



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM RECURSOS
NATURAIS DA AMAZÔNIA**

RAYANA GONDIN DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANTAÇÕES DE *Bertholletia excelsa* Bonpl. EM
ÁREA DEGRADADA SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE PREPARO E
ADUBAÇÃO.**

**SANTARÉM, PARÁ
MAIO 2020**

RAYANA GONDIN DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PLANTAÇÕES DE *Bertholletia excelsa* Bonpl. EM
ÁREA DEGRADADA SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE PREPARO E
ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Bioprospecção e Manejo de Recursos Naturais.

**SANTARÉM, PARÁ
MAIO 2020**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- S586d Silva, Rayana Gondin da
Desenvolvimento de plantações de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em área degradada sob diferentes tratamentos de preparo e adubação. / Rayana Gondin da Silva. – Santarém, 2020.
80 p. : il.
Inclui bibliografias.
- Orientador: Ricardo Scoles
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.
1. Castanheira-do-Brasil. 2. Silvicultura. 3. Canaã dos Carajás. I. Scoles, Ricardo, orient. II. Título.

CDD: 23 ed. 639.9098115

RAYANA GONDIN DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAÇÕES DE *Bertholletia excelsa* Bonpl. EM ÁREA DEGRADADA SOB DIFERENTES TRATAMENTOS DE PREPARO E ADUBAÇÃO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Bioprospecção e Manejo de Recursos Naturais.

Conceito:

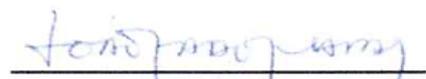
Data de a Aprovação: 04/05/2020



Prof. Dr. Ricardo Scoles – Orientador
PPGRNA/UFOPA



Prof. Dr. Rafael Rode
Membro externo
IBEF/UFOPA



Prof. Dr. João Ricardo Vasconcelos Gama
Membro externo PPGRNA
IBEF/UFOPA



Prof. Dr. Rogério Gribel
Membro externo
INPA

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por sua infinita misericórdia e amor ter me concedido saúde e força para superar as dificuldades e permitir mais essa conquista em minha vida.

A minha querida e amada mãe, Dona Rosilene Gondin, por ter me concebido, incentivo e apoio sempre.

A minha família, que mesmo estando longe nunca deixou de me apoiar e torcer por minhas vitórias e de forma especial ao meu primo Matheus Gondim que hoje também Engenheiro Florestal e mestrando me auxiliou nas coletas de dados em campo.

Sou extremamente grata a Cássia Soares (meu amor e companheira), por me apoiar nessa empreitada, nunca me deixar desistir e que com muita paciência, compreensão, carinho, amor me ajuda a achar soluções quando elas pareciam não existir.

Ao meu orientador, Professora Dr. Ricardo Scoles Cano, por ser uma pessoa dedicada ao seu trabalho/pesquisa, ser uma referência sempre presente permitindo autonomia no desenvolvimento da pesquisa. Muito grata pela oportunidade que a mim foi dada.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio (Escritório Parauapebas), em especial a equipe FLONATA (Fernanda Mendes e Sinara Albuquerque) que iniciaram as atividades de monitoramento e sempre se dedicaram para o cumprimento do calendário de coletas de dados agilizando todas as documentações e logística necessária; ao “Seu Zé” pelo apoio logístico e amizade e todos os voluntários, com destaque para o Programa Voluntariado Carajás, que contribuíram com as coletas de dados, sem vocês este trabalho não teria sido possível.

A Fundação de Tecnologia Florestal e Geoprocessamento – FUNTEC DF pela concessão de bolsa e financiamento deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que por meio do Programa de Apoio à Pós-graduação (PROAP) forneceram apoio financeiro através da concessão de diárias para coletas de dados.

Ao Setor de Meio Ambiente do Complexo S11D Batista, em especial a Mario Luís por terem cedidos os dados pluviométricos para esta pesquisa.

A turma 2018 do Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais da Amazônia em especial à Manu, Victor, Darlisson e Karen pelo apoio, conselhos, parcerias e amizade sincera.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência e desenvolvimento de mudas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) plantadas em áreas degradadas com diferentes preparos de solo e adubação. Para tanto realizamos um plantio experimental de *B. excelsa* em uma área de pastagem abandonada da Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás/PA, região limítrofe ao mosaico de unidades de conservação de Carajás. Implementamos quatro tratamentos experimentais em parcelas de 1 hectare com as seguintes características de preparo: T00- padrão (hidrogel, adubo químico); T01- orgânico úmido (hidrogel, adubo orgânico); T02- orgânico seco (sem hidrogel, adubo orgânico) e T03- seco (sem hidrogel, adubo químico). O espaçamento das mudas de *B. excelsa* foi de 12 x 12 m. As mudas possuíam idade superior a 2 anos, 60,9 cm de altura média, 4,6 mm de diâmetro médio e 9 folhas em média. O número total de mudas foi de 337. Durante dois anos de monitoramento coletamos dados dendrométricos (altura total, Diâmetro à Altura do Solo – DAS) e contagem de folhas em todas as mudas e anotamos episódios de perturbação, rebrote e/ou morte das mudas por períodos trimestrais. Entre os principais resultados destacamos: 1) os solos dos quatro tratamentos de plantio são parecidos, com textura franco arenosa e elevados níveis de fertilidade; 2) baixas taxas de mortalidade das mudas em todos os tratamentos, propiciando um índice de sobrevivência total de 82,8%, entretanto, o T01 apresentou um índice de sobrevivência significativamente menor aos outros três tratamentos no último período monitorado (24 meses); 3) concentração dos eventos de herbivoria nos meses de julho e outubro nos dois anos de observação; 4) os repetidos eventos de herbivoria provocaram baixo crescimento em altura das mudas em geral (ICA_h= 19,51); 5), os dois tratamentos sem uso de hidrogel (T02 e T03) tiveram melhor desempenho para todos os parâmetros avaliados no final do monitoramento, com diferenças significativas comparados com os outros dois tratamentos (00 e 01); De fato, o estudo comprovou estatisticamente que o uso do hidrogel parece não favorecer o desenvolvimento das mudas, assim como uso de fertilizantes químicos.. Conclui-se que as mudas de castanheira-do-brasil têm alta taxa sobrevivência e possuem elevada resistência a herbivoria, confirmando a rusticidade da planta e seu potencial para utilização em áreas de restauração. O desenvolvimento das mudas ficou condicionado pelo intenso ataque de herbivoria e falhas nas tarefas de manutenção, motivo pelo qual, os resultados comparativos de desempenho entre tratamentos devem ser considerados com precaução e ressalvas.

Palavras Chave: Amazônia. Castanheira-do-Brasil. Silvicultura Restauração. Canaã dos Carajás.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the survival and development of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) seedlings planted in degraded areas with different soil preparation and fertilization. For this purpose, we carried out an experimental planting of *B. excelsa* in an abandoned pasture area of Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás / PA, a region bordering the mosaic of conservation units in Carajás. We implemented four experimental treatments in 1-hectare plots with the following preparation characteristics: standard T00- (hydrogel, chemical fertilizer); Wet organic T01- (hydrogel, organic fertilizer); T02- dry organic (without hydrogel, organic fertilizer), and T03- dry (without hydrogel, chemical fertilizer). The spacing of *B. excelsa* seedlings was 12 x 12 m. The seedlings were over 2 years old, 60.9 cm in average height, 4.6 mm in average diameter, and 9 leaves on average. The total number of seedlings was 337. During two years of monitoring, we collected dendrometric data (total height, Diameter at Ground Height - DAS) and leaf count in all seedlings and noted episodes of disturbance, regrowth, and/or death of seedlings for quarterly periods. Among the main results we highlight: 1) the soils of the four planting treatments are similar, with a sandy loam texture and high levels of fertility; 2) low seedling mortality rates in all treatments, providing a total survival rate of 82.8%, however, T01 showed a significantly lower survival rate than the other three treatments in the last monitored period (24 months); 3) concentration of herbivory events in the months of July and October in the two years of observation; 4) the repeated herbivory events caused low growth in height of the seedlings in general ($ICA^h = 19.51$); 5), the two treatments without the use of hydrogel (T02 and T03) had better performance for all parameters evaluated at the end of the monitoring, with significant differences compared to the other two treatments (00 and 01); In fact, the study proved statistically that the use of hydrogel does not seem to favor the development of seedlings, as well as the use of chemical fertilizers. It can be concluded that Brazil nut tree seedlings have a high survival rate and have high resistance to herbivory, confirming the rusticity of the plant and its potential for use in restoration areas. The development of seedlings was conditioned by the intense attack of herbivory and failures in maintenance tasks, which is why the comparative results of performance between treatments should be considered with caution and reservations.

Key-words: Amazon. Brazil nut tree. Forestry. Restoration. Canaã dos Carajas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Visualização da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do Mosaico de Carajás e seu entorno, Amazônia, sudeste do Pará.	17
Figura 2. Localização do Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás, sudeste do Pará, Amazônia Legal, Brasil.	26
Figura 3. Localização da Floresta Nacional de Carajás (FLONACA), sudeste do Pará.	27
Figura 4. Localização da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (FLONATA), sudeste do Pará.	28
Figura 5. Localização dos tratamentos experimentais de <i>B. excelsa</i> , Faz. Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará.	31
Figura 6. Caracterização da área dos tratamentos experimentais de <i>B. excelsa</i> , Faz. Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará. *Altitude entre 280 a 300 m. Curva de nível de 5m. Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).	33
Figura 7. Etapas de pré-plantio, Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás/PA.	37
Figura 8. Realização das etapas de plantio. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás/PA. A- Abertura da cova de forma semimecanizada; B- Aplicação dos fertilizantes ao lado da cova; C- Aplicação de hidrogel nas covas e D- Plantio de muda.	38
Figura 9. Dados pluviométricos da estação meteorológica mais próxima aos experimentos (Estação Pilha, média de 5km), Canaã dos Carajás (PA).	46
Figura 10. Percentual de sobrevivências das mudas de <i>B. excelsa</i> ao longo do período de monitoramento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).	47
Figura 11. Quantitativo total das perturbações ocorridas às mudas de <i>B. excelsa</i> observadas ao longo do período de monitoramento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).	47
Figura 12. Muda de <i>B. excelsa</i> com brotos terminais danificados por animais silvestres. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	48
Figura 13. Crescimento médio em altura (cm) do plantio experimental de <i>B. excelsa</i> após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (a, b) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).	50
Figura 14. Crescimento médio em diâmetro (mm) do plantio experimental de <i>B. excelsa</i> após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). * Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (^{a,b}) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).	52
Figura 15. Incremento médio em número de folhas do plantio experimental de <i>B. excelsa</i> após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). *Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (a, b,c) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).	53
Figura 16. Ausência de manutenção propiciando o desenvolvimento de espécies invasoras nos tratamentos de <i>B. excelsa</i> . Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	61
Figura 17. Altura elevada das espécies competidoras em relação ao tamanho da muda de <i>B. excelsa</i> . Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	61
Figura 18. Dificuldade de localização e mensuração da muda de <i>B. excelsa</i> devido a intensa presença de plantas invasoras. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará. Foto:	62
Figura 19. Placa de identificação inutilizável. Tratamento Orgânico úmido (T01), Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	63
Figura 20. Registro do tráfego intenso de veículos no interior do tratamento orgânico úmido 01. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Foto:	63
Figura 21. Falhas durante a execução de adubação de manutenção. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	64
Figura 22. Área do experimento após a realização dos tratos silviculturais (roço semimecanizado) possibilitando melhor localização e mensuração das mudas de <i>B. excelsa</i> . Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	67
Figura 23. Placa de identificação da área do experimento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Recomendações de adubação e aplicação de gel propostas por etapas no plano de restauração proposto por Salomão (2015).....	30
Tabela 2. Estatística descritivas da Altura e diâmetro altura do solo (DAS) para as mudas plantadas nos quatro tratamentos experimentais, Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.....	39
Tabela 3. Textura do solo por tratamento. Plantio experimental de <i>B. excelsa</i> . Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).....	43
Tabela 4. Propriedade químicas do solo (0-40 cm) por tratamento e atributo. Plantio experimental de <i>B. excelsa</i> . Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).....	44
Tabela 5. Resultado e interpretação da análise de solo para micronutrientes dos quatro tratamentos experimento de <i>B. excelsa</i> , nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.	45
Tabela 6. Crescimento das mudas de <i>B. excelsa</i> por tratamento após 24 meses, plantio experimental Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).....	49
Tabela 7. Crescimento em altura (cm) das mudas de <i>B. excelsa</i> por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).....	50
Tabela 8. Crescimento em diâmetro (mm) das mudas de <i>B. excelsa</i> por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.	51
Tabela 9. Quantidade média de folhas das mudas de <i>B. excelsa</i> por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).....	53

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Áreas degradadas no Sudeste paraense: ameaças à sociobiodiversidade e os processos de restauração	14
2.2	Metodologias de preparo de área para plantio	18
2.3	A castanheira-do-brasil e a recuperação de áreas degradadas	21
3.	OBJETIVOS	25
3.1	Geral	25
3.2	Específicos	25
4.	CONTEXTO HISTÓRICO DO PLANTIO	25
5.	MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1	Descrição da Área de Estudos	31
5.2	Desenho de plantio	34
5.2.1	Produção de mudas	35
5.2.2	Pré-plantio	35
5.2.3	Plantio	37
5.2.4	Pós-plantio	39
5.3	Coleta de dados	40
5.3.1	Pluviometria	40
5.3.2	Amostragem do solo	41
5.3.3	Variáveis dendrométricas	42
5.4	Análise dos Dados	42
6.	RESULTADOS	43
6.1	Propriedades físico-químicas do solo	43
6.2	Pluviometria	45
6.3	Sobrevivência	46
6.4	Desenvolvimento das mudas	48
6.4.1	Altura	49
6.4.2	Diâmetro a Altura do Solo	51
6.4.3	Folhas	52
7.	DISCUSSÃO	54
7.1	Propriedades físico-químicas do solo	54
7.2	Sobrevivência das mudas de <i>B. excelsa</i>	54
7.3	Desenvolvimento das mudas	57
7.4	Causas do baixo desenvolvimento das mudas	60
8.	RECOMENDAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTIOS DE <i>B. EXCELSA</i>	65
8.1	Manutenções	66
8.2	Isolamento da área	67
8.3	Adubação	68
9	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

A exploração desordenada das florestas nativas, sobretudo, para conversão de florestas em pastagens impulsiona o desmatamento na Amazônia Legal. O desmatamento na Amazônia, entre os anos de 1984 a 1999, foi maior do que durante os primeiros 450 anos desde a colonização europeia (LOVEJOY, 1999).

Com o início das atividades de monitoramento florestais realizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE foi observado que as taxas de desmatamento tiveram uma tendência crescente, nas primeiras décadas, a exceção do período de 2005 a 2016 em que houve registro de quedas dos índices de desmatamento. Contudo a partir de 2016 os índices voltaram a crescer de forma acelerada até 2019 fazendo com que nesse ano a taxa de desmatamento alcançasse quase os 10.000 km² (agosto de 2018 a julho de 2019). Tal valor representou um aumento de 29,54% em relação a taxa de desmatamento apurada pelo PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) em 2018.

Os estados do Pará, Mato Grosso, Amazonas e Rondônia representam 84,13% de todo desmatamento estimado para este período, tendo o Pará como líder desse ranking sendo responsável por uma área de 3.862 km² que equivale a 39,56% de todo desmatamento realizado na Amazônia Legal (INPE, 2019). Atualmente o desmatamento acumulado na Amazônia Legal está próximo ao 20% da sua cobertura vegetal.

Segundo Geist e Lambin (2001) as causas do desmatamento nas florestas tropicais não devem ser observadas por um único fator, pelo contrário, são combinações de diferentes fatores que impulsionam a degradação ambiental, tais como: expansão agrícola, comércio de madeiras, crescimento demográfico, abertura de estradas e políticas públicas desacertadas. Todos esses fatores podem interagir de inúmeras maneiras a depender da dinâmica temporal e espacial de cada região. Entretanto cabe ressaltar que na Amazônia legal brasileira a conversão de área de florestas em pastagens é a principal causa de desmatamento, respondendo por aproximadamente 65% sobre o total (INPE/EMBRAPA, 2016).

A fragmentação florestal está direta e inevitavelmente ligada ao desmatamento, desencadeando-se à medida que uma grande extensão de floresta é subdividida e diminui de tamanho (LAURANCE; VASCONCELOS, 2009) podendo resultar numa crise ambiental. De forma geral, a degradação de áreas florestais tem como propulsor as ações

antrópicas combinadas as condições naturais. Portanto, as características biofísicas do ambiente (tipo de solo, relevo, clima e vegetação), somadas as inúmeras interferências do homem, através de suas atividades causam desmatamento, modificações de relevo e outros, que irão promover desequilíbrio e intensificar processos naturais de diferentes formas, resultando em condições muitas vezes irreversíveis (MEGALE, 2011; ARRAES, 2012).

Desde a década de 60 com o fluxo de pequenos posseiros, década 70 com a abertura da rodovia Transamazônica (BR-230) e priorização do governo às grandes fazendas via incentivos fiscais, passando por 80 e 90 até o anúncio sobre o fim dos subsídios; altas taxas de desmatamento são observadas, resultando na conversão de áreas de florestas nativas em plantações e pastagens ocasionando redução dos tamanhos das florestas naturais. (HOMMA, 2000; FEARNSSIDE, 2010). Deste modo, embora a discussão sobre este tema tenha ganhado destaque nos veículos de comunicações nacionais e internacionais em 2019 o avanço desenfreado do desmatamento já é tido como um problema de fragilização da paisagem original no Pará a mais de 60 anos.

A abertura de rodovias federais e estaduais, como a Santarém-Cuiabá (BR-163), a Cuiabá-Porto Velho (BR-364), a Manaus-Porto Velho (BR-319), a Manaus-Boa Vista (BR-174), a PA-150, entre outras, são fatores que permitiram o acesso a novas áreas, outrora intactas com ocorrência florestas nativas com elevada diversidade biológica e ricas em castanheiras-do-brasil (HOMMA, 2014).

Entre os fatores que culminaram na contínua destruição dos estoques de castanha podemos citar: conflitos fundiários envolvendo agricultores familiares, grileiros, fazendeiros, extrativistas e índios somados à chegada de megaprojetos minerais e energéticos na região (HOMMA, 2000, 2014). Da extensão total da região conhecida como Polígono Castanheiro, proposto em 1982, 70% da área já havia sido desmatada em 1997 (HOMMA, 2000).

É de extrema importância para a pesquisa aplicada na Amazônia, buscar formas de promover o reflorestamento de áreas degradadas fazendo uso de uma maior quantidade de espécies nativas e identificar entre as várias espécies tropicais comercialmente utilizadas quais são as que melhor se adaptam a plantios a pleno sol (TONINI *et al.*, 2008).

Segundo Trombulak *et al* (2004) áreas que foram degradadas precisam ser restauradas o mais próximo possível a suas condições naturais. Quando o ecossistema foi degradado por meio de modificações humanas, em alguns casos, a restauração pode ser efetiva através da eliminação de perturbações externas, da reintrodução de espécies nativas, da remoção de espécies exóticas e da restauração de processos ecológicos tornando-se assim capaz de continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios externos (TROMBULAK *et al.*, 2004; MMA, 2019).

A Instrução normativa (IN) Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) nº 11, de 11 de dezembro de 2014, estabelece conceitos para Projetos de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada – PRAD.

Art. 2º Para efeitos desta Instrução Normativa, considera-se:

I - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

II - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original;

III - área perturbada: aquela que após o impacto ainda mantém capacidade de regeneração natural e pode ser restaurada;

IV - área degradada: aquela impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se assemelhe ao estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada.

Esta distinção entre um ecossistema “recuperado” e “restaurado também é estabelecido na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, em seu art. 2º, incisos XIII e XIV que possuem a mesma definição presente na IN 11 de 2014. Cabe ressaltar que a recuperação de áreas degradadas também está respaldada na Constituição Federal de 1988, em seu art. 225.

A Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie emergente da floresta ombrófila de terra firme, com distribuição desigual na Bacia Amazônica, frequente em algumas áreas e rara em outras, destacando a sua tendência em formar aglomerações com alta concentração de árvores, “os castanhais” (MORI; PRANCE, 1990; SCOLES; GRIBEL, 2011). Pertencente à família das Lecythidaceae (MORI; PRANCE, 1990; FLORA BRASIL, 2020), com elevado valor econômico, apresenta boas características de produção em áreas de floresta nativa e altas taxas de crescimento em

plantações experimentais quando plantada sob sistemas agroflorestais ou povoamentos homogêneos devido ao seu caráter heliófilo, especialmente na sua etapa juvenil (TONINI *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2009; SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2014).

Experimentos de curta duração, sobre a avaliação da intensidade de luz, sugerem que as plântulas de *B. excelsa* possuem melhor crescimento sob condições luminosas intermédias, entre 25-50% de abertura de dossel, com aumentos de biomassa proporcionais à disponibilidade de luz (ZUIDEMA *et al.*, 1999; HAYASHIDA-OLIVER *et al.*, 2001). Corroborando com essas informações, monitoramentos de plantios experimentais com maior janela de observação indicam que esta espécie tem desempenho favorecido em áreas abertas em relação a áreas sombreadas (KAINER *et al.*, 1988; SCOLES, KLEIN, GRIBEL., 2011, 2014), assim como um desempenho diretamente proporcional ao tamanho da clareira florestal (OLIVEIRA, 2000; PEÑA-CLAROS *et al.*, 2002).

