



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROECOLOGIA**

IVSON DE SOUSA BARBOSA

**ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE MINERAÇÃO
DA BENTONITA: COMPOSTO ORGÂNICO NO CRESCIMENTO
INICIAL DE ÁRVORES NATIVAS**

**SUMÉ - PB
2021**

IVSON DE SOUSA BARBOSA

**ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE MINERAÇÃO
DA BENTONITA: COMPOSTO ORGÂNICO NO CRESCIMENTO
INICIAL DE ARBÓREAS NATIVAS**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

Orientadora: Professora Dra. Adriana de Fátima Meira Vital.

**SUMÉ - PB
2021**



B238e Barbosa, Ivson de Sousa.

Estratégia para recuperação de área de mineração da bentonita: composto orgânico no crescimento inicial de arbóreas nativas. / Ivson de Sousa Barbosa. - 2021.

43 f.

Orientadora: Professora Dr^a Adriana de Fátima Meira vital.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia.

1. Área de mineração - recuperação. 2. Recuperação de área degradada - mineração. 3. Recuperação de área minerada. 4. Degradação do solo. 5. Composto orgânico. 6. Bentonita - exploração na Paraíba. I. Vital, Adriana de Fátima Meira. II. Título.

CDU: 631.4(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

IVSON DE SOUSA BARBOSA

**ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREA DE MINERAÇÃO
DA BENTONITA: COMPOSTO ORGÂNICO NO CRESCIMENTO
INICIAL DE ARBÓREAS NATIVAS**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Agroecologia.

BANCA EXAMINADORA:

Adriana de Fátima Meira Vital

**Professora Dra. Adriana de Fátima Meira Vital.
Orientadora - UATEC/CDSA/UFCG**



**Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo.
Examinador I – UATEC/CDSA/UFCG**

Tarcísio Tomás Cabral de Sousa

**Dr. Tarcísio Tomás Cabral de Sousa.
Examinador II - SENAR MG**

Cleomária Gonçalves da Silva

**MSc Cleomária Gonçalves da Silva.
Examinadora III - Prefeitura Municipal de Sumé**

Regiane Farias Batista

**Tecn. Agroecologia Regiane Farias Batista
Examinadora IIII - Mestranda - CCA UFPB**

Trabalho aprovado em: 28 de maio de 2021.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar agradecer a Deus por toda força, coragem e fé que me tem concedido e que me mantém firme e determinado a prosseguir.

Gratidão a Nossa Senhora de Fátima pela intercessão e cuidados maternos, por nunca desamparar seu filho em momentos críticos da vida. Seguirei em Seu louvor para bendizer Seus feitos zelosos de Mãe. Serei grato por sempre estar ao meu lado, me guiando e aconselhando através de suas obras de vida como Mãe de Jesus e minha. Por Tuas mãos sou consagrado a Jesus, por Jesus, sou acolhido como Seu filho.

Agradeço a UFCG campus do CDSA Sumé (PB), pelas inúmeras oportunidades de aprimoramento profissional que me possibilitou o aprimoramento acadêmico, por meio dos Programas Probex, Pibic e Monitoria.

Sou profundamente grato a minha orientadora, professora Dr^a Adriana de Fátima Meira Vital, pelo desvelo, paciência, oportunidades, apoio incondicional e ensinamentos que jamais esquecerei e que contribuíram de forma absolutamente especial para o meu desenvolvimento como ser humano, como acadêmico, como extensionista, como pesquisador e como profissional. Como professora é o expoente máximo em quem me inspiro e que me abriu horizontes, ensinando-me principalmente a pensar. Foi e é fundamental no compartilhamento de informações e experiências, na criação e solidificação de saberes e nos meus pequenos sucessos na busca do conhecimento sobre o solo e outros assuntos. Como amiga, tem estado sempre ao meu lado sem que seja preciso pedir um conselho ou uma orientação, pois que vem de forma espontânea e amorosa.

Aos examinadores do trabalho, Dr Tiago Araújo, Dr Tarcísio Tomás, Prof^a Cleomária Silva e a Agroecóloga Regiane Farias Batista, por suas valiosas contribuições que somam para o engrandecimento dessa pesquisa.

A todos os professores que fazem o curso superior de Tecnologia em Agroecologia pela ajuda com a compreensão dos conhecimentos nos mínimos detalhes e por cada ação generosa que contribuiu para que eu seja um profissional mais bem formado e comprometido.

Aos proprietários da EMIBRA Boa Vista (PB), nas pessoas de Antonia Maria Macedo, André Falcão de Almeida e Laura Almeida Tota, que me permitiram as atividades desenvolvidas.

Ao colega Alberi Medeiros Santos que conduziu comigo o Pibic na EMIBRA, pelos aprendizados e apoio mútuo.

Ao Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos, pelos trabalhos e experimentos que desenvolvi sob sua orientação e pela afabilidade e gentileza que sempre teve ao ensinar as práticas de manejo e cuidados com as atividades voltadas ao solo.

Ao meu pai José Ivan Barbosa, à minha mãe Maria Elinete de Sousa Barbosa e minha irmã Ivaniele de Sousa Barbosa pela sólida formação que me foi ofertada e pelo empenho em me proporcionar a continuidade nos estudos até à conclusão da graduação, todo meu amor e eternos agradecimentos.

A cada um de meus familiares e amigos pelo carinho e respeito e pelas palavras de apoio e conforto.

Aos colegas do curso superior de Tecnologia em Agroecologia pelos momentos de interação e alegre convivências.

Aos amigos e amigas da empresa Terceirizada que apesar do trabalho árduo sempre tem uma palavra amiga e de bom ânimo para os discentes, pelas amizades sinceras que conquistei, especialmente ao amigo Zé Tiano, sempre prestativo e solidário e às funcionárias da copa, Maria Lucimar e Vaninha pelos bons papos e pelos cafés da manhã com sabor de alegria, simpatia e boas risadas.

Agradeço de coração a amiga irmã Regiane Farias Batista pela ajuda inestimável em todo o decorrer do meu curso de graduação, pelo carinho e apoio ao longo de minha vida acadêmica.

Agradeço profundamente ao colega Luiz Eduardo Souza Muniz pela elaboração do gráfico da área de estudo e a Francisco Edson da Silva pela ajuda na formatação do trabalho.

