



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

RAYLANNE DE LIMA SANTOS

**EFEITO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS NO INCREMENTO DIAMÉTRICO
DE *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae) EM ÁREA DE ECÓTONO NO NORTE
DE RORAIMA**

BOA VISTA, RR

2019

RAYLANNE DE LIMA SANTOS

**EFEITO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS NO INCREMENTO DIAMÉTRICO
DE *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae) EM ÁREA DE ECÓTONO NO NORTE
DE RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais (Recursos Naturais). Área de concentração: Manejo e conservação de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa
Coorientadora: Profa. Dra. Carolina Volkmer de Castilho

BOA VISTA, RR

2019

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

S237e Santos, Raylanne de Lima.

Efeitos de condicionantes ambientais no incremento diamétrico de
Peltogyne gracilipes Ducke (Leguminosae) em área de ecótono no norte
de Roraima / Raylanne de Lima Santos. – Boa Vista, 2019.
45 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa.

Coorientadora: Profa. Dra. Carolina Volkmer de Castilho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais - PRONAT.

I - Crescimento arbóreo. 2 - Dendrômetros. 3 - Ecótonos. I - Título.
II - Barbosa, Reinaldo Imbrozio (orientador). III - Castilho, Carolina
Volkmer de (coorientadora).

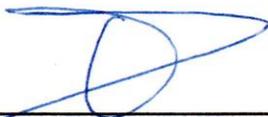
CDU - 582(811.4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Maria de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

RAYLANNE DE LIMA SANTOS

**EFEITO DE CONDICIONANTES AMBIENTAIS NO INCREMENTO DIAMÉTRICO
DE *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae) EM ÁREA DE ECÓTONO NO
NORTE DE RORAIMA**

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais (Recursos Naturais) da Universidade Federal de Roraima, defendida em 29 de agosto de 2019 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Dr. Reinaldo Imbrozio Barbosa
Orientador - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Prof. Dr. Haron Abrahim Magalhães Xaud
Membro - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



Prof. Dr. Paulo Eduardo Barni
Membro - Universidade Estadual de Roraima



Prof. Dr. Paulo Emílio Kaminski
Membro - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido ao auxílio de pessoas e instituições. Deixo meus sinceros agradecimentos:

Ao programa de Pós-graduação em Recursos Naturais – PRONAT, pela oportunidade;

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio e no Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração do CNPq (PELD), pelo apoio financeiro;

À equipe do ICMBio através da autorização n° 61910/SISBIO, pelo apoio logístico às atividades de campo;

Aos Auxiliares de campo, Robson, Max, Itamar, pelo respeito e conhecimento adquirido;

Aos colegas de equipe do INPA/RR, pelos vários esclarecimentos;

Ao professor Dr. Reinaldo I. Barbosa, orientador, pelas sábias palavras e por deixar a famosa “pulga atrás da orelha”;

À professora Dr. Carolina V. de Castilho, a frente desta pesquisa, por toda a paciência, disponibilidade e pelo acolhimento;

Ao meu esposo Jefferson Peixoto Gomes, pela força e paciência, sempre ao meu lado.

RESUMO

A vulnerabilidade da floresta Amazônica a eventos secos se torna a cada dia mais evidente, principalmente em áreas com sazonalidade climática. O interesse por esse tema vem aumentando em função das preocupações relacionadas às alterações nas florestas tropicais, principalmente no que diz respeito às variações climáticas e seus efeitos no acúmulo de carbono. No intuito de verificar o comportamento de indivíduos arbóreos e entender os mecanismos que influenciam o acúmulo de carbono nas árvores, este estudo teve por objetivo determinar as variações intra-anuais no incremento diamétrico de *Peltogyne gracilipes* (Leguminosae) ao longo de um gradiente topográfico situado em uma área de florestas ecotonais no norte de Roraima. *P. gracilipes* é uma espécie bioindicadora da vegetação local, com condição de monodominância em alguns ambientes. A abundância da espécie é fortemente influenciada pelas características edáficas (solos com alto teor de alumínio) e em área de menor altitude (sazonalmente alagadas). Utilizamos dendrômetros para avaliar as variações intra-anuais no incremento diamétrico e verificamos o efeito de condicionantes ambientais (índice de iluminação da copa, solo, altitude, abundância e precipitação) em parcelas permanentes do PPBio localizadas na Estação Ecológica de Maracá (Amajari, RR). Os indivíduos foram monitorados bimestralmente ao longo de um ano (Março/2018 - Março/2019). Dos 158 indivíduos observados, 88% apresentaram média de crescimento acumulado em diâmetro de 3,4 mm ano⁻¹. Foi observada variação intra-anual no incremento com decréscimo a partir do início da estação seca, chegando a uma redução média de 0,71 mm em ~81% dos indivíduos na última medição. O modelo testado identificou que a precipitação explicou 68% das variações no incremento diamétrico da espécie. Conclui-se que a precipitação determinou as variações diamétricas intra-anuais de *P. gracilipes* em área de ecótono no norte de Roraima, independentemente da altitude e condições de solo.

Palavras-chave: Crescimento arbóreo. Dendrômetros. Ecótonos.

ABSTRACT

The vulnerability of the Amazon rainforest to dry events is becoming increasingly evident, especially in areas with climatic seasonality. Interest in this theme has been increasing due to concerns related to changes in tropical forests, especially regarding climate variations and their effects on carbon accumulation. In order to verify the behavior of tree individuals and to understand the mechanisms that influence carbon accumulation in trees, this study aimed to determine the intra-annual variations in the diameter increment of *Peltogyne gracilipes* (Leguminosae) along a topographic gradient located in an area of ecotonal forests of northern Roraima. *P. gracilipes* is a bioindicator species of local vegetation, featuring monodominance in some environments. The abundance of the species is strongly influenced by environmental characteristics and is associated with edaphic factors (soils with high aluminum content) and lower altitude areas (seasonally flooded). We used dendrometers bands to evaluate intra-annual variations in diameter increment and to verify the effect of environmental conditions (canopy illumination index, soil, altitude, abundance and precipitation) in permanent plots of PPBio located at Maracá Ecological Station (Amajari, RR). Individuals were monitored bimonthly over one year (March/2018 - March/2019). Of the 158 individuals observed, 88% had a mean cumulative diameter growth of 3.4 mm year⁻¹. Intra-annual variation in diameter was observed, with decreased in increment from the beginning of the dry season, reaching an average reduction of 0.71 mm in ~ 81% of individuals in the last measurement (end of dry season). Precipitation explained 68% of the variations in the diameter increment of the species in the model tested. It was concluded that rainfall determined intra-annual diameter variations of *P. gracilipes* in ecotone area in northern Roraima, regardless of altitude, light and soil conditions.

Keywords: Tree growth. Dendrometers. Ecotones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa de localização da Estação Ecológica de Maracá com representação da grade PPBio.....	13
Figura 2 -	Representação esquemática da disposição e formato das parcelas na grade do PPBio na Estação Ecológica de Maracá, de acordo com a metodologia RAPELD.....	15
Figura 3 -	Cotas altimétrica e ocorrência de <i>P. gracilipes</i> nas parcelas permanentes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) na Ilha de Maracá (Amajari, RR).....	16
Figura 4 -	Esquema da banda dendrométrica usada nos indivíduos de <i>P. gracilipes</i> , e representação da expansão da mola que estima o incremento diamétrico acumulado.....	17
Figura 5 -	Cronograma de monitoramento bimestral de <i>P. gracilipes</i> em área de ecótono no norte de Roraima.....	18
Figura 6 -	Varição intra-anual na média de incremento periódico em diâmetro de <i>P. gracilipes</i> em áreas ecotonais no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança.....	22
Figura 7 -	Incremento acumulado por classe diamétrica ao longo do período monitorado de <i>P. gracilipes</i> em áreas ecotonais no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança.....	22
Figura 8 -	Precipitação acumulada em cada período de monitoramento do incremento de <i>P. gracilipes</i> em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima.....	23
Figura 9 -	Precipitação acumulada em cada período de monitoramento e incremento periódico de indivíduos de <i>P. gracilipes</i> em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima.....	24
Figura 10 -	Média de incremento diamétrico de <i>P. gracilipes</i> de acordo com a dominância nas parcelas permanentes observadas em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança.....	25
Figura 11 -	Gráficos gerados a partir do Modelo de efeito misto ao avaliar o efeito das condicionantes ambientais na variação intra-anual do incremento em diâmetro de <i>P. gracilipes</i> em áreas de ecótono no norte de Roraima.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	DINÂMICA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO NAS FLORESTAS DAS AMAZÔNIA	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1	ÁREA DE ESTUDO	13
3.2	DELINEAMENTO AMOSTRAL	14
3.2.1	Seleção das parcelas	15
3.2.2	Seleção de indivíduos para instalação dos dendrômetros	16
3.3	CONDICIONANTES AMBIENTAIS: PRECIPITAÇÃO, SOLO E ALTITUDE	18
3.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ILUMINAÇÃO DA COPA	19
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	RESULTADOS	21
4.1.1	Incremento diamétrico dos indivíduos	21
4.1.2	Correlação com a precipitação	23
4.1.3	Dominância de <i>P. gracilipes</i>	24
4.1.4	Condicionantes ambientais e incremento em diâmetro de <i>P. gracilipes</i>	26
4.2	DISCUSSÃO	28
4.2.1	Varição intra-anual condicionada pela precipitação	29
4.2.2	Monodominância de <i>P. gracilipes</i> sobre o incremento diamétrico	30
4.2.3	Propulsor ambiental das variações do incremento de <i>P. gracilipes</i>	30
5	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE	39
	ANEXO	44

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais exercem um papel importante no ciclo do carbono terrestre por serem responsáveis pela sua assimilação e armazenamento nos tecidos dos vegetais (WAGNER et al., 2016). A assimilação de carbono a partir da fotossíntese depende de fatores externos como a luminosidade, umidade e temperatura (PACHECO; HELENE, 1990) por meio de estímulos à função enzimática no vegetal (WAY; OREN, 2010). O carbono é armazenado em diferentes estruturas da planta (caules, copa, raízes), sendo o acúmulo de carbono lenhoso um dos principais determinantes da biomassa florestal (RIFAI et al., 2018). Este acúmulo apresenta comportamentos diferenciados nas mais variadas condições do ambiente (SILVA, 2002).

O interesse por esse tema vem aumentando em função das preocupações relacionadas às alterações nas florestas tropicais, principalmente no que diz respeito às variações climáticas e seus efeitos no acúmulo de carbono nas árvores. As florestas amazônicas demonstram ser vulneráveis ao aumento do estresse hídrico (PHILLIPS et al., 2009) devido às fortes influências da precipitação no acúmulo de carbono com produção lenhosa pela planta (CLARK; CLARK; OBERBAUER, 2010). Neste contexto, é fundamental avaliar os mecanismos que conduzem a mudanças na assimilação do carbono como forma de entender o comportamento da floresta tropical em face às mudanças climáticas (MALHI et al., 2009; WAGNER et al., 2016).

As taxas de crescimento de árvores nas florestas tropicais são naturalmente muito lentas (VIEIRA et al., 2005). O acréscimo diamétrico varia significativamente entre e dentro das espécies arbóreas e apresenta comportamentos diferenciados de acordo com estações do ano e condições microclimáticas que podem alterar o ritmo de crescimento dos indivíduos (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005; SILVA et al., 2003). Do mesmo modo, espécies adaptadas podem apresentar uma certa elasticidade (OURIQUE et al., 2014), o que indica respostas diferentes em diferentes condições ambientais (SILVA et al., 2012).

Na Amazônia, o aumento da frequência e intensidade de eventos secos estariam correlacionados com perdas de biomassa (BRIENEN et al., 2015; PHILLIPS et al., 2009), principalmente em florestas em que a precipitação mensal é inferior a 100 mm (RIFAI et al., 2018). Enquanto a seca é considerada um importante fator de perturbação em ambientes florestais (BENNETT et al., 2015; PHILLIPS et al., 2009), a precipitação demonstra ser o principal propulsor sazonal do crescimento arbóreo (WAGNER et al., 2014), agindo como se fosse um controle da capacidade fotossintética (WAGNER et al., 2016) que domina e influencia os padrões de vegetação (JOSEPH et al., 2012).

A relação entre a quantidade de chuva e a disponibilidade de água para as árvores não é direta, sendo determinada por várias características do solo e da planta (WAGNER et al., 2014). As respostas dos indivíduos arbóreos às chuvas variam até 1,5 mm de expansão de circunferência dentro de 48 horas após um evento de chuva e caracteriza mudanças relacionadas tanto a crescimento como a hidratação do caule (HERRMANN et al., 2016). Em períodos mais secos, a fotossíntese diminui aumentando a resistência à fixação do CO₂ por causa do fechamento dos estômatos (SILVA et al., 2003). As taxas de respiração menores refletem na atividade metabólica da planta, no crescimento do caule e da folha, ou na construção do tecido da raiz, com direcionamento das atividades para outras que não seja o acúmulo de biomassa (MALHI et al., 2009).