A castanheira-do-brasil possui potencial uso em reflorestamento de áreas degradadas e/ou desflorestadas, devido à altas taxas de sobrevivência das mudas plantadas, rusticidade ambiental (tolerante a solos degradados e resistente a secas prolongadas) e desempenho satisfatório em condições de alta luminosidade (FERNANDES; ALENCAR, 1993; YARED *et al.*, 1993; SOUZA *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2009; SALOMÃO *et al.*, 2006; SCOLES; KLEIN; GRIBEL., 2011; 2014). Quanto as características silviculturais esta espécie contribui como alternativa para plantios em áreas degradadas para produção de castanhas, podendo fomentar a geração de renda e emprego para agricultores de pequena à larga escala (HOMMA *et al.*, 2000; SCOLES KLEIN, GRIBEL, 2014).

As sociedades humanas podem contribuir positivamente no incremento da biodiversidade e na construção de ecossistemas florestais complexos. Ao compreender tal fato fica evidente a relevância de assumir a responsabilidade social e ecológica em garantir a perenidade deste importante recurso natural, por meio de manejo ativo e consciente de florestas naturais e plantio em áreas degradadas (SALOMÃO, 2009; HOMMA, 2014; SCOLES KLEIN, GRIBEL., 2014).

Para reconhecer o papel da castanheira-do-brasil na estrutura da floresta e de seu potencial como suporte para promoção do desenvolvimento sócio ecossistêmico faz-se necessário a intensificação dos estudos sobre esta espécie, quer em seu ambiente natural,

nas florestas antropizadas, nas áreas de restauração, nos sistemas agroflorestais ou nos plantios homogêneos (SALOMÃO, 2014).

O estabelecimento de povoamentos de espécies nativas é diretamente influenciado pela obtenção de mudas com maior qualidade e mais resistentes quando levadas a campo, porém tais características não são suficientes quando os plantios são instalados em áreas degradadas, com: baixa quantidade de nutrientes no solo, presença e persistência de espécies invasoras, ausência de tratos silviculturais adequados entre outras perturbações em sua integridade (natureza física, química ou biológica).

Uma lacuna de conhecimento sobre a ecologia da maioria das espécies nativas, bem como suas estratégias de sobrevivência e técnicas silviculturais mais apropriadas para programas de reflorestamentos ainda deve ser preenchida. Faz-se necessário a obtenção de informações quanto ao correto emprego de espécies arbóreas na recuperação de áreas degradadas com preparo do solo e adubação adequada e controle eficiente de espécies invasoras além de informações a respeito da sobrevivência e crescimento dendrométrico das mudas plantadas em áreas de pastagens abandonadas com presença persistente de gramíneas exótica invasoras.

Tal fato só será possível por meio da intensificação dos estudos para elaboração e execução de Programas de Recuperação de Área Degradada (PRAD's), para que promovam a recuperação de áreas degradadas, garantindo a conservação da biodiversidade e fornecimento dos serviços ecossistêmicos originados nas florestas. Assim sendo, o presente trabalho é resultado do estudo experimental conduzido durante 24 meses do monitoramento de 337 mudas de castanheira-do-brasil plantadas em uma área degradada (pastagem abandonada) sob diferentes tratamentos de preparo e adubação, para avaliação de sua sobrevivência e desenvolvimento silvicultural.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Áreas degradadas no Sudeste paraense: ameaças à sociobiodiversidade e os processos de restauração

A perda da diversidade biológica envolve aspectos sociais, econômicos, culturais e científicos (RAYOL, 2006). A biodiversidade contribui diretamente para a vida humana através da grande quantidade de produtos alimentares, farmacêuticos e de uso industrial derivados da fauna e da flora, tanto aqueles utilizados pela humanidade como de potencial futuro (DIEGUES *et al.*, 2000).

A taxa de degradação ambiental, o aumento do consumo de recursos naturais, as crises humanitárias e a dificuldade de implementar atividades econômicas mais sustentáveis em termos ambientais e socioeconômicos nos mostram que os desafios de conservação ambiental são sistêmicos, exigem uma integração entre diferentes setores da sociedade e articulação dos diversos tipos e fontes de conhecimento (ICMBIO, 2017).

Na Amazônia, a mineração é identificada como uma das atividades que mais ameaçam à conservação da biodiversidade. Não necessariamente por seus impactos diretos oriundos das atividades minerárias em si, que abrangem áreas relativamente pequenas, tendo em vista a extensão do bioma, mas torna-se uma ameaça por incidem em ecossistemas raros, provocam fluxos migratórios desordenados e complexos, necessitam infraestruturas de suporte (estradas de ferro, barragens, hidrelétricas), contaminam o ambiente e geram impactos sobre serviços ecossistêmicos, em especial a água além de possuem elevada dificuldade de gestão dos rejeitos, líquidos e/ou sólidos (ICMBIO, 2017).

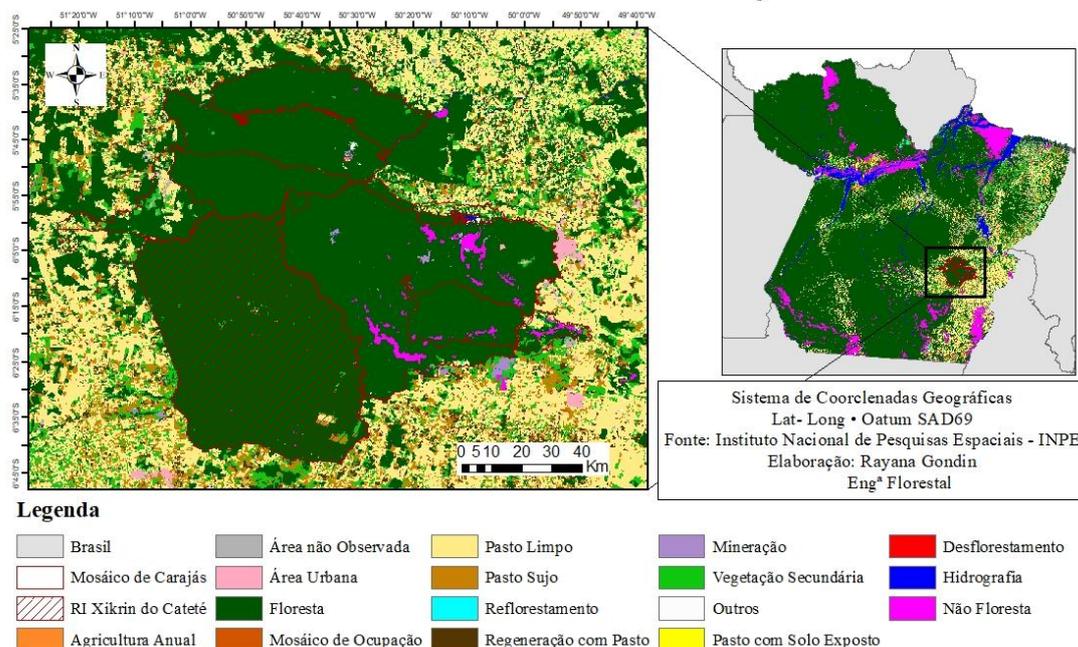
Na região de Carajás os empreendimentos minerários representam danos irreparáveis aos ecossistemas atingidos obrigando as empresas, por meio legal, a procurarem novas áreas para os planos de restauração a serem estabelecidos Mesmo com a presença desses empreendimentos, o interior do Mosaico de Carajás possui elevado nível de conservação impossibilitando assim a execução dos PRAD's *in situ*. Deste modo áreas adjacentes às unidades de conservação são adquiridas e destinadas para a finalidade de recuperação.

Por outro lado, na pecuária esta conversão de usos da terra ocorreu em uma dimensão bem maior em todo o sudeste do Pará e produziu um espaço homogêneo representado quase que em sua totalidade por pastagens em uso e em desuso (áreas degradadas). A face noroeste do Mosaico de Carajás (figura 1) possui em sua zona de amortecimento grandes latifundiários que desenvolvem como atividade econômica principal a agropecuária. O município de São Félix do Xingu faz divisa com essa face do mosaico e é conhecido pelas altas taxas de desmatamento e pela presença do maior rebanho bovino do Brasil, que chegou a dois milhões de cabeças em 2014 (IBGE, 2014). A consolidação da agropecuária convencional na região, principalmente com a criação de gado, excluiu da paisagem grande parte da floresta original, substituindo-a por pastagens.

A floresta ombrófila densa foi, em muitos trechos, eliminada, estando atualmente representada por remanescentes florestais isolados e pequenos, expostos às pressões antropogênicas de diferentes naturezas (MARTINS *et al.*, 2012). Nas áreas em que as castanheira-do-brasil são mantidas (não derrubadas), são danificadas parcial ou totalmente no fogo durante a limpeza das áreas para a agropecuária, e acabam morrendo em pé e/ou ficando isoladas, resultando nos conhecidos cemitérios de castanhais no sudeste paraense (HOMMA, 2000). Estudos recentes em populações isoladas de *B. excelsa* em áreas de pastagem do noroeste do Pará mostraram alta mortalidade e baixa produtividade das árvores remanescentes (SCOLES *et al.*, 2016; PEREIRA *et al.*, 2019). Esse desflorestamento resulta na depauperação da flora e fauna da região.

As áreas de pastagens abrangem toda a porção leste da bacia do rio Itacaiúnas, mais especificamente nas áreas drenadas pelos rios Vermelho e Sororó, além de toda a porção centro-sul e sudoeste, onde se alojam os terrenos drenados pelo alto e alto-médio curso dos rios Parauapebas e Itacaiúnas (MARTINS *et al.*, 2012). A monotonia paisagística causada pelas pastagens na região do Sul e Sudeste do estado do Pará é rompida quando se limita com o mosaico de áreas florestais protegidas de Carajás (Figura 1). Esse efeito pode ser observado nitidamente ao se analisar as imagens de satélite que cobrem a região, quando se nota a diferenciação dos tons claros das pastagens e áreas de vegetação secundária (capoeiras ou juquiras), em comparação com o verde escuro das áreas de florestas maduras (figura 1).

Figura 1. Visualização da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do Mosaico de Carajás e seu entorno, Amazônia, sudeste do Pará.



Mapa Temático elaborado a partir de processamento digital de imagens orbitais Landsat-8/OLI, com 30m de resolução espacial e técnicas de interpretação visual.

Fonte: Rayana Gondin.

A Resolução CONAMA 369/2006 ressalta a necessidade de plantio compensatório por supressão de vegetação em áreas de proteção permanente, sendo necessário à compensação ambiental com espécies nativas e/ou ameaças de extinção, mediante autorização do IBAMA (BRASIL, 2006). Assim como vem sendo realizados pelos empreendimentos minerários instalados no interior do Mosaico de Carajás.

A recuperação de áreas degradadas por meio de plantios compensatórios de árvores nativas, para cumprimento de condicionantes ambientais, não substitui totalmente a vegetação original, porém, ameniza o impacto causado à natureza e a fauna local. É uma ferramenta essencial para melhorar o equilíbrio no uso dos recursos naturais, favorecendo o enriquecimento ambiental, uma vez que, a degradação de ambientes naturais provenientes de atividades antrópicas, dependendo da intensidade, frequência e extensão da perturbação; quase sempre chega a um alto grau de irreversibilidade (MATOS *et al.*, 2011).

O processo de recuperação de áreas degradadas está intrinsecamente vinculado à ciência da restauração ecológica. Deste modo, a restauração ecológica é o processo que auxilia na recomposição de um ecossistema que foi anteriormente degradado, danificado ou até mesmo destruído. Um ecossistema só é considerado recuperado/restaurado, após

a reconstituição de seus recursos bióticos e abióticos e reestabelecimento das interações entre estes recursos tornando-se assim capaz de continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios externos (MMA, 2019).

De acordo com SALOMÃO; BRIENZA JÚNIOR e ROSA (2014), a restauração de ecossistemas florestais tropicais em áreas de mineração é um desafio, que exige a associação de técnicas e estratégias de recuperação florestal apropriadas às condições de cada área, incluindo os padrões de biodiversidade da paisagem. A ausência de informações sobre variedades adequadas de espécies de árvores nativas, compreensão da ecologia da perturbação e técnicas de recuperação natural para projetar programas eficazes; tendem a dificultar o trabalho de restauração de ambientes tropicais (SALOMÃO, 2014). Além desses fatores, a necessidade de alta quantidade de recurso financeiro e humano para a execução dos PRAD's diminuem ainda mais as chances de sucesso das áreas de plantios destinados a recuperação de áreas.

Um dos pontos mais delicados no processo de restauração é a escolha correta das espécies nativas que irão compor a comunidade vegetal e iniciarão o processo de sucessão em determinada área degradada. Desta forma, selecionando plantas nativas adaptadas a ambientes degradados, evitando o uso de espécies exóticas, aumentam a possibilidade da consolidação da complexidade estrutural e florística no ambiente (JAKOVAC, 2007).

2.2 Metodologias de preparo de área para plantio

O reflorestamento ou plantio de árvores, quando comparado com outras modalidades de uso da terra, é a atividade mais recomendada para a recuperação de áreas degradadas, conservação do solo e recomposição da paisagem (SILVA *et al.*, 2008; RAMOS *et al.*, 2006). Os plantios florestais, quando manejados de forma correta, compõem a renda do agricultor, cria empregos no meio rural, não agridem o meio ambiente, possuindo assim um importante papel no restabelecimento da relação entre o ser humano e o meio natural garantindo melhor qualidade de vida (RAMOS *et al.*, 2006, RIBEIRO *et al.*, 2018).

Os ecossistemas propostos para execução de plantios florestais são, comumente, de baixa fertilidade natural ou são áreas que possuem histórico de uso inadequado do solo, com início de uso por meio do desmatamento e posterior emprego de técnicas impróprias

de manejo agropecuário que levam a compactação do solo (GONÇALVES; AZEVEDO; BERTONHA, 2002). Para reverter esse desgaste da terra e propiciar condições adequadas para o estabelecimento das espécies florestais, torna-se necessário que o solo permita o crescimento das raízes, que haja disponibilidade de água e nutrientes (CLEMENTE *et al.*, 2005; TAVARES-FILHO; RIBON, 2008).

Antes de iniciar o plantio, é indispensável a escolha de área adequada a ser usada e planejar com atenção as etapas que irão ser executadas. Dentre as etapas iniciais, é aconselhável fazer uma análise do solo para obter informações quanto a qualidade e disponibilidade de nutrientes (SILVA *et al.*, 2004). A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade de um solo sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde animal (fauna do solo) e vegetal (ARAÚJO *et al.*, 2008). Tendo em vista que o crescimento das raízes, o desenvolvimento e a produção das culturas são influenciados pelo nível de compactação do solo (PREVEDELLO, *et al.*, 2013) é recomendado a realização de teste de resistência a penetração (TAVARES-FILHO; RIBON, 2008). De posse do resultado da análise de solo, a fase seguinte é o preparo da área e do solo, que possui como objetivo a disponibilização das quantidades necessárias de água e nutrientes para o mais rápido estabelecimento das mudas (GATTO *et al.*, 2003).

A presença de plantas invasoras é tida como um dos fatores limitantes ao estabelecimento de florestas no Brasil, afetando diretamente o desenvolvimento das culturas florestais pois compete com a cultura de interesse por água, luz e nutrientes (SIXEL; GOMEZ, 2008). As plantas invasoras podem ser combatidas de várias maneiras: roço manuais (foice), semimecanizada (roçadeira lateral) mecânicas (roçadeira acoplada ao trator agrícola) e químicas (aplicação de produtos químicos, herbicidas). A escolha do melhor sistema de controle às plantas invasoras dependerá do tamanho da área, da cultura, época de plantio, orçamento disponível, rendimentos operacionais e taxa de colonização, entre outros (SIXEL; GOMEZ, 2008).

Segundo Toledo *et al.* (2003) o período de maior incidência competição com espécies invasoras, para no cultivo florestal, ocorre até o 7º mês após o plantio. É nesse período, portanto que se deve ter mais cuidados no controle das plantas invasoras. O método químico de controle é o mais utilizado, em razão dos resultados serem mais rápidos e eficientes, minimizando custos financeiros (TOLEDO *et al.*, 2003).

A utilização de arados e grades no preparo do solo elevam a porosidade, diminuem a incidência de plantas invasoras e incorpora matéria orgânica e nutrientes na camada trabalhada, entretanto podem degradar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (COSTA *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2006; GAERTNER *et al.*, 2006). O uso de arado também pode liberar o banco de semente existente na área que podem rebrotar com grande intensidade, sendo necessário fazer uso dessa técnica várias vezes de acordo com a intensidade de rebrota.

Por outro lado, o plantio direto reduz esse processo degradativo, diminuindo a erosão hídrica, pois manter matéria orgânica na superfície do solo por mais tempo, o que forma uma camada protetora no solo não deixando-o exposto as intempéries; tal prática eleva o teor de carbono orgânico, de nutrientes e da capacidade de troca de cátions (BAYER; MIELNICZUK, 1997). Além disso, aumenta a estabilidade de agregados, conforme constatado por Wohlenberg *et al.* (2004), Silva *et al.* (2006) e Marcolan e Anghinoni (2006), em Argissolo Vermelho, e por Costa *et al.* (2003) em outras classes de solos, possibilitando melhores condições para o pleno desenvolvimento da planta.

A adubação é a etapa a ser realizada após preparo da área e se caracteriza como atividade de pré-plantio. Apesar de possuir caráter oneroso, as práticas de adubação, além de já terem se mostrados um fator indispensável para o pleno e satisfatório desenvolvimento das mudas, acentua de forma consideravelmente o seu crescimento (BERNARDI *et al.*, 2012). A eficiência das adubações, principalmente quando em cobertura, depende basicamente das doses e fontes dos adubos utilizados, da capacidade de troca catiônica e das características físicas do substrato (SGARBI *et al.*, 1999) e, ainda, de seus aditivos, principalmente polímeros hidrorretentores (hidrogel) (AZEVEDO *et al.*, 2002; GEESING; SCHMIDHALTER, 2004; TITTONELL *et al.*, 2002; VIERO; LITTLE, 2006).

Outra prática que auxilia na melhoria da sobrevivência e estabelecimento das mudas das espécies florestais é a rega no ato do plantio e durante as primeiras semanas (SIXEL; GOMEZ, 2008; LANDIS *et al.*, 2010). Contudo, em áreas de plantios florestais quando levamos em consideração questões como: logística, custo financeiro e até mesmo disponibilidade de água; está não se mostra como uma prática viável. Nesse sentido, os polímeros hidrorretentores (hidrogel) foram desenvolvidos na década de 1960, com recomendações de uso no setor agrícola como condicionadores de solo melhorando as propriedades físico-químicas dos solos, minimizando, e até mesmo anulando, as

irrigações e as perdas de nutrientes e com conseguinte promovendo a redução dos custos no desenvolvimento das culturas (SAAD *et al.*, 2009).

O uso de hidrogel fundamenta-se na capacidade de absorção e adsorção da água gravitacional na rizosfera para as raízes (JHURRY, 1997; VALE *et al.*, 2006; LECIEJEWSKI, 2009). O hidrogel possui ainda a característica de proteger o sistema radicular contra a desidratação no ato do plantio, tornando mínimo os custos com replantio (SARVAS, 2003). Entretanto, estudos realizados indicam que os efeitos do hidrogel podem provocar resultados diversos nas características de retenção e consumo de água, e nas respostas fisiológicas das plantas (GONÇALVES, 2002; GERVÁSIO; FRIZZONE, 2004; VALE *et al.*, 2006; SARVAS *et al.*, 2007; SAAD *et al.*, 2009).

2.3 A castanheira-do-brasil e a recuperação de áreas degradadas

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma árvore de grande porte podendo atingir até 50 m de altura e mais de 3 m de diâmetro na base (MORI; PRANCE, 1990; SCOLES; GRIBEL, 2011). Taxonomicamente é classificada como a única representante do gênero *Bertholletia* e pertencente à família Lecythidaceae (BRASIL, 2020). Esta espécie apresenta fuste retilíneo, cilíndrico desprovido de galhos até a copa, com casca marrom-escura e fendida longitudinalmente (LOCATELLI *et al.*, 2005).

Na floresta é encontrada mais frequentemente em agrupamentos de árvores, chamados castanhais, possuem densidades variadas, entre 05-20 indivíduos por hectare (MORI; PRANCE, 1990; PERES *et al.*, 2003; SCOLES; GRIBEL, 2011, 2012) podendo advir também com uma distribuição mais aleatória e menos adensada como ocorre na Amazônia Sul Ocidental (WADT; KAINER; GOMES-SILVA, 2005).

Na Amazônia Brasileira se concentram sobretudo nas partes baixas da floresta tropical úmida, ainda que abunda também em áreas de planalto. Grandes extensões de castanhais são localizados em numerosas subbacias amazônicas tais como as do rio Trombetas (SCOLES; GRIBEL, 2012), rio Madeira (SCOLES; GRIBEL, 2015), rio Purus (TUCK HAUGAASEN *et al.*, 2010) e diversas regiões como à do Carajás (SALOMÃO, 1991; FREITAS, 2020). Na região da Pan-Amazônia, a espécie pode ser encontrada no Peru, Norte de Bolívia, Venezuela, Guianas e Colômbia (MORI; PRANCE, 1990).

A castanheira-do-brasil é uma espécie arbórea de grande importância socioambiental na região amazônica (CLAY, 1997, GUARIGUATA *et al.*, 2017; IBGE, 2018). Seus frutos contêm sementes comestíveis que são comercializadas há décadas pelas comunidades tradicionais da Amazônia. O ciclo reprodutivo é complexo, dependente de animais para sua polinização e dispersão, e com alta dormência nas suas sementes (SCOLES *et al.*, 2016). Outra característica a ser considerada é sua capacidade elevada de rebrotação após episódios de perturbação pelo fogo ou corte (BALÉE; CAMPBELL, 1990; PAIVA *et al.*, 2011; SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2011; 2014).