Com muito carinho, agradeço ao Programa de Ações Sustentáveis para o Cariri - Pascar e ao Projeto Solo na Escola UFCG e aos colegas do Espaço de Educação em Solos, por todos os momentos vividos em parceria na defesa da popularização do conhecimento do solo, pois com eles fui capaz de evoluir como profissional e como pessoa.

Sou agradecido a cada agricultor e agricultora, professores e estudantes que visitaram nossas ações do Espaço de Educação em Solos, aos vaqueiros e amazonas que participam da Cavalgada dos Agricultores, às louceiras do Ligeiro de Serra Branca, bem como aos amigos e

amigas do Centro de Atenção Psicossocial – CAPS Sumé, por todos os momentos que me enriqueceram a vida.

Grato pelos ensinamentos herdados de minha vó Lindalva e de minha vó de coração Clotilde, que levarei comigo por toda vida.

Agradeço a minha querida amiga Maria Acidalia da Silva, por quem tenho muita admiração e a me sinto ligado por fortes laços de amizade e respeito; grato pela atenção comigo e pelas conversas sempre relevantes e recheadas de conselhos, saborosas comidas e sorrisos.

Meus sinceros agradecimentos a Joan Lucena e Juliane Lucena, pessoas especiais que fazem parte da minha vida.

Finalmente e com muito respeito, manifesto meu agradecimento ao solo, este extraordinário organismo, recurso da Natureza, que nos sustenta, abriga, alimenta e protege. Que cada grão de terra seja uma simplificação do meu amor pelo solo e que eu partilhe tudo que aprendi sobre sua conservação e preservação afim de que as futuras gerações o contemplem e usufruam de suas doações de vida.

A cada pessoa que direta ou indiretamente contribuiu e colaborou para que eu concluísse meu curso, transformando meus sonhos em realidade, muito obrigado.

*“Afagar a terra
Conhecer os desejos da terra...”*

(Milton Nascimento)

RESUMO

A mineração consiste em uma atividade humana exercida desde a antiguidade, mas que provoca alterações ambientais no solo e vegetação. No Cariri da Paraíba a exploração de bentonita apresenta grande importância sócio-econômica e caracteriza-se pelo decapeamento do topsoil, originando grande volume de terra, com CTC alta, mas com baixo conteúdo de matéria orgânica e que são acumulados na área de lavra. A pesquisa objetivou avaliar a contribuição do composto orgânico no crescimento inicial de espécies nativas cultivadas em topsoil de mineração. A pesquisa foi conduzida em duas etapas: uma no viveiro e outra no campo. No viveiro aplicaram-se doses de composto orgânico (0,0–5-15-25 % v/v) no topsoil, estudando-se o crescimento inicial da craibeira (*Tabebuia aurea*), jureminha (*Desmanthus virgatus*) e pau ferro (*Caesalpinia ferrea*) por meio da avaliação da altura e diâmetro, durante 105 dias. Em seguida as mudas foram plantadas no campo, quantificando-se as mesmas variáveis por 120 dias. No viveiro e no campo o composto aumentou a altura e o diâmetro da craibeira, jureminha e pau ferro principalmente aos 105 e 120 dias da semeadura e plantio, respectivamente.

Palavras-chave: recuperação de áreas mineradas; degradação dos solos; composto orgânico; espécies nativas.

ABSTRACT

Mining is a human activity that has been practiced since antiquity but causes environmental changes in soil and vegetation. In Cariri state of Paraíba, the exploitation of bentonite is of great socioeconomic importance and is characterized by the soil decapitation originating a large volume of soil, with high CTC but with low content of organic matter and accumulated in the area of plowing. The objective of this research was to evaluate the contribution of the organic compound to the initial growth of native species cultivated in topsoil of mining. The research was conducted in two stages: one in the nursery and the other in the field. In the nursery, doses of organic compound (0.0 - 5 - 15 and 25% v / v) were applied to the topsoil by studying the initial growth of the craibeira (*Tabebuia aurea*), jureminha (*Desmanthus virgatus*) e pau ferro (*Caesalpinia ferrea*) by evaluating the height and diameter for 105 days. Then the seedlings were planted in the field, quantifying the same variables for 120 days. In the nursery and in the field the compound increased the height and diameter of the *Caesalpinia ferrea*, *Tabebuia aurea* and *Desmanthus virgatus*, mainly at 105 and 120 days of sowing and planting, respectively.

Keywords: recovery of mined areas; soil degradation; organic compost; native species.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das plantas.....	29
Gráfico 2	Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.....	29
Gráfico 3	Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo.	30
Gráfico 4	Efeito do tempo no crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil (fase viveiro).....	32
Gráfico 5	Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo (fase viveiro).....	33
Gráfico 6	Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das plantas em campo.....	34
Gráfico 7	Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.....	35
Gráfico 8	Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto.....	35
Gráfico 9	Efeito do tempo no crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.....	37
Gráfico 10	Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise de variância do experimento.....	27
Tabela 2	Resultado da análise química do substrato utilizado no experimento.....	28
Tabela 3	Resultado da análise física do solo.....	28
Tabela 4	Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nos diferentes períodos no viveiro.....	32
Tabela 5	Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nas diferentes doses de composto orgânico.....	36
Tabela 6	Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nos diferentes períodos no campo.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO.....	14
2.2	A EXPLORAÇÃO DA BENTONITA NO CARIRI PARAIBANO.....	15
2.3	ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS.....	18
2.4	USO DE COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO.....	19
2.5	ESPÉCIES NATIVAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	21
2.6	O PAU FERRO, A CRAIBEIRA E A JUREMA E SUAS POTENCIALIDADES.....	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1	TIPOLOGIA DA PESQUISA.....	24
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	24
3.3	COLETA E ANÁLISE DO TOPSOIL E PREPARO DO COMPOSTO.....	25
3.4	AQUISIÇÃO DAS SEMENTES.....	26
3.5	TRATAMENTOS, DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E PARÂMETROS ANALISADOS.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1	ETAPA DO VIVEIRO.....	28
4.1.1	Altura e diâmetro das plantas.....	28
4.1.2	Influência do composto orgânico.....	29
4.1.3	Altura e diâmetro nas doses de composto e do tempo.....	31
4.2	ETAPA DO CAMPO.....	34
4.2.1	Altura e diâmetro das plantas.....	34
4.2.2	Influência do composto orgânico.....	34
4.2.3	Altura e diâmetro nas doses de composto e do tempo.....	36
5	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

No Nordeste do Brasil a degradação dos solos ocorre em função da exploração inadequada dos recursos da Natureza, com destaque para a atividade agropecuária, cujas ações, sem adoção de práticas conservacionistas, resultam em elevadas taxas de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento dos mananciais de água, perda de biodiversidade e da qualidade dos solos. Além dessa atividade reconhecidamente depredatória, mas necessária, soma-se a atividade mineradora, que gera igualmente uma degradação de grande magnitude, embora com impactos mais pontuais (KOBLOITZ *et al*, 2011; BARROS *et al*, 2012).