Neste cenário, em Roraima existem diferentes fitofisionomias que vão desde áreas de florestas com maior diversidade de espécies (florestas ombrófilas) a área em que predominam as gramíneas e espécies arbustivas, como as savanas, as quais garantem uma diversidade de ambientes (BARNI et al., 2016). Destacamos, então, as áreas de florestas do ecótono norte do Estado, compostas por mosaicos de vegetação entre florestas e savana, no qual existem distintas espécies arbóreas ocorrendo sobre complexas formas de pressão ambiental (SANTOS; LUIZÃO; CARNEIRO-FILHO, 2014).

As florestas ecotonais ou área de transição constituem, aproximadamente, 15% do total de ecossistemas florestais da Amazônia (SANTOS et al., 2007) e comportam-se, principalmente, como barreiras ou área de isolamento com ecossistemas vizinhos, e como habitats para diversas espécies (MALANSON, 1997). O ecótono norte de Roraima apresenta características de florestas de menor umidade, dossel aberto, geralmente ocupadas por ambientes estacionais formados por zonas de contato entre floresta ombrófila-floresta estacional e/ou floresta-savana (SANTOS; VALE JÚNIOR; BARBOSA, 2013; TURCIOS et al., 2016). A riqueza e diversidade de espécies são consideradas baixas para o padrão das florestas tropicais e podem estar relacionadas aos solos de baixa fertilidade (CARVALHO, 2014) ou por influências do regime de precipitação (SANTOS; LUIZÃO; CARNEIRO-FILHO, 2014). Estas características ambientais podem ser reflexo da variabilidade climática encontrada na região, em que longo período com estresse hídrico podem afetar a distribuição e abundância de espécies, como enfatizado em estudo realizado por Esquivel-Muelbert et al. (2019).

Neste ambiente, *Peltogyne gracilipes* (Leguminosae) chama a atenção por ser uma espécie arbórea endêmica e resistente a condições climáticas sazonais (CARVALHO, 2014; MILLIKEM; RATTER, 1998) (Apêndice A). Esta espécie segundo a literatura, apresenta distribuição limitada às áreas de florestas, com característica de vegetação de floresta decídua,

emergente no dossel e de grande porte, e indivíduos que podem atingir até 400 cm de CAP e 30 m de altura (LIMA; CONDULA, 2015; SILVA, 1976). No ecótono norte em Roraima, em alguns ambientes apresentam condição de monodominância associada a solos de baixa fertilidade (NASCIMENTO et al., 2007, 2017).

A monodominância se caracteriza pela ocorrência de mais de 50% dos indivíduos de uma mesma espécie (NASCIMENTO; PROCTOR, 1997), ocorrendo lado a lado com florestas com características diversas (CARVALHO et al., 2018; NASCIMENTO; VILLELA, 2010). Os fatores que determinam as florestas monodominantes ainda são incertos. Connel e Lowman (1989) já indicavam que espécies monodominantes persistentes vão gradualmente substituindo as espécies do estrato arbóreo, o que é garantido pela resistência da espécie em vantagem competitiva. As condicionantes edáficas vêm amplamente sendo relacionadas à monodominância, mas estas condições nutricionais variam para cada espécie. Como exemplo, o estudo realizado em florestas monodominantes de *Parashorea chinensis*, que preferem solos mais férteis (VAN DER VELDEN et al., 2014). No entanto, no caso de *Peltogyne*, que há uma estreita relação com as restrições hidro-edáficas, pode estar sendo favorecida a monodominância da espécie através da competição interespecífica neste ambiente (NASCIMENTO et al., 2017).

1.1 DINÂMICA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO NAS FLORESTAS DA AMAZÔNIA

As avaliações do crescimento arbóreo permitem quantificar a produtividade da floresta, e identificar o quanto de carbono as árvores sequestram em novos tecidos em determinado período de tempo (OURIQUE et al., 2014). A produtividade lenhosa é o aspecto mais visível do estoque de carbono na floresta em relação ao acúmulo que ocorre no dossel, queda de liteira, emissão de compostos orgânicos e raízes (MALHI et al., 2009). O acúmulo de carbono lenhoso está fortemente correlacionado com o diâmetro do tronco (CASTILHO et al., 2006).

Segundo Malhi et al. (2009) poucos estudos focam na dinâmica e variação espacial do ciclo de carbono nas florestas, sendo fundamental diferenciar os tipos de vegetações com base na composição das espécies encontradas (JOSEPH et al., 2012), como forma de entender os padrões de crescimento e o potencial de diferentes espécies arbóreas em acumular carbono (CHAVE et al., 2005).

Neste contexto, o uso de equipamentos que possibilitem avaliar e detectar variações no acúmulo de carbono em diâmetro no tempo e no espaço são importantes. Os dendrômetros vem ganhando destaque por permitir o monitoramento do crescimento em circunferência do

tronco das árvores (SILVA et al., 2003) com maior precisão do que a oferecida pelos métodos tradicionais (fita métrica ou diamétrica), possibilitando identificar qual o momento mais propício desse acúmulo. As vantagens observadas na utilização desse equipamento são a facilidade na instalação aliado ao custo baixo (SILVA et al., 2003), além de permitir análises de variação intra e interanual (CLARK; CLARK; OBERBAUER, 2010) e de observar possíveis flutuações do diâmetro do caule (SHEIL, 2003). Padrões diários de retração ou expansão no caule também são estudados, no entanto, dependem de equipamento automatizado (DESLAURIERS et al., 2010; HERRMANN et al., 2017).

Na Amazônia, as pesquisas usando este equipamento se concentram na região Central, em estudos voltados a avaliar o relacionamento da dinâmica de crescimento com a deposição de serapilheira (OURIQUE et al., 2014), gradiente topográfico (SILVA et al., 2002), e avaliações intra anuais em floresta de terra firme ao efeito do gradiente hidro-topográfico e densidade da madeira (MELGAÇO, 2014). Silva et al. (2002) destacam a importância desta ferramenta para a seleção das espécies de árvores para extração de madeira, proteção de espécies, estimativa de ciclos de corte e prescrição de tratamentos silviculturais. RIFAI et al. (2018) reuniram vários dados de crescimento de árvores adultas com dendrômetros em algumas partes do mundo, incluindo pesquisas na Amazônia, e investigaram a relação da variação sazonal e interanual as anomalias meteorológicas. Em uma realidade mais próxima, estudos preliminares em parcelas permanentes em áreas sazonalmente alagadas em Roraima avaliaram o efeito do gradiente de textura do solo e profundidade do lençol freático nas variações intra e interanual no incremento diamétrico de indivíduos arbóreos (CASTILHO et al., 2015).

Com intuito de estudar as relações determinantes no acúmulo de carbono arbóreo nos ambientes de ecótono, utilizamos dendrômetros para avaliar as variações intra-aneais no incremento diamétrico de *P. gracilipes*, espécie característica das áreas de florestas do ecótono norte de Roraima, para responder a seguinte questão: condicionantes ambientais afetam as taxas de crescimento diamétrico intra-aneais de *P. gracilipes* em floresta de ecótono no norte de Roraima? A hipótese desta investigação é que a assimilação de carbono arbóreo é sensível às condições ambientais, em especial de fatores associados à luminosidade, temperatura, umidade, precipitação e topografia. Neste sentido, variações no ambiente influenciam no ritmo de crescimento arbóreo, principalmente em áreas com maiores restrições hidro-edáficas (e.g. sazonalmente inundadas) que se caracterizam por amplas variações na disponibilidade de água associados a solos com baixa fertilidade.

2 OBJETIVOS

A seguir serão apresentados os objetivos gerais e específicos que nortearam as atividades realizadas neste trabalho.

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito de condicionantes ambientais no incremento diamétrico intra-anual de *Peltogyne gracilipes* Ducke (Leguminosae) em uma área de florestas ecotonais do norte de Roraima.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I Determinar a variação intra-anual no incremento diamétrico de *P. gracilipes*, relacionando à classe diamétrica;
- II Relacionar as variações intra-aneais no incremento diamétrico de *P. gracilipes* com a precipitação acumulada para cada intervalo de monitoramento;
- III Relacionar as variações intra-aneais no incremento diamétrico de *P. gracilipes* com a dominância da espécie em cada parcela;
- IV Relacionar o incremento diamétrico anual de indivíduos de *P. gracilipes* com a altitude, características do solo, abundância da espécie e índice de luminosidade da copa.

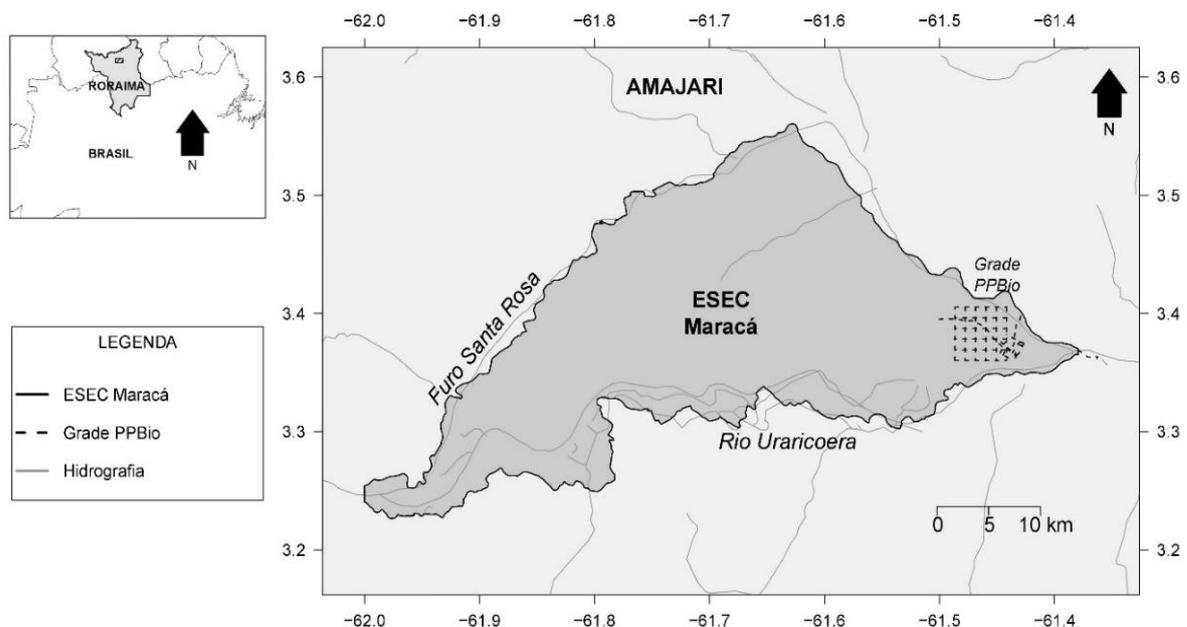
3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido na Estação Ecológica de Maracá (Município de Amajari, Roraima), que integra o Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio/MCTI) e o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD/CNPq).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A Estação Ecológica (ESEC) de Maracá está localizada na porção Norte do Estado de Roraima, nas coordenadas geográficas N 3°15' / W 61°54'. Maracá é uma Unidade de conservação (UC) de proteção integral formada por um arquipélago fluvial constituído por mais de 200 ilhas e localizado no rio Uraricoera (Figura 1). Neste contexto, destaca-se a Ilha de Maracá com aproximadamente 110.000 ha, 65 km de extensão e largura variando entre 15 e 25 km

Figura 1 - Mapa de localização da Estação Ecológica de Maracá com representação da grade do PPBio.



Fonte: Adaptado de Perdiz (2017).

Em levantamento realizado por McGregor e Eden (1991), a geomorfologia da Esec foi representada por: 1) Planaltos, concentrados na sua porção oeste, com topos chegando a medir mais de 250 m de altitude; 2) Encostas, que inclui terrenos de 170-250 m; 3) Planícies, ocorrem em 39% da toda ilha, com altitudes que variam entre 110-150 m; 4) Planícies, levemente

dissecadas, encontram-se na faixa norte-sul e no centro da ilha, com variação de 100-180 m, representadas por serem a maior porção da ilha; e 5) Áreas alagadas, que ocorrem principalmente na margem direita do furo Santa Rosa. A variedade na composição geomorfológica implica em grande variedade de solos, que vão desde arenosos, ácidos e pobres em nutrientes, a solos argilosos, com predominância de solos Argissolos vermelho-amarelo, seguidos de Latossolos vermelho-amarelo (ROBINSON; NORTCLIFF, 1991).

O clima apresenta características de transição entre os tipos climáticos Aw e Am, com estação seca bem definida (BARBOSA, 1997; SANTOS; LUIZÃO; CARNEIRO-FILHO, 2014). A precipitação média anual é de 2.163 mm, com 50% do total da precipitação anual concentradas nos meses de maio a julho, e estação seca distinta, de outubro a março, com precipitação inferior a 100 mm/mês nesse período (CARVALHO, 2014).