Devido suas características de desenvolvimento iniciais e sua longevidade a classificação da castanheira-do-brasil não se encaixa com clareza no agrupamento proposto por Budowski (1965) e Whitmore (1989). Seguindo o modelo de processo sucessional das florestas tropicais secundárias, onde as espécies arbóreas podem ser agrupadas de acordo com suas preferências de ocorrência em cada estágio sucessional, Budowski (1965) classificou as árvores tropicais em cinco grupos ecológicos:

- Pioneira (possuem desenvolvimento e reprodução rápido dependentes da exposição a alta luminosidade);
- Secundária inicial (intolerantes ao sombreamento nas fases iniciais);
- Secundária tardia (média longevidade e mais tolerância ao sombreamento, quando comparadas às pioneiras);
- Clímax (alta longevidade e tolerância a sombra) e
- Sub-bosque (desenvolvimento sob o dossel da floresta madura e capacidade de completar seu ciclo vital nestas condições).

Por contra Whitmore (1989) simplificou a classificação ecológica das árvores tropicais dividindo as espécies tropicais em dois grandes grupos ecológicos de acordo com sua adaptação ao uso da radiação solar e etapa da sucessão ecológica: espécies secundárias (pioneiras) ou primárias (clímax). Já Swaine e Hall (1983), em um estudo realizado na África tropical, separaram as árvores pioneiras em dois subgrupos: 1) pioneiras de vida curta que raramente alcançam os 30 m de altura; 2) pioneiras de longa vida que persistem na sucessão tardia da floresta e alcançam com frequência > 30 m.

A partir desta revisão de classificações de árvores tropicais, de acordo com SCOLES, KLEIN e GRIBEL (2011, 2014), podemos inferir que *B. excelsa* encaixa

melhor na denominação de árvore pioneira de longa vida, , classificação que também engloba outras espécies de florestas tropicais como a *Ceiba petandra* (sumaumeira) (Swaine e Hall, 1983). De fato, a regeneração de *B. excelsa* e seu crescimento inicial são dependentes de altos níveis de luminosidade incidente em ambientes naturais, tais como os observados em clareiras florestais e áreas abertas. Em contraste, na fase adulta esta árvore domina o dossel da floresta por centenas de anos (MORI; PRANCE, 1990; MYERS *et al.*, 2000; PEÑA-CLAROS *et al.*, 2002; MOLL-ROCEK; GILBERTM; BROADBENT, 2014; SCOLES; KLEIN; GRIBEL., 2014).

Plantios experimentais mostram que *B. excelsa* é uma espécie que depende de luz nas suas etapas juvenis e por isso também é considerada heliófila (planta que “gosta de luz”), apesar de ocupar o estrato emergente de florestas maduras na fase adulta (SALOMÃO, 1991; SCOLES; KLEIN; GRIBEL 2011; 2014). Pesquisas e monitoramentos de plantios de *B. excelsa* (monoculturas ou consórcios de espécies) revelam alto desempenho das mudas em áreas abertas e/ou degradadas desde que estabelecidas condições adequadas de preparo, altura inicial das plantas (> 70 cm) e tratamentos silviculturais do plantio (SCOLES; KLEIN; GRIBEL. 2011; 2014).

A castanheira-do-brasil é uma das árvores de maior relevância para as populações tradicionais da Amazônia (HOMMA, 2012), além de promover a geração de renda e fixar o homem no campo, é um ícone da identidade cultural e social, possuindo ainda alta diversificação de usos (SOUSA *et al.*, 2014). Não obstante, *B. excelsa* possui madeira de alta qualidade, com padrão amarelo avermelhada e muito apreciada para a indústria moveleira e naval (MORI; PRANCE, 1990), a exploração para tais fins não é permitida, em florestas naturais desde outubro de 1994 (Decreto Nº 1.282), reforçado pelo Decreto Federal nº 5.975, de 30 de novembro de 2006 (BRASIL, 2006).

Mesmo com limitações legais, muitos castanhais têm desaparecido, com maior severidade no sudeste do Pará (KITAMURA, 1984; BENTES; MARIN; EMMI, 1988; HOMMA, 2000). Com destaque para os castanhais na microrregião de Marabá, que até pouco tempo ainda possuíam inimigos históricos, incluindo carvoeiras ilegais que destinavam sua produção para suprir a necessidade de carvão vegetal das siderúrgicas da região (MEDAGLIA, 2013). Atualmente, a castanheira-do-brasil encontra-se na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, na categoria de vulnerável (BRASIL, 2014).

Entretanto, iniciativas contrárias ao desmatamento também podem ser encontradas. Segundo Homma (2014) iniciativas de plantios de castanheira-do-brasil em áreas de reflorestamento e regeneração natural não são uma novidade e vem sendo realizadas em diversos locais na Amazônia a anos. As primeiras tentativas de cultivo como atividade agrícola iniciaram-se ainda na década de 1930 em Tomé-Açu (Pará) e em Parintins (Amazonas), pelos colonos japoneses que imigraram para essas localidades (HOMMA, 2014), uma outra iniciativa foi executada na década 80 na Fazenda Aruanã, município de Itacoatiara (Amazonas), no município de Eldorado dos Carajás, Pará, iniciativa similar foi realizada na Fazenda Bamerindus, pertencente ao extinto Banco Bamerindus, cujos plantios foram deteriorados posteriormente por invasões posseiros a partir de 1996 (HOMMA, 2012, 2014).

A análise das características silviculturais da *B. excelsa* têm recebido uma quantidade expressiva de estudos (COSTA *et al.*, 2015) em plantios monoespecíficos (FERNANDES E ALENCAR, 1993; TONINI *et al.*, 2005) plantios em áreas degradadas (SALOMÃO *et al.*, 2006; FERREIRA *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2015;), sistemas agroflorestais (COSTA *et al.*, 2009; FERREIRA; TONINI, 2009; SCHROTH *et al.*, 2015), plantios heterogêneos com outras espécies nativas e também com espécies exóticas (TONINI *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2010), e plantios experimentais em diferentes condições ambientais (KAINER *et al.*, 1998; PEÑA-CLAROS *et al.*, 2012; SCOLES; KLEIN; GRIBEL., 2011, 2014; LIMA, 2019), plantios com maior idade (MACHADO, 2017) e em áreas mineradas (SALOMÃO; BRIENZA JÚNIOR; ROSA, 2014).

Entretanto, ainda se faz necessário conhecer a tolerância da espécie à plantios a pleno sol em área degradada, de modo a agregarem potencial produtivo as áreas propensas a serem restauradas; a dependência da espécie quanto ao uso de adubação química e hidratação das mudas (uso de hidrogel) nas etapas iniciais de plantio possibilitando assim uma melhor compreensão deste período crítico de desenvolvimento. A obtenção de conhecimentos sobre todos esses parâmetros é indispensável para fundamentação, planejamento e execução de plantios futuros.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

- Analisar o desempenho, a sobrevivência e crescimento de mudas de castanheira-do-brasil plantadas em áreas degradadas, sob diferentes preparos de solo e adubação.

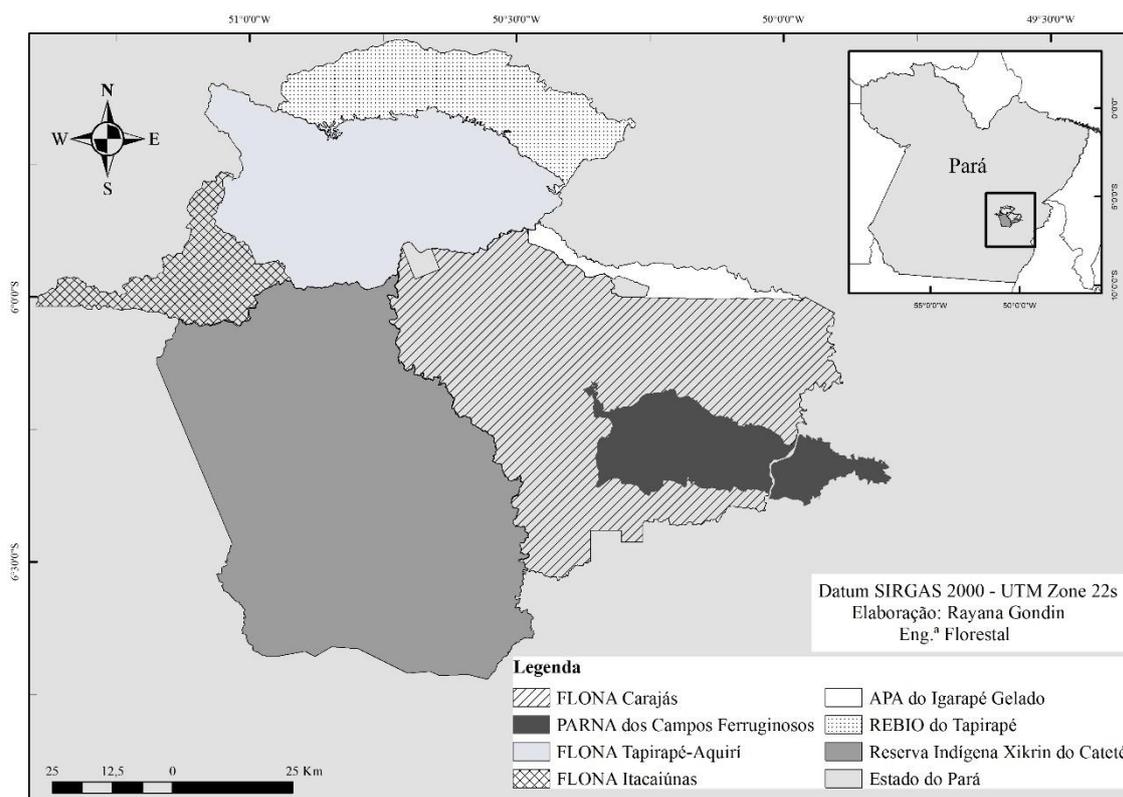
3.2 Específicos

- Comparar sobrevivência das mudas entre diferentes tratamentos e por períodos;
- Comparar crescimento médio das mudas entre diferentes tratamentos e por períodos;
- Analisar o impacto da herbivoria foliar entre tratamentos e períodos.

4. CONTEXTO HISTÓRICO DO PLANTIO

O Mosaico de Carajás, maior área de floresta Amazônica contínua do Sudeste do Pará, com mais de 1,2 milhões de hectares (figura 2), exerce papel fundamental para a conservação da biodiversidade, dos processos ecológicos e serviços ecossistêmicos haja vista a intensa degradação ambiental da região em que está inserido (MARTINS *et al.*, 2012). É composto por seis unidades de conservação (UC) e uma reserva indígena, são elas: Área de Proteção Ambiental (APA) do Igarapé Gelado, Reserva Biológica (REBIO) do Tapirapé, Florestas Nacionais (FLONA) do Itacaiúnas, do Tapirapé-Aquiri e de Carajás, Parque Nacional (PARNA) dos Campos Ferruginosos e a Terra Indígena Xikrin do Cateté (ICMBIO, 2017).

Figura 2. Localização do Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás, sudeste do Pará, Amazônia Legal, Brasil.



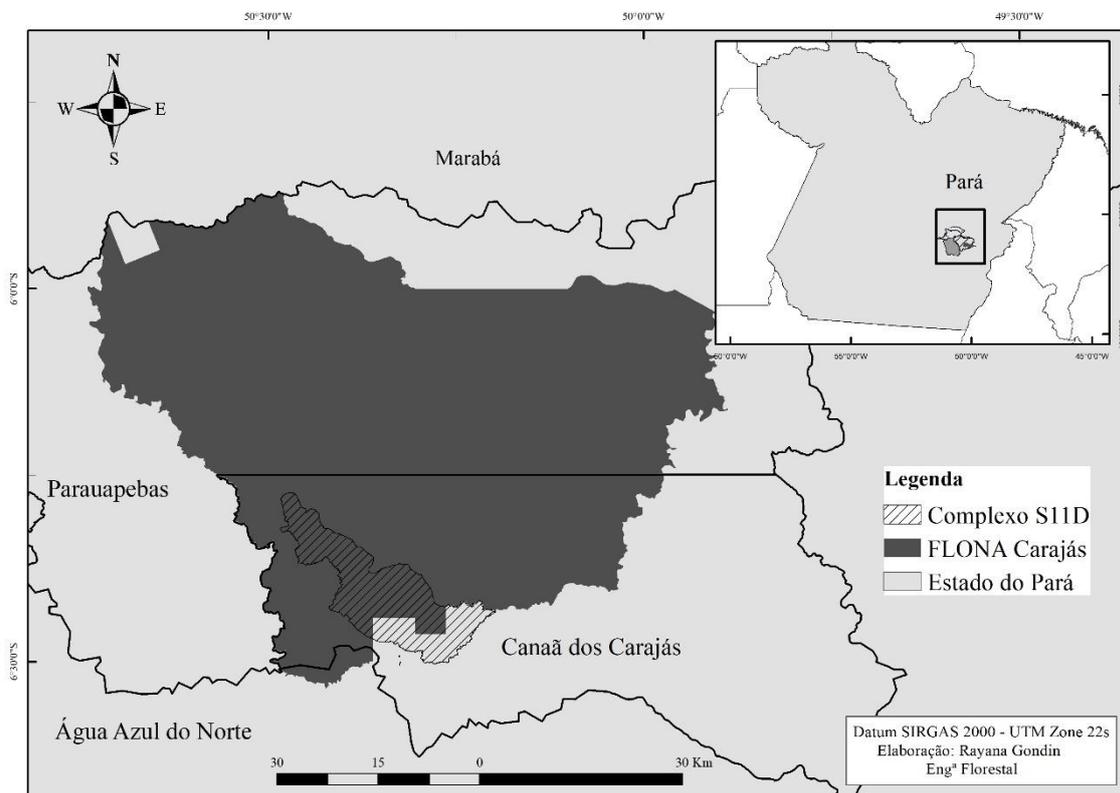
Fonte: Rayana Gondin.

O histórico de ocupação da região que compõem estas UCs está diretamente relacionado ao modelo de desenvolvimento estabelecido nas décadas de 70 e 80, e intimamente ligadas à descoberta e posterior exploração de grandes jazidas minerais, como a da Província Mineral de Carajás, ocorrida em 1967 (ICMBio, 2014). A administração dessas UCs é de responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), autarquia federal criada em 2007, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. A gestão de unidades de conservação já apresenta, por si só, diversos desafios; por sua vez, nas UCs que abrigam empreendimentos minerários, esses desafios tendem a ser ainda mais complexos.

Dentre as unidades que compõem o Mosaico de Carajás, a Floresta Nacional de Carajás (FLONACA) (figura 3) é considerada a mais conhecida do sudeste do Pará, pois em seu interior encontram-se diversos empreendimentos da empresa mineradora Vale, inclusive o Complexo Minerador Ferro Carajás (Serra Norte e Serra Sul), o maior complexo minerador de ferro do mundo (NUNES, 2007). Em Serra Norte está a maior mina de minério de ferro a céu aberto, descoberto em 1967 (VALE, 2018). Além deste, a FLONACA ainda comporta a Mina de Manganês do Azul, a já desativada Mina de Ouro

Igarapé-Bahia e a Mina de Granito, e outros projetos ainda em fase de estudos de viabilidade (MARTINS *et al*, 2012).

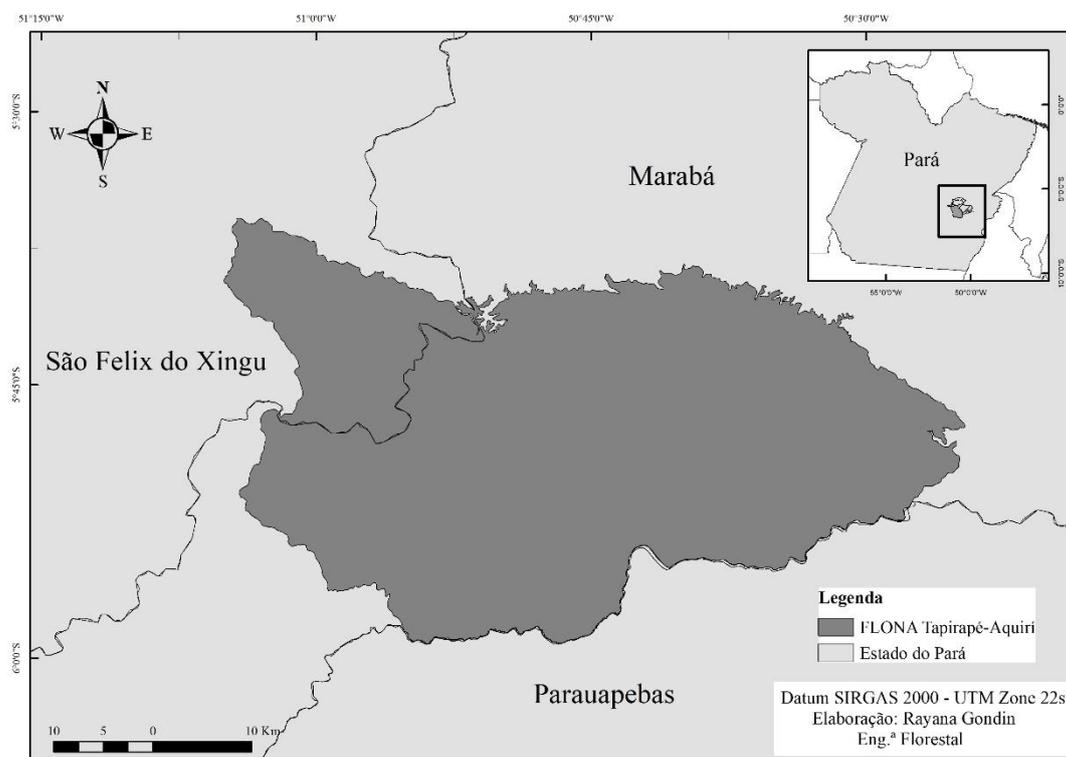
Figura 3. Localização da Floresta Nacional de Carajás (FLONACA), sudeste do Pará.



Fonte: Rayana Gondin.

Outra unidade de conservação do Mosaico de Carajás com atividade mineralógica em seu interior é a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (FLONATA). Esta área protegida abriga a mina Salobo, localizada no coração da FLONATA, município de Marabá/PA (figura 4) tal área é destinada a exploração de concentrado de cobre.

Figura 4. Localização da Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri (FLONATA), sudeste do Pará.



Fonte: Rayana Gondin.

Para implantação e expansão dos empreendimentos mineralógicos, áreas com floresta nativa, ricas em castanhais foram suprimidas gerando passivos ambientais vinculados as Licenças Ambientais (Licença Prévia, de Instalação e Operação) e Autorizações de Supressão Vegetal (ASV). A Instrução Normativa (IN) nº152 de 17 de janeiro de 2007, estabelece procedimentos para a obtenção de Autorização de Supressão de Vegetação para fins de pesquisa e lavra mineral para algumas FLONA's, entre estas estão a FLONATA e FLONACA. Está IN determina no art. 4º que: “A autorização para supressão de vegetação necessária à pesquisa e lavra mineral obedecerá ao disposto na legislação vigente relativa às Unidades de Conservação e seus respectivos planos de manejo” (BRASIL, 2007).

O Decreto 5.975, de 30 de novembro de 2006, em seu Art. 29 proíbe o corte de *B. excelsa* e sua exploração madeireira em florestas naturais, primitivas ou regeneradas. Entretanto em parágrafo único, deste mesmo decreto, destaca-se exceção:

Parágrafo Único -Não será permitida a supressão de vegetação ou intervenção na área de preservação permanente, exceto nos casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando não existir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto.

Por sua vez resolução CONAMA Nº 369, de 28 de março de 2006, em seu Art. 2º, inciso I, alínea c, estabelece que são de utilidade pública “as atividades de pesquisa e extração de substâncias minerais, outorgadas pela autoridade competente, exceto areia, argila, saibro e cascalho” (BRASIL, 2006).

Ante o exposto, respaldados por legislações vigentes grandes empreendimentos justificam e possuem autorização para suas atividades no interior de UCs apesar de impactarem habitats e organismos raros e endêmicos, além de afetarem as comunidades tradicionais, o solo, o ciclo hidrológico e demais serviços ecossistêmicos; e em especial neste caso a supressão de áreas ricas em castanhais.

Até o ano de 2014 os plantios compensatórios, oriundo de supressão de área por empreendimentos minerários no interior da FLONATA, eram executados em áreas desflorestadas existentes no interior da unidade; praças de sondagem (áreas que foram desflorestadas para prospecção mineral), regiões próximas as barragens de abastecimento e diques. As propriedades privadas localizadas na APA do Igarapé Gelado, zona de entorno à FLONATA, também foram utilizadas. Entretanto, com o esgotamento de áreas disponíveis para cumprimento das condicionantes no interior da unidade e principalmente pelo insucesso desses reflorestamentos em áreas do entorno, constatados por empresas terceirizadas através de relatórios de monitoramento que indicavam elevadas taxas de mortalidade, surgiu assim a necessidade de novas estratégias (SALOMÃO; SOUSA, 2016).