A atividade mineradora é bem diversificada e abrange uma vasta produção de minerais, sendo assim um grande exportador e importador desses recursos. No Cariri paraibano, a exploração da bentonita é bastante praticada, sendo uma atividade econômica importante para a região na geração de empregos, mas são comuns impactos ambientais expressivos, muitas vezes irreversíveis.

Em Boa Vista, o espaço de produção desse mineral se fixa ao longo da BR 412, da estrada estadual que liga Boa Vista à cidade de Cabaceiras e no sudeste do território municipal, onde estão assentadas as jazidas em processo de exploração (Bravo, Juá e Lages). Pela importante parcela financeira que gera, se constitui como o setor econômico mais importante para o município, colocando-o, em meio aos 223 municípios do Estado, na 14ª posição em arrecadação do ICMS.

Na extração desse minério, a primeira etapa do processo é a preparação da área de lavra da mina, pela retirada de toda cobertura vegetal, juntamente com o material do horizonte superficial do solo (topsoil) onde será realizada a extração do minério. A segunda etapa é a extração do minério de bentonita realizada através do desmonte do minério e seu transporte até a fábrica. A cava aberta, fica exposta, muitas vezes, sem projetos de recuperação.

Para recuperar estas áreas, vários métodos de recuperação podem ser utilizados, envolvendo o estudo do solo e da vegetação no ambiente degradado (NASCIMENTO, 2007). A escolha das espécies a serem utilizadas para recomposição do ambiente é fundamental, devendo o planejamento ser eficiente, evitando-se o pensamento imediatista, que considera apenas a introdução de elevada densidade de espécies para rápido recobrimento do terreno, sem levar em consideração a função ecológica e as interações das espécies com o ecossistema (PEREIRA; GUIMARÃES, 2013).

O plantio de mudas de espécies nativas locais, de rápido crescimento apresenta alta eficácia e com o passar do tempo proporciona o desenvolvimento de espécies vegetais de outros níveis de sucessão (CAVALHEIRO et al., 2002).

A abordagem mais simples para revegetação dessas áreas alteradas deve incorporar material adequado na superfície dos rejeitos (JOHNSON et al., 1994). Para tanto, são empregadas práticas de manejo baseada na incorporação de compostos orgânicos que aumentam a matéria orgânica, melhorando a textura, contribuindo para aumentar a capacidade de retenção de água e de nutrientes, a aeração e a biologia do solo (SILVA, 2007).

É importante destacar que para o cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável (ODS) tem havido um interesse crescente em vincular a indústria de mineração que em muitos países em desenvolvimento tem um impacto potencialmente adverso no ambiente natural, na sociedade e heranças culturais, sendo necessários estudar os potenciais impactos adversos da atividade para a busca de medidas de mitigação mais adequadas para as diferentes etapas da atividade.

Nesse cenário, a pesquisa objetivou avaliar a contribuição do composto orgânico no crescimento inicial de três espécies nativas (*Caesalpinia ferrea*, *Tabebuia aurea* e *Desmanthus virgatus*) cultivadas em topsoil de uma área de mineração do Cariri paraibano, como cooperação aos estudos de recuperação de áreas degradadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

A extração mineral consiste em uma atividade humana exercida desde a antiguidade, primeiramente com forma de sobrevivência, e, posteriormente, assumindo a posição de fonte produtora de bens sociais e industriais, participando sobremaneira na evolução alcançada pela humanidade, e cumprindo um importante papel no desenvolvimento social e econômico, gerando empregos e movimentando o mercado da construção civil. Habitação, transporte, indústria e tecnologia são alguns exemplos de segmentos da atuação humana com estreito relacionamento e forte dependência em relação à mineração.

A mineração é um dos setores que ocupam posição de grande destaque na economia brasileira, tendo uma importante participação na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Os bens minerais geram emprego e ocupam espaço nas exportações brasileiras, marcadas por elevada comercialização de commodities. No segmento dos minerais metálicos, entre os quais se destaca o minério de ferro, a maior parte se destina ao mercado externo, contribuindo para a formação da balança comercial brasileira (BRASIL-AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2019).

O Brasil se destaca no cenário global como um dos maiores produtores de commodities minerais, possuindo as maiores reservas mundiais de ferro, bauxita e nióbio, estando em terceiro lugar no ranking global de produção de minério de ferro (UN COMTRADE, 2017). De acordo com o US Geological Survey (USGS, 2017), o destaque do país não está relacionada apenas às reservas no Território Nacional, mas também para a balança comercial brasileira. Em 2014, o Brasil exportou mais de US \$ 34 bilhões.

Em que pese a importância da atividade, Toy et al (2013) destaca que a mineração é responsável por impactos ambientais expressivos, muitas vezes irreversíveis. Dentre os prejuízos ocasionados pela mineração, podem ser citados danos causados aos produtores rurais no entorno da região e em relação a quantidade de argila gerada pelo processo de lavra ou mineração provoca degradação física, gerando alterações na topografia do terreno, erosão e impacto visual, entre outros fatores (PEREIRA, 2008).

Na área de lavra ou na alocação de coprodutos, há remoção ou prejuízos na cobertura vegetal e forte alteração visual da paisagem, carecendo desenvolverem-se técnicas ou práticas de recuperação das áreas. Muitas vezes “rejeitos” são armazenados nos pátios ou depositados em áreas adjacentes das empresas, acarretando impacto visual muito forte, cobrindo o solo e

impedindo a germinação de espécies importantes, dificultando as fases de sucessão ou regeneração natural, resultando em deterioração ambiental (GOMES, 2012).

Geralmente a atividade de mineração implica supressão de vegetação ou impedimento de sua regeneração (MECHI; SANCHES, 2010). Segundo o Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989, empreendimentos que exploram recursos minerais devem, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório do Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada (Decreto nº 97.632/89, Art. 1º).