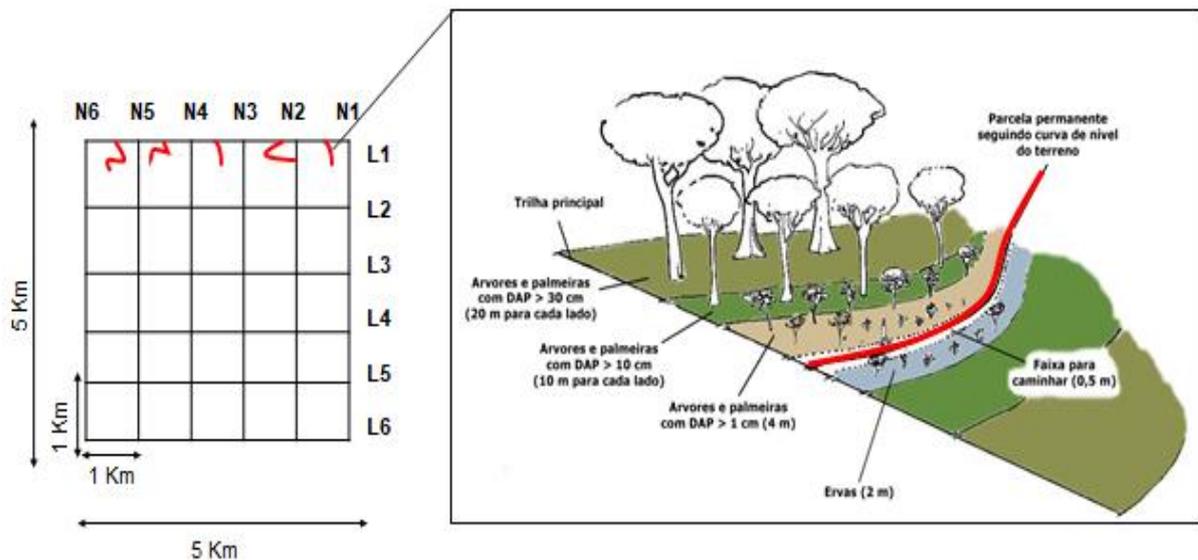
A paisagem local é formada por um corredor florestal que sofre influências de savanas (ecótonos) e altos relevos, denominado complexo de savana "Rio Branco-Rupununi" (BARBOSA et al., 2007; SANTOS; LUIZÃO; CARNEIRO-FILHO, 2014). Na ilha de Maracá a vegetação é formada por: florestas ombrófilas, que ocupam áreas livres de alagamento e predominam os solos Argissolos Amarelo e Vermelho-Amarelo, com baixos níveis de Fe; florestas semidecídua sazonais, que ocupam encostas, formadas por Argissolos Vermelhos e Vermelho-escuros, sem ocorrência sazonal de inundações; e, floresta estacional decídua que ocupam os fundos dos vales a baixa altitude, onde ocorrem solos mal drenados que apresentam relação com percentagens de silte, teor elevado de Alumínio e Ferro, e monodominância da espécie *P. gracilipes* (CARVALHO et al., 2018; MILLIKEN; RATTER, 1998; NASCIMENTO; PROCTOR, 1997;).

3.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

A coleta de dados foi realizada nas parcelas permanentes instaladas na grade do Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio, localizada na porção leste da Ilha de Maracá (Figura 1). A grade do PPBio consiste em um sistema de trilhas que cobre uma área de 25 km². Ao longo das trilhas, no sentido Leste-Oeste foram distribuídas sistematicamente, a cada 1 km, parcelas permanentes (Figura 2). A grade possui 30 parcelas de 1 hectare orientadas ao longo da curva de nível do terreno para minimizar variação interna de altitude, textura do solo e profundidade do lençol freático dentro das parcelas (MAGNUSSON et al., 2005). A área amostrada de cada parcela depende do grupo biológico de interesse que, no caso das árvores, é amostrada uma área de 1 hectare (250 m x 40 m) para árvores com diâmetro a altura do peito

(DAP) maior ou igual a 30 cm; para árvores com DAP maior ou igual a 10 cm, a área amostrada é de 0.5 hectare (250 m x 20 m), e para árvores com DAP maior ou igual a 1 cm é amostrada uma área de 0.1 hectare (250 m x 4 m). A medição e marcação de árvores nas parcelas permanentes do PPBIO seguiram o protocolo proposto por Castilho et al. (2014), e foram realizadas em pesquisas anteriores a este estudo.

Figura 2 - Representação esquemática da disposição e formato das parcelas na grade do PPBio na Estação Ecológica de Maracá, de acordo com a metodologia RAPELD.

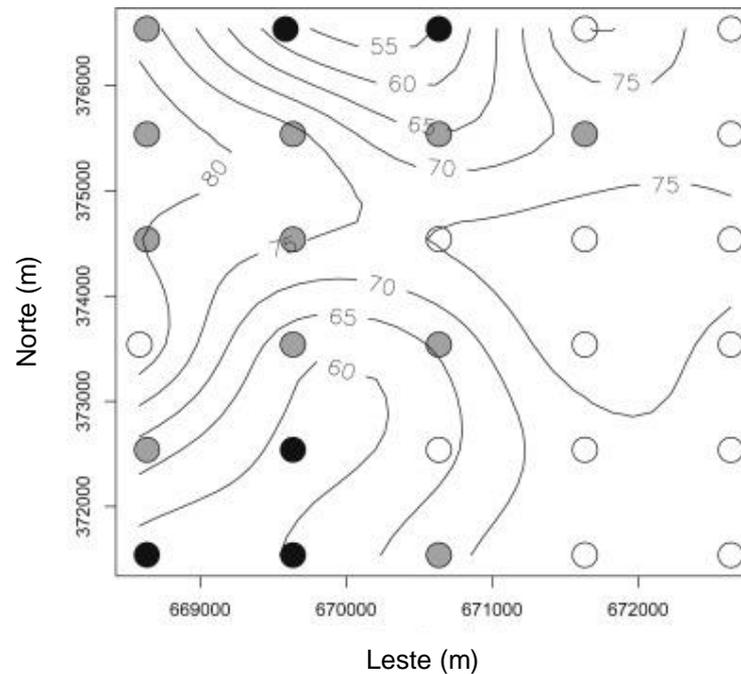


Fonte: <https://ppbio.inpa.gov.br/>

3.2.1 Seleção das parcelas

A seleção das parcelas utilizadas neste estudo foi baseada na consulta ao banco de dados dos inventários de espécies arbóreas realizados por Nascimento (2011) e Nascimento et al. (2017) nas parcelas do PPBio. Foram definidos dois critérios para seleção das parcelas: (i) presença de indivíduos de *P. gracilipes* e (ii) representação do gradiente topográfico presente na área de estudo e no qual a espécie selecionada ocorre. No mapeamento realizado por Nascimento et al. (2017), *P. gracilipes* ocorreu em um gradiente de altitude que variou de 54 a 81 m a.s.l. (metros acima do nível do mar). Desse modo, foram selecionadas para estudo todas as dezesseis parcelas (L1 2500, L1 3500, L1 4500, L2 1500, L2 2500, L2 3500, L2 4500, L3 3500, L3 4500, L4 2500, L4 3500, L5 3500, L5 4500, L6 2500, L6 3500 e L6 4500) em que Nascimento et al. (2017) registraram a ocorrência da espécie (Figura 3).

Figura 3 - Cotas altimétrica e ocorrência de *P. gracilipes* nas parcelas permanentes do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) na Ilha de Maracá (Amajari, RR).



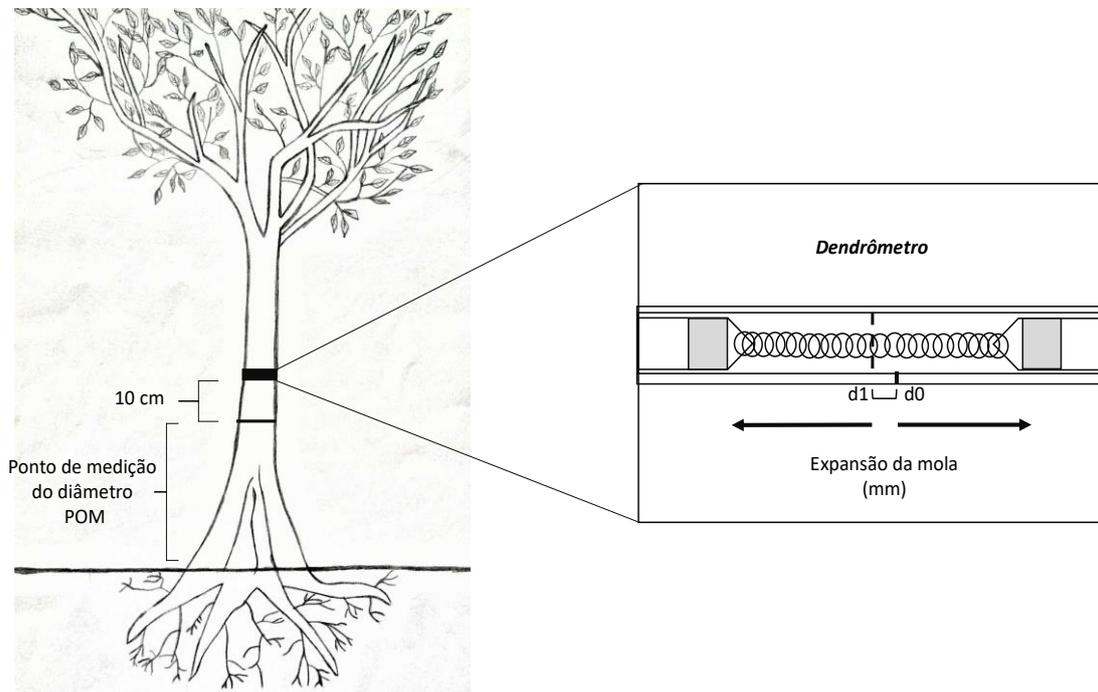
Fonte: Nascimento et al. (2017)

Legenda: Círculos pretos representam parcelas com área basal total de *Peltogyne* $\geq 50\%$ (Floresta rica em *Peltogyne*); círculos cinza representam parcelas com área basal total de *Peltogyne* $< 50\%$ (Floresta pobre em *Peltogyne*); e círculos brancos, parcelas nas quais não foram registradas a ocorrência de *Peltogyne*.

3.2.2 Seleção de indivíduos para instalação dos dendrômetros

Para seleção dos indivíduos para instalação dos dendrômetros, levou-se em consideração: a aptidão do indivíduo arbóreo a receber o equipamento (dendrômetro), como tronco cilíndrico sem irregularidades (ramos ou nós); proximidade às linhas de caminhamento; e, altura do ponto de medição (POM) acessível. Procurou-se atender o mínimo de 10 indivíduos por parcela, além da estratificação em classes de 10-29,9 e ≥ 30 cm de diâmetro. A confecção e instalação dos dendrômetros seguiram o protocolo descrito por Muller-Landau e Larjavaara (2009), em que são construídos dendrômetros a partir de bandas de plástico, com uso de mola de aço inoxidável (Figura 4).

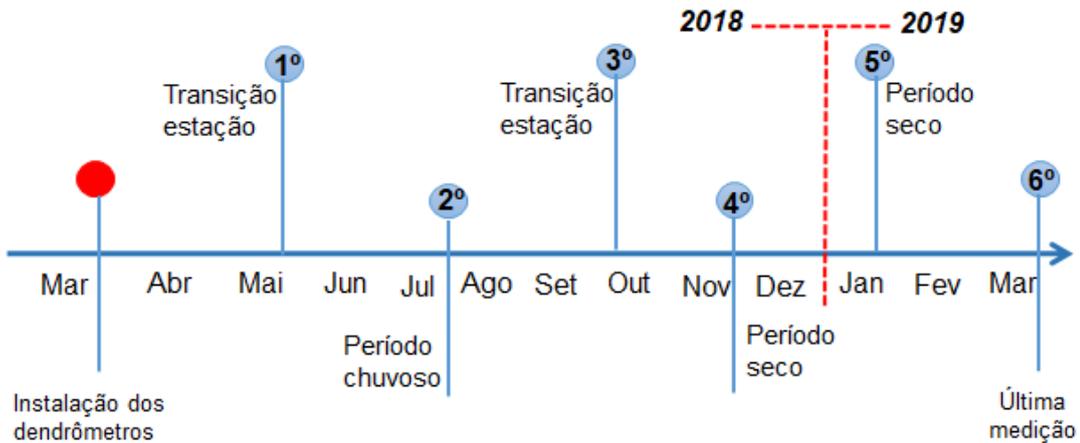
Figura 4 - Esquema da banda dendrométrica usada nos indivíduos de *P. gracilipes*, e representação da expansão da mola que estima o incremento diamétrico acumulado.



