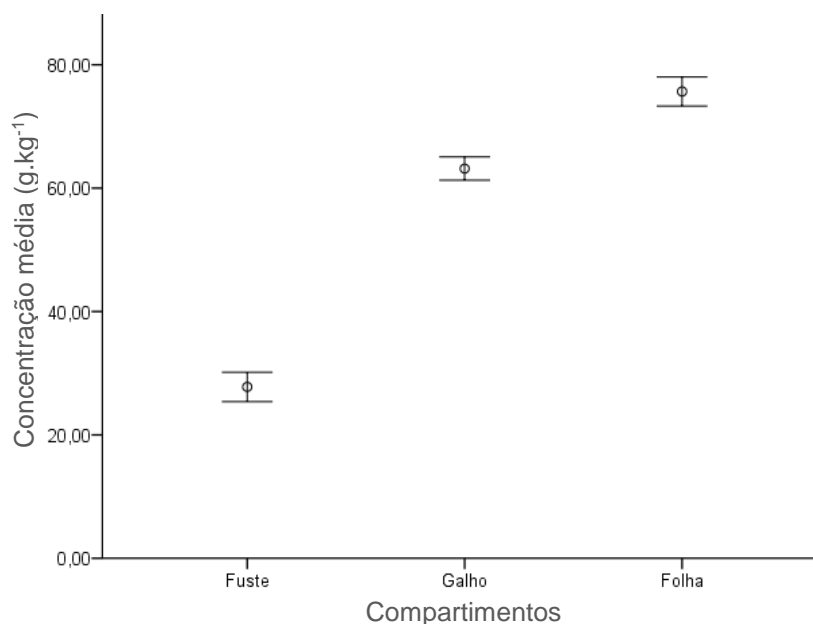
APÊNDICE N. Gráfico barra de erros da concentração média de magnésio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de magnésio entre os compartimentos.



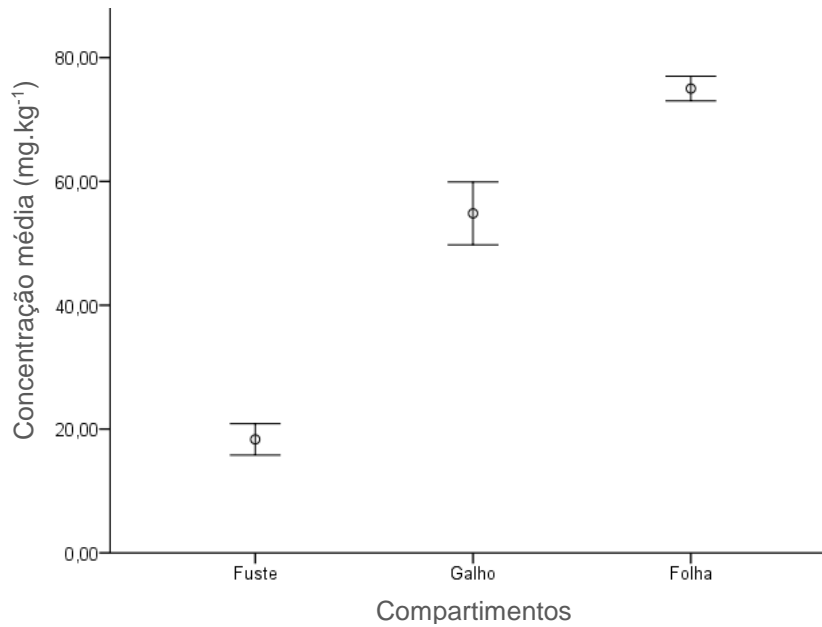
APÊNDICE O. Gráfico barra de erros da concentração média de magnésio (g.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de magnésio entre os compartimentos.



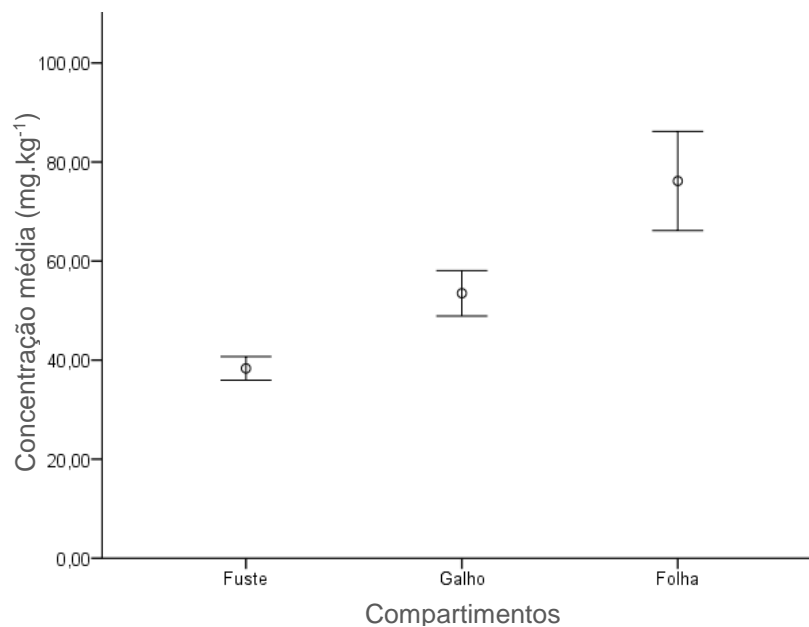
APÊNDICE P. Gráfico barra de erros da concentração média de ferro (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke ao 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de ferro entre os compartimentos.