Nas localidades onde existe extração de minerais há impactos e ações negativas, tendo em vista que elas absorvem os custos indiretos da atividade e estão sujeitas a incertezas quanto ao desempenho futuro dos empreendimentos. Sendo assim, estes territórios estão sujeitos a ocorrência de desastres ambientais causados pela extração dos minérios (NAHAS et al., 2019; DOMINGUES et al., 2019; DENES, 2018), como por exemplo o ocorrido nas cidades mineiras de Mariana e de Brumadinho.

Como a atividade de mineração implica supressão de vegetação com a remoção da camada superficial do solo e, naturalmente o banco de sementes, a matéria orgânica entre outros, causando da possível infertilidade e exposição do solo a processos de erosão, são necessários estudos e ações pontuais para minimizar as consequências dessas ações antrópicas sobre o meio natural.

2.2 A EXPLORAÇÃO DA BENTONITA NO CARIRI PARAIBANO

As argilas bentoníticas são conhecidas há muito tempo e essa denominação vem da sua localização no primeiro depósito comercial, em Fort Benton, no estado de Wyoming, nos Estados Unidos. A bentonita é um material proveniente de cinzas vulcânicas produzidas nas eras geológicas pretéritas. É uma argila plástica e coloidal constituída, essencialmente, por montmorilonita e outros minerais do grupo das esmectitas, com componentes como caulinita, illita, feldspatos, anfibólios, crisobalina e quartzo, sendo retirada do subsolo e utilizada, após o beneficiamento como medicamentos, cosméticos, material de limpeza, perfuração de poços de petróleo e água, pelotização de minério de ferro, fundição siderúrgica, entre outros (DARLEY; GRAY, 1988).

A bentonita é um minério de suma importância que apresenta amplo uso industrial, sendo utilizadas, como ligante de areias em moldes para fundição, na descoloração de óleos, na

pelotização de minérios de ferro e manganês, dessecantes, na indústria farmacêutica e de cosméticos, em tortas e adesivos, como impermeabilizante de barragens, em fluidos ou lamas de perfuração de poços de petróleo, captação de água, terra higiênica para gatos, indústria química e farmacêutica e clarificantes, etc. (GOMES, 1988; AMORIM et al., 2005; SILVA et al, 2012).

As principais jazidas de bentonita em operação no Brasil estão localizadas no município de Boa Vista, estado da Paraíba, que se destaca como sendo o município em que a atividade de extração da bentonita é o mais estudado e responsável por 26,6 %, mas também existem outros depósitos de bentonita, como o de Vitória da Conquista (BA).

Em Boa Vista, o espaço de produção desse mineral se fixa ao longo da BR 412, da estrada estadual que liga Boa Vista à cidade de Cabaceiras e no sudeste do território municipal, onde estão assentadas as jazidas em processo de exploração nas comunidades Bravo, Juá e Lages.

Os depósitos de argila bentoníticas aí situadas encontram-se associados, segundo análises geológicas da área, como derrames basálticos olivínicos, constituindo uma sequência vulcano-sedimentar de distribuição restrita e isolada (PORTO; ARANHA, 2002).

Pela importante parcela financeira que gera, se constitui como o setor econômico mais importante para o município, colocando-o, em meio aos 223 municípios do Estado, na 14ª posição em arrecadação do ICMS (SILVA; FERREIRA, 2008).

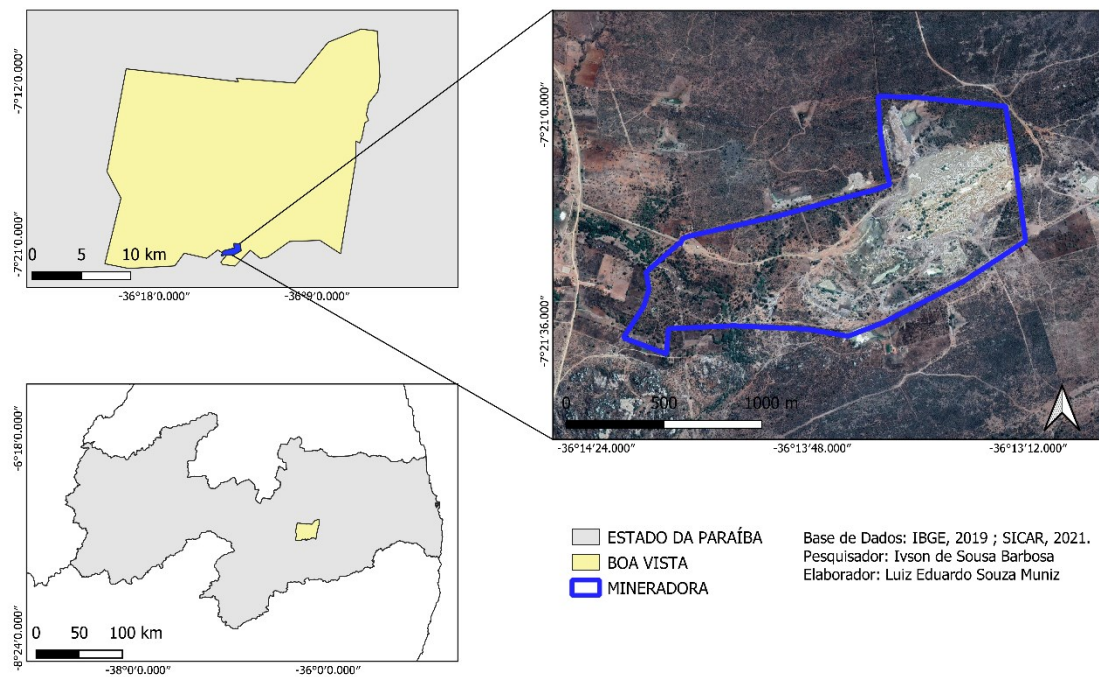
Nos usos exploratórios de bentonita observa-se a pouca geração de resíduos no ambiente, geralmente, da remoção do capeamento superficial, e com a retirada das camadas mais profundas e estéreis no decorrer do perfil do solo em busca do minério argiloso (GOPINATH, 1981).

Na extração desse minério, a primeira etapa do processo é a preparação da área de lavra da mina, pela retirada de toda cobertura vegetal, juntamente com o material do horizonte superficial do solo (topsoil) onde será realizada a extração do minério. A segunda etapa é a extração do minério de bentonita realizada através do desmonte do minério e seu transporte até a fábrica. A cava aberta, fica exposta, muitas vezes, sem projetos de recuperação.