Legenda: d_0 - Marco zero de incremento, é representado por uma corte na banda; d_1 - expansão do caule, representa o incremento observado no período.

Na instalação das bandas, as superfícies dos troncos foram preparadas para garantir um ajuste perfeito do equipamento, com remoção de cipós, musgos, desprendimento de casca. As mensurações foram realizadas a cada dois meses, com instalação dos dendrômetros em março de 2018, primeira medição em maio de 2018, e finalização em março de 2019, totalizando 6 períodos avaliados (Figura 5). As avaliações do incremento diamétrico foram realizadas em 158 indivíduos. Os intervalos de monitoramento abrangeram as seguintes condições: 1- início das chuvas (Abril/Maio); 2 - pico chuvoso (Junho/Julho); 3 - fim chuvas (Agosto/Setembro) e período de estiagem (4 - Outubro/Novembro; 5 - Dezembro/Janeiro e 6 - Fevereiro/Março). As medidas de incremento foram obtidas utilizando um paquímetro digital de 150 mm, marca Mitutoyo (Absolute IP 67), com precisão de 0,01 mm. Todas as mensurações foram realizadas pela mesma pessoa, com intuito de evitar possível viés no uso do equipamento.

Figura 5 – Cronograma de monitoramento bimestral de *P. gracilipes* em área de ecótono no norte de Roraima.



3.3 CONDICIONANTES AMBIENTAIS: PRECIPITAÇÃO, SOLO E ALTITUDE

Dados de precipitação (chuva) foram obtidos através da Estação Meteorológica nº 14489000, localizada na ESEC Maracá e de responsabilidade da Agência Nacional das Águas - ANA. Esta estação de monitoramento dispõe de equipamentos que armazenam e transmitem as informações de precipitação e vazão do rio. Os dados são disponibilizados diretamente na Plataforma de Coleta de Dados – PCD, disponível em <http://gestorpcd.ana.gov.br/exportarDados.aspx>, com informações diárias coletadas a cada 15 minutos, incerteza de 3 % para intensidades de até 50 mm/hora, e incerteza de 5 % para intensidades acima de 50 mm/hora (BRASIL, 2019). Para cada intervalo de monitoramento, foi somada a precipitação diária acumulada.

Informações de altitude (VALE; ARAÚJO; CASTILHO, 2011) e textura e química do solo (PIMENTEL; BACCARO, 2011) foram obtidas no repositório de dados do PPBio (<https://ppbiodata.inpa.gov.br/metacatui/>). Para representar a dominância da espécie na parcela, considerou-se a classificação utilizada por Nascimento et al. (2017) que categorizou as parcelas quanto a presença/ausência, em florestas ricas em *Peltogyne* (FRP), quando mais de 50% da área basal da parcela era representada por *P. gracilipes* e florestas pobres em *Peltogyne* (FPP), quando a espécie representou menos de 50% da área basal da parcela. Para os dados da abundância da espécie, ou seja, o número total de indivíduos de DAP ≥ 10 cm de diâmetro presente em cada parcela, também foram usados os dados coletados por Nascimento (2011).

3.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ILUMINAÇÃO DA COPA

O índice de iluminação avalia a exposição da copa da árvore ao sol e foi determinada para cada indivíduo, em cada período monitorado, a partir da classificação usada pela Rede Amazônica de Inventários Florestais (RAINFOR). O índice varia de 1 a 5, observando as condições das árvores quando: 1- não recebe luz direta (vertical ou lateral); 2- recebe somente luz lateral; 3- recebe somente luz vertical; 4 – totalmente exposta a luz vertical, com bloqueio da luz lateral; e, 5 – exposta a luz vertical e lateral. A ilustração está disponível em http://www.rainfor.org/upload/ManualsPOR/CrownLianaProtocols_PT.pdf (Anexo A). Para representar a parcela, foi utilizado o índice de iluminação da copa mais frequente entre os indivíduos da parcela.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os valores de incrementos obtidos a partir da mensuração dos dendrômetros foram transformados em diâmetro, dividindo o acréscimo observado em cada indivíduo pelo valor de pi (π). O incremento periódico, referente ao acréscimo diamétrico em cada período avaliado, foi calculado subtraindo-se o incremento no período atual (n) do período anterior (n-1). A distribuição de normalidade foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Todas as análises foram realizadas no software estatístico R Core Team 3.5 (2018).

Foi empregado o Teste de Friedman para avaliar o incremento diamétrico dos indivíduos ao longo do tempo. Este teste é usado para dados ordenados, dependentes e não paramétricos. Posteriormente, foi realizado o Teste de *Post Hoc* de comparações de Wilcoxon, com ajuste de valor de p-value pela correção de Bonferroni. Teste de Wilcoxon, pacote Mass (VENABLES; RIPLEY, 2002), foram usadas para avaliar o incremento entre as classes diamétricas. O coeficiente de Spearman, pacote CAR (JOHN; SANFORD, 2011), avaliou a correlação entre o incremento periódico e a precipitação acumulada para cada intervalo monitorado.

Nas análises que levaram em consideração a média de incremento obtida em cada parcela, foi usado *teste t* para identificar a existência de diferença do crescimento de *P. gracilipes* nas parcelas FRP e FPP em cada período monitorado. Relacionou-se a abundância da espécie em cada parcela com o incremento observado.

Dados de características do solo com variáveis de textura (argila, silte e areia) e fertilidade (ph, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), fósforo (P), ferro (Fe),

zinco (Zn) e manganês (Mn)) do solo foram sumarizadas por meio de uma Análise de Componente Principal (PCA).

Através de modelos de efeito misto, pacote lmer (PINHEIRO et al., 2018), assumindo que cada medida é independente (WAGNER et al., 2014), avaliou-se os efeitos da altitude, solo (eixos do PCA), precipitação, índice de iluminação da copa, abundância da espécie na parcela e suas relações potenciais com a variação do incremento diamétrico intra-anual de *P. gracilipes*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados, a seguir, os resultados obtidos a partir do monitoramento bimestral dos dendrômetros em indivíduos de *P. gracilipes* e, na sequência, as discussões fazendo referência a estudos publicados voltados à temática abordada.

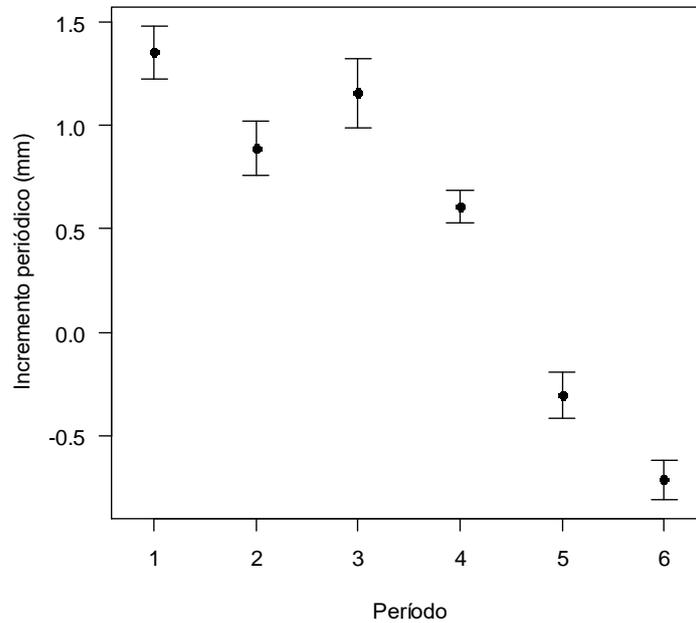
4.1 RESULTADOS

4.1.1 Incremento diamétrico dos indivíduos

O intervalo médio entre as avaliações foi de 65 dias, variando de 48 a 72 dias. De Abril/2018 a Março/2019 a média de incremento dos indivíduos apresentou variações, com um pico de 4.0 ± 0.36 mm de diâmetro no acumulado de Abril a Novembro, com posterior redução nos meses a que se referem à estação seca. A média de incremento para os 158 indivíduos foi de 2.99 ± 0.42 mm ano⁻¹. Ao final do monitoramento, 88% dos indivíduos tiveram crescimento em diâmetro, com média de 3.4 mm ano⁻¹, todavia, observou-se que alguns indivíduos chegaram a crescer mais que 10 mm de diâmetro. Os indivíduos não apresentaram crescimento (12%), ou seja, a expansão da mola retornou ao marco inicial. Houve, ainda, um aumento da dispersão em torno da média a medida da intensificação da estação seca.

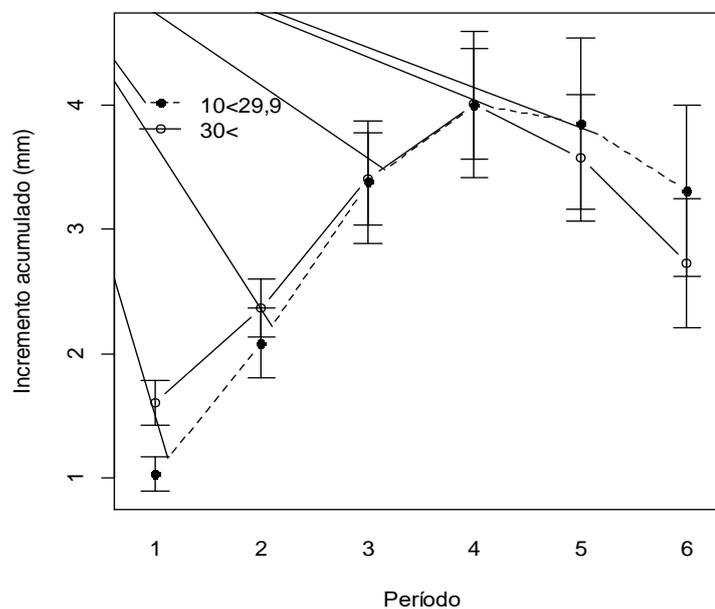
Foi observada variação intra-anual significativa no incremento diamétrico de *P. gracilipes* ($\chi^2=556.62$, gl= 5, $p < 0.0001$). O incremento periódico foi diferente entre quatro dos seis períodos monitorados ($p < 0.0001$). Não foi observada diferença significativa no incremento diamétrico ($p= 0.14$) entre os intervalos de Abril/Maio (1.35 ± 0.13 mm) e Agosto/Setembro (1.15 ± 0.17 mm). Estes períodos representam o final da estação seca/início da chuvosa, e final da estação chuvosa/início da seca, respectivamente (Figura 6). O decréscimo no incremento ocorreu a partir do início da estação seca (período 4, 5 e 6) chegando a uma redução média de -0.71 ± 0.09 mm em ~81% dos indivíduos na última medição (março), que corresponde ao final da estação seca.

Figura 6 - Variação intra-anual na média de incremento periódico em diâmetro de *P. gracilipes* em áreas ecotonais no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança. Os períodos correspondem a um intervalo bimestral iniciando em abril de 2018 e finalizando em março de 2019.



Legenda: Período 1 - abril/maio; 2- junho/julho; 3 - agosto/setembro; 4 – outubro/novembro; 5 – dezembro/janeiro; e 6 – fevereiro/março.

Figura 7 - Incremento acumulado por classe diamétrica ao longo do período monitorado de *P. gracilipes* em áreas ecotonais no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança.



Legenda: A linha contínua representa indivíduos com diâmetro maior ou igual a 30 cm e a linha tracejada, indivíduos com diâmetro maior ou igual a 10 cm e menor do que 30 cm.

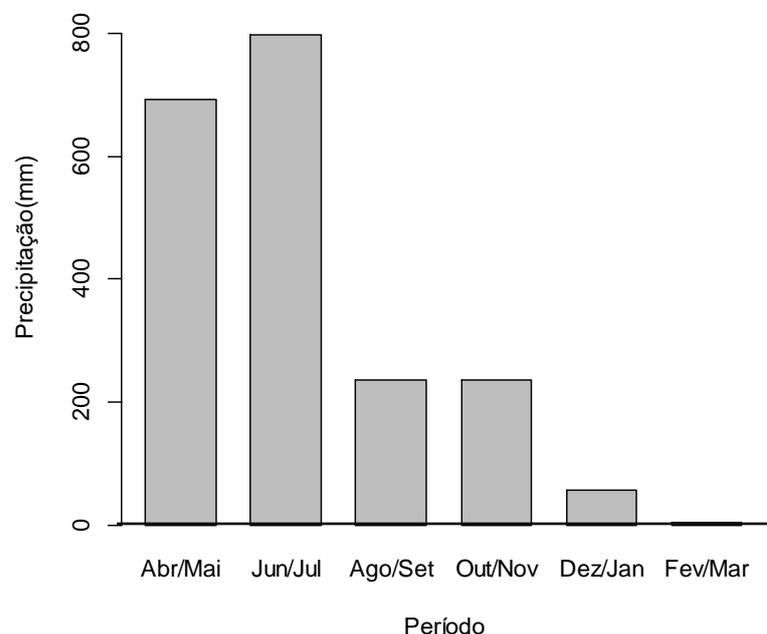
Não houve diferença no crescimento entre as classes de diâmetro analisadas ($t= 17, p = 0.94$). Indivíduos pertencentes a classe diamétrica de $10 < 29.9$ cm cresceram, em média, 3.31 mm, similar aos indivíduos pertencentes a classe maior que 30 cm de diâmetro, com média de 2.73 mm acumulado. Não houve mudança de classe diamétrica dentro dos indivíduos ao longo do tempo (Figura 7).