Ante o exposto, o ICMBio autorizou a utilização de áreas privadas, localizadas na região de entorno ao Mosaico de Carajás, para execução de plantios compensatório com espécies nativas. Tendo o ICMBio como órgão intermediador foram estabelecidas parcerias entre os empreendimentos minerários Salobo Metais e Complexo S11D Eliezer Batista, onde áreas das fazendas localizadas no limítrofe da FLONACA e pertencentes a VALE S.A foram disponibilizadas para a execução de plantios e desenvolvimento de pesquisas científicas sob a responsabilidade e acompanhamento da Salobo Metais, com anuência do ICMBio/FLONATA.

No sentido de se atender às questões legais, o ICMBio, por meio da FLONATA, pactuou com a Vale Salobo condicionante ambiental a ser cumprida com plantio prioritário de castanheira-do-brasil acompanhado de espécies heliófilas típicas, considerando uma área total de 265 ha, calculada com base no quantitativo estabelecido

para a ASV 05/2014. Uma equipe técnica externa, vinculadas ao Museu Paraense Emílio Goeldi, coordenada pelo Dr. Rafael P. Salomão, foi convidada para elaboração do projeto de restauração, acompanhamento da execução e monitoramento do desempenho das espécies (SALOMÃO, 2015).

A metodologia do preparo do plantio proposto pelo plano de restauração de Salomão, para os plantios 2017/2018 possuíam sequência de aplicações de fertilizantes durante as etapas de plantio (ver 4.3.3) e pós-plantio (ver 4.3.5) assim como procedimentos de aplicação de gel, conforme descreve-se na tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Recomendações de adubação e aplicação de gel propostas por etapas no plano de restauração proposto por Salomão (2015).

Procedimento	Etapas	Produto	Quantidade
Aplicação de hidrogel	Plantio	Hidrogel	5 g diluído em 2L de água (por cova)
Aplicação de fertilizante	Plantio	Superfosfato simples (na cova)	300 g
	Plantio	NPK 4-14-8	50 g
	90 dias após o plantio		100 g
	Plantio	Esterco bovino	1 pá (aproximadamente 2L)
Adubação suplementar	1 ano após o plantio	NPK 10-10-10	100 g
	30 dias após a 1ª aplicação		100 g
	60 dias após a 1ª aplicação		100 g
	1 ano após o plantio	FTE*	10g

* composto de micronutrientes.

Fonte: Rayana Gondin.

Em 2017, o ICMBio e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) estabeleceram uma parceria técnico-científica com a finalidade de avaliar tratamentos de preparo e adubação do plantio de *B. excelsa* alternativos ao protocolo proposto pelo plano de restauração de Salomão (2015).

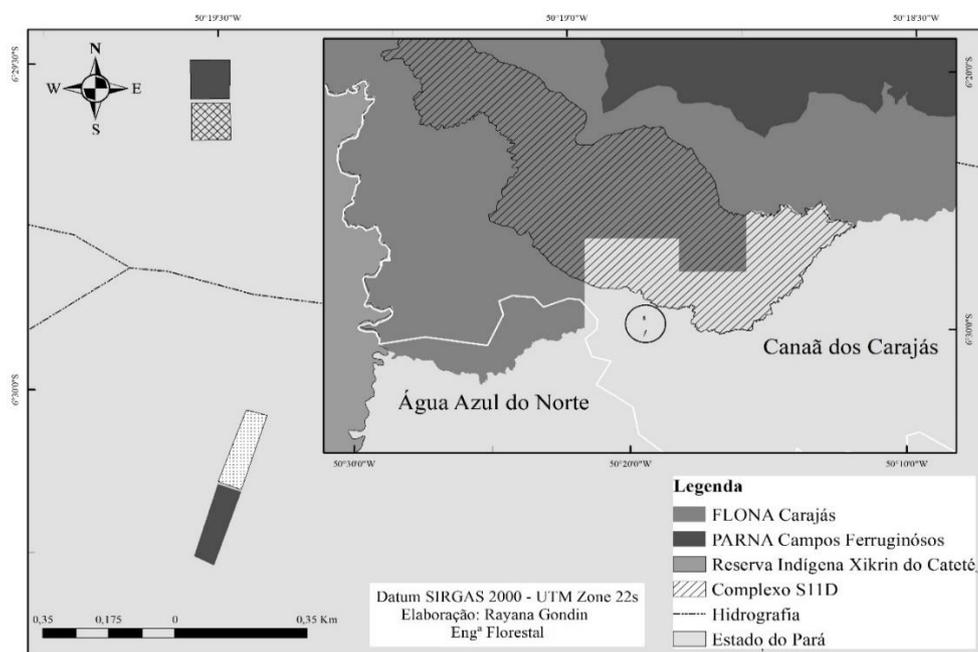
Sublinhamos que, por ausência de documentos públicos, este histórico foi apurado de forma empírica através de conversas informais entre a autora, funcionários do ICMBio, da empresa mineradora e terceirizadas. A autora foi estagiária da FLONATA entre abril de 2016 e junho de 2017 e trabalhou na empresa terceirizada responsável pela implantação do plano de restauração proposto por Salomão (2015) entre agosto de 2017 a abril de 2018.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição da Área de Estudos

A área de estudo está localizada na Fazenda Santa Rita da União (06°28'40,2" S / 050°18'40,5" W - altitude de 288 m), município de Canaã dos Carajás, sudeste paraense, região limítrofe ao Mosaico de Carajás (figura 5). A propriedade em que os tratamentos estão inseridos pertencem a mineradora VALE S.A. e compõem o Complexo S11D Eliezer Batista, encontra-se em domínios da bacia hidrográfica do Rio Itacaiúnas, afluente do Rio Tocantins.

Figura 5. Localização dos tratamentos experimentais de *B. excelsa*, Faz. Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará.



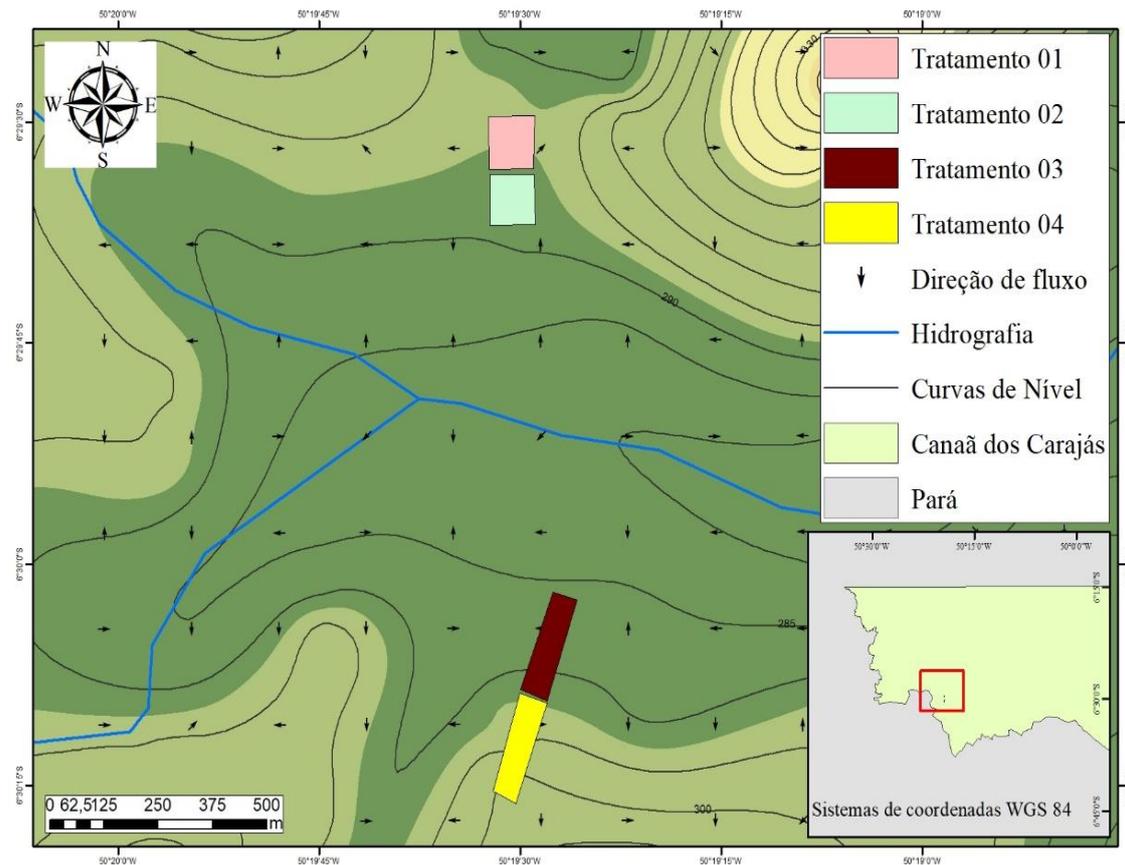
Fonte: Rayana Gondin.

A classificação do clima da Fazenda Santa Rita, conforme Alvarez *et al.* (2013) pertence a zona climática A, com um clima identificado como Am. Esta tipologia climática compreende 27,5% do território nacional, sendo assim o mais representativo. Por possuir distribuição ampla esta tipologia é caracterizada por pluviosidade que alterna entre mínima de 1.900 e máxima de 2.200 mm por ano, período de concentração de chuvas entre fevereiro e maio e variação sazonal de temperatura entre 25,8 e 29 ° C.

A partir dos dados meteorológicos de três estações meteorológicas (Mina, Usina e Pilha) mais próximas (distância média de 7 km da área de plantio), gerenciadas pela empresa mineradora de outubro de 2012 até dezembro de 2019, a pluviometria anual média foi de 1.966 ± 433 mm, com máxima de 2.877mm (2018) e mínima de 1.834mm (2015), Tendo em conta a série destes anos, o período mais seco (<60 mm) vai de junho a agosto e mais úmido (>180 mm) vai de novembro a março.

Na FLONACA, UC mais próxima a Fazenda Santa Rita, o relevo é do tipo montanhoso, com uma série de serras descontínuas e altitudes que variam entre 280 a 300 m, as principais elevações são denominadas como: Serra Norte, Serra Sul que constituem um conjunto de serras formado por diversos topos e vales (IBAMA, 2004). A área de entorno à FLONACA, região em que está inserida da Fazenda Santa Rita, o relevo se mostra mais plano (figura 6).

Figura 6. Caracterização da área dos tratamentos experimentais de *B. excelsa*, Faz. Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará. *Altitude entre 280 a 300 m. Curva de nível de 5m. Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).



Fonte: Rayana Gondin.

As tipologias vegetais de maior expressão são Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Densa e Campo Rupestre Ferruginoso (ICMBio, 2016b). As áreas de encostas possuem como características uma fitofisionomia mediana, com baixa densidade, o que permite elevada penetração de luz no seu interior da floresta, associada à alta presença de cipós (Floresta ombrófila aberta). Na região de platôs a floresta é mais densa, o que dificulta a penetração de luz, e por este motivo o sub-bosque é mais limpo. Os afloramentos rochosos de ferro, chamado genericamente de "canga" causam a interrupção das áreas de floresta constituindo os campos ferruginosos com domínio de vegetação rasteira (IBAMA, 2004).

Na Fazenda Santa Rita da União pode ser caracterizada como um Sistema de Vegetação Secundária consequência da intervenção humana pelo uso da terra para fins de pecuária causando a descaracterização da vegetação primária original. Descreve-se como uma área degradada pelo intenso processo de uso da terra, oligotrofia mineral do solo e compactação do solo o que dificultou os processos sucessionais naturais e impediu

a regeneração florestal espontânea. Nessa área, provavelmente, a degradação do solo foi causada pela ação conjunta de: 1) fogo antrópico, usado como estratégia de limpeza do pasto; 2) pisoteio do gado e 3) erosão do solo por ação da água na época das chuvas (IBGE, 2014).

Após aquisição por parte da empresa mineradora Vale S.A., houve o abandono da área (8 anos), que era dominada por pastagem, o que causou a permanência e estabelecimento de espécies exóticas (*Brachiaria* sp.; *Panicum maximum*; *Urochloa brizantha* etc.) e outras espécies herbáceas como: *Braccharis dracunculifolia* DC (Alecrim-do-campo), *Solanum lycocarpum* (Fruta-de-lobo), *Eupatorium laevigatum* (Mata-pasto) e *Sida glaziovii* (Malva-branca), dando origem a um ecossistema com vegetação secundária que está em processo sucessional natural lento, tendo em vista que após o período de abandono a pastagem encontrava-se dominante sobre as demais espécies. Para identificação destas espécies realizamos registros fotográficos e procedemos com envio das imagens para zootecnista especialista em pastagens da Universidade Federal Rural da Amazônia, que realizou a identificação das mesmas.

5.2 Desenho de plantio

O plantio experimental seguiu a maioria das especificações técnicas previamente determinadas pelo plano de restauração florestal proposto por Salomão (2015) para área planejada para reflorestamento (265 ha). Respeitando as etapas de pré-plantio, plantio e pós-plantio propostas por Salomão (2015), nesta plantação experimental foram delineados quatro tratamentos de 1 hectare cada um deles: 1 padrão seguindo as recomendações de Salomão (2015) e 3 com alguma técnica de preparo de solo e/ou adubação diferente ao primeiro (quadro 1). As especificações técnicas e diferenças entre os quatro tratamentos em relação a preparo do solo e adubação das mudas resumem-se no quadro 1 e espaçamento das mudas 12x12 metros para *B. excelsa* e 12x6 m para demais heliófitas.

Quadro 1. Descrição dos tratamentos (preparo do solo e cuidados do plantio) executados no plantio experimental, Fazenda de Santa Rita, Canaã dos Carajás/PA.

Tratamentos	Dimensões (m)	Descrição
Padrão (T00)	100x100	Preparo e tratamentos pós-plantios de acordo com plano de restauração de Salomão (2015);
Orgânico úmido (T01)		Tratamento pré e pós-plantio com uso de adubo orgânico em substituição da fertilização química mantendo frequência planejada de adubação com uso de hidrogel no plantio;
Orgânico Seco (T02)	50x200	Tratamento pré e pós-plantio com uso de adubo orgânico em substituição da fertilização química mantendo frequência planejada de adubação e sem hidrogel;
Seco (T03)		Preparo e tratamento pós-plantios de acordo com plano de restauração, mas sem uso de hidrogel no plantio.

Fonte: Rayana Gondin.

5.2.1 Produção de mudas

As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal de Carajás, localizado na célula fiscal de Carajás (6° 2'59.81"S, 50° 4'52.93"O). As sementes foram coletadas de matrizes de *B. excelsa* na região do mosaico de unidades de conservação conforme sugere-se na literatura (Scoles *et al.*, 2011, entre outros). Segundo Salomão (2015), para a fase de plantio as mudas de castanheira-do-brasil devem possuir idade mínima de 10 meses e altura média de 80 cm. O semeio foi realizado diretamente em sacos de polietileno, as mudas permaneceram em viveiro por mais de dois anos. No mês de setembro de 2017 as mudas foram transportadas para o viveiro de espera, localizado no Complexo S11D, em caminhão do tipo baú, onde permaneceram até o período de plantio que fora realizado em dezembro deste mesmo ano.

5.2.2 Pré-plantio

O preparo da área antes do plantio incluiu quatro etapas descritas a seguir:

- **Roço mecânico:** foi realizado para evitar a competição entre espécies vegetais indesejadas e as mudas que foram plantadas. Ao realizar essa atividade, buscou-se roçar o mais próximo ao solo, com o máximo de cuidado para não remover espécies em regeneração natural estabelecidas na área (figura 7A).

- **Controle químico:** consistiu na eliminação da vegetação invasora pós-emergente nas áreas destinadas ao plantio através de aplicação de produtos químicos. A aplicação de herbicida glifosato (proporção de 1/100), foi realizada de forma mecanizada por meio de trator agrícola com auxílio de implemento (pulverizador da marca Jacto, com tanque de 600 litros e barra de 12 metros semi-hidráulica). O controle químico foi executado cerca de 30 dias após o roço. (figura 7B).

- **Balizamento e Piquetamento:** realizada para delimitar o local de abertura das covas de plantio. Para a marcação foram utilizados fio de nylon para formar esquadros na área posteriormente procedendo com a marcação da distância entre as covas identificando-as com tutor de bambu para facilitar a identificação do local da cova. A marcação seguiu o dimensionamento 6x12m para heliófilas e 12x12m para castanha. As mudas de heliófilas não foram monitoradas neste trabalho (figura 7C), mas foram inseridas no plantio experimental por estarem contempladas no plano de restauração.

- **Coroamento base:** consistiu em uma capina manual, com uso de uma enxada, no ponto onde fora realizada a abertura das covas, em um raio maior que a da cova – de aproximadamente 50 cm (figura 7D).

Figura 7. Etapas de pré-plantio, Fazenda Santa Rita da União, Canãa dos Carajás/PA.



* A- Aspecto da área após a realização do roço mecanizado; B- Realização da capina química com aplicação de herbicida; C- Balizamento das linhas e marcação dos piquetes e D- coroamento base para limpeza do local de abertura das covas. Fonte: Rayana Gondin (2017).

5.2.3 Plantio

O plantio das mudas de *B. excelsa* incluiu quatro etapas descritas a seguir:

- **Abertura de cova:** Esta operação consistiu na abertura das covas de plantio com auxílio de uma broca perfuratriz (manual), acoplada a uma moto-coveadora. A abertura de covas foi realizada com uso do perfurador de solo Toyama TEA52. As dimensões das covas são de 30x30x40cm (figura 8A).
- **Adubação de plantio:** A adubação de plantio foi realizada adicionando os insumos indicados para cada tratamento (quadro 1). Para os tratamentos 00 e 03, a medida de adubo químico foi tomada com uso de uma balança. Para o adubo orgânico (tratamentos 1 e 2), foi adquirido um medidor de 1 litro (fabricado em alumínio), e adicionado na mesma quantidade em todas as covas de acordo com o tratamento.

Após o procedimento de medição, parte do solo retirado durante a abertura retornou para a cova e foi misturado com os adubos. Essa mistura é realizada com auxílio

de enxadecos. Após a mistura, pressiona-se o solo com auxílio de ferramenta, objetivando eliminar bolsas de ar que poderiam ocasionar o rebaixamento da muda após o plantio (figura 8B).

- Aplicação de hidrogel: Para aplicação de hidrogel (tratamentos 00 e 01, quadro 1) utilizou-se um recipiente com capacidade de até 1.000 L de água. Conforme indicado no projeto de restauração (Salomão, 2015), foi preparada uma solução de 5 g de hidrogel para cada 2 L de água. (figura 8C).

- Plantio: para a execução do plantio, transportou-se as mudas do viveiro temporário até as covas. Os sacos de polietileno foram retirados das mudas e em seguida o solo em volta foi misturado com o adubo e inserida na cova até preenchê-la (figura 8D).

Figura 8. Realização das etapas de plantio. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás/PA.

A- Abertura da cova de forma semimecanizada; B- Aplicação dos fertilizantes ao lado da cova; C- Aplicação de hidrogel nas covas e D- Plantio de muda.



Fonte: Rayana Gondin (2017).

Características das mudas

Plantamos um total de 337 mudas distribuídas em: tratamento 00 (80 mudas), tratamento 01 (80 mudas) tratamento 02 (87 mudas) e tratamento 03 (90 mudas). Todas

as áreas foram plantadas entre os dias 15 e 29 de dezembro de 2017. Os tratamentos 0 e 1 estão localizados no bloco 3 B e possuem dimensões de 100 X 100 metros, já os tratamentos 2 e 3 estão localizados no bloco 3 C e possuem dimensões de 50 X 200 metros, a distância entre esses dois blocos (3B e 3C) é de 800 m.

Para instalação do experimento não havia áreas contínuas disponíveis, por este motivo os tratamentos foram distribuídos nos dois blocos. Identificamos todas as mudas com placa metálica presa ao caule com linha de nylon (0.40).

Medimos altura e Diâmetro Altura do Solo (DAS) das mudas plantadas com uso de fita métrica e paquímetro. A média das mudas plantadas variou conforme tratamento (de 54 até 70 cm de altura), máxima de 103 cm e mínima de 37 cm (tabela 2) A altura média das mudas utilizadas está próxima a sugerida para reflorestamentos (> 70 cm), (ZUIDEMA; BOOT, 2002; SCOLES, KLEIN, GRIBEL, 2011, 2014). O critério de escolhas das mudas priorizou a ausência de sintomas de deficiência nutricional, presença haste única, aspecto sadio (sem ataque de pragas e/ou doenças), sistema radicular bem formado (sem enovelamento), raízes ativas (raízes brancas) e boa formação das folhas.

Tabela 2. Estatística descritivas da Altura e diâmetro altura do solo (DAS) para as mudas plantadas nos quatro tratamentos experimentais, Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.

Tratamentos	Altura das mudas de <i>B. excelsa</i>			DAS das mudas de <i>B. excelsa</i>			Número de folhas das mudas de <i>B. excelsa</i>		
	Média ± DP (cm)	Máxima (cm)	Mínima (cm)	Média ± DP (mm)	Máxima (mm)	Mínima (mm)	Média ± DP (und)	Máxima (und)	Mínima (und)
Padrão (T00)	56,2±9,4	77,0	37,0	4,2±0,9	7,0	2,0	9±3	18	3
Orgânico Úmido (T01)	54,1±8,3	82,0	39,0	3,7±1,0	7,0	2,0	9±13	122	2
Orgânico Seco (T02)	70,3±10,4	98,0	38,0	5,6±1,2	9,0	2,0	7±4	22	1
Seco (T03)	63,2±9,7	103,0	39,0	4,7±1,4	9,0	3,0	9±3	17	1

*UND – unidade

Fonte: Rayana Gondin

5.2.4 Pós-plantio

As atividades de monitoramento e controle pós-plantio constaram de cinco etapas descritas a seguir

- Tutoramento: para esta atividade utilizou-se piquetes de madeira maciça com 1,20 m de altura. As varas foram então fixadas ao lado das mudas onde procedeu-se com uma amarração em oito com barbante de algodão, unindo o tutor à muda.