Na área de lavra ou na alocação de coprodutos, há remoção ou prejuízos na cobertura vegetal e forte alteração visual da paisagem, carecendo desenvolverem-se técnicas ou práticas de recuperação das áreas. Muitas vezes “rejeitos” são armazenados nos pátios ou depositados em áreas adjacentes das empresas, acarretando impacto visual muito forte, cobrindo o solo e impedindo a germinação de espécies importantes, dificultando as fases de sucessão ou regeneração natural, resultando em deterioração ambiental (GOMES, 2012).

Especificamente nos locais de mineração, a agressão ao meio ambiente mais limitado ao desmatamento e principalmente na topografia da região minerada, não retomando a configuração original e sendo necessário fazer a recuperação das cavas com preenchimento das camadas do subsolo estéril, e terraplanagem do local, para fazer a recuperação do local com a própria vegetação nativa (Mapa 1).

Mapa 1- Localização da EMIBRA e área de exploração da bentonita (Boa Vista - PB).



EPSG: 4326

A



B

Fonte: O autor (2017).

2.3 ESTRATÉGIAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS

Segundo o Decreto no 97.632 de 10 de abril de 1989, empreendimentos que exploram os recursos minerais devem, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório do Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada (Decreto nº 97.632/89, Art. 1º).

Uma maneira importante para a recuperação do solo e preservação da biodiversidade presente no local de áreas mineradas é a retirada da camada superficial do solo (topsoil), cerca de 20 a 30 centímetros, transferindo para uma área degradada ou armazenando para utilizar posteriormente no local onde houve exploração, com a posterior implantação de mudas.

Além disso, Soares (2009), argumenta que o plantio de mudas é uma forma efetiva de ampliar o processo de restauração de áreas degradadas. Podendo ser realizado de diversas formas, no que diz respeito à disposição de mudas em campo. Porém, as espécies devem ser nativas da região onde será feita a restauração (MORAES *et al.*, 2013).

O plantio de mudas é uma forma efetiva de ampliar o processo de restauração de áreas degradadas. Podendo ser realizado de diversas formas, no que diz respeito à disposição de mudas em campo. Porém, as espécies devem ser nativas da região onde será feita a restauração (MORAES *et al.*, 2013).

Para recuperar estas áreas, vários métodos de recuperação podem ser utilizados, envolvendo o estudo do solo e da vegetação no ambiente degradado (NASCIMENTO, 2007). A escolha das espécies a serem utilizadas para recomposição do ambiente é fundamental, devendo o planejamento ser eficiente, evitando-se o pensamento imediatista, que considera apenas a introdução de elevada densidade de espécies para rápido recobrimento do terreno, sem levar em consideração a função ecológica e as interações das espécies com o ecossistema (PEREIRA; GUIMARÃES, 2013).

O plantio de mudas de espécies nativas locais, de rápido crescimento apresenta alta eficácia e com o passar do tempo proporciona o desenvolvimento de espécies vegetais de outros níveis de sucessão (CAVALHEIRO *et al.*, 2002).

A abordagem mais simples para revegetação dessas áreas alteradas é incorporar material adequado na superfície dos rejeitos (JOHNSON *et al.*, 1994). Para tanto, são empregadas práticas de manejo baseada na incorporação de compostos orgânicos.

2.4 USO DE COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO

A produção de mudas será exitosa em viveiro quando alguns parâmetros forem observados cuidadosamente, com destaque para o substrato, que deve conter níveis adequados de nutrientes, disponibilidade de água e oxigênio, livre de patógenos e capaz de sustentar o crescimento das mudas dando-lhes condições para resistir às adversidades no campo, podendo ser constituídos por um único material ou pela combinação de diferentes componentes (DUTRA, 2010; BOTELHO, 2011; BOENE et al., 2013; NAVROSKI et al., 2015).

O substrato ideal vai depender de diferentes características, como a necessidade de cada espécie, facilidade de aquisição e de transporte, disponibilidade de nutrientes, baixa salinidade, textura e estrutura e pH adequado (KUSDRA et al., 2008; (DUARTE e NUNES, 2012; ALMEIDA et al., 2012; SILVA et al., 2012; KRATZ et al., 2013).

Diversos materiais orgânicos e inorgânicos têm sido utilizados para a composição de substratos. A utilização de resíduos orgânicos na composição de substratos de cultivo pode ser uma alternativa viável na produção de mudas de qualidade, uma vez que diminui os custos na produção, por utilizar resíduos agropecuários e agroindustriais disponíveis na região, reduz a utilização de insumos químicos, aumenta a disponibilidade de nutrientes à planta (FERREIRA et al., 2015; TRAZZI et al., 2012; FAVALESSA, 2011), a porosidade e capacidade de retenção de água do substrato, favorecendo a germinação e desenvolvimento da planta (MOREIRA, 2016), aeração e facilidade para penetração das raízes no substrato (FERREIRA et al., 2015).

Uma forma excelente para aproveitar os resíduos agrícolas de origem vegetal e animal e usar como adubo orgânico é transformando-os em compostos, utilizando a compostagem que é uma prática simples e de baixo custo e que deve ser estimulada na agricultura familiar, especialmente para fortalecer a agroecologia e a conservação dos solos.

A compostagem é um processo biológico de decomposição aeróbia controlada, por meio da ação de microrganismos, e de estabilização da MO crua em condições que permitem o desenvolvimento de processos termofílicos, resultantes de uma produção calorífica de origem biológica (COTTA et al., 2015). Sendo bem conduzida, gera compostos orgânicos que quando adicionado ao solo melhoram as características químicas, físicas e biológicas e conseqüentemente, o composto serve para enriquecer solos, permitindo uma boa fertilidade e diminuindo o uso de insumos químicos, reduzindo assim os custos de produção agrícola (CARMO e SAMPAIO, 2009).

O composto orgânico é preparado pela mistura e empilha de restos vegetais e animais, conduzidos a um processo de decomposição microbiana e ao estado parcial ou total de

humificação, em geral, são ricos em substâncias nitrogenadas e em carbono, com grande eficiência e eficácia tanto economicamente quanto ambientalmente (FAVALESSA, 2011; PEIXE; HACK, 2014).

O processo de compostagem pode se dar em “silos, células, covas no chão ou em aparelhos digestores com os mais diversos formatos e técnicas de funcionamento” (KIEHL, 2010). A decomposição dos materiais pode ocorrer por processos aeróbios ou anaeróbios, processos estão diretamente ligados à presença ou não de oxigênio e conseqüentemente a faixas de elevação de temperatura, segundo o interesse ou possibilidade de quem faz uso da prática.