4.1.2 Correlação com a precipitação

A precipitação anual acumulada no período de abril de 2018 a março de 2019 foi de 2022,34 mm. O pico do período chuvoso (maio – julho), concentrou, aproximadamente, 60% da precipitação no ano (Apêndice B). Destacou-se, entretanto, um pico anormal de precipitação em outubro, início da estação seca, acumulando aproximadamente 200 mm no mês. Em três meses a precipitação variou de 100 mm a 60 mm (agosto, setembro, novembro), e em outros quatro meses a precipitação foi inferior a 60 mm (dezembro, janeiro, fevereiro e março).

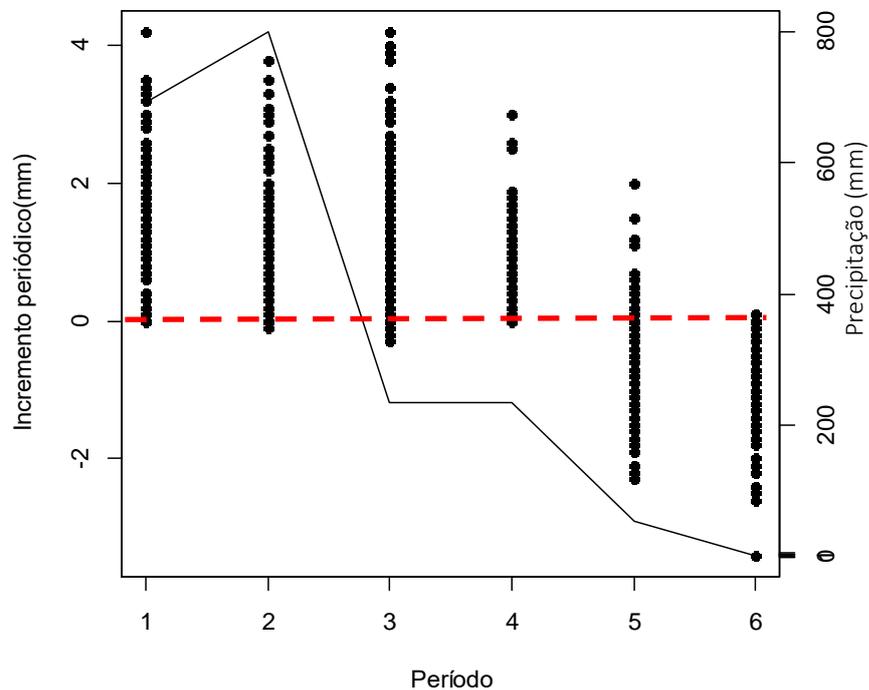
A precipitação acumulada referente a cada intervalo de monitoramento representou as características sazonais climáticas com aumento e redução de chuvas na região (Figura 8). Observa-se que o acumulado do período 1 foi representado pela precipitação ocorrida no mês de maio, o que elevou os valores da precipitação acumulada nesse bimestre, assim como o ocorrido no bimestre do período 4, que foi elevado pelo pico ocorrido no mês de outubro.

Figura 8 - Precipitação acumulada em cada período de monitoramento do incremento de *P. gracilipes* em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima.



O incremento diamétrico de *P. gracilipes* acompanhou as variações de chuva (Figura 9), exibindo uma relação não linear. A correlação entre estas variáveis, por meio do coeficiente de correlação de postos de Spearman foi de 68% ($\rho = 0.6848$, $p < 0.0001$). O final da estação seca/início da chuvosa e o fim da estação chuvosa/início da seca coincidiram com os maiores incrementos observados (Apêndice C). Tanto o excesso como a escassez de chuva causaram reduções no incremento de *P. gracilipes*. No entanto as reduções do diâmetro parecem estar relacionadas aos meses nos quais a precipitação foi inferior a 100 mm e que períodos prolongados de seca (chuva < 100 mm) afetaram todos os indivíduos.

Figura 9 - Precipitação acumulada em cada período de monitoramento e incremento periódico de indivíduos de *P. gracilipes* em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima.



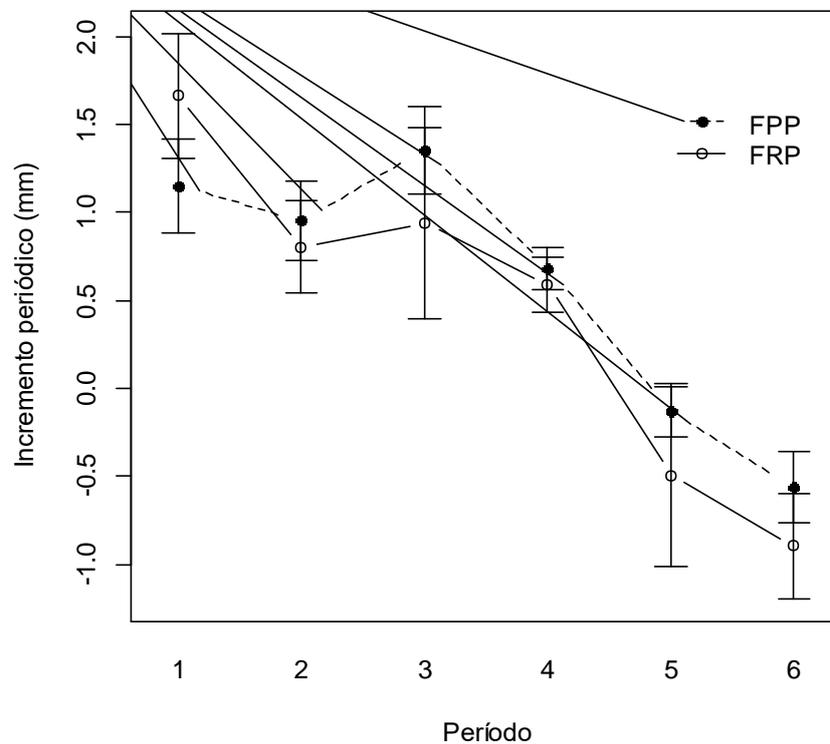
Legenda: Pontos representam os 158 indivíduos de *P. gracilipes*; Linha contínua preta representa a precipitação acumulada ao longo do monitoramento. Linha vermelha tracejada: delimita o incremento periódico positivo do negativo.

4.1.3 Dominância de *P. gracilipes*

O incremento médio diferiu entre áreas com baixa e alta dominância de *P. gracilipes* somente no primeiro intervalo de monitoramento ($t = -2.29$, $df = 8.76$, $p = 0.048$). Áreas de

floresta rica em *Peltogyne* FRP (1.66 mm) apresentaram maior incremento do que áreas pobres em *Peltogyne* (1.15 mm). Florestas ricas em *Peltogyne* estão localizadas em áreas de baixa altitude que poderiam favorecer o crescimento pela maior disponibilidade de água do solo e/ou lençol freático na transição da estação seca para a chuvosa. Não foi observada diferença no incremento médio dos grupos nos períodos subsequentes (Figura 10). Indivíduos em parcelas pobres em *Peltogyne* apresentaram crescimento acumulado maior do que indivíduos que crescem em parcelas ricas, no entanto a diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,226$).

Figura 10 - Média de incremento diamétrico de *P. gracilipes* de acordo com a dominância nas parcelas permanentes observadas em uma área de floresta ecotonal no norte de Roraima, com seus respectivos intervalos de confiança.



Legenda: FPP – Floresta pobre em *Peltogyne* (área basal total <50%); FRP - Floresta Rica em *Peltogyne* (área basal total $\geq 50\%$).

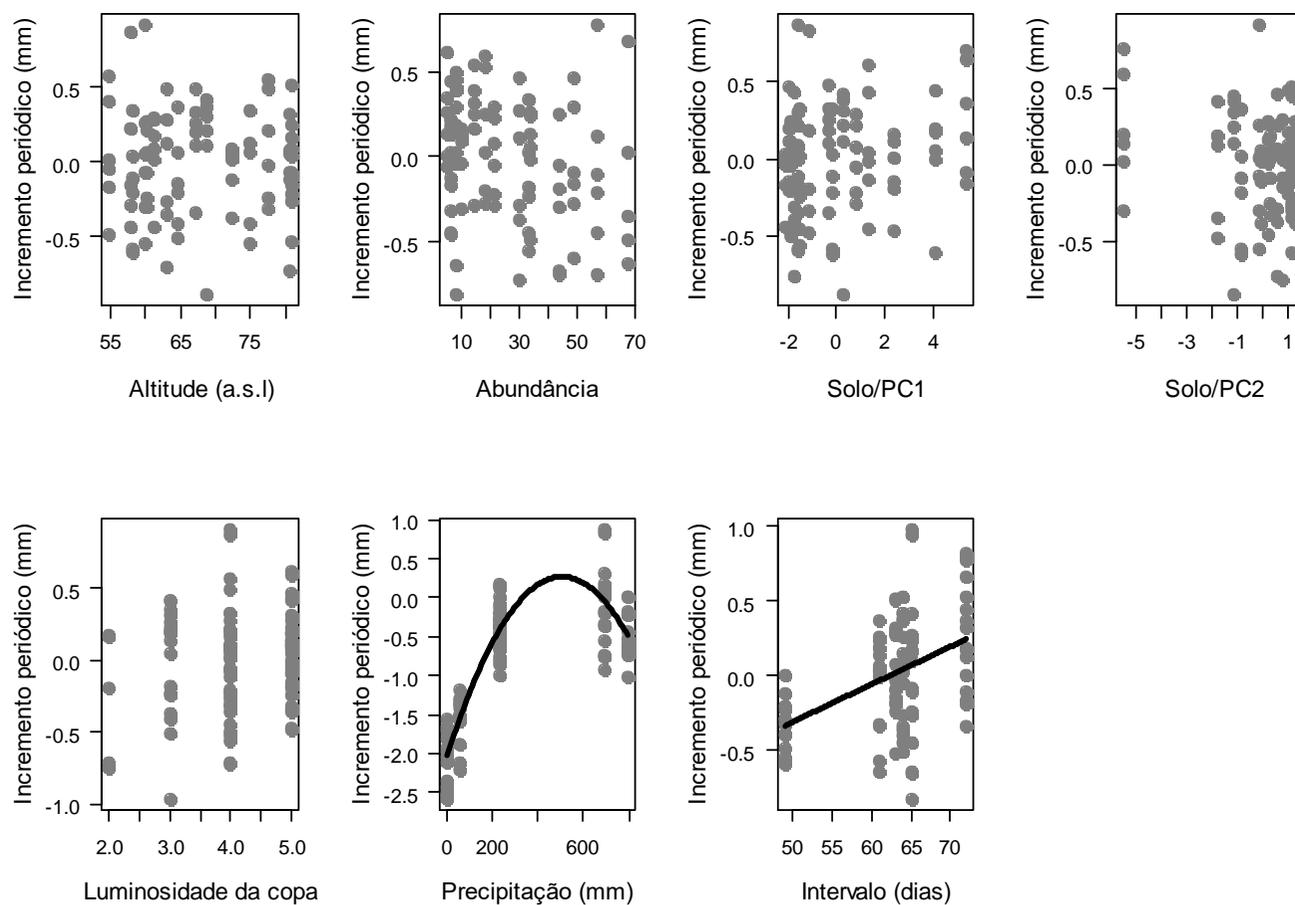
4.1.4 Condicionantes Ambientais e incremento em diâmetro de *P. gracilipes*

Os dois primeiros eixos resultantes da Análise de Componente Principal capturaram 66% da variação dos dados do solo, e foram utilizados como variáveis preditoras nas análises das relações de incremento. O primeiro eixo (PC1) representou 41% de variação, e teve maior relação com os elementos manganês (0.417), cálcio (0.375), magnésio (0.339), zinco (0.333), potássio (-0.317), alumínio (0.303). O segundo componente (PC2) capturou 25% da variação e foi relacionado com as proporções de areia (0.489), silte (-0.480), argila (-0.409), pH (0.372) e alumínio (-0.317). A variação existente nas características do solo ao longo do gradiente topográfico chama a atenção, mesmo nas parcelas na qual ocorrem o *P. gracilipes*, com valores altos de amplitude de variação: Ca (7.5-116 mg/kg), Mg (7-53.5 mg/kg), K (7.2-47.5 mg/kg), Fe (48-182 mg/kg), Mn (3-228 mg/kg), areia (47 a 87%) e silte (6 a 36%) (Anexo B).