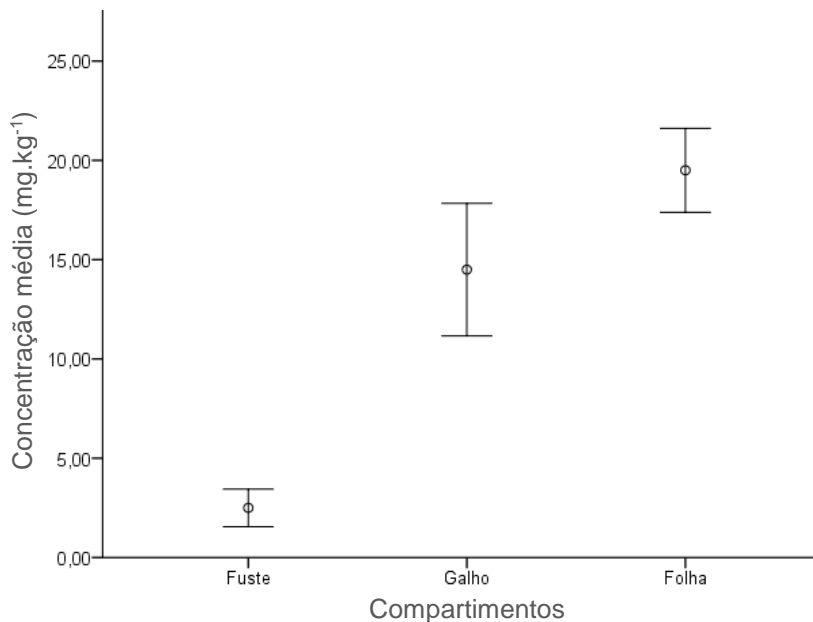
APÊNDICE Q. Gráfico barra de erros da concentração média de ferro (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de ferro entre os compartimentos.



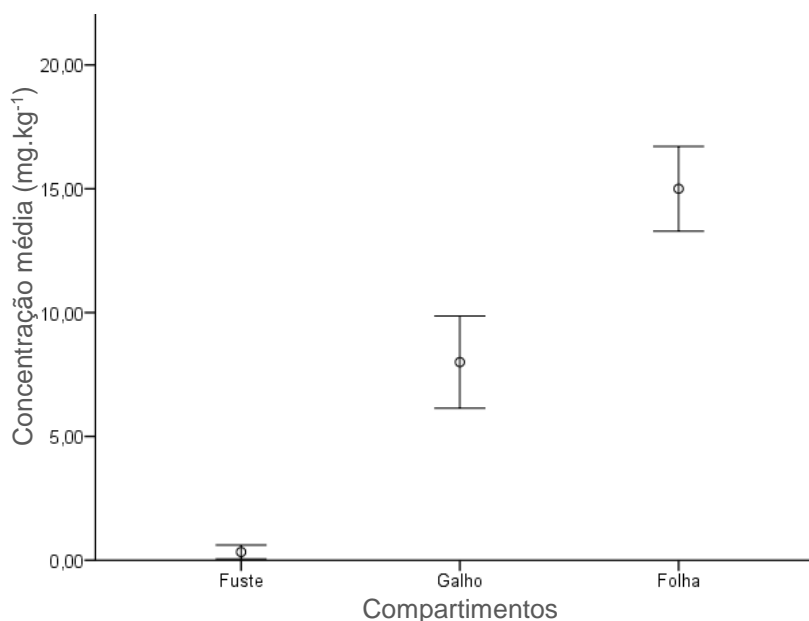
APÊNDICE R. Gráfico barra de erros da concentração média de ferro (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba roseodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de ferro entre os compartimentos.



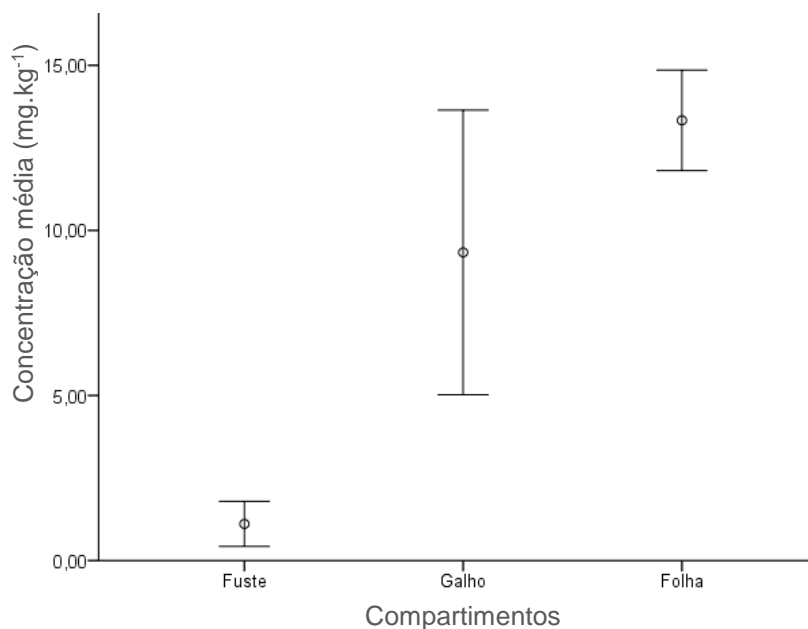
APÊNDICE S. Gráfico barra de erros da concentração média de zinco (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, não há diferença na concentração de zinco entre os compartimentos folha e galho. A concentração observada no compartimento fuste difere dos demais.