Na compostagem aeróbica, a partir da temperatura ambiente, a matéria orgânica atinge as seguintes fases: mesófila (temperaturas de 20 a 40°C), termófila (temperaturas superiores a 40°C a 60°C e maturação, quando a temperatura se estabiliza à temperatura ambiente. Deste modo, o tempo de humificação do composto gira em torno de 100 a 120 dias (KIEHL, 2010; PEREIRA NETO, 2011).

Dentre as vantagens do composto orgânico podem ser citadas o aumento da matéria orgânica, melhoria da textura, contribuindo para aumentar a capacidade de retenção de água e de nutrientes, a aeração e a biologia do solo, enriquecimento dos solos pobres melhorando suas características como a manutenção da temperatura, estabilização do pH e até mesmo a estrutura, diminuindo assim, riscos de erosão; melhora a capacidade de absorção dos nutrientes pelas plantas, bem como o desempenho das mesmas; atua como inoculante de macro e microrganismos; aproveitamento agrícola, domiciliar e/ou industrial da matéria orgânica, podendo até gerar lucros, além de ser excelente substrato para produção de mudas (OLIVEIRA, 2009; CUSTÓDIO; MERSONI; SCHNEIDER, 2011; SARTORI et al., 2016).

Para que o processo seja exitoso é preciso observar os fatores que exercem influência como a temperatura, umidade, aeração, granulometria, pH, microrganismos (HERBETS et al., 2005; PEREIRA NETO, 2011) e a relação C/N (MEIRA; CAZZONATTO; SOARES, 2009).

Diversos trabalhos atestam a eficácia do uso do composto orgânico na produção de mudas, como o de Cunha et al. (2005), que obtiveram resultados satisfatórios na produção de mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. D.C) utilizando 50% de composto orgânico (CO) + 50% de terra de subsolo e Caldeira et al. (2008), que analisaram a influência do composto orgânico na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi, observando que, de um modo geral, houve efeito da adição do composto orgânico no substrato no desenvolvimento das mudas desta espécie.

2.5 ESPÉCIES NATIVAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Nas atividades de recuperação de ambientes degradados por mineração é preciso atenção para seleção das espécies, sendo relevante a introdução daquelas com altas taxas de crescimento e sobrevivência que permitam promover o rápido recobrimento do solo, alta produção de matéria orgânica e proteção do solo contra erosão, propiciando o restabelecimento de outras espécies vegetais durante o processo sucessional (LIMA et al., 2015).

A escolha de espécies que serão utilizadas para recuperação de áreas degradadas é afetada por fatores edáficos, climáticos e ambientais e deve se balizar na análise desses fatores bem como dos fatores fisiológicos das plantas (PEREIRA, 2008).

Para Andrade et al. (2002), uma das estratégias para seleção de plantas potencialmente aptas para revegetação de áreas degradadas é a observação de espécies que surgem de modo espontâneo em ambientes inóspitos e nos arredores a serem implantadas.

Lima et al. (2013) estudaram o desenvolvimento inicial e a sobrevivência de 20 espécies arbóreas, incluindo espécies nativas e exóticas, e espécies nodulantes e não-nodulantes, plantadas em cinco jazidas de extração de piçarra distribuídas em três municípios do Rio Grande do Norte (RN) e verificaram que as espécies nativas que obtiveram o melhor desenvolvimento no substrato foram *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Caesalpinia férrea* e *Tabebuia caraíba*.

2.6 O PAU FERRO, A CRAIBEIRA E A JUREMA E SUAS POTENCIALIDADES

O plantio de espécies nativas e a demanda por informações sobre as espécies adequadas para recuperação de áreas degradadas por mineração e reposição de vegetação de reserva legal e de matas ciliares é cada vez mais crescentes, sendo importante definir a escolha das espécies adequadas a cada caso.

A *Caesalpinia ferrea*, popularmente conhecida como pau-ferro, é uma espécie secundária inicial que apresenta boa regeneração e que pode atingir até 10,0-20,0 m de altura, com tronco liso e escuro e manchas brancas irregulares, cujas sementes apresentam dormência física, sendo necessários tratamentos de escarificação, para a obtenção de germinação satisfatória acima de 70%. Seus frutos são legumes de coloração preta-avermelhada, carnosos e indeiscentes (BIRUEL et al. 2007; LENHARD et al., 2010). Além do mais, a espécie é muito

utilizada para a arborização de parques e praças; a casca, sementes, frutos e raízes são utilizados na medicina popular para emagrecimento, como depurativo e no combate à anemia, afecções pulmonares e diabetes (BRAGA 1976; LORENZI 2000).

A craibeira (*Tabebuia aurea*), é uma espécie que ocorre nas margens de rios temporários do Nordeste brasileiro, atinge normalmente a altura de 10 a 20 metros, dependendo do ambiente, possui fruto do tipo folículo, com sementes aladas dispersas pelo vento e folhas subsésseis, com inflorescência e flores hermafroditas amarelas (LORENZI, 1998; CABRAL et al., 2004). A ocorrência da craibeira, segundo Cabral *et al.* (2003) destaca-se na região semiárida do Nordeste brasileiro, como planta de múltiplas utilidades e indicada para trabalhos de reflorestamento em áreas de baixa pluviosidade. Possui uma madeira pesada e muito flexível, mas que apodrece facilmente, geralmente usada na fabricação de papel, artigos desportivos, cabos de vassouras, e obras externas. A casca pode ser utilizada para a produção de fibras para cordas.

A jurema (*Desmanthus virgatus*), é da Família Fabaceae, espécie subarborescente perene que se desenvolve nas Regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, ocorre naturalmente em bordos de matas costeiras, restinga e locais antropizados, apresenta caule cilíndrico, muito anguloso, com ramos decumbentes, sendo fortemente ramificado desde a base (MOREIRA, 2017). Apresenta grande diversidade, com papel biológico e fonte de nitrogênio, é importante para a agricultura como planta de cobertura e adubação verde (FONTENELE, *et al.*, 2009). É igualmente uma planta recomendada para reflorestamento por sua adaptabilidade natural às regiões de prolongada estiagem (CAVALCANTI, 2010). Sua rusticidade, agressividade e persistência permitem pastejo direto, podendo ser utilizada também para banco de proteínas, ou em consórcio com gramíneas. Usada para forragem e pasto, possui alta palatibilidade, elevada taxa de crescimento e resiste ao corte e pastejo, podendo ser feitos quatro cortes por ano, dispõe de alta taxa de produção de sementes (Fotografia 1).