A avaliação do efeito dos condicionantes ambientais sob a variável resposta leva em consideração a variância entre as parcelas dentro de cada período monitorado. O modelo com os preditores altitude, abundância de *P. gracilipes*, características do solo (PC1, PC2), índice de iluminação da copa e precipitação explicaram 78% das variações do incremento em diâmetro de *P. gracilipes*. O gradiente de altitude não apresentou influência sobre as variações intra- anuais do incremento diamétrico, assim como a abundância, condição de luminosidade da copa, e as características do solo. A precipitação foi a única condicionante ambiental que explicou significativamente a variação no incremento em diâmetro ($p < 0,000$) ao longo do período de monitoramento (Figura 11).

Ao incluir no modelo o número de dias em cada intervalo de medição como variável, com a finalidade de avaliar efeito do tamanho de cada intervalo no incremento, observa-se que é adicionado ao fator chuva a significância do tamanho do período ($p = 0,000$), com correlação do modelo aumentando para 83%. Tais resultados indicam que o aumento no intervalo afetou o incremento.

Figura 11 - Gráficos gerados a partir do Modelo de efeito misto ao avaliar o efeito das condicionantes ambientais na variação intra-anual do incremento em diâmetro de *P. gracilipes* em áreas de ecótono no norte de Roraima



4.2 DISCUSSÃO

Indivíduos da espécie *P. gracilipes* situados em florestas do ecótono norte de Roraima apresentaram incremento anual elevado em relação à média registrada em estudos que avaliaram o acúmulo diamétrico em outras regiões da Amazônia brasileira usando dendrômetros. Trabalhando com bandas de metal em uma área experimental na Amazônia Central, Silva et al. (2002) determinaram um aumento anual de 1.64 mm. Ao ampliar o intervalo em 6 anos de monitoramento, nesta mesma localidade, Higuchi et al. (2011) obtiveram valores médios de incremento anual de 1.5 mm. Nestes estudos, o acúmulo lenhoso variou entre espécies, com destaque para grupos que apresentaram incrementos anuais chegando a 5.28 a 11.41 mm por ano (e.g. *Buchenavia parvifolia* Ducke (Tanimbuca), *Dipteryx odorata* Aubl (Cumaru), *Dinizia excelsa* Ducke (Angelim pedra)), bem acima da média amazônica.

Em estudos preliminares realizados em Roraima por Castilho et al. (2015), ao avaliarem o crescimento de indivíduos em áreas com sazonalidade climática, foram observados valores de incremento médio anual não superior a 2.3 mm. Os valores médios dos estudos citados são substancialmente baixos em relação ao incremento de *P. gracilipes*, em que o acúmulo de carbono foi favorecido no ambiente ecotonal. O crescimento maior de indivíduos em ambientes sazonais já havia sido observado por Vieira et al. (2005) em comparação a outros tipos de florestas com chuvas melhor distribuídas. Utilizando-se de dados e um espaço temporal de 20 anos, Carvalho (2014) encontrou valores médios de crescimento de *P. gracilipes* de 7 mm.ano⁻¹, porém ressaltou o efeito negativo da seca sobre a produtividade e o acúmulo de biomassa nas florestas em Maracá.

O percentual dos indivíduos com acréscimos diamétrico positivo nesse curto intervalo é notório para florestas tropicais principalmente em área com restrições hidro-edáficas, e demonstram a adaptação da espécie a esse ambiente que regulam a paisagem local, como salientado por Malanson (1997). Esquivel-Muelbert et al. (2017) apresentam *Peltogyne* como um gênero afiliado as condições secas (affiliation to dry conditions), o que requer que as espécies do gênero apresentem características fisiológicas específicas para persistir em áreas mais secas, como por exemplo, a capacidade de manter pressão de turgor (distensão da parede celular) mantendo os tecidos vivos sob potências hídricas negativos.

O crescimento de *P. gracilipes* ainda chama a atenção pela espécie possuir densidade da madeira relativamente alta (0.90 g.cm⁻³), segundo dados preliminares de Farias

(comunicação verbal¹). A média para o gênero *Peltogyne* fica em torno de 0.79 g.cm^{-3} , variando de 0.67 a 0.95 g.cm^{-3} , a depender da espécie (CHAVE et al., 2009). Esta característica, teoricamente, levaria a um crescimento mais lento do caule, no entanto, garantiria segurança hídrica em períodos de secas. Na Amazônia Central, Melgaço (2014) observou que indivíduos arbóreos com alta densidade da madeira mantiveram uma baixa variabilidade de crescimento intra-anual em circunferência. No caso de *P. gracilipes*, mesmo com alta densidade da madeira, as taxas anuais de crescimento são elevadas. Esta característica adaptativa é explicada Zanne et al. (2009), em que as fibras e vasos de paredes espessas encontrados em madeira de alta densidade protegem os vasos da implosão quando a escassez de água cria potenciais de xilema fortemente negativos, permitindo que estas espécies de plantas, em climas secos sazonais, continuem crescendo, enquanto espécies de menor densidade da madeira são forçadas a fechar seus sistemas de transporte de água e reduzir a fotossíntese (ZANNE et al., 2009).

4.2.1 Variação intra-anual condicionada pela precipitação

Evento climático ENOS marcaram o ano de monitoramento em Maracá, segundo dados do site Climate Prediction Center (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). No entanto, o período chuvoso esteve na condição normal climática sem interferência do fenômeno La Nina, e obteve máximas em torno de 60 % da precipitação anual, o que foi superior ao avaliado por Barbosa (1997) para o tipo climático Am, onde as máximas chegaram a 40% da precipitação total no ano. A estação seca foi intensificada pelo fenômeno El Nino, responsável pela redução da precipitação mensal neste período.

Estudos que avaliaram o regime de precipitação da região, demonstraram que eventos de seca estão se tornando mais longos e intensos com efeitos negativos no crescimento interanual em diâmetro de *P. gracilipes* (CARVALHO, 2014). Na avaliação intra-anual, a água no final da estação seca/início da estação chuvosa desencadeou o crescimento de indivíduos arbóreos, corroborando com estudos realizados por Melgaço (2014) na Amazônia Central. Porém o acúmulo de chuvas na estação úmida inibiu o crescimento, com posterior tendência na redução do incremento nos meses de seca. A redução do incremento nos períodos de seca também foi observada em áreas sazonalmente alagadas em Roraima (CASTILHO et al., 2015). De acordo com Ourique et al. (2014), as plantas redirecionaram suas atividades (e.g., produção

¹ Hugo Leonardo S. Farias – Doutorando do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, com a tese intitulada “Densidade da madeira sob condicionantes ambientais em florestas de ecótono da estação ecológica de Maracá – RR”.

de serapilheira) em meses com baixa precipitação (inferior a 200 mm) ao invés de acúmulo de carbono em diâmetro. As reduções no incremento sob estresse hídrico geralmente indicam que as árvores ficam mais sujeitas ao ataque de agentes bióticos (BENNETT et al., 2015), assim como, o rápido crescimento pode expor mais cedo a espécie a risco (BRIENEN et al., 2015), o que é diferenciado em *P. gracilipes*.

As respostas fisiológicas interespecíficas são importantes nesse contexto, em que o crescimento também é dependente da característica de cada espécie, e como respondem à variação da precipitação ao longo do ano, como o observado em estudos realizados por Silva et al. (2009), em que cada espécie estudada apresentou correlação diferente com a precipitação. Percebe-se, que os padrões de crescimento de *P. gracilipes* também são controlados pela precipitação (WAGNER et al., 2016), em que as reduções ou os acréscimos diamétrico podem estar ligadas tanto à reidratação do caule como ao crescimento radial (DESLAURIERS et al., 2011).

4.2.2 Monodominância de *P. gracilipes* sobre o incremento diamétrico

O maior incremento em parcelas caracterizadas pela monodominância de *Peltogyne* no início da estação chuvosa, poder ser proporcionada pela disponibilidade da água no solo, devido a distribuição espacial da espécie estar concentrada em ambientes de baixa altitude, que pode ser favorecida pela proximidade ao lençol freático neste período. À medida que foi se intensificando a estação seca houve uma limitação do crescimento nestas parcelas o que pode ser indicativo de competição entre os indivíduos. A partir do momento que a competição passa a limitar o crescimento, as espécies podem investir mais na sobrevivência e na reprodução do que no próprio crescimento (CARVALHO, 2014). No entanto, embora as variações intra-anuais observadas em *P. gracilipes* em Maracá não tenham sido afetadas pela dominância nas parcelas, não há dúvidas da necessidade de um maior espaço temporal de análises, pois a espécie possui uma boa capacidade competitiva quando há limitação nutricional (NASCIMENTO; VILLELLA, 2010), indicando a capacidade de expansão na zona de ecótono estudada.

4.2.3 Propulsor ambiental das variações do incremento de *P. gracilipes*

As condicionantes ambientais analisadas representaram expressivamente as variações no incremento de *P. gracilipes*. De fato, a precipitação é uma variável importante e agiu como fator principal regulando o incremento em diâmetro da espécie. Apesar da altitude e dos fatores

edáficos (e.g., magnésio - Mg, alumínio - Al, ferro - Fe, fósforo - P, silte), estarem relacionados com a abundância da espécie (NASCIMENTO et al., 2017) estas variáveis não explicaram as variações intra-anuais no incremento diamétrico de indivíduos de *P. gracilipes*. Assim sendo, o solo e a altitude podem explicar o estabelecimento e manutenção da monodominância (ELIAS et al., 2018), mas em um curto intervalo de tempo não explicam as variações no acúmulo de carbono nos indivíduos da espécie. Observa-se que em estudos realizados na Amazônia central (OURIQUE et al., 2014; SILVA et al., 2003) poucas foram as influências de gradientes topográficos no incremento diamétrico de indivíduos arbóreos. O gradiente topográfico seria o controlador da disponibilidade de água do solo.

O modelo de efeito misto sugerido por Wagner et al. (2014) incluiu variáveis como precipitação, radiação solar, temperatura e teor relativo de água do solo, e representaram mais de 50% das variações de crescimento das árvores em florestas tropicais, tendo como fatores principais a precipitação e a radiação solar no crescimento das árvores. Estas variáveis climáticas também foram citadas em estudos realizados por Rifai et al. (2018) para florestas sazonais como determinantes no crescimento das árvores, e, que as mudanças são consideradas maiores em condições de maior luminosidade (SHEIL et al., 2017). Com a intensificação de períodos secos e conseqüente aumento de temperaturas, o crescimento de indivíduos arbóreos pode ser dificultado por não estarem adaptados às novas condições (WAY; OREN, 2010). Algumas plantas desenvolvem estratégias de sobrevivência nesses períodos, como a absorção foliar estudada por Binks et al. (2019), que desempenhou um papel significativo na tolerância à seca de árvores individuais da Amazônia e outras com a perda de folhas para reduzir a transpiração (WOLFE; SPERRY; KURSAR, 2016). No entanto, cada espécie responde de forma diferente aos fatores ambientais, e não se sabe se o fato de *P. gracilipes* ser caducifolia também pode favorecer seu crescimento neste ambiente.

O espaço temporal dos intervalos ao longo do ano dificulta as conclusões e comparações com estudos que envolvem tais estimativas (LEWIS et al., 2004). O efeito do tamanho do intervalo de monitoramento no incremento diamétrico, por exemplo, pode ter várias implicações: indicar que alguma variável no tempo, não observada, pode também estar influenciando o incremento da espécie; assim como, pode estar ocorrendo interação entre fatores ambientais. Em virtude disso, é importante manter o intervalo constante e, assim poder comparar adequadamente os períodos ao longo do tempo.

Cabe destacar, que o uso de apenas um período anual ou supra-anuais de medição para avaliar o crescimento, como feito pela maioria dos estudos, não permite distinguir tendências gerais dos impactos de eventos climáticos (SHEIL et al., 2017). Sendo assim, mesmo com uma

pequena variação no intervalo afetando o incremento diamétrico, nossos resultados fornecem informações de quais mecanismos intra-anuais estariam mais relacionados ao acúmulo de carbono em áreas ecotonais, avaliando o potencial no armazenamento do carbono em uma escala regional (BARNI et al., 2016). De certo as avaliações devem ser observadas por mais tempo, como forma de diminuir as incertezas que estão associadas. O uso dos dendrômetros mostrou-se eficaz na avaliação intra-anual de *P. gracilipes*, como representação do comportamento padrão da espécie a fatores externos e do crescimento lenhoso, com um melhor refinamento na mensuração em relação ao método tradicional de determinação de taxas de crescimento.