- **Controle de formigas:** O controle de formigas cortadeiras (geralmente são saúvas do gênero *Ata*) é fundamental para reflorestamentos, pois elas atacam de forma intensa e constantemente as plantas em qualquer fase do seu desenvolvimento, cortando suas folhas, ramos, brotos, flores, etc. Por serem fatores limitantes ao desenvolvimento das mudas, uma vez que seus ataques podem causar a morte, redução de crescimento e diminuição da resistência, seu combate está previsto pelo plano de restauração (Salomão, 2015). O controle foi executado utilizando o produto Inseticida Granulado LANDREX PLUS que possui como princípio ativo o Fipronil. As iscas formicidas foram utilizadas diretamente da embalagem, distribuindo-se os grânulos ao longo dos carreiros e próximos aos olheiros dos formigueiros que foram encontrados durante a execução de todas as etapas.

- **Coroamento de manutenção:** O coroamento consiste em uma capina manual, com uso de uma enxada, para a eliminação das plantas que competem pelo espaço e recursos edafológicos na área circundante a muda viva. O coroamento é executado em um raio maior que a cova (> 50 cm) e é uma etapa indispensável para a realização do monitoramento das mudas. De modo geral, o plano de restauração propõe que os coroamentos sejam realizados trimestralmente.

- **Roço de manutenção:** O roço semimecanizado é realizado com o objetivo de eliminar plantas forrageiras ou gramíneas invasoras. Ao diminuir a mato-competição, as mudas em campo passam a ter melhores condições de acesso a água e nutrientes do solo, esperando, assim um melhor desenvolvimento. De modo geral, o plano de restauração propõe que os roços sejam realizados trimestralmente.

- **Adubação de Cobertura:** é uma estratégia comum para manter o nível de nutrientes no solo durante o desenvolvimento das espécies e consiste na fertilização complementar das mudas plantadas. A adubação de manutenção segue as especificações contidas no quadro 1.

5.3 Coleta de dados

Para facilitar a coleta de dados em campo, utilizamos uma planilha matriz com o seguinte conteúdo: o código da planta (informação contida na placa), altura (cm), diâmetro (mm), quantidade de folhas e aspectos gerais.

5.3.1 Pluviometria

Os dados pluviométricos foram coletados na estação meteorológica mais próxima ao experimento (Estação Pilha) e pertence a empresa mineradora, está localizada a 6 km do ponto mais distante aos tratamentos (latitude 6°26'46.86"S, longitude 50°18'54.46"O). Os dados foram cedidos para avaliação deste experimento pelo Setor de Meio Ambiente do Complexo S11D Eliezer Batista.

5.3.2 Amostragem do solo

Realizamos coletas de amostras de solo por parcela em duas profundidades, de 0-20 cm e de 20-40 cm, cada amostra representa um estrato e foram analisadas para quantificação de atributos físicos e químicos. A finalidade desta amostragem é identificar se há diferenças (físicas e químicas) na composição do solo em cada tratamento e assim descartar ou não as características do solo como fator de influência no desenvolvimento silviculturais das plantas.

Coletamos as amostras seguindo um caminhamento em ziguezague em cada tratamento. Cada amostra composta foi formada por seis amostras simples. As amostras foram extraídas nas profundidades mencionadas, com uso de um trado do tipo sonda (modelo S-60) e auxílio de marreta de ferro (2 kg) para penetração da sonda. As amostras simples foram misturadas com ajuda de balde para homogeneização formando assim uma amostra composta por tratamento. Em seguida foram retiradas uma porção de terra de aproximadamente 500 gramas por tratamento e acondicionadas em sacos de plástico e enviados ao laboratório para análise de fertilidade e granulometria (EMBRAPA, 2017).

As variáveis químicas analisadas foram: pH em água, matéria orgânica (M.O.), macronutrientes (cálcio, potássio, fósforo, magnésio), micronutrientes (ferro, zinco, cobre e manganês) e alumínio trocável. Como principais indicadores da fertilidade do solo foi usada a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e a Saturação por bases (V %). A CTC é calculada somando as concentrações de cátions trocáveis no solo e V% é a proporção de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH 7 (EMBRAPA, 2017).

As amostras foram analisadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental sediado em Belém (PA). A interpretação da fertilidade de solo seguiu os parâmetros sugeridos por Cravo *et al.* (2007) e Pedroso-Neto *et al.* (2012). As amostras de solos foram coletadas após o plantio das mudas, por este motivo a análise desses parâmetros fora considerada para escolha da área de plantio e assim compõem os resultados deste trabalho.

5.3.3 Variáveis dendrométricas

As variáveis dendrométricas foram mensuradas trimestralmente, por um período de dois anos (janeiro de 2018 a janeiro de 2020). As medidas realizadas foram: diâmetro ao nível do solo ou diâmetro basal (DAS) e altura total (ALT). Também mensuramos o número das folhas, assim como se haviam ataque as folhas por agentes biológicos (herbivoria).

5.4 Análise dos Dados

Calculou-se o índice de sobrevivência das mudas por meio do percentual entre número de plantas sobreviventes em relação ao número total de mudas plantadas. Para variável categórica analisamos as diferenças entre tratamentos através da análise de sobrevivência de Kaplan-Meier (teste de Log-Rank χ^2) e teste Qui-quadrado (χ^2) respetivamente. Calculamos a taxa de herbivoria foliar por meio da quantificação das observações da presença herbivoria durante as coletas.

Avaliamos o desempenho das mudas ao longo dos dois anos de monitoramento através de uso de indicadores de crescimento dendrométrico: Incremento Corrente Anual em altura (ICA_h), Incremento Corrente Anual em diâmetro (ICA_d). O ICA_h, e ICA_d foram obtidos a partir da diferença entre as medições finais e iniciais para cada ano do monitoramento. Além disso, construiu-se gráficos para acompanhar o crescimento das mudas por período de monitoramento (três meses) e variável estudada. Comparamos os incrementos das mudas (ICA_h, ICA_d) nos quatro tratamentos com testes de comparação de médias (análise da variância ou Kruskal-Wallis). O incremento das folhas foi determinado pelas diferenças entre as quantidades médias observadas nos períodos final e inicial do monitoramento. Também foram anotadas as observações direta e indireta de herbivoria como corte/mordida de folha e rastros (pegadas, excrementos, caminhos, etc.).

Para todas as variáveis quantitativas analisadas, antes de aplicação de testes estatísticos, foi verificada a normalidade das amostras com uso do teste de Shapiro-Wilk (RAZALI; WAH, 2011). Para descrição e análise estatísticas foram usados dois Softwares: Paleontological Statistic (PAST, versão 2.6) e Excel Microsoft (Versão 2013).

6. RESULTADOS

6.1 Propriedades físico-químicas do solo

De acordo com a análise de textura, o solo dos quatro tratamentos de plantio possui textura franco arenosa pelos percentuais de areia, silte e argila observados (tabela 3). A tabela 4 resume os resultados quantitativos dos atributos físico-químicos das análises de solo entre os tratamentos (T00, T01, T02 e T03).

Tabela 3. Textura do solo por tratamento. Plantio experimental de *B. excelsa*. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).

Tratamento*	% Areia	% Silte	% Argila	Classificação
T00	57,0	28,1	15,0	Franco-Arenosa
T01	60,2	25,9	14,0	Franco-Arenosa
T02	62,7	24,3	13,0	Franco-Arenosa
T03	62,3	22,8	15,0	Franco-Arenosa

* Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

Fonte: Rayana Gondin

Tabela 4. Propriedade químicas do solo (0-40 cm) por tratamento e atributo. Plantio experimental de *B. excelsa*. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).

Atributos	Unidade	Prof.	T 00	T 01	T 02	T 03	Interpretação de solos*
Matéria Orgânica	g/Kg	0-20	24,16	26,56	12,74	36,57	Muito bom (>7,0)
		20-40	8,91	16,39	8,28	11,09	
pH	0-14	0-20	6,27 Acidez fraca	5,6 Acidez média	5,44 Acidez média	5,47 Acidez média	Bom (5,5-6); Alta (6,1-7)
		20-40	6,46 Acidez fraca	5,7 Acidez média	5,67 Acidez média	5,75 Acidez média	
CTC	cmol/dm ³	0-20	7,9	9,03	7,91	7,57	Médio (4,31-8,6)
		20-40	5,22	5,5	4,7	5,38	
Acidez potencial (H +Al)	cmol/dm ³	0-20	3,34	4,54	4,69	3,75	Baixo (<2,51); Médio (2,51-5)
		20-40	1,65	2,81	2,29	2,36	
Saturação por Bases (V%)	%	0-20	57,96	49,76	40,75	50,49	Médio (40-60%), Alto (>60%)
		20-40	68,37	48,84	51,34	56,1	
Potássio (K)	mg/dm ³	0-20	300	169	134	148	Alto (61-90), Muito Alto (>90)
		20-40	289	138	72	134	
Fósforo (P)	mg/dm ³	0-20	15	7	6	6	Baixo (< 10), Médio (11-18)
		20-40	6	6	3	4	
Nitrogênio (N)	%	0-20	0,12	0,14	0,12	0,11	**
		20-40	0,06	0,08	0,06	0,07	
Cálcio (Ca)	cmol/dm ³	0-20	2,7	3	2	2,5	Médio (1,6-4,5)
		20-40	2	1,7	1,7	2	
Ca + Mg	cmol/dm ³	0-20	3,8	4	2,9	3,4	Médio (2,1-6)
		20-40	2,8	2,3	2,2	2,7	
Al	cmol/dm ³	0-20	0	0,1	0,2	0,1	Baixo (<0,02)
		20-40	0	0,1	0,1	0,1	

*Classificação de solo a partir de CRAVO *et al.* (2007), PEDROSO-NETO *et al.* (2012) considerando os valores recomendados dos atributos em solos arenosos.

** Valores registrados em % pelo laboratório, sem possibilidade de interpretação.

*** Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

Fonte: Rayana Gondin

Em geral, podemos verificar que os quatro tratamentos possuem elevada fertilidade, pois são ricos em matéria orgânica, com elevados níveis de CTC, saturação por Bases média (40-60 %), altas concentrações de cálcio, potássio e micronutrientes (Fe, Zn, Cu e Mn), baixa concentração de alumínio e pouca acidez (pH > 5,5) (tabelas 4 e 5). A única exceção de fertilidade é a baixa concentração de fósforo (macronutriente) nos quatro tratamentos, a exceção dos primeiros 20 cm do tratamento padrão (T00) (tabela 4). Destacamos a elevadíssima concentração de potássio nos tratamentos padrão (T00) e orgânico úmido (T01), tendo em média 3 vezes e 1,5 maior respectivamente, que nos

outros dois tratamentos (tabela 4). No caso dos micronutrientes (tabela 5), o destaque é para os altos teores de Ferro (Fe) e Manganês (Mn), que chega a ser 14 e 8,5 vezes, respectivamente, maior do que o valor dado por Cravo *et al* (2007) como referência de alta disponibilidade destes dois micronutrientes.

Tabela 5. Resultado e interpretação da análise de solo para micronutrientes dos quatro tratamentos experimento de *B. excelsa*, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.

Trat.	Prof. (cm)	Fe	Disp.	Zn	Disp.	Cu	Disp.	Mn	Disp.
		(mg/kg)							
T 00	0-20	605,6	Alta (>45)	2,9	Alta >2,2	5,6	Alta (>1,8)	64,4	Alta (>12)
	20-40	277,2		1,1	Média (0,9-2,2)	4,9		39,9	
T 01	0-20	549,8		1,7		Média (0,9-2,2)		4,8	
	20-40	387,5		0,9	4,4			39,9	
T 02	0-20	645,3		2	Baixa (>0,9)	4,8		103,5	
	20-40	345,6		0,6		4,6		48,1	
T 03	0-20	632,1		1,6	Média (0,9-2,2)	7,1		111,5	
	20-40	393,8		1,1		6,1		77,9	

*Classificação de solo a partir de CRAVO *et al.* (2007), PEDROSO-NETO *et al.* (2012) considerando os valores recomendados de micronutrientes em solos arenosos.

Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

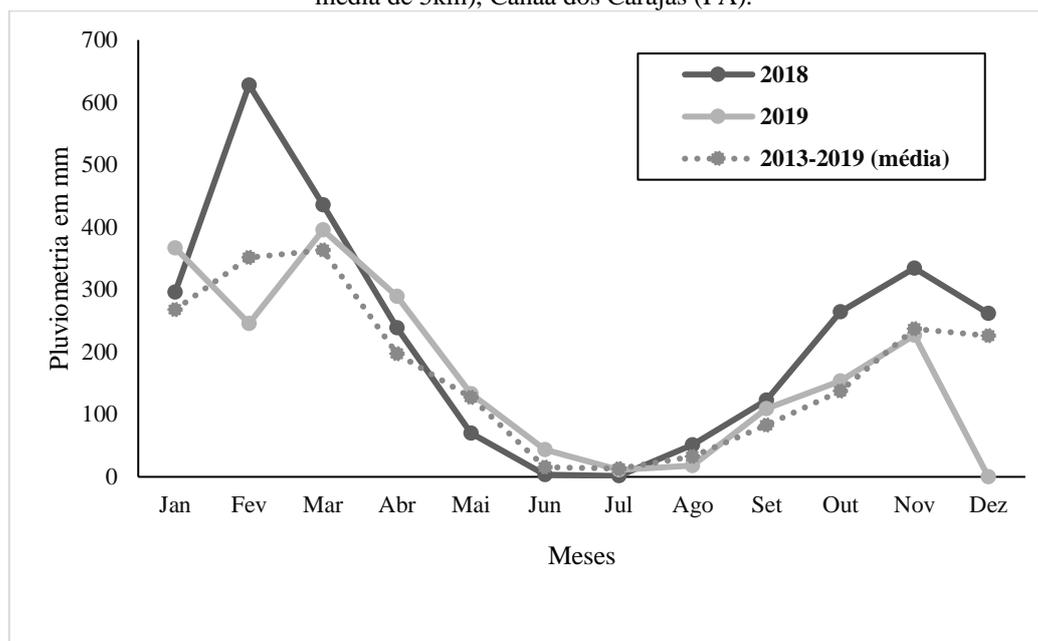
* Trat. – Tratamento. Prof. – Profundidade. Disp. – Disponibilidade.

Fonte: Rayana Gondin

6.2 Pluviometria

Na Figura 09 registram-se a pluviometria mensal durante os anos de monitoramento do plantio na estação mais próxima ao plantio experimental (Estação Pilha). Destacam-se como meses mais chuvosos os compreendidos entre dezembro e abril. Em contraste, os mais secos (< 60 mm) foram de julho a setembro. O primeiro ano da plantação (2018) teve precipitação acumulada (2.709 mm) superior à média, que foi de 2.051,4 mm (31% a mais), entretanto em 2019 (2.004,5 mm) foi praticamente igual a média entre 2013 e 2019.

Figura 9. Dados pluviométricos da estação meteorológica mais próxima aos experimentos (Estação Pilha, média de 5km), Canaã dos Carajás (PA).



*Para o mês de dezembro de 2019 só foram cedidos dados coletados até o dia 04 deste mês.

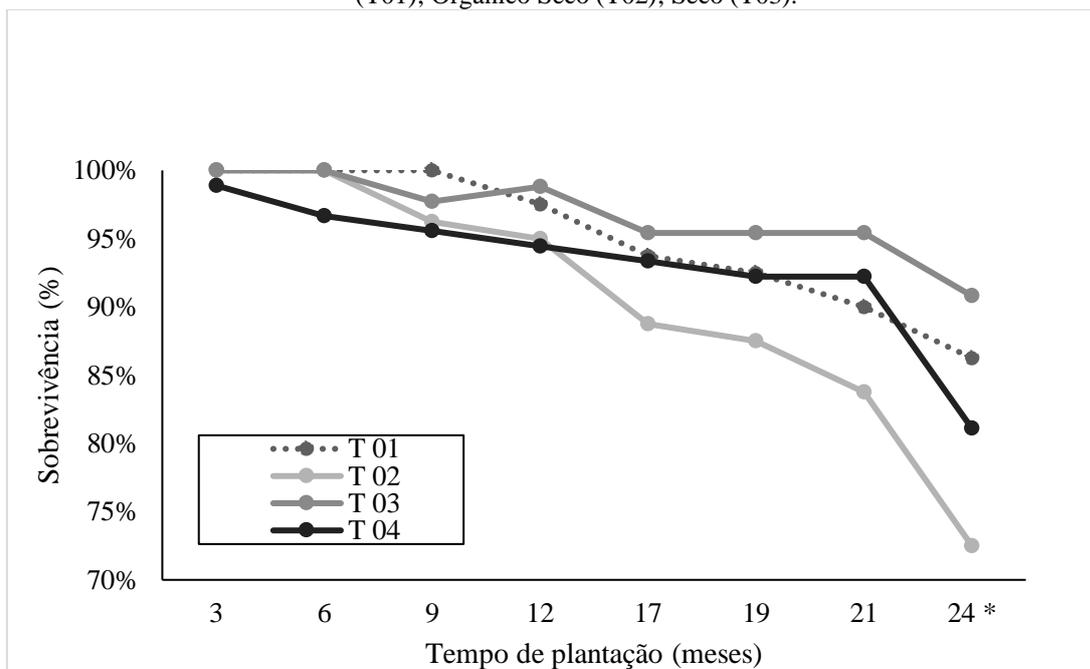
Fonte: Rayana Gondin

6.3 Sobrevivência

Das 337 mudas de *B. excelsa* plantadas (tabela 2) apenas 58 (17,2%) morreram ao final dos 24 meses de monitoramento, gerando assim um índice de sobrevivência total de 82,79%.

A sobrevivência das mudas por tratamento ao final do monitoramento foi de T00= 86,3%, T01= 72,5%, T02= 90,8% e T03= 82,8% (figura 10). A diferença dos índices de sobrevivência entre os tratamentos foi significativa apenas no 24º mês (Teste log rank $\text{Chi}^2= 4,4322$, $p = 0,037$). Quando comparados por pares, diferenças entre os tratamentos foram confirmadas somente entre tratamento padrão (T01) e orgânico seco (T02), sendo menor significativamente o T01 (Shapiro-Wilk $p = 0,00213$).

Figura 10. Percentual de sobrevivências das mudas de *B. excelsa* ao longo do período de monitoramento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

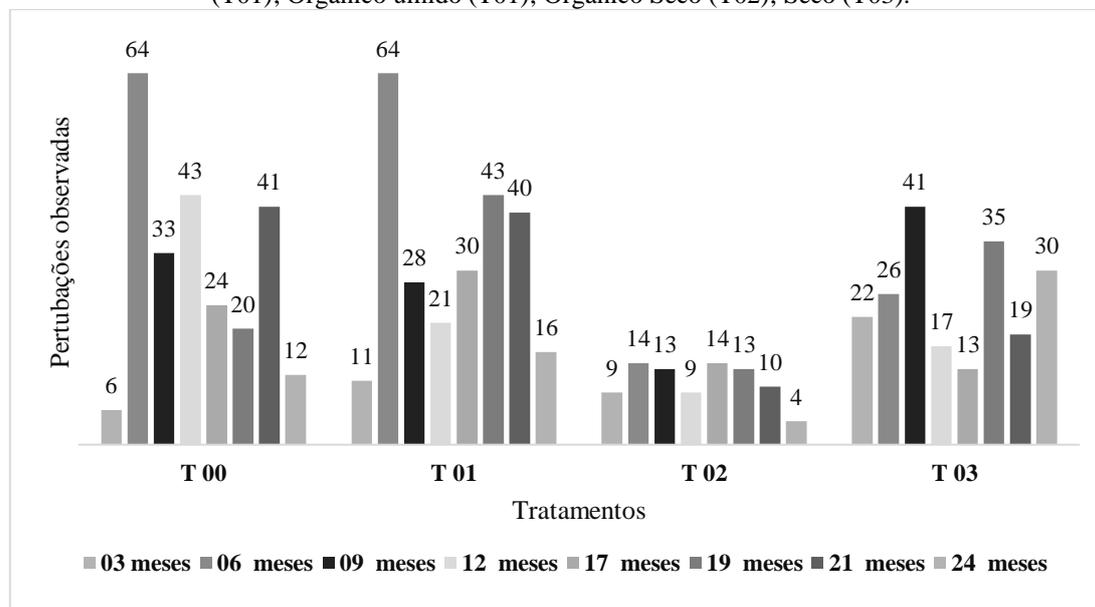


* Diferença significativa entre os quatro tratamentos observada no 24º mês pelo teste log rank χ^2 ($p < 0.05$).

Fonte: Rayana Gondin

Foram observados 785 eventos de perturbação às mudas (figura 11), onde os maiores índices foram verificados no 6º, 9º, 19º e 21º mês para ambos períodos coincidentes com os meses de julho e outubro durante os dois anos de monitoramento (2018 e 2019).

Figura 11. Quantitativo total das perturbações ocorridas às mudas de *B. excelsa* observadas ao longo do período de monitoramento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).



Fonte: Rayana Gondin

A principal causa de perturbação das mudas identificada foi a ocorrência de herbivoria por agentes biológicos, principalmente antas (*Tapirus terrestris*). A quantidade total dos eventos de predação é superior ao quantitativos de mudas plantadas no experimento, indicando que a herbivoria é recorrente em alguns indivíduos.