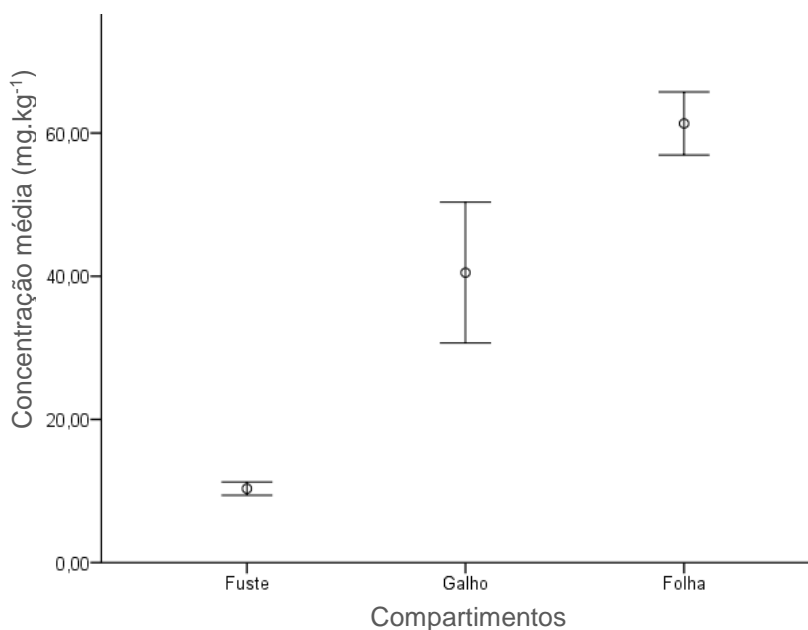
APÊNDICE T. Gráfico barra de erros da concentração média de zinco (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de zinco entre os compartimentos.



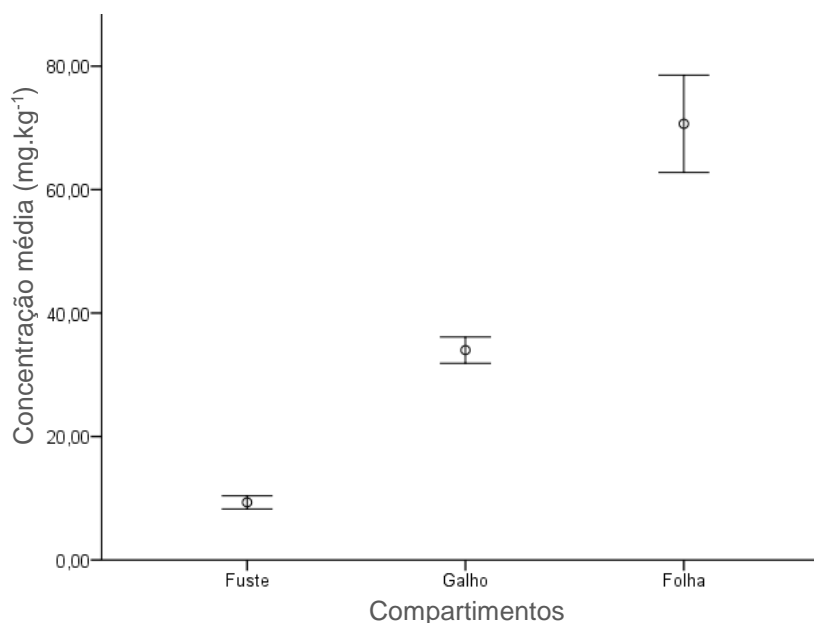
APÊNDICE U. Gráfico barra de erros da concentração média de zinco (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, não há diferença na concentração de zinco entre os compartimentos folha e galho. A concentração observada no compartimento fuste difere dos demais.



APÊNDICE V. Gráfico barra de erros da concentração média de manganês (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 10 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de manganês entre os compartimentos.



APÊNDICE W. Gráfico barra de erros da concentração média de manganês (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 12 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de manganês entre os compartimentos.



APÊNDICE X. Gráfico barra de erros da concentração média de manganês (mg.kg^{-1}), nos compartimentos arbóreos de *Aniba rosaeodora* Ducke aos 17 anos. Pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não paramétricas a 0,05 de significância, há diferença na concentração de manganês entre os compartimentos.