5 CONCLUSÕES

O rápido crescimento em diâmetro de *P. gracilipes* aliado ao seu desenvolvimento em locais que apresentam restrições hidro-edáficas demonstram a capacidade da espécie de dominar com persistência o estrato arbóreo nas florestas de ecótono no norte de Roraima. Neste estudo, o crescimento esteve relacionado aos meses de transição de estações, principalmente, no início das chuvas. A priori, as variações no incremento em diâmetro não apresentaram relações com a dominância da espécie. As variações intra-anuais acompanharam a precipitação, e resultam em reduções no incremento dos indivíduos à medida que a precipitação diminui, cessando o crescimento nos meses de estação seca (precipitação < 100 mm) em todos os indivíduos observados. A precipitação foi o principal propulsor das variações intra-anuais no incremento diamétrico de *P. gracilipes*, e parece ser o fator que determina o rápido crescimento da espécie. A distribuição das chuvas ao longo do ano pode garantir respostas distintas dos indivíduos ao estoque de carbono da floresta, independente das condições do solo e altitude. As análises intra-anuais nos fornecem dados mais detalhados para fazer previsões da dinâmica da floresta. O espaço temporal das análises deve ser ampliado interanualmente, como forma de avaliar o real comportamento dos indivíduos arbóreos reduzindo as incertezas causadas pelo fator tempo.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R.I. FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G (Eds.). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997, p. 325-335.
- BARBOSA, R.I. et al. The “Lavrados” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil’s Amazonian Savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, [S.l.], v. 1, n.1, p. 29-41, abr. 2007.
- BARNI, P. E. et al. Spatial distribution of forest biomass in Brazil’s state of Roraima, northern Amazonia. **Forest ecology and management**, Amsterdam, v. 377, p. 170-181, 2016.
- BENNETT, A.C. et al. Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. **Nature Plants**, [S.l.], v. 1, n. 15139, 5 p., out. 2015.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas - ANA. Sistemas de informações hidrológicas. **Series históricas**. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao>>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- BINKS, O. et al. Foliar water uptake in Amazonian trees: Evidence and consequences. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 25, n. 8, abr. 2019.
- BRIENEN, R.J. W. et al. Long-term decline of the Amazon carbon sink. **Nature**, [S.l.], v. 519, p 344-348, mar, 2015.
- CARVALHO, L.C.S. et al. Amazon soil charcoal: Pyrogenic carbon stock depends of ignition source distance and forest type in Roraima, Brazil. **Global Change Biology**, [S.l.], v 24, n. 9, p. 4122-4130, apr. 2018.
- CARVALHO, L.C.S. **Ecologia e estrutura filogenética de uma floresta monodominante na Amazônia**. 2014, 188p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Departamento de Biociência e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2014.
- CASTILHO, C. et al. **Manual para Medição e Marcação de Árvores em grades e módulos RAPELD do PPBio**. 2014. Disponível em: < https://ppbio.inpa.gov.br/.../Protocolo_estrutura_vegetacao_>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- CASTILHO, C. V. et al. Monitoramento do crescimento de árvores em parcelas permanentes (Sítio PPBIO - Parque Nacional do Viruá, RR): resultados preliminares 2013-2015. In: SIMPÓSIO CENBAM E PPBIO AMAZÔNIA OCIDENTAL, n. 3, 2015, Manaus. **Resumo...**Manaus: UFAM, 2015, p. 93.
- CASTILHO, C. V. et al. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: effects of soil and topography. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, n. 1, p. 85-96, jun. 2006.
- CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology letters**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

- CHAVE, J. A. et al. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Ecosystem ecology**, [S.l.], v. 145, p. 87-99, jun. 2005.
- CLARK, D. B.; CLARK, D. A.; OBERBAUER, S. F. Annual wood production in a tropical rain forest in NE Costa Rica linked to climatic variation but not to increasing CO₂. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 16, p. 747-759, 2010.
- CONNELL, J.; LOWMAN, M. Low-density tropical rain forests: some possible mechanism for their existence. **The American Naturalist**, Chicago, v. 134, n. 1, p. 88- 119, jul. 1989.
- DESLAURIERS, A. et al. A three-step procedure in SAS to analyze the time series from automatic Dendrometers. **Dendrochronologia**, [S.l.], v 29, p. 151–161, 2011.
- ELIAS, F. et al. Idiosyncratic soil-tree species associations and their relationships with drought in a monodominant Amazon forest. **Acta Oecologica**, [S.l.], v. 91, p. 127-136, 2018.
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Comunicações Técnicas Florestais**, UNB: Brasília, v.7, n. 1, dez. 2005.
- ESQUIVEL-MUELBERT, A. et al. Compositional response of Amazon forests to climate change. **Global Change Biology**, p 39-56, jan. 2019.
- ESQUIVEL-MUELBERT, A. et al. Seasonal drought limits tree species across the Neotropics. **Ecography**, [S.l.], v. 40, n. 5, p. 618-629, 2017.
- HERRMANN, V. et al. Tree circumference dynamics in four forests characterized using automated dendrometer bands. **Plos one**, San Francisco, v. 11, 20 p., n. 12, dec. 2016.
- HIGUCHI, N. et al. A Floresta Amazônica e a água da chuva. **Floresta**, Curitiba, v.41, n. 3, p. 427-434, jul./set. 2011.
- JOHN, F.; SANFORD, W. An {R} Companion to Applied Regression. Version 2011.[S.l.]. Disponível em: <<http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- JOSEPH, S. et al. Rainfall and elevation influence the local-scale distribution of tree community in the Southern Region of Western Ghats Biodiversity Hotspot (India). **International Journal of Forestry Research**, [S.l.], v. 2012, 10 p., fev. 2012.
- LEWIS, S. L. et al. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 92, n. 6, p. 929-944, 2004.
- LIMA, H.C. de, CORDULA, E. Peltogyne in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB78750>>. Acesso em: 17 set. 2019.
- MAGNUSSON, W. E. et al. RAPELD: a modification of the gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 19-24, 2005.

MALANSON, G. P. Effects of feedbacks and seed rain on ecotone patterns. **Landscape Ecology**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. 27-38, 1997.

MALHI, Y. et al. The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. **Amazonia and Global Change**, [S.l.], v. 186, p. 355-372, mar. 2009.

MCGREGOR, D.F.M.; EDEN, M.J. Geomorphology and land development in the maraca area of northern Roraima, Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v.21, p. 391-407, 1991.

MELGAÇO, K.L.L. **Topografia e densidade da madeira modulam o crescimento sazonal na Amazônia Central**. 2014, 50 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2014.

MILLIKEN, W; RATTER, J.A. The vegetation of the Ilha de Maracá. In: _____. (Eds.). **The Biodiversity & Environment of an Amazonian Rainforest**. Inglaterra: John Wiley & Sons Ltda, 1998, p. 71–112.

MULLER-LANDAU, H. C; LARJAVAARA, M. Plastic Band Dendrometer Protocol. **CTFS**, 2009. Disponível em: <www.ctfs.si.edu/data/documents/Plastic_Band_Dendrometer.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2017.

NASCIMENTO, M. T. et al. Is the *Peltogyne gracilipes* monodominant forest characterised by distinct soils? **Acta Oecologica**, [S.l.], v. 85, p. 104-107, oct. 2017.

NASCIMENTO, M.T. et al. Above-ground biomass changes over an 11-year period in an Amazon monodominant forest and two other lowland forests. **Plant Ecology**, [S.l.], v. 192, n. 2, p. 181-191, jun. 2007.

NASCIMENTO, M.T.; VILLELA, D. M. As florestas de Roraima e o paradigma da monodominância de *Peltogyne*. In: BARBOSA, R. I; MELO, V. F. (org.). **Roraima: Homem, Ambiente e Ecologia**. Roraima: FEMACT, 2010, p. 283-300.

NASCIMENTO, M.T. Distribuição espacial de seis espécies arbóreas (*Peltogyne gracilipes*, *Pradosia surinamensis*, *Ecclinusa guianense*, *Licania kunthiana*, *Astrocaryum aculeatum* e *Attalea maripa*) na Grade da ESEC Maracá em Roraima e sua relação com fatores edáficos e ecofisiológicos. In: PPBIO. **Repositório de dados e levantamentos biológicos**. Manaus: PPBIO, 2011. Disponível em< <https://ppbiodata.inpa.gov.br/metacatui/#view/menger.216.3>> Acesso em: 23 maio 2018.

NASCIMENTO, M.T.; PROCTOR J. Soil and Plant Changes Across a Monodominant Rain Forest Boundary on Maraca Island, Roraima, Brazil. **Global Ecology and Biogeography Letters**, [S.l.] v. 6, n. 5, p. 387-395, sep. 1997.

OURIQUE. L.K. et al. Relação entre produção de serapilheira e incremento em diâmetro de uma floresta madura na Amazônia Central. In: LIMA, A.J. N. et al. (org.). **Dinâmica do carbono das florestas da Amazônia: Resultados do Projeto CADAFA**. Manaus: INPA, 2014, p. 49-54.

PACHECO, M. R. P. S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. **Estudos avançados**, São Paulo, v.4, n.9, p 204-220, may/aug. 1990.

PERDIZ, R. **Composição de mapas em R com a função layout**. 2017. Disponível em: <<http://labotam.blogspot.com.br/.html>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PIMENTEL, T. P.; BACCARO, F. B. Coletas e análises físicas-químicas do solo de 30 parcelas permanentes instaladas na Estação Ecológica Maracá - RR. In: PPBIO. **Repositório de dados e levantamentos biológicos**. Manaus: PPBIO, 2011. Disponível em: <<https://ppbiodata.inpa.gov.br/metacatui/#view/menger.187.1>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

PINHEIRO, J. et al. Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Version 3.1-137. Áustria: R Core Team, 2018. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

PHILLIPS, O. L. et al. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. **Science**, [S. l.], v. 323, n. 5919, p. 1344-1347, mar. 2009.

PPBIO. PROGRAMA DE PESQUISA EM BIODIVERSIDADE - PPBio. **Manuais e protocolos de amostragem**. Manaus. 2012. Disponível em: <<http://ppbio.inpa.gov.br/public>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. Version 2018. Áustria: R Core Team, 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

RIFAI S. W. et al. ENSO Drives interannual variation of forest woody growth across the tropics. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S.l.], v. 373, n. 1760, p. 20170410, oct. 2018.

ROBINSON, D.N.; NORTCLIFF, S. Os solos da Reserva ecológica de Maracá, Roraima: segunda aproximação. **Acta Amazonica**, Manaus, v.21, p. 409-424, 1991.

SANTOS, C.P.F. et al. Mapeamento dos remanescentes e ocupação antrópica no Bioma Amazônia. **INPE**, 2007. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

SANTOS, F.R.C.; LUIZÃO, F.J.; CARNEIRO-FILHO, A. The influence of the conservation status and changes in the rainfall regime on forest-savanna mosaic dynamics in Northern Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, Manaus, v.44, n. 2, p. 197-206, jun. 2014.

SANTOS, N.M.C.; VALE JÚNIOR, J.F.; BARBOSA. Florística e estrutura arbórea de ilhas de mata em áreas de savana do norte da Amazônia brasileira. In: Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, **Ciências Naturais**, Belém, v. 8, n. 2, p. 205-221, maio/ago. 2013.

SHEIL, D. Growth assessment in tropical trees: large daily diameter fluctuations and their concealment by dendrometer bands. **Canadian Journal of Forest Research**, Canadá, v. 33, n. 10, p. 2027-2035, 2003.

SHEIL, D. et al. Does biomass growth increase in the largest trees? Flaws, fallacies and alternative analyses. **Functional Ecology**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 568-581, 2017.

- SILVA, R. P. et al. *Árvore: crescimento, desenvolvimento e identificação*. In: HIGUCHI, M.I.G.; HIGUCHI, N. (Ed.). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões**. 2. ed. Manaus: Ver Ampla, 2012. p. 71-99.
- SILVA, R. P. et al. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da Bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n.1, p. 67-84, 2003.
- SILVA, R. P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 166, p. 295-301, jul. 2002.
- SILVA, M. F. Revisão taxonômica de gênero *Peltogyne* Vog. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, n. 1, p. 5–61, 1976.
- TURCIOS, M.M. et al. Soil charcoal as long-term pyrogenic carbon storage in Amazonian seasonal forests. **Global Change Biology**, [S.l.], v. 22, p. 190-197, 2016.
- VALE, J. D.; ARAUJO, R. N. O.; CASTILHO, C. V. Cotas de altitude de 30 parcelas permanentes na Estação Ecológica de Maracá. Disponível em: <<https://ppbiodata.inpa.gov.br/metacatui/#view/menger.187.1>>. Acesso em: 10 dez. 2018.
- VAN DER VELDEN, N. et al. Monodominance of *Parashorea chinensis* on fertile soils in a Chinese tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, [S.l.], v. 30, n. 4, p. 311-322, apr. 2014.
- VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. Random and Mixed Effects. In:_____. **Modern applied statistics with**. New York: Springer, 2002. p. 271-300.
- VIEIRA, S. et al. Slow growth rates of Amazonian trees: Consequences for carbon cycling. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 102, n. 51, p. 18502-18507, 2005.
- WAGNER, F. H. et al. Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood productivity in tropical forests. **Biogeosciences**, [S.l.], v. 13, n. 8, p. 2537-2562, apr. 2016.
- WAGNER, F. H. et al. Pan-tropical analysis of climate effects on seasonal tree growth. **PLoS One**, [S.l.], v. 9, n. 3, mar. 2014.
- WAY, D.A.; OREN, R. Differential responses to changes in growth temperature between trees from different functional groups and biomes: a review and synthesis of data. **Tree Physiology**, [S.l.], v. 30, p. 669–688, apr. 2010.
- WOLFE, B. T.; SPERRY, J. S.; KURSAR, T. A. Does leaf shedding protect stems from cavitation during seasonal droughts? A test of the hydraulic fuse hypothesis. **New Phytologist**, [S.l.], v. 212, n. 4, p. 1007-1018, jul. 2016.
- ZANNE, A. E. et al. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. **Dryad Digital Repository**. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.5061/dryad.234>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Prancha com imagens que ilustram as características de *P. gracilipes* em áreas de ecótono no norte de Roraima.