Na análise de herbivoria por agente biológico é possível observar que ao longo dos meses houve um crescimento no quantitativo de mudas que sofreram danos pela primeira vez. Destaca-se que ao fim do primeiro ano os tratamentos padrão (T00, 98,8%) e orgânico úmido (T01, 85,0%) foram os mais atacados, uma incidência superior que nos outros dois tratamentos: orgânico seco (T02, 56,7%) e seco (T03, 56,3%). Cabe ressaltar que as partes das mudas de *B. excelsa* que eram atacadas correspondem folhas e galhos jovens localizados na região apical (figura 12).

Figura 12. Muda de *B. excelsa* com brotos terminais danificados por animais silvestres. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

6.4 Desenvolvimento das mudas

As análises comparativas do crescimento em altura, diâmetro e número de folhas das mudas de *B. excelsa* foi realizada com as 225 (67,0%) plantas sobreviventes que ao final dos 24 meses apresentaram crescimento maior ou igual a zero, com independência

se apresentaram ou não sinais de perturbação ou rebrotamentos ao longo do monitoramento. O resumo dos incrementos calculados é registrado na tabela 6.

Tabela 6. Crescimento das mudas de *B. excelsa* por tratamento após 24 meses, plantio experimental Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).

	ICA em altura (cm)			ICA em diâmetro (mm)			ICA das folhas		
	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.
T 00	5,8 ± 6,9 ^a	29,5	0,0	13,7 ± 3,4 ^a	23,49	7,4	11 ± 5 ^a	25	2
T 01	6,7 ± 9,2 ^a	40,0	0,0	10,4 ± 3,4 ^b	23	5,0	9 ± 5 ^b	26	1
T 02	19,5 ± 19,8 ^b	74,0	0,0	14,0 ± 6,1 ^a	36	7,0	16 ± 11 ^c	66	1
T 03	18,7 ± 18,2 ^b	80,0	0,0	14,0 ± 5,6 ^a	37,36	6,5	14 ± 9 ^c	62	0

Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). DP-Desvio Padrão. Ab Letras diferentes (a, b) indicam diferença significativa indicada pelo valor de $p < 0,05$ (teste Kruskal-Wallis, e provas post hoc U de Mann-Whitney).

Fonte: Rayana Gondin

Para comparação entre as médias dos quatro tratamentos foram aplicados testes não paramétricos (teste de Kruskal-Wallis e post hoc U de Mann-Whitney), pois as variáveis de estudo não apresentaram normalidade amostral. O tratamento orgânico seco (T02) obteve melhor desempenho para todos os parâmetros avaliados, com diferenças significativas entre os tratamentos após 24 meses de monitoramento.

6.4.1 Altura

Para o parâmetro de crescimento em altura ICA_h, o tratamento orgânico seco (T02) apresentou crescimento significativamente maior (log rank $\text{Chi}^2 = 31,7$, $p < 0,0001$) no primeiro ano de monitoramento. Entretanto quando analisado o incremento no 2º ano verificou-se que os dados não diferem estatisticamente (log rank $\text{Chi}^2 = 6,7$, $p = 0,073$) indicando crescimento similar entre os tratamentos. Se consideramos, o período total de 24 meses, os tratamentos secos (T02 e T03) tiveram crescimento significativamente maiores (Kruskal-Wallis, $p < 0,0001$) que os dois tratamentos com hidrogel (T01 e T00). As diferenças entre T00-T01 e T02-T03 não foi significativa (figura 13). Em termos de

valores, o tratamento orgânico seco (T02) foi o que teve maior crescimento e o tratamento padrão (T00) o menor incremento (tabela 7, figura 13).

Tabela 7. Crescimento em altura (cm) das mudas de *B. excelsa* por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).

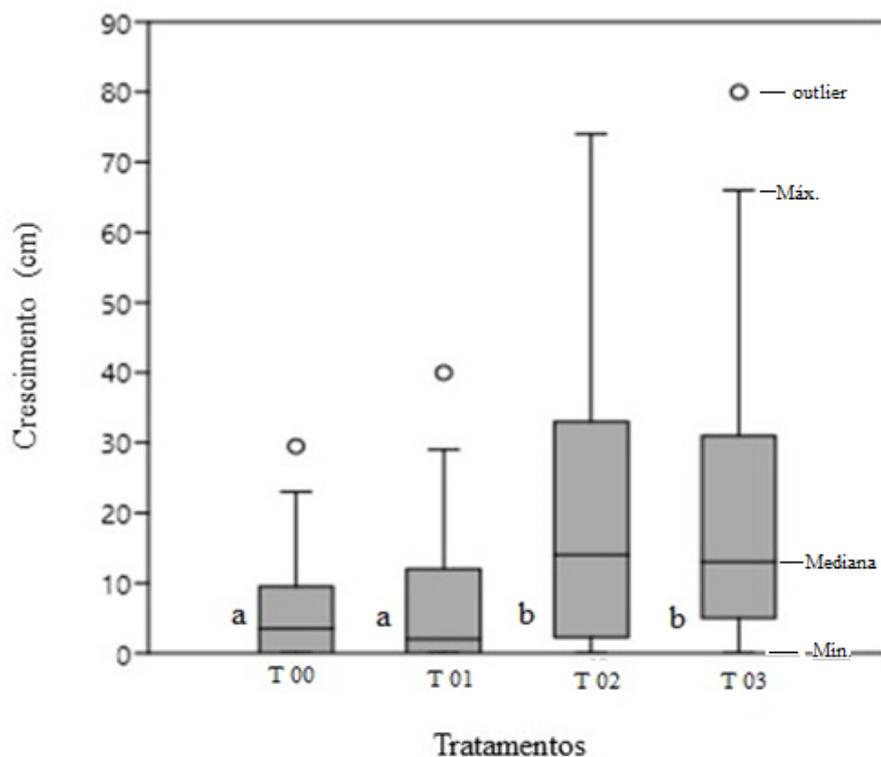
*	ICA ^h (1º ano)			ICA ^h (2º ano)			ICT ^h		
	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.
T 00	3,2 ± 4,7 ^a	17,5	0	8,6 ± 9,2 ^a	40,0	0,0	5,8 ± 6,9 ^a	29,5	0
T 01	5,4 ± 8,9 ^a	46,5	0	5,9 ± 7,5 ^{ab}	25,0	0,0	6,7 ± 9,2 ^a	40,0	0
T 02	10,9 ± 11,9 ^b	47,5	0	12,8 ± 13,6 ^{ab}	51,0	0,0	19,5 ± 19,8 ^b	74,0	0
T 03	8,9 ± 8,0 ^b	40,5	0	12,7 ± 16,5 ^a	67,0	0	18,7 ± 18,2 ^b	80,0	0

* Tratamentos: padrão (T00); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

**DP- Desvio Padrão. IMT_h- Incremento Corrente em Altura. Letras diferentes (^a,^b) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos (p < 0,05).

Fonte: Rayana Gondin

Figura 13. Crescimento médio em altura (cm) do plantio experimental de *B. excelsa* após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Tratamentos: padrão (T00); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (a, b) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos (p < 0,05).



*Máx. = altura máxima; Mín. = altura mínima; Outlier= valores discrepantes.

Fonte: Rayana Gondin

6.4.2 Diâmetro a Altura do Solo

A variável diâmetro apresentou comportamento inverso ao observado no incremento em altura. Para incremento em diâmetro, no primeiro ano de monitoramento não foi observado diferença significativa entre os tratamentos (Kruskal-Wallis $p = 0,56$), ao contrário do 2º ano de monitoramento que registrou diferenças significativas entre os tratamentos (Kruskal-Wallis $p < 0,0001$) conforme tabela 08. Após comparação por pares, as diferenças somente foram confirmadas para o tratamento padrão (T01) que apresentou crescimento em diâmetro significativamente menor aos outros três.

O tratamento orgânico seco (T02) obteve melhores resultados de desenvolvimento em diâmetro numericamente (figura 14) seguidos pelos tratamentos seco (T03), padrão (T00) e orgânico úmido (T01). As únicas diferenças significativas registradas ($p < 0,0001$) após 24 meses foram entre tratamento padrão (T01) e os demais tratamentos (tabela 8, figura 14).

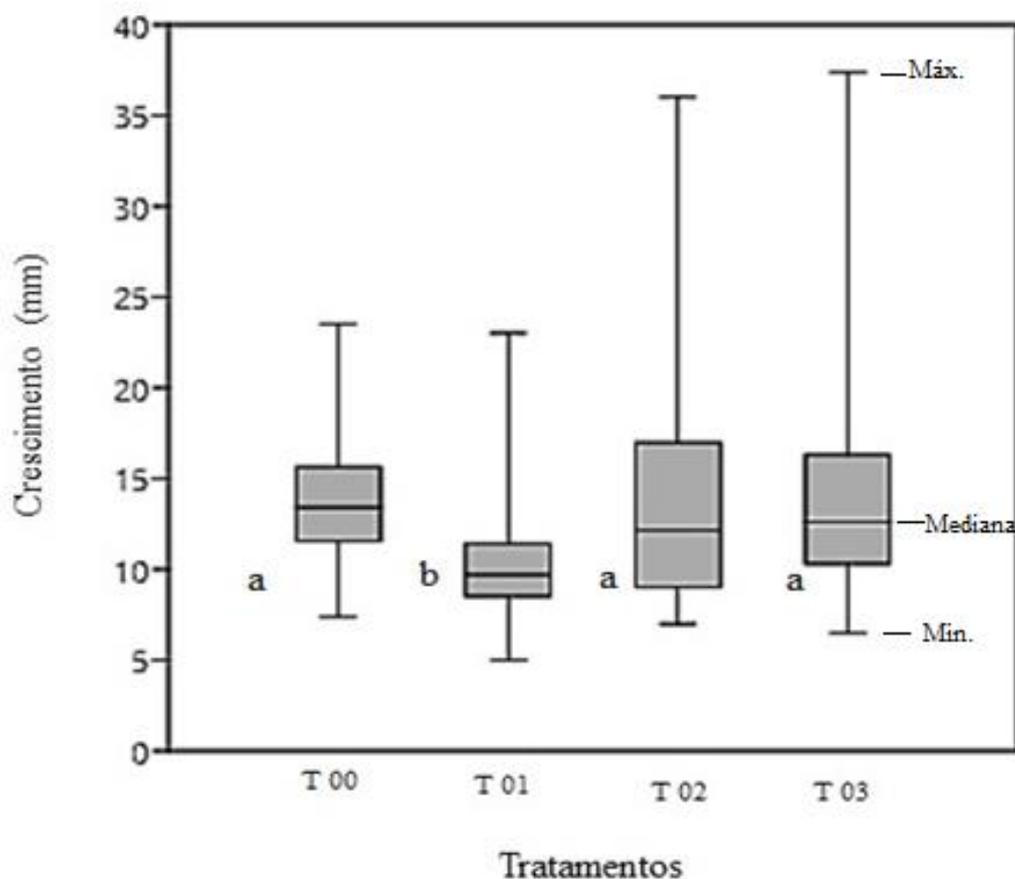
Tabela 8. Crescimento em diâmetro (mm) das mudas de *B. excelsa* por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás.

*	ICA _d (1º ano)			ICA _d (2º ano)			IMT _d		
	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.
T 00	7,1 ± 2,2 ^a	12,3	0	6,3 ± 4,0 ^a	17,2	0	13,7 ± 3,4 ^a	23,5	7,4
T 01	7,1 ± 1,3 ^a	9,83	3,73	3,5 ± 3,6 ^b	15	0	10,4 ± 3,4 ^b	23,0	5
T 02	7,3 ± 2,5 ^a	15,6	3,5	6,8 ± 5,4 ^a	25,9	0	14,0 ± 6,1 ^a	36,0	7
T 03	7,3 ± 1,8 ^a	13,6	3,36	6,6 ± 5,7 ^a	28,6	0	13,9 ± 5,6 ^a	37,36	6,5

Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).
DP- Desvio Padrão. IMTd- Incremento Médio Total em Diâmetro. Letras diferentes (^{a, b}) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).

Fonte: Rayana Gondin

Figura 14. Crescimento médio em diâmetro (mm) do plantio experimental de *B. excelsa* após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). * Tratamentos: padrão (T00); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (^a,^b) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



*Máx. = diâmetro máximo; Mín. = diâmetro mínimo.

Fonte: Rayana Gondin

6.4.3 Folhas

Quando avaliamos o desenvolvimento das mudas tendo como referência a quantidade média de folhas, o tratamento orgânico seco (T02) é o que possui o melhor incremento (tabela 09, figura 15), corroborando com os resultados observados em altura e diâmetro. Em todos os períodos analisados registraram-se diferenças significativas entre os tratamentos (primeiro ano, segundo ano e período total, teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,0001$). As comparações por pares registraram diferenças entre os tratamentos, a exceção dos tratamentos secos (T02 e T03), com crescimentos semelhantes e superiores aos outros dois tratamentos (com hidrogel).

Tabela 9. Quantidade média de folhas das mudas de *B. excelsa* por tratamento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).

	ICA ^f (1º ano)			ICA ^f (2º ano)			ICT ^f		
	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.	Média ± DP	Máx.	Min.
T 00	9 ± 3 ^a	18	3	10 ± 7 ^a	38	0	11 ± 5 ^a	26	2
T 01	8 ± 4 ^b	27	1	8 ± 6 ^b	28	0	9 ± 5 ^b	26	1
T 02	10 ± 5 ^c	26	2	18 ± 17 ^{ac}	102	0	16 ± 11 ^c	70	2
T 03	10 ± 4 ^c	18	0	16 ± 15 ^{ac}	103	0	14 ± 9 ^c	63	0

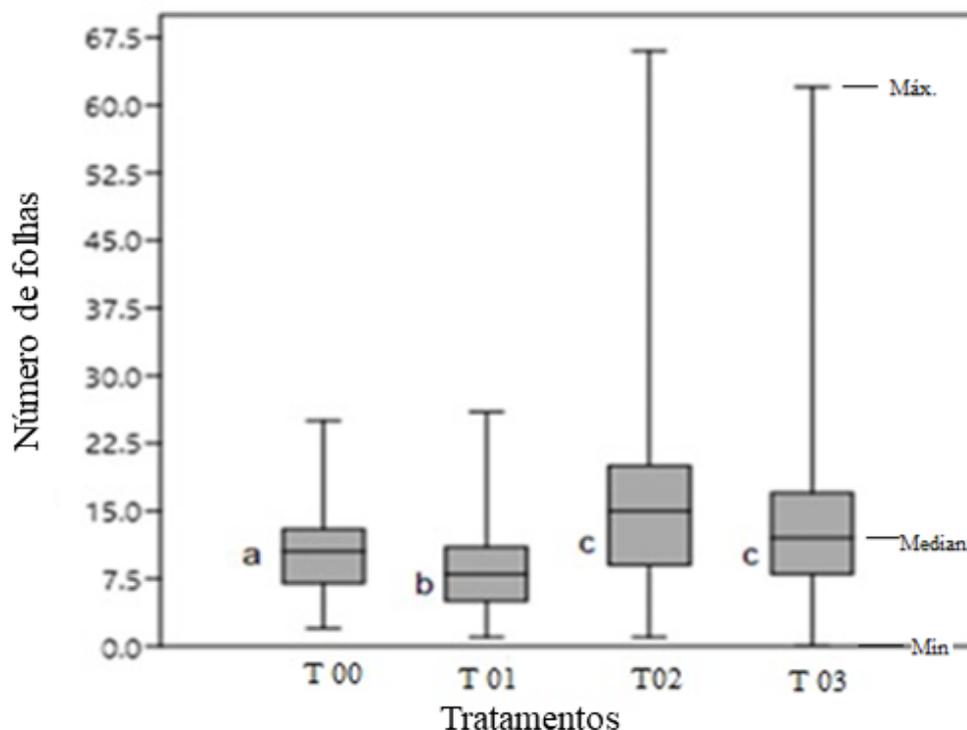
Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03).

*IMT_f- incremento médio total em quantidade de folhas. Letras diferentes (a,b,c) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos.

Fonte: Rayana Gondin

Os tratamentos padrão (T00) e orgânico úmido (T01) foram os que mais sofreram perturbações, tais perturbações afetam diretamente o quantitativo de folhas nesses tratamentos. Em ambos tratamentos a quantidade máxima de folhas foram de 38 e 28, respectivamente, ao fim dos 24 meses de monitoramento, enquanto para os outros dois tratamentos (T02 e T03) essas quantidades máximas ultrapassaram 100 folhas (tabela 9).

Figura 15. Incremento médio em número de folhas do plantio experimental de *B. excelsa* após 24 meses. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). *Tratamentos: padrão (T01); Orgânico úmido (T01); Orgânico Seco (T02); Seco (T03). Letras diferentes (a, b,c) ressaltam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



*Máx. = valor máximo; Mín. = valor mínimo.

Fonte: Rayana Gondin

7. DISCUSSÃO

7.1 Propriedades físico-químicas do solo

A reposição dos nutrientes pode ser realizada com fertilizantes químicos minerais, matéria orgânica, minerais retirados de jazidas ou até mesmo do ar. A matéria orgânica, por si só, contém em sua composição praticamente todos os macros e micronutrientes, e devido suas características confere ao terreno uma melhor estrutura, elevando sua fertilidade (RONQUIM, 2010).

Em relação a fertilidade, os solos nos quatro tratamentos são de média ou boa fertilidade, especialmente por terem $CTC > 4,6 \text{ cmol/dm}^3$, saturação de bases entre 40-60% é baixo teor de alumínio (PEDROSO NETO, 2012). Os elevados níveis de micronutriente (tabela 5), provavelmente, são oriundos da proximidade do experimento à Mina de Ferro do Complexo S11D, cuja distância aproximada é de 10 km. Ainda que não há evidências de diferenças de fertilidade entre os quatro tratamentos, o tratamento padrão (T00) registrou melhores condições em atributos químicos que os restantes: saturação por bases $> 60\%$, altíssimos teores de potássio, menor grau de acidez (único tratamento com $\text{pH} > 6,0$) e sem presença de alumínio (tabela 4). Não obstante, estas melhores condições edafológicas iniciais do tratamento padrão (T00) não se traduziram em maior desempenho das mudas, ao contrário, as plantas deste tratamento tiveram em média um crescimento significativamente menor em altura, diâmetro e número de folhas que os tratamentos orgânico úmido (T01) e seco (T02) (ver item 6.1).

Os resultados das análises físico-químicas dos solos não mostraram diferenças significativas entre os quatro tratamentos. Assim, cientes que os tratamentos estão localizados na mesma área microclimática e as mudas plantadas possuem a mesma origem genética e idade, podemos inferir que as diferenças de sobrevivência e crescimento poderiam ser explicadas pelos diferentes preparos do solo e adubação aplicados no experimento. Segundo Ronquim (2010), a fertilidade do solo é apenas um entre vários fatores que determinam a magnitude do rendimento da cultura.

7.2 Sobrevivência das mudas de *B. excelsa*

A sobrevivência das mudas de *B. excelsa* após 24 meses de plantio foi superior a 80%, o que pode ser avaliado positivamente, mesmo que manejo hídrico (hidrogel) aplicado às mudas na fase de plantio não tenha exercido influência sobre a sobrevivência das mudas, tendo em vistas que os tratamentos que receberam aplicação deste produto

(T00 e T01) não apresentaram resultados significativamente distintos aos tratamentos secos (T02 e T03). Estes resultados são semelhantes aos observados por Lopes *et al* (2010) com mudas de outra espécie, *Eucalyptus urograndis*.

Em Trombetas, plantios experimentais de *B. excelsa* implementados em duas áreas distantes da Floresta Nacional de Saraca-Taquera, após dois anos, as mudas tiveram índices de sobrevivência próximos ao nosso estudo: 70-77% (LIMA, 2019) ou 91-100% (SCOLES, KLEIN, GRIBEL, 2011). No Norte de Bolívia, Peña-Claros *et al.* (2002) registrou sobrevivência elevadas que variaram de 86,5% a 98,4% dependendo do tratamento após quatro anos de monitoramento. Em contraste, no estado do Acre, plantios experimentais em áreas de pastagem, floresta e capoeira (KAINER *et al.*, 1998) e em áreas que sofreram exploração de madeira (OLIVEIRA, 2000), tiveram menores índices de sobrevivência, entre 20-40% dependendo do tratamento e experimento.

As diferenças de sobrevivência em plantios experimentais podem ser condicionadas pelo tamanho inicial da muda plantada (SCOLES, KLEIN, GRIBEL, 2011; 2014). Nos experimentos realizados no estado do Acre, utilizaram mudas com alturas entre 7 a 23 cm, tamanhos extremamente suscetíveis a ataques de animais pela presença do hipocotiledone na base da plântula (OLIVEIRA, 2000; ZUIDEMA, 2003). Os resultados de sobrevivência do plantio de Scoles, Klein e Gribel (2011) após dois anos vem reforçar esta hipótese, pois neste experimento usaram-se mudas com alturas entre 80-120 cm. Ainda assim, esta regra parece não explicar os altos índices de sobrevivências nos plantios de Lima (2019) e Peña-Claros (2002), pois estes usaram mudas de tamanho pequeno, em média 12 cm e 25 cm respectivamente.