Fotografia 1 - Árvores de Pau ferro, a Craibeira e a Jurema.



Fonte: O autor (2020).

Conforme Kageyama et al. (1992) espécies nativas são importantes elementos de restauração e de recomposição da paisagem, sendo, portanto, as mais indicadas para cobertura de áreas sem vegetação. Segundo Gris et al. (2012), espécies nativas, além de garantirem a preservação do banco genético autóctone, tornam o ambiente mais próximo do originalmente existente e mais equilibrado ecologicamente.

Há poucos trabalhos publicados que avaliem a sobrevivência de mudas nativas de Caatinga após o plantio em áreas mineradas (FIGUEIREDO *et al.*, 2012; LIMA, 2012; LIMA et al. 2015), dificultando comparações e impossibilitando a indicação de metodologias mais adequadas para aumentar a sobrevivência de mudas ou quais espécies seriam mais adequadas ao plantio nas primeiras etapas de recuperação dessas áreas.

Espécies como a Craibeira, jurema e pau ferro são indicadas para reflorestamento de matas ciliares, principalmente em regiões de baixa pluviosidade pelo fato de apresentar crescimento rápido, no paisagismo urbano pelas flores amarelas e chamativas e, também para recuperação de áreas degradadas em sistemas ecológicos sucessionais como espécies pioneiras (CHOMITZ *et al.*, 2005; SOARES; CASAGRANDE, 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho desenvolvido caracterizou-se como pesquisa exploratório-descritiva, uma vez que “descreve o comportamento dos fenômenos” (COLLIS; HUSSEY, 2005), estabelece relações entre as variáveis (GIL, 2002) e possibilita ao investigador maximizar seu conhecimento acerca de determinado fenômeno ou problemática (TRIVINÕS, 1990).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no ano de 2018 e foi dividida em dois momentos e em dois ambientes: no Viveiro de Mudanças do CDSA UFCG, em Sumé (PB) e na Mineradora Bravo (EMIBRA) localizada no município de Boa Vista – PB (Fotografia 2).

Fotografia 2 - Viveiro de Mudanças do CDSA/UFCG -Sumé (A) e área da EMIBRA - Boa Vista (B), onde foi conduzida a pesquisa.



A



B

Fonte: O autor (2018).

O clima das áreas é do tipo Bsh – semiárido quente, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média de 500 mm ano⁻¹ e altas taxas de evaporação.

Sumé está localizado sob as coordenadas geográficas 07° 40' 18" de latitude Sul e 36° 52' 48" de longitude Oeste, com precipitação média de 600 mm e temperatura média de 26°C, com máxima nos meses de novembro e dezembro e mínima nos meses de julho a agosto

(MOURA, 2002; SENA *et al.*, 2014). Boa Vista localiza-se sob as coordenadas geográficas de 07°15' S e 36° 14' O e altitude aproximada de 493 metros, com precipitação média de 400mm (NASCIMENTO; ALVARES *et al.*, 2013).

Os solos predominantes destas regiões são os Luvisolos Crômicos, Planossolos Nátricos e Neossolos Litólicos, caracterizados como eutróficos, que são solos em sua maioria de pouca profundidade, baixa capacidade de retenção de água, associados à alta evapotranspiração potencial, com predisposição à salinização e erosão, com necessidade do expressivo uso das práticas conservacionistas (EMBRAPA, 2018; BRASIL, 1972; PARAÍBA, 1978). A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófito, com maior presença de cactáceas e ocorrência de afloramentos rochosos (IBGE, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2021).

3.3 COLETA E ANÁLISE DO TOPSOIL E PREPARO DO COMPOSTO

O solo foi coletado da parte superficial da abertura da lavra (topsoil), depositado nas áreas adjacentes da mina (EMIBRA) e encaminhado ao Laboratório de Solos do CDSA, onde foi seco ao ar, destorroado, e a terra fina seca ao ar (TFSA) passada em peneira de malha de 2 mm, para realização das análises químicas (MO, P, Ca, Mg, K, Na, H, Al) (Tabela 1) e físicas (granulometria) de acordo com a Embrapa (2018).

O composto orgânico foi oriundo do processo de compostagem realizado no Viveiro de Mudas do CDSA, contendo em sua composição resíduo de poda de árvore e de grama, esterco bovino e caprino, cascas de ovos e borra de café.

Fotografia 3 - Peneiramento do topsoil (A) e preparo da compostagem para uso na atividade da pesquisa (B).



A



B

Fonte: O autor (2020).

Após o peneiramento do topsoil o experimento foi montado acondicionando-se o material nos vasos com capacidade para 5L e mantido a 70% da capacidade de campo.

3.4 AQUISIÇÃO DAS SEMENTES

As espécies utilizadas (jurema, pau-ferro e Craibeira) foram provenientes do Armazém de Sementes do CDSA e semeadas diretamente nos vasos já com o substrato preparado, utilizando-se 3 sementes por vaso. Após a emergência foi feito o desbaste, mantendo-se a plântula que apresentou maior vigor. Os vasos foram etiquetados e dispostos em área sombreada (Fotografia 4).

Fotografia 4 - Amostra das sementes usadas na pesquisa.



Fonte: O autor (2020).

3.5 TRATAMENTOS, DELINEAMENTO ESTATÍSTICO E PARÂMETROS ANALISADOS

Na fase de Viveiro os tratamentos foram quatro doses de composto (0-5-15-25v/v), três espécies (craibeira, jurema e pau ferro) com quatro repetições, totalizando 48 vasos com capacidade para cinco litros, utilizando-se 3 sementes por vaso, após a germinação foi feito o desbaste permanecendo apenas as plantas com tamanhos padronizados. Foram avaliados a cada 15 dias a altura e o diâmetro das plantas em vaso, ao longo dos três meses. Na fase de campo, as plantas foram transplantadas na área da mineradora e foram realizadas medições das variáveis mensalmente, por 120 dias (Fotografia 5 A e B).

Fotografia 5 - Fase viveiro (A) e fase campo (B) da pesquisa.



A

B

Fonte: O autor (2020).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado compreendendo três espécies arbóreas, quatro doses de composto de orgânico, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Para a variável doses de composto orgânico aplicou-se a Regressão polinomial de segundo grau e para a variável espécie o Teste Tukey a 5% de probabilidade. O esquema de análise de variância encontra-se na Tabela 1

Tabela 1 - Análise de variância do experimento.