Legenda: A - Presença de sapopemas altas nos indivíduos adultos da espécie; B – Deciduidade foliar, queda de parte das folhas durante a estação seca; C - indivíduos de espécie dominando o estrato arbóreo em alguns ambientes no ecótono norte em Roraima.

APÊNDICE B - Acumulado de chuva mensal no intervalo Março de 2018 a Março de 2019 em áreas de ecótono no norte de Roraima. Dados disponibilizados na Plataforma de Coleta de Dados – PCD da ANA.

Mês	Precipitação (mm)
Março/2018	2.8
Abril/2018	297
Maio/2018	454
Junho/2018	474
Julho/2018	319.6
Agosto/2018	87.5
Setembro/2018	94.2
Outubro/2018	201.64
Novembro/2018	61
Dezembro/2018	21.8
Janeiro/2019	7.6
Fevereiro/2019	1.2
Março/2019	0
Total	2022,34

APÊNDICE C - Precipitação acumulada em cada período de monitoramento do incremento de *P. gracilipes* em áreas ecotonais no norte de Roraima. Cada período corresponde a um intervalo bimestral iniciando em 2018 e finalizando em março de 2019.

Período	Intervalo	Precipitação (mm)	Incremento periódico (mm)
1	23/03 a 26/05	692	1,35±0.13
2	27/05 a 28/07	798.8	0.89±0.17
3	29/07 a 08/10	235.5	1.15±0.17
4	09/10 a 26/11	235.4	0.61±0.08
5	27/11 a 26/01	54.6	-0.30±0.11
6	27/01 a 31/03	3.2	-0.71±0.09

APÊNDICE D – Incremento diamétrico de *P. gracilipes* em parcelas ricas e pobres nos 6 períodos monitorados.

Período	Incremento (mm) médio por parcela		Test T
	FRP	FPP	p -value
1	1.66	1.15	0.048
2	0.804	0.95	0.405
3	0.94	1.36	0.215
4	0.59	0.68	0.372
5	-0.49	-0.13	0.240
6	-0.896	-0.564	0.101

Legenda: FRP – parcelas categorizadas como Floresta Rica em Peltogyne; FPP – parcelas categorizadas como Floresta Pobre em Peltogyne; Teste T a 95% de probabilidade.

APÊNDICE E – Resultados da Análise de componente principal - PCA das variáveis edáficas. São apresentados somente os dois primeiros componentes usados no modelo das relações com o incremento de *P. gracilipes*.

Descrição	Eixos da PCA	
	PC1	PC2
Argila	0.2306	-0.4089
Silte	0.1606	-0.4800
Areia	-0.1998	0.4891
pH	0.2023	0.3724
Cálcio	0.3749	0.1228
Magnésio	0.3388	-0.0183
Potássio	-0.3174	0.1801
Alumínio	-0.3026	-0.3172
Fósforo	0.2340	-0.1162
Ferro	-0.2294	-0.1129
Zinco	0.3334	0.1729
Manganês	0.4170	0.1409
Standard deviation	2.2259	1.7375
Proportion of Variance	0.4129	0.2516
Cumulative Proportion	0.4129	0.6645

APÊNDICE F - Resultados do Modelo Linear misto para o efeito de preditores ambientais no incremento periódico de *P. gracilipes*.

Fixed effects: incre_perio~alt+abun+PC1+PC2+luz+chuva, random =~1 parc)							
Parâmetro	Efeito	Estimativas	Std.Erros	df	t-value	p-value	StdDev
Parcela	Random						0.051
Resíduos	Random						0.408
Intercepto	Fixo	-0.951	0.826	77	-1.151	0.253	
Altitude	Fixo	0.004	0.012	11	0.345	0.737	
Abundância	Fixo	-0.003	0.004	11	-0.779	0.452	
Solo (PC1)	Fixo	0.022	0.023	11	0.940	0.367	
Solo (PC2)	Fixo	-0.040	0.029	11	-1.378	0.196	
Luz	Fixo	0.015	0.060	77	0.245	0.807	
Chuva	Fixo	0.000	0.000	77	-10.999	0.000	

Legenda: altitude – cotas altimétrica; abundância – número de indivíduos em cada parcela; PC1 – primeiro componente principal da PCA das variáveis de solo (química); PC2 – segundo componente principal da PCA das variáveis de solo (textura); luz – condição de luminosidade da copa; Chuva – precipitação acumulada em cada intervalo monitorado; df – grau de liberdade.

APÊNDICE G – Tabela de saída do modelo Linear mistos. Matriz de correlação entre os preditores

Correlação	Intra	Altitude	Abun	PC1	PC2	Luz
Altitude	-0.953					
Abundância	-0.871	0.840				
PC1	0.402	-0.467	0.268			
PC2	0.457	-0.492	-0.335	-0.262		
Luz	0.220	-0.485	-0.305	0.313	0.245	
Chuva	0.118	-0.117	-0.074	0.076	0.059	0.242

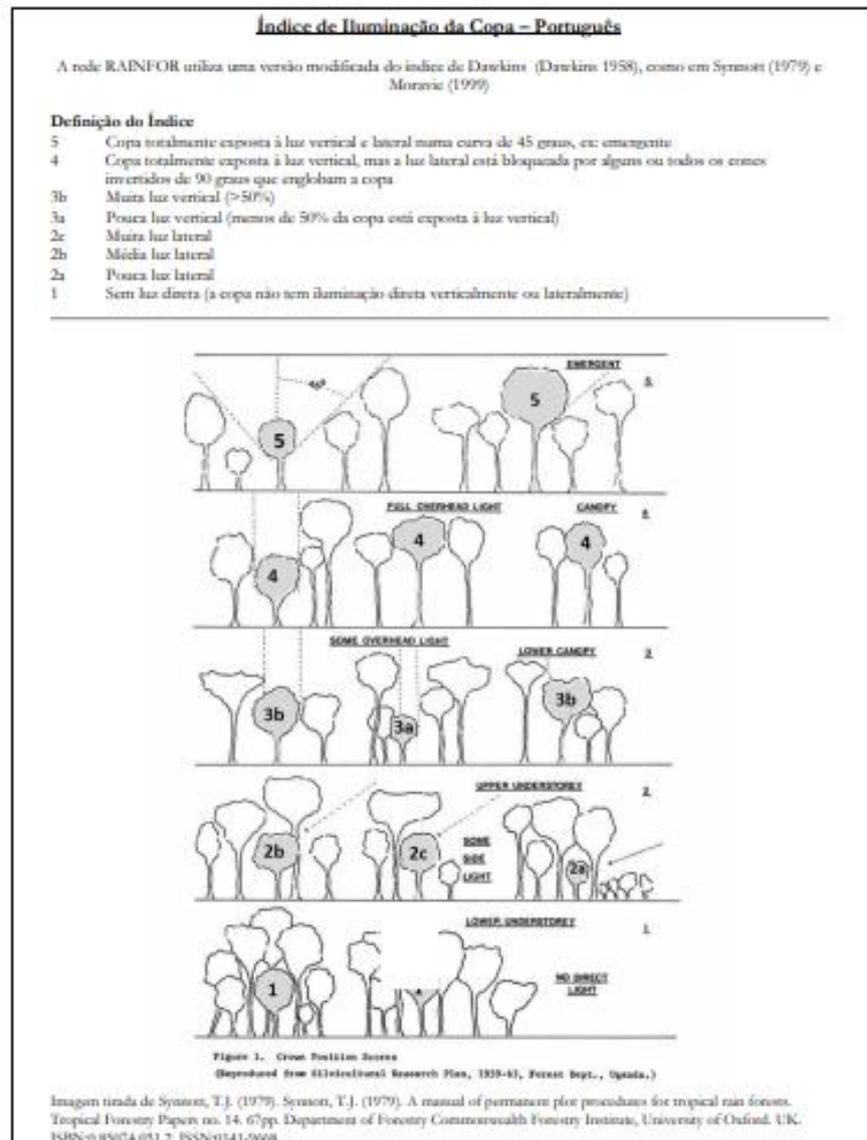
Legenda: alt – altitude; abun – número de indivíduos em cada parcela; PC1 – primeiro componente principal da PCA das variáveis de solo; PC2 – segundo componente principal da PCA das variáveis de solo; luz – condição de luminosidade da copa; Chuva – precipitação acumulada em cada intervalo monitorado; df – grau de liberdade.

APÊNDICE H - Tabela de saída de resultados do Modelo Linear misto para o efeito de preditores no incremento periódico de *P. gracilipes* incluindo variável para avaliar o tamanho do intervalo.

Parâmetro	Fixed effects: incre_perio~alt+abun+PC1+PC2+luz+chuva+intervalo, random =~1 parc)						
	Efeito	Estimativas	Std.Erros	df	t-value	p-value	StdDev
Parcela	Random						0.090
Resíduos	Random						0.367
Intercepto	Fixo	-2.378	0.883	76	-2.690	0.009	
Altitude	Fixo	-0.000	0.012	11	-0.047	0.963	
Abundância	Fixo	0.004	0.004	11	-1.029	0.325	
Solo (PC1)	Fixo	0.027	0.023	11	1.197	0.256	
Solo (PC2)	Fixo	-0.035	0.029	11	-1.182	0.262	
Luz	Fixo	0.064	0.057	76	1.109	0.271	
Chuva	Fixo	0.000	0.000	76	6.046	0.000	
Intervalo	Fixo	0.025	0.006	76	4.447	0.000	

Legenda: alt – altitude; abun – número de indivíduos em cada parcela; PC1 – primeiro componente principal da PCA das variáveis de solo; PC2 – segundo componente principal da PCA das variáveis de solo; luz – condição de luminosidade da copa; Chuva – precipitação acumulada em cada intervalo monitorado; Intervalo – tamanho dos intervalos em dias; df – grau de liberdade.

ANEXO A



ANEXO B - Variáveis de textura e químicas do solo das 16 parcelas em que foram realizadas o monitoramento dos dendrômetros de *P. gracilipes*. Os dados estão disponibilizados na íntegra na plataforma de dados do PPBio para a Esec Maracá, conforme descrito na metodologia deste trabalho.

Parcela	Textura (%)			Química								
	Argila	Silte	Areia	pH_H2O	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	Al (meq%)	P (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
L1_2500	3	9.79	87.21	4.88	14	29.5	29	0.25	3.89	128	0.9	3
L1_3500	17	35.95	47.05	4.26	26	30.5	7.2	0.35	4.71	145.4	1.1	18.4
L1_4500	11.5	14.5	74	4.84	116	53.5	15.6	0.04	6.09	63.5	3.5	228.5
L2_1500	14	13.56	72.44	4.14	10.5	23.5	47.5	0.4	2.75	72	0.7	10.5
L2_2500	7	10.56	82.44	4.32	13	24.5	40.5	0.25	2.75	101.5	0.3	5.1
L2_3500	9.5	13.54	76.96	4.71	20	21.5	8.6	0.05	3.52	49	5.1	106
L2_4500	12.5	13.18	74.32	4.77	104	45.5	12.8	0.07	5.07	56.8	3.6	123.5
L3_3500	9.5	8.11	82.39	4.26	14.5	15.5	44	0.3	3.24	145.5	1.5	5.1
L3_4500	7	6.04	86.96	4.38	9	7	36	0.25	3.3	76.5	1.3	7.9
L4_2500	4.5	7.15	88.35	4.62	46	33.5	44	0.25	2.88	180.5	1.3	13.2
L4_3500	5	13.45	81.55	4.69	7.5	14	34	0.3	3.21	117	1	4.2
L5_3500	5.5	12.56	81.94	4.6	19.5	23	31	0.4	5.12	182.5	1.2	7.9
L5_4500	6.5	10.28	83.22	4.68	17.5	21	35	0.15	4.57	64	1.1	40.2
L6_2500	9	11.87	79.13	4.25	11.5	33	10.3	0.34	7.24	72	1.1	38
L6_3500	8.5	13.14	78.36	4.6	45	35.5	32	0.25	4.95	48	1.1	74
L6_4500	7.5	11.86	80.64	4.6	18.5	40.5	7.8	0.44	6.71	132.7	0.3	18.3