No presente estudo, em contraste, foram utilizadas mudas com tamanhos maiores (alturas entre 37-103 cm), com mais de 2 anos de viveiro e sem presença de hipocotiledone. Deste modo, e de acordo com o que foi observado também na Bolívia por Zuidema e Boot (2002), as chances de sobrevivência são maiores, em especial nos dois primeiros anos de vida, especialmente se houver luminosidade disponível (SCOLES, KLEIN, GRIBEL, 2011). De fato, neste estudo não foi registrado nenhum ataque de animais ao hipocotiledone das mudas de *B. excelsa*. Entretanto, em área implantada por Salomão (bloco 01, Faz. Santa Rita da União) nos anos de 2015-2016, localizadas a uma distância média de 5 km deste experimento, foram observados ataques ao hipocotiledone em 38,7% das mudas apenas 3 meses após o plantio (SALOMÃO; SOUSA, 2016), aos

10 meses de plantio a taxa de ataque ao hipocotiledone já era de 42,2% (SALOMÃO; SOUSA, 2018).

Apesar das elevadas taxas de sobrevivência observada no plantio, os recorrentes eventos de perturbação, em especial, herbivoria por agentes biológicos (em destaque, *Tapirus* spp.), prejudicaram o desenvolvimento das mudas atacadas. A quantidade total dos eventos de predação é 2,25 vezes superior ao quantitativo de indivíduos plantados, o que significa que as perturbações causam repetidos danos a uma mesma muda.

As repetições de perturbação podem ter excedido a capacidade de suporte de rebrotação e emissão de novos brotos das mudas de *B. excelsa* indicando assim o término de aporte nutricional proveniente da semente, tal fato pode justificar a elevação da mortalidade nas últimas coletas (21 e 24 meses de plantação), principalmente no tratamento orgânico seco (T02) e seco (T03), ambos tratamentos sofreram perca de 11,0 % da taxa de sobrevivência durante esse período. Em termos relativos, estes últimos três meses representaram 41,0 % e 59,0 % das mortes nos tratamentos orgânico úmido (T01) e seco (03) respectivamente. Os animais que normalmente realizam predação das mudas de *B. excelsa* parecem ter preferência por ambientes com sub-bosque mais denso onde se movimentam mais protegidos (PAIVA; GUEDES, 2008), porém o presente estudo foi desenvolvido em área aberta de pastagem abandonada, ambiente de fácil exposição destes animais, deste modo as elevadas taxas de herbivoria estão mais relacionadas a preferência alimentar da espécie, em que as mudas do experimento se tornam fonte alimentar de fácil acesso aos animais.

Estudos sobre a dieta de *Tapirus terrestris* (Anta brasileira) e *Tapirus indicus* (Anta-malaia), indicaram que os hábitos alimentares dos indivíduos incluíam plantas herbáceas, arbustivas, palmeiras e árvores com dieta composta principalmente de folhas e ramos jovens, tendo preferência alimentar por espécies de árvores em regeneração típicos das matas secundárias (WILLIAMS, 1984; BACHAND *et al.*, 2009;). Tais aspectos são condizentes com o que foi observado durante a execução deste experimento e explicam os repetidos ataques às mudas de *B. excelsa*.

Em plantio experimental conduzido por Scoles, Klein e Gribel (2011) na região de Trombetas/PA a taxa de sobrevivência após dois anos foi entre 89 a 100%, sendo que a maioria dos eventos de mortalidade ocorreu no segundo ano após o plantio, corroborando com os resultados observados no presente estudo com destaque nos

tratamento orgânico úmido (T01) e orgânico seco (T03). Ainda assim, no plantio experimental de Trombetas, as mudas não sofreram severos impactos de herbivoria como no presente estudo.

Chaboussou (1987), com sua teoria da trofobiose, propõe que quando a planta está em um equilíbrio nutricional, o processo de proteossíntese ocorre plenamente, reduzindo o teor de substâncias nutricionais solúveis na seiva e os tecidos ficam menos atrativos ao ataque de pragas. Desta forma, a ocorrência de eventos como predação de mudas e outros tipos de ataques biológicos (doenças e parasitas) é influenciada pela condição fisiológica das próprias plantas atacadas.

Fatores de estresse (luminosidade/sombreamento, disponibilidade de água, compactação do solo, etc.), estão diretamente relacionados ao funcionamento do metabolismo vegetal (LARCHER, 2006). Os organismos submetidos a condições de estresse, como em áreas degradadas, tendem a enfraquecer e conseqüentemente se tornam mais vulneráveis a ataques de agentes patógenos ou predadores.

7.3 Desenvolvimento das mudas

Analisando o crescimento das mudas em altura, diâmetro e números de folhas verificou-se que os tratamentos que apresentaram melhor desempenho foram os orgânico seco (T02) e seco (T03). Em contra ponto, os menores crescimentos foram registrados no tratamento padrão (T00) e orgânico úmido (T01). A principal característica que separam os tratamentos com maior crescimento (T02 e T03) dos de menor desempenho (T00 e T01) foi a utilização ou não de hidrogel. Com isso, podemos afirmar que o hidrogel não provocou a resposta esperadas nos tratamentos onde foi implementado (T00 e T01). Além do uso de hidrogel tratamento padrão (T00), também foram aplicados fertilizantes químicos nas etapas de plantio e pós plantio (quadro 1). Para os tratamentos orgânico seco (T02) e seco (T03), apesar de não possuírem diferenças estatísticas entre eles, o T02 obteve médias de desempenho melhores em todos os parâmetros analisados.

Souza *et al.* (2006) realizaram estudo para avaliar o comportamento de quatro espécies florestais em campo que foram submetidas a diferentes adubações orgânicas e minerais e com aplicação de hidrogel, entretanto não observaram efeitos positivos. As mudas que não receberam a aplicação do polímero na etapa de plantio obtiveram desempenho superior. A literatura explica tal evento, pois o hidrogel pode sofrer

degradações em função da presença de fertilizantes (BOWMAN *et al.*, 1990; WANG; GREEG, 1990; GERVÁSIO; FRIZZONE, 2004; SITA *et al.*, 2005).

Em estudo realizado com Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell) Brenan) e Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Allemão)), e dois clones de *Eucalyptus* (*E. tereticornis* x *E. urophylla*), Moreira *et al.* (2019) constataram que o uso de fertilizantes naturais contribuíram significativamente com aumento da produtividade e crescimento em altura dessas espécies. Assim mesmo, analisando a distribuição da biomassa nos compartimentos das árvores de jatobá (*Hymenaea courbaril*), Bastos (2011) registraram maior taxa de crescimento no tratamento com adubação orgânica. Solos com boa disponibilidade de matéria orgânica facilitam a absorção de minerais e proporcionam um melhor desenvolvimento da planta (LINHARES *et al.*, 2012).

Os eventos de perturbação, herbivoria por agente biológico, apesar de não terem afetado os índices de sobrevivência das mudas de *B. excelsa* condicionaram o crescimento em altura dos indivíduos monitorados. Os repetidos dados sofridos impediram o pleno desenvolvimento as mudas fazendo com que as mesmas não alcançassem crescimento em altura satisfatório. Destaca-se que, em geral e com independência dos tratamentos, o crescimento das mudas plantadas nesta área degradada teve um desempenho em altura muito abaixo quando comparado com outros plantios experimentais (Incremento > 1 m; TONINI *et al.*, 2005; SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2014). Ressalta-se que em geral, as plantações experimentais de *B. excelsa* são realizadas em áreas com condições físicas edafológicas e ecológicas mais favoráveis que às do nosso estudo (pastagem degradada).

No experimento realizado na Fazenda Santa Rita da União quando comparamos o ICA_h entre os tratamentos, os resultados obtidos pelo tratamento com melhor desempenho (T02, $ICA^h = 19,5$ cm) foi 3,3 vezes maior do que o tratamento com menor ICA^h (T00, $ICA^h = 5,8$ cm). No caso da altura, os tratamentos secos (T02 e T03) tiveram desempenhos significativamente maiores que os tratamentos com uso de hidrogel (T00 e T01) (figura 15). Já quando analisamos ICA_d só observados diferenças estatísticas no segundo ano de monitoramento. Tal diferença significativa é observada apenas entre o tratamento orgânico úmido (T01, $ICA^d = 10,4$ mm) e os aos outros três tratamentos (tabela 8, figura 16)

No estado do Acre, em plantio experimental de mudas de *B. excelsa* em três áreas distintas (pastagem, clareira e capoeira), conduzido por Kainer *et al.* (1998), foi

observado em área de pastagem (área com maior insolação) as menores taxas de crescimento, de 22,0 cm em altura e 5,4 mm para diâmetro, após 24 meses de monitoramento as mudas do Acre obtiveram resultado superior ao ICA^h do plantio realizado na Fazenda Santa Rita, entretanto para ICA^d os resultados do nosso experimento foi quase o dobro do observado por Kainer *et al.* (1998).

No caso de Trombetas, a situação é praticamente inversa onde o melhor desempenho foi observado em área de maior insolação (roçado abandonado), seguido por capoeira e por último floresta altamente sombreada (SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2014). Área de pastagem possuem condições ambientais desfavoráveis para o pleno desenvolvimento da planta, mesmo com melhores condições de irradiação, que deveriam favorecer as mudas de *B. excelsa* devido seu caráter heliófilo em fases juvenis, os elevados níveis de degradação da área prejudicaram as mudas não propiciando taxas satisfatórias de crescimento, além de intensa concorrência com espécies herbáceas adaptadas a áreas de pastagem.

O hidrogel possui a capacidade de absorver água, armazená-la e disponibilizá-la à planta, quando necessário, agindo ainda como agente tamponante contra o estresse hídrico temporário, possibilitando assim a mitigação dos problemas associados à disponibilidade irregular ou deficitária de água (AZEVEDO *et al.*, 2002; PREVEDELLO; LOYOLA, 2007; ABEDI-KOUPAI *et al.*, 2008). Entretanto, no nosso estudo o uso deste polímero não favoreceu o desenvolvimento em nenhum dos parâmetros nas mudas de *B. excelsa*, pelo contrário, os tratamentos com melhor desempenho (T02 e T03) compartilham a ausência de hidrogel como preparo de solo.

Bertholletia excelsa é caracterizada como uma espécie heliófita de vida longa (SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2011; 2014), ou seja, se comporta como uma pioneira no período inicial de desenvolvimento, e sua alta demanda por luminosidade reflete em estratégias evolutivas que a capacitam a competir pela ocupação do dossel com plantas com ciclo de vida mais curto e grande velocidade de crescimento. Observando as mudas de castanheira-do-brasil do nosso experimento é possível perceber que os tratamentos com melhores desenvolvimentos (orgânico seco e seco) são aquelas que possuem o melhor aparato foliar, indicando que estes também foram capazes de aproveitar de forma mais eficiente a radiação solar disponível. No tratamento seco (T03) foi observado o indivíduo com maior quantidade de folhas ($n = 103$), 3,6 vezes superior a muda com

menor número de folhas (n=28), localizada no tratamento orgânico úmido (T01) (tabela 9).

Quando há disponibilidade de luz é abundante (plântio a pleno sol) e pouca competição intra ou interespecífica pela cobertura do dossel, a energia fotossintetizada é distribuída para diversas áreas da planta como reserva, o que reflete no crescimento secundário em diâmetro do caule, raízes, emissão de novas folhas e galhos. Em plantas jovens de *B. excelsa* submetidas às condições de alta exposição solar. Souza *et al.* (2017) confirmaram o processo de maior alocação de biomassa para o sistema radicular como alternativa para aumentar a eficiência na absorção de água e nutrientes, entretanto, tal mensuração exige abate da planta e está atividade não foi contemplada por este trabalho.

7.4 Causas do baixo desenvolvimento das mudas

Em termos gerais, nosso estudo mostrou um baixo desenvolvimento das mudas de *B. excelsa* em comparação a outros experimentos com altas intensidade de luz (TONINI *et al.*, 2005; SCOLES; KLEIN; GRIBEL, 2011; 2014). Quais fatores explicariam estes resultados tão contrastantes? Em primeiro lugar, destacamos que durante os 24 meses de monitoramentos observamos falhas na execução de etapas obrigatórias para propiciar condições niveladas de desenvolvimento dos quatro tratamentos (tratos silviculturais). Tais falhas e problemas são relatados e resumidos a seguir:

É muito importante para o bom desenvolvimento das mudas plantadas, evitar a proliferação das ervas invasoras (figura 16). O atraso ou não execução das atividades de manutenção favorecem o estabelecimento destas ervas que por possuírem rápido crescimento atingem altura superior ao tamanho das mudas (figura 17), gerando assim abafamento da planta (figura 18) e diminuição de sua taxa de crescimento normal. Todos esses fatores resultam no comprometimento da saúde da planta pois limitam o funcionamento fotossintético da muda. *B. excelsa* é classificada como planta heliófita, deste modo quando se encontra em situação de abafamento a planta não recebe a quantidade de luz necessária para o seu pleno desenvolvimento resultando em um indivíduo atrofiado podendo ocasionar, posteriormente, a morte da planta.

Figura 16. Ausência de manutenção propiciando o desenvolvimento de espécies invasoras nos tratamentos de *B. excelsa*. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

Figura 17. Altura elevada das espécies competidoras em relação ao tamanho da muda de *B. excelsa*. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

Figura 18. Dificuldade de localização e mensuração da muda de *B. excelsa* devido a intensa presença de plantas invasoras. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás, Pará. Foto:



Fonte: Rayana Gondin

Durante os monitoramentos identificamos falhas quanto a orientações estabelecidas no plano de trabalho respeito escolha, identificação e isolamento das áreas do experimento (figura 19). Como agravante, o tráfego de veículos no interior dos experimentos (figura 20) provocou a compactação do solo, acúmulo de água próximo a linha de plantio e danos a diversas mudas de *B. excelsa*.

Figura 19. Placa de identificação inutilizável. Tratamento Orgânico úmido (T01), Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

Figura 20. Registro do tráfego intenso de veículos no interior do tratamento orgânico úmido 01. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA). Foto:



Fonte: Rayana Gondin

De igual forma, observamos falhas nas adubações de manutenção durante o monitoramento, tais como: abertura circular e não aplicação de adubo e adubação exposta (figura 21). A falta de comprometimento, por parte da empresa responsável pela manutenção do plantio com a execução das atividades necessárias para o bom desenvolvimento do experimento pode ter prejudicado o desempenho das mudas de *B. excelsa* pelas evidencias apresentadas acima. Faz-se necessária um acompanhamento mais minucioso durante o monitoramento do plantio para que tais erros não se repitam nos próximos experimentos.

Figura 21. Falhas durante a execução de adubação de manutenção. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

Além das falhas de manutenção, o crescimento médio em altura das mudas plantadas em áreas degradadas deve ser inferior ao das plantações implementadas em áreas de roçado ou clareira florestal, pois as condições de solo são bem diferentes. Ainda que os atributos físico-químicos encontrados na análise de solo sejam favoráveis, as propriedades físicas do solo podem ser adversas. Deste modo é necessário estudo sobre a compactação solo das áreas em que se desejam iniciar programas de recuperação de áreas. Não obstante, quando comparamos o crescimento médio em altura obtido no nosso estudo nos melhores tratamentos de preparo do solo (orgânico seco, $ICA^h = 19,5$ cm; seco, ICA_h

= 18,7 cm) com outros estudos em condições ambientais similares ($ICA^h = 22,0$ cm, área de pastagem, Kainer *et al.*, 1988), os resultados são bem parecidos.

8. RECOMENDAÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTIOS DE *B. EXCELSA*

A restauração florestal de áreas degradadas, especialmente aquelas situadas em unidades de conservação, deve ser orientada por princípios técnico-científicos da biologia da conservação (TRUMBOLACK *et al.*, 2004), no sentido de propiciar ao novo ecossistema artificial criado presença e abundância de espécies-chave que atendam a alguns indispensáveis parâmetros ecológicos, econômicos e sociais observados na cobertura florestal original (SALOMÃO; SANTANA; BRIENZA JÚNIOR, 2012; SALOMÃO; SOUSA, 2015).

Para iniciar o processo de recuperação de uma área degradada o primeiro passo é buscar entender o que causou essa degradação e por que essa área já não iniciou o processo de regeneração natural. Compactação e perda de fertilidade do solo, distância de área de florestas remanescentes, presença massiva de espécies exóticas invasoras (p. ex. gramíneas do gênero *Brachiaria*), inexistência e/ou reduzidos meios de propagação (banco de sementes); são características de uma área que perdeu a capacidade de resiliência, ou seja, está em processo de degradação (MORAES, 2013). É importante conhecer o histórico do uso do solo, para identificar há quanto tempo a vegetação original foi retirada, e qual a finalidade do uso atual da área.

A castanheira-do-brasil é uma árvore com altas taxas de sobrevivência promissora para uso em reflorestamento de áreas abertas na Amazônia (FERNANDES; ALENCAR, 1993; YARED *et al.*, 1993; SALOMÃO *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2012; SCOLES, KLEIN, GRIBEL, 2011, 2014) e pode ocupar papel protagonista na recuperação da cobertura vegetal em áreas antropizadas e degradadas em relação a outras espécies de árvores (SALOMÃO *et al.*, 2006; TONINI *et al.*, 2008), mas para isso precisa preparar o solo quando as condições sejam desfavoráveis (descompactação, fertilização) e sistematizar um plano de manutenção para a plantação.

Os plantios mistos de espécies arbóreas nativas representam a metodologia de intervenção usual em áreas degradadas e devem atuar como potencializadores da sucessão

ecológica (PARROTTA; TURNBULL; JONES, 1997) exercendo, por exemplo, a função de atrair a fauna dispersora com a utilização de espécies vegetais com dispersão zoocórica (por animais), assim como aumentar naturalmente a diversidade florística com a chegada de sementes de outras espécies trazidas por dispersores (REIS *et al.*, 1999; REIS; KAGEYAMA, 2003; SILVA, 2003).

8.1 Manutenções

O controle de formiga cortadeira (gênero *Atta*, saúva) deve ser executado antes do plantio. Posteriormente realizam-se aplicações de formicidas de acordo com a intensidade de atividades das formigas, identificadas pela presença de trilhas e/ou carreiros assim como pelo grau de danos causados as mudas plantadas (caule e folhas).

Após a instalação do plantio, as medidas de manutenção com maior importância, são os tratamentos silviculturais que incluem atividades de coroamento e roço da área da plantação. Sugere-se que se eliminem todas as plantas herbáceas e lianas que ocupem a área de coroamento da planta (1,5 m). Também para facilitar o monitoramento das mudas plantadas, recomenda-se limpar as linhas de plantação (figura 22). A execução da manutenção deve seguir um cronograma de controle das plantas invasoras, onde deve-se eliminar apenas as gramíneas exóticas e trepadeiras sarmentosas bem como outras plantas concorrentes, mantendo a atenção para não remover as árvores de regeneração natural.

Figura 22. Área do experimento após a realização dos tratos silviculturais (roço semimecanizado) possibilitando melhor localização e mensuração das mudas de *B. excelsa*. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

A primeira manutenção deve ser feita de 30 a 40 dias após a etapa de plantio, a atividade pode ser prorrogada ou antecipada a depender da infestação das ervas. A frequência da manutenção deve ser de 4 a 6 manutenções por ano até que ocorra sombreamento da área e consequente estagnação do desenvolvimento das plantas herbáceas concorrentes.

8.2 Isolamento da área

Para implantação do plantio a área selecionada deve ser identificada (Figura 23) e isolada das demais atividades executadas nos arredores. Cabe ressaltar que esse isolamento e identificação devem ser mantidos de modo que pessoas que desconheçam o plantio possam identifica-lo e ter cautela ao trafegar pela área.

Figura 23. Placa de identificação da área do experimento. Fazenda Santa Rita da União, Canaã dos Carajás (PA).



Fonte: Rayana Gondin

8.3 Adubação

De maneira geral, em áreas degradadas é raro encontrar solos com disponibilidade adequada de nutrientes, a exemplo deste estudo (tabela 4). De todo modo, em solos que exibem sinais intensos de degradação, é comum a utilização da chamada "adubação de arranque", que tem como objetivo a garantia de um bom desenvolvimento inicial para as mudas plantadas. O restabelecimento dos processos de ciclagem de nutrientes vai se dar natural e gradualmente com o estabelecimento e a evolução do plantio (MORAES, 2013).

A adubação de manutenção deve ser executada na etapa de pós plantio para que aja uma continuidade das taxas de desenvolvimento das mudas por meio da reposição de nutrientes exportados. Sugerimos que em todas as etapas de adubação que se faça uso de adubo orgânico ou verde (mais apropriados em termos ambientais), em substituição aos fertilizantes químicos tendo em vista que estes têm alto valor financeiro para aquisição, são potencialmente poluidores e mostraram-se ineficientes para o desenvolvimento das mudas plantadas, no nosso experimento. .

9 CONCLUSÃO

- Os dados deste experimento confirmam estudos anteriores que caracterizam *B. excelsa*, espécie nativa amazônica, como uma árvore de grande potencial para recuperação de áreas degradadas pela sua alta rusticidade e altos índices de

sobrevivência, não obstante, em geral, os indicadores de crescimento foram abaixo do esperado;

- O uso de hidrogel, na proporção em que foi diluído, não influenciou na taxa de sobrevivência das mudas *B. excelsa* nos dois tratamentos em que foi utilizado (tratamento padrão e orgânico úmido) e mostrou-se ineficiente no desenvolvimento das plantas, provavelmente por não ter favorecido a absorção de nutrientes das mudas;
- O tratamento com uso de adubação orgânica e sem uso de hidrogel apresentou melhores taxas de desenvolvimento em todos os parâmetros de crescimento analisados (altura, diâmetro a altura do solo e quantidade de folhas), sendo também o tratamento com uma metodologia mais acessível e passível de ser utilizada;
- O uso de fertilizantes químicos não desencadeou desenvolvimento maior nas mudas onde foi aplicado, razão pela qual sugere-se o uso alternativo de adubação orgânica por ser mais apropriada ecologicamente e representar menores custos financeiros.
- A elevada quantidade de eventos de perturbação (herbivoria) somados as falhas de manutenção do plantio (coroamento e roço) afetaram as mudas de forma desigual entre os tratamentos, criando fontes de variação que podem ter influenciado negativamente o desenvolvimento das mudas em todos os tratamentos empregados, o que nos obriga a ser cautelosos em relação aos resultados comparativos obtidos.

REFERÊNCIAS

ALVARES C.A; STAPE J.L; SENTELHAS P.C; GONÇALVES J.L.M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart**, v. 22, p. 711-728, 2013.

ABEDI-KOUPAI, J.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.31, n. 2, p. 317-331, 2008.

ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, B. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 225-230, 2008.

ARRAES, R. A.; Mariano, F. Z.; Simonassi, A. G. **Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial**. RESR, Piracicaba, vol. 50, n 1, p. 119-140, Jan/Mar, 2012.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONCALVEZ, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

BACHAND, M.; TRUDEL, O. C., COLETTE, A., ALMEIDA-CORTEZ, J.; Dieta de *Tapirus terrestris* Linnaeus em um fragment de Mata Atlântica do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira. Biociência**, Porto Alegre, 2009.

BOWMAN, D. C.; EVANS, R. Y.; PAUL, J. L. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amend container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 3, p.382-386, 1990.

BASTOS, R. P. **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, Amazonas, Brasil**, 2011. Dissertação (mestrado) em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 100 pp. 2011.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, n.1, p.105-112, 1997. Viçosa MG.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO-JUNIOR M.; DANIEL, O.; VITORINO. A. C. T.; Crescimento de Mudas de *Corymbia citriodora* em Função do Uso de Hidrogel e Adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, jan./mar. 2012.

BENTES, R. S.; MARIN, R. A; EMMI, M. F. Os cemitérios das castanheiras do Tocantins. **Pará Desenvolvimento**, Belém, v. 23, p18-23, 1988.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **A Convenção sobre Diversidade Biológica** - CDB. Brasília: MMA, 2000. 30p. (Biodiversidade, 2).

BRASIL. **Lei nº 11.516**, de 28 de agosto de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes; altera as Leis nos 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, 11.284, de 2 de março de 2006, 9.985, de 18 de julho de 2000, 10.410, de 11 de janeiro de 2002, 11.156, de 29 de julho de 2005, 11.357, de 19 de outubro de 2006, e 7.957, de 20 de dezembro de 1989; revoga dispositivos da Lei no 8.028, de 12 de abril de 1990, e da Medida Provisória no 2.216-37, de 31 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11516.htm.

BRASIL. **Decreto nº 5.975** de 30 de novembro de 2006. Regulamenta os arts. 12, parte final, 15, 16, 19, 20 e 21 da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5975.htm.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm.

BUDOWSKI, G. N. Distribution of Tropical American Rain Forest species in the light of sucesion processes. Turrialba, v.15, n.2, p.40-52, 1965.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Porto Alegre-RS: L & PM, 1987. 256p.

CLAY, J. W. Brazil nuts: The use of a keystone species for conservation and development. In: FREESE, C.H. (Ed). *Harvesting Wild Species – Implications for Biodiversity and Conservation*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1997. p. 246-282.

CLEMENTE, E. P. *et al.* Soil compaction around Eucalyptus grandis roots: a micromorphological study. **Australian Journal of Soil Research**. v. 43, n. 2, 139-146, Mar. 2005.

COSTA, C. P. C.; FERREIRA, M. J.; LINHARES, A. C. C.; GUEDES, A. V. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste em plantio de *Bertholletia excelsa* Bonpl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 591-600, 2015.

COSTA, F.S. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetados pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.527- 535, 2003. Viçosa, Minas Gerais.

COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.

CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, , 2010.

DIEGUES, A. C. S. **Etnoconservação da natureza: enfoques alternativos**. In: DIEGUES, Antonio Carlos S. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. São Paulo: Hucitec, 2000. 43p

FEARNSIDE, P. M. Consequências do desmatamento da Amazônia. **Scientific American Brasil Especial Biodiversidade**, pp. 54-59, 2010.

FERNANDES, P.N; ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), dez anos após o plantio. **Acta Amazonica**, v..23, n. 2-3, p.191-198. Manaus, 1993.

FERREIRA, L. M. M; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá-Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-Amazônia em área degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S.; CORRÊA, V. M. Características nutricionais de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob tratamentos de fertilização em área degradada na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n.108, p. 863-872, 2015.

GATTO *et al.* Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1-15, set./out. 2003.

GAERTNER, C. *et al.* Produtividade do trigo e da soja em Latossolo Vermelho distrófico com diferentes níveis de erosão hídrica. **Scientia Agraria**, v.7, n.1-2, p.27-34, Curitiba, 2006.

GEESING, D.; SCHMIDHALTER, U. Influence of sodium polycrylate on the water holding capacity of three different soils and effects on growth of wheat. **Soil Use and Management**, Hoboken, v. 20, p. 207-209, 2004.

GEIST, H. J. e LAMBIN, E. F. **What drives tropical deforestation?** LUCR Report Series No. 4. Land Use and Land Cover Change, International Geosphere Biosphere Programme. Amsterdam, 2001.

GERVÁSIO, E. S.; FRIZZONE, J. A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 94-105, 2004.

GONÇALVES, A.C.A; AZEVEDO, T.L.F.; BERTONHA, A. Uso de Hidrogel na Agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, p.23-31, 2002.

GONÇALVES, J. L. M. Principais solos usados para plantações florestais. *In*: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, cap. 1, p.1-46. 2002.

HAYASHIDA-OLIVER, Y. *et al.* Influencia de la disponibilidad de agua y luz en el crecimiento y la morfología de plantines de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Bertholletia excelsa*. **Ecologia en Bolivia**, La Paz, v. 35, p. 51-60, 2001.

HOMMA, A.K.O. **Cronologia da ocupação e destruição dos castanhais no Sudeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000. 132p.,

HOMMA, A. K. O., **Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia?** Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p167-186, 2012.

HOMMA, A. K. O., **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**: 1-468. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**. Brasília;IBGE, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 2012. 271p. (Manuais Técnicos de Geociências, 1).

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. **Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás**: temas prioritários... / organizadora Liliane Bezerra; colaboradores André Afonso Ribeiro... [*et al.*]. — Brasília. 2017.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, **UCs da Amazônia celebram juntas 25 anos de existência**. 2014. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4-destaques/4790-tres-unidades-de-conservacao-celebram-juntas-25-anos-de-existencia>. Acessado em: 26/01/2020.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais- IBAMA. **Plano de manejo para uso múltiplo da Floresta Nacional de Carajás**. Brasília, 2003 IBAMA (2004)

INPE/EMBRAPA. **TerraClass 2012: Amazon land use and land cover information Project (Projeto TerraClass)** [WWW Document]. CRA - Centro de Regional da Amazônia. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php. Acessado em: 15/03/2019.

Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE. **A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos-SP. 2019. Disponível em: www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294.

JAKOVAC, A. C. C. **O uso do banco de sementes florestal contido no *topsoil* como estratégia de recuperação de áreas degradadas, 2007**. Dissertação (Mestrado) Curso de mestrado em Biologia Vegetal. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2007.

JHURRY, D. Agricultural polymers. Mauritius: Food and Agricultural Research Council, Réduit, AMAS, p. 109-113, 1997.

KAINER, K. A.; DURYEY, M. L.; COSTA DE MACÊDO, N. E; WILLIAMS, K. Brazilnut seedling establishment and auto ecology in an extractive reserve in Acre, Brazil. **Ecological Applications**, v.8, p. 397-410, Washington, USA, 1998.

KITAMURA, P. C., 1984. **Castanhais nativos de Marabá-PA: fatores de depredação e bases para sua preservação**. Belém: EMBRAPA/CPATU (Documentos, 30). 2013, 32p.

LANDIS, T. D. *et al.* **The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and outplanting**. v. 7. Washington: United States Department of Agriculture Forest Service, 2010 200p

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3.ed. São Carlos, SP: Editora RiMa, 2006.

LAURANCE, W.F.; VASCONCELOS, H.L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, V.13:434-451. Rio de Janeiro, 2009.

LECIEJEWSKI, P. The effect of hydrogel additives on the water retention curve of sandy soil from forest nursery in Julinek. **Journal of Water and Land Development**, v. 13, p.239-247, Raszyn, Polska, 2009.

LIMA, N. Z. **Sobrevivência e crescimento de plântulas de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) sob efeito de diferentes aberturas do dossel e predação**, 2019. Dissertação (Mestrado) -Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém. 2019

LINHARES, A. C. C.; FARIAS, D. L.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento E Estado Nutricional De Rebrotas De Jatobá (*Hymenaea Courbaril* L.) Em Plantios Sobre Diferentes Sítios Florestais. **I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq - PAIC/FAPEAM Manaus – 2012**

LOCATELLI *et al.* **Cultivo Castanha-do-Brasil em Rondônia. Caracterização da espécie.** EMBRAPA, Belém, 2005.

LOPES, J. L. W.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; ANGÉLICO, T. S. USO DE HIDROGEL NA SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE *Eucalyptus urograndis* PRODUZIDAS COM DIFERENTES SUBSTRATOS E MANEJOS HÍDRICOS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 217-224, abr.-jun., 2010.

LOPOES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de Análise de Soros: Conceitos e Aplicações.** Associação Nacional Para Difusão de Adubos – ANDA. 2004.

LOVEJOY, T.E. 1999. Preface. *Biological Conservation*, v. 91, p. 100, 1999.

MACHADO, M. R.; SOUZA, R. C.; SAMPAIO, P. T. B.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.). **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 41-44, 2017.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas em função do revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.1, p.163-170, Viçosa, 2006.

MARTINS, F. D.; CASTILHO, A.; CAMPOS, J.; HATANO, F. M.; ROLIM, S. G. **Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres.** São Paulo: Nitro Imagens, 2012.

MATOS, F.C.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Rev. Biociências**, Unitaú, v.17, n.1, p.7-16, Porto Alegre, 2011.

MEDAGLIA, T., 2013. Carvão a ferro e fogo. **National Geographic** 155.

MEDEIROS R.; PANTOJA, E. **Amazônia e o desafio do desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <https://www.conservation.org/global/brasil/noticias/Pages/amazonia-e-o-desafio-do-desenvolvimento-sustentavel.aspx>. Acessado em: 22/03/2019

MEGALE, C.S. M. **Avaliação do enraizamento e brotação na propagação de espécies potenciais para revegetação e estabilização de taludes.** Dissertação (Mestrado) Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

Ministério do Meio Ambiente- MMA. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Disponível em: mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas. Acessado em: 28/02/2019

MOREIRA, F. T. A.; SILVA J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; CASTRO, M. R. C. Adubos orgânicos e biocarvão utilizados para reflorestamento com espécies nativas e clones de eucalyptus no semiárido brasileiro. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v.16, n.1, p. 91-102, 2019.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology and economic botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. And Bonpl.: Lecythidaceae): **The New York Botanical Garden (Advances in Economic Botany, v. 8)**, p. 130-150. 1990.

MOLL-ROCEK, J.; GILBERTM, E.; BROADBENT, E.N. "Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) Regeneration in Logging Gaps in the Peruvian Amazon," **International Journal of Forestry Research**, v. 2014, Article ID 420764, p. 8, 2014.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPCÃO. J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MYERS, G. P. *et al.* The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 127, n. 1-3, p. 119-128, 2000.

NUNES, V. **Brasil tem maior mina de ferro do Mundo**. 2007. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2007/07/28/brasil-tem-maior-mina-de-ferro-do-mundo>.

OLIVEIRA, M. V. T. Artificial regeneration in gaps and skidding trail safter mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam v.127, n.1-3, p. 67-76, 2000.

PAIVA, M, P.; GUEDES, M, C. Regeneração natural de castanheira-do-brasil em área de capoeira no Amapá. **ANAIS do 1 seminário do Projeto Kamukaia. Manejo Sustentável de Produtos Florestais Não-Madeireiros na Amazônia**. Rio Branco, Acre, 2008.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, n1-2, p. 21-42, 1997.

PEREIRA, A. J.; ARAGON, S.; BELDINI, T. P.; SCOLES, R. Produção de flores e frutos de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em ambientes florestais e desmatados do Noroeste do Pará, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 9, n. 3, p. 1-8, 2019.

PEÑA-CLAROS, M; BOOT, R.G.A.; DORADO-LORA, J.; ZONTA, A. Enrichment planning of *Bertholletia excelsa* in secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 161, n.1-3, p.159-168, 2002.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidroretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria, Curitiba**, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007.

PREVEDELLO. J.; KAISER D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN. E. S.; FONTANELA, F; REICHERT J. M. MANEJO DO SOLO E CRESCIMENTO INICIAL

DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden EM ARGISSOLO. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 23, n. 1, p. 129-138, jan.-mar., 2013.

RAMOS, M.G.; SERPA, P.N.; SANTOS, C.B. dos; FARIAS, J.A.C. **Manual de Silvicultura: I – Cultivo e manejo de florestas plantadas**. Florianópolis: Epagri, 2006. (Epagri. Boletim Didático, 61).

RAYOL, B. P. **Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalófilas na floresta nacional de Carajás: subsídios à conservação**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica Tropical) - Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2006.

REIS, A.; ZAMBONIM, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Reserva da Biosfera, CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA Caderno nº 14, 42 p. São Paulo, 1999.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (eds.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu.: FEPAF, 2003. 340p.

RIBEIRO, C. A.; OLIVEIRA, F. J. G. OLIVEIRA, J.M.B. **Manual de arborização da universidade federal do Maranhão – UFMA**: São Luiz. 2018. (Manual de Orientação).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas/SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SAAD, J. C. C. *et al.* **Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes**. Engenharia Agrícola. Saarbücken, Deutschland: Novas Edições Acadêmicas, 395p. 2015.

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.

SALOMÃO, R. P.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 1-24, 2014.

SALOMÃO, R. P.; ROSA, N. A.; CASTILHO, A.; MORAIS, K. A. C. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.

SALOMÃO, R.P.; SANTANA, A.C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Análise da florística e estrutura de floresta primária visando a seleção de espécies-chave, através de análise multivariada, para a restauração de áreas mineradas em unidades de conservação. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.6, p.989-1007, 2012.

SALOMÃO, R. P.; SOUSA, V. G **Plantio de Castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Restauração Florestal em Áreas Degradadas no Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás** - Vale Salobo Metais/ICMBio. Projeto Técnico-Científico, 2015.

SALOMÃO, R. P.; SOUSA, V. G. **Plantio de Castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Restauração Florestal em Áreas Degradadas no Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás** - Vale Salobo Metais/ICMBio. Projeto Técnico-Científico, N°2, 2016.

SALOMÃO, R. P.; SOUSA, V. G. **Plantio de Castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Restauração Florestal em Áreas Degradadas no Mosaico de Unidades de Conservação de Carajás** - Vale Salobo Metais/ICMBio. Projeto Técnico-Científico N° 07, 2018.

SARVAS, M. Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB® for its protection. **Journal of Forest Science**, Bethesda, v. 11, n. 49, p. 531-536, 2003.

SARVAS, M.; PAVLENDÁ, P.; TAKÁCOV, E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. **Journal of Forest Science**, Bethesda, v. 5, n. 53, p. 204-209, 2007.

SCHROTH, G.; MOTA, M. S. S.; ELIAS, M. E. A. Growth and nutrient accumulation of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry at different fertilizer levels. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 2, p. 347-353, 2015.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. Human influence on the Regeneration of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) at the Capanã Grande Lake, Manicoré, Amazonas, Brazil. **Human Ecology**, v.. 43, n. 6, p. 843-854, 2011.

SCOLES, R.; GRIBEL, R. The regeneration of Brazil nut trees in relation on utharves tintensity in the Trombetas River valley of Northern Amazonia, Brazil. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 265, n.1, p.71-81, 2012.

SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, Belém, v. 6, n. 3, p. 273-293, 2011.

SCOLES, R.; KLEIN, G. N.; GRIBEL, R. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) plantada em diferentes condições de luminosidade após seis anos de plantio na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 9, n.2, p. 321-336, 2014.

SCOLES, R.; CANTO, M.S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevivência e Frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em Áreas Desmatadas em Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 555-564, 2016.

SOUZA, C. R. *et al.* Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 127-134, mar. 2010.

SILVA, W.R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: Kageyama, P.Y.; Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L.; Gandara, F.B. (eds.) **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340p.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

SOUZA, C. A. M. de *et al.* Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, jul/set 2006.

SOUZA, C. S. C. R.; SANTOS, V. A. H. F.; GONÇALVES, J. F. C. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. submetidas a diferentes níveis de irradiância. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.2, p.557-569, abr.- jun., 2017.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. V. A.; HIGASHI, E. N.; PAULA, T. A.; MOREIRA, A.; RIBEIRO, F. A. Influência da aplicação de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. In: **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL**, 2., 1999, Piracicaba. Anais. Piracicaba: IPEF/ESALQ, 1999. p. 120-125.

SILVA *et al.* **Preparo de área para plantio reparar a terra cultivar a vida**. Viçosa – MG.: Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata. 2004.

SILVA, M.A.S. *et al.* Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.2, p.327- 337, 2006.

SILVA, P. T. E. *et al.* Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.49, p.127-144, jan./jun. 2008.

SITA, R. C. M. *et al.* Effect of polymers associated with N and K fertilizer sources on *Dendrotheca grandiflora* Growth and K, Ca and Mg relations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 335-342, May/June 2005.

SIXEL, R. M. M.; GOMEZ, F. M.; Produção de florestas com qualidade: técnicas de plantio. **Silvicultura e Manejo. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais – IPEF**. 20008. Disponível em: <https://www.ipef.br/silvicultura/plantio.asp>. Acessado em: 11/02/2020.

SOUZA, C. A. M. de *et al.* Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, jul/set 2006.

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 714, 2008.

SOUZA, D. G.; ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D. Estrutura de uma população manejada de castanheira (*Bertholletia excelsa*) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 9, n. 2, p. 353-370, 2014.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SWAINE, M. D.; HALL, J. B. Early Succession on Cleared Forest Land in Ghana. **Journal of Ecology**, Londres, v. 71, n. 2, p. 601-627, 1983.

TAVARES-FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência Do Solo À Penetração Em Resposta ao Número De Amostras E Tipo De Amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 487-494, 2008.

TITTONELL, P. A.; GRAZIA, J. de; CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 641-645, 2002.

TOLEDO, R. E. B. *et al.* Faixas de controle de plantas daninhas e seus reflexos no crescimento de plantas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 78-92, 2003.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SÁ, S. P. P. Dendrometria de espécies nativas em plantios homogêneos no estado de Roraima - andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb) e jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 3, p. 353-362, 2005.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D.; MOURÃO JUNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Cerne**, Viçosa, v. 12, n.1, p. 8- 18, 2006.

TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M.M.C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 151-158, abr.-jun., 2008.

TROMBULAK, S.C., OMLAND, K.S., ROBINSON, J.A., LUSK, J.J., FLEISCHNER, T.L., BROWN, G.; DOMROESE., M., Princípios da biologia da conservação: diretrizes para o ensino da conservação recomendadas pelo comitê de educação da sociedade para a biologia da conservação. **Conservation Biology**, New York, v. 18, n. 5, p. 1-11, 2004.

TUCK HAUGAASEN, J. M.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian. **Journal of Tropical Ecology**, Londres, v. 26, p. 251-262, 2010.

VALE. **Conheça mais sobre a história de Carajás, a maior mina de minério de ferro do mundo. 2018** 10/08/2018. Disponível em: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/conheca-mais-sobre-historia-carajas-maior-mina-minerio-ferro-mundo.aspx>. Acessado em: 26/01/2020.

VALE **Conheça Salobo, o maior projeto de cobre da Vale**. Postado em: 13/02/2015. Disponível em: [vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/conheca-salobo-maior-projeto-cobre-vale.aspx](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/conheca-salobo-maior-projeto-cobre-vale.aspx). Acessado em: 28/02/2019.

VALE, G. R. F.; CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidrorretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 7-13, 2006.

VIERO, P. W. M.; LITTLE, K. M. A comparison of different planting methods, including hydrogels, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. **Southern African Forestry Journal**, Pretoria, v. 208, n. 1, p. 5-14, 2006.

WANG, Y. GREEG, L. L. Hydrophilic polymers – their response to soil amendments and effect on properties of a soilless potting mix. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 6, p. 943-948, Nov. 1990.

WADT L. H. O; KAINER K. A.; GOMES-SILVA D. A. P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 211, p. 371-384, 2005.

WOHLENBERG, E.V. *et al.* Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004.

WILLIAMS, K. D. **The central american tapir (*Tapirus bairdii*) in northwestern Costa Rica**. Dissertation Abstracts International, B (Sciences and Engineering), 45(4): 1075, 1984.

WHITMORE, T.C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology**, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

YARED, J. A. G.; KANASHIROM.; VIANA, L.M.; CASTRO, T.C.A.; PANTOJA, J.R.

Comportamento silvicultural de castanheira (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em diversos locais da Amazônia. **Anais do 1º Congresso Florestal Panamericano** v.2, p.416-418, 1993.

ZUIDEMA, P. A.; BOOT, R. G. A.. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, Londres, v.18, p.1-31, Lenders, 2002.

ZUIDEMA, P. A. **Ecología y manejo del árbol de castanha (*Bertholletia excelsa*):** 1-117. PROMAB (Serie Científica, 6), Riberalta. 2003.