Fonte de variação	Graus de Liberdade
Doses (D)	3
Espécies (E)	2
Blocos	3
D x E	6
Erro	33
Total	47

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises do solo são apresentados nas Tabelas 2 e 3 a seguir. Quimicamente o substrato apresentou reação adequada, pH=6,2. A acidez é ótima sob o ponto de vista de produção vegetal, há maior disponibilidade de nutrientes. Relativo ao P o valor foi considerado muito baixo (6,1). Para o Ca e Mg os valores observados foram muito altos, o que está de acordo com o pH. Para o K o valor ficou na faixa de médio (0,2).

Tabela 2 - Resultado da análise química do substrato utilizado no experimento.

AM	pH	M.O.	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
Nº. CaCl ₂ 0,01M	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³		-----	cmol _c dm ⁻³	-----		%		
1	6,2	0,8	6,1	40,0	30,0	0,20	2,61	1,3	74,1	98,2

AM: Amostra.

Fisicamente: a granulometria expressa solo de textura argilosa, com 54,7% de argila, indicando solo com alta capacidade de retenção de água, mas de difícil trabalhabilidade após um dia de chuva, ou seja, deve ter alta plasticidade/pegajosidade (Tabela 2)

Tabela 3 - Resultado da análise física do solo.

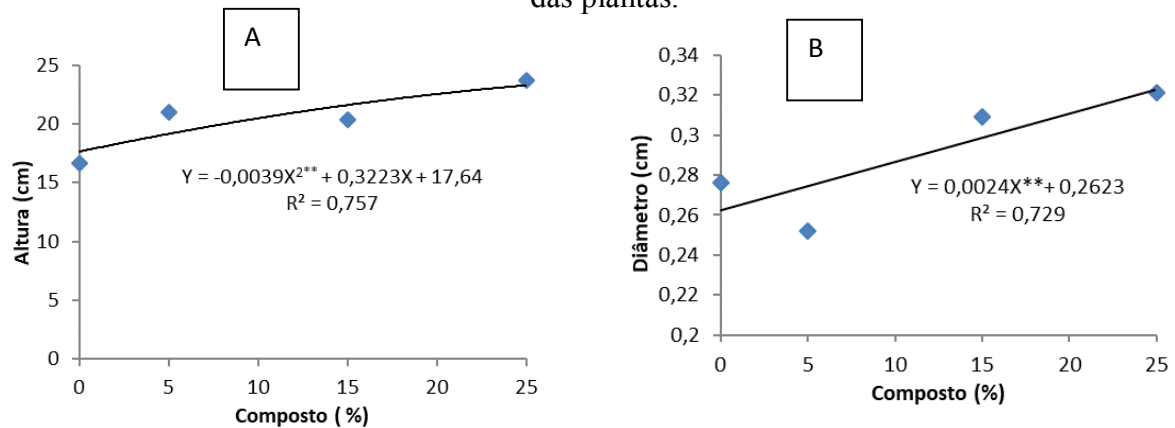
Nº IDENT.	PROF. cm	GRANULOMETRIA			CLASS. TEXTURAL SBCS
		Areia	Silte	Argila	
1	0-40	271	182	547	Argila

4.1 ETAPA DO VIVEIRO

4.1.1 Altura e diâmetro das plantas

Independente da espécie, as doses de composto orgânico promoveram efeito significativo positivo na altura das plantas a medida em que as doses foram aumentadas, tendendo a se estabilizar em 25 % (Gráfico 1^a). O diâmetro mostrou variações de 0,2 a 0,34 cm causando efeito significativo no crescimento das plantas (Gráfico 1B).

Gráfico 1 - Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das plantas.

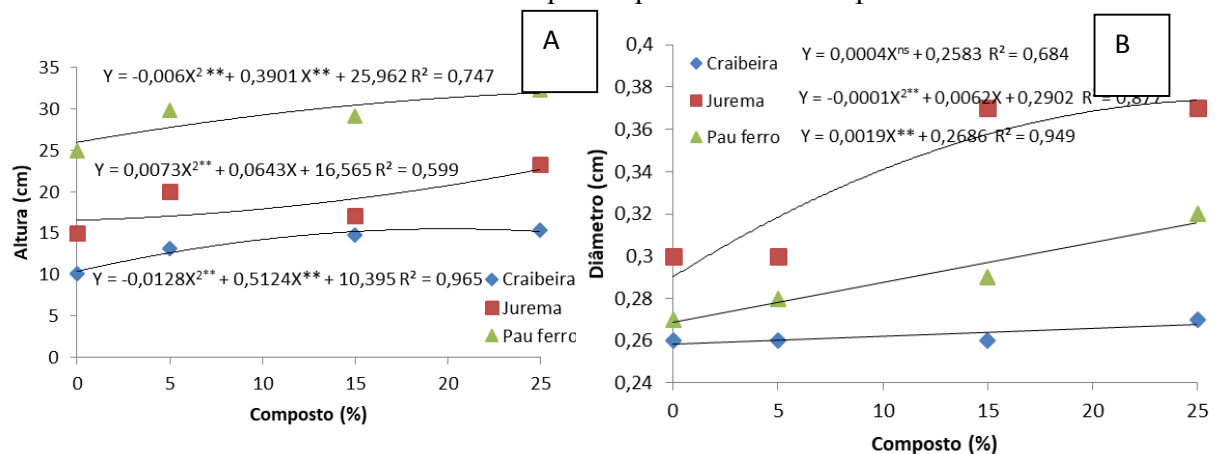


Certamente que, embora sejam variáveis importantes no tocante a tomada de decisões na produção de mudas em viveiro, há que se atentar para outros dados. Contudo, o resultado comprova que a fonte orgânica associada ao topsoil viabiliza o incremento de altura e diâmetro do coleto de mudas de craibeira, jurema e pau ferro em viveiro, permitindo visualizar possibilidades de ganhos econômicos pelo menor tempo no preparo das mudas para a sua implantação no campo.

4.1.2 Influência do composto orgânico

Os resultados em relação ao uso de componente orgânico na produção de mudas foram diversos, e variaram em função da espécie e de acordo com a dose da fonte orgânica utilizada. A jurema e o pau ferro tenderam a apresentar maior resposta à aplicação do composto orgânico no topsoil (Gráfico 2 A e B).

Gráfico 2 - Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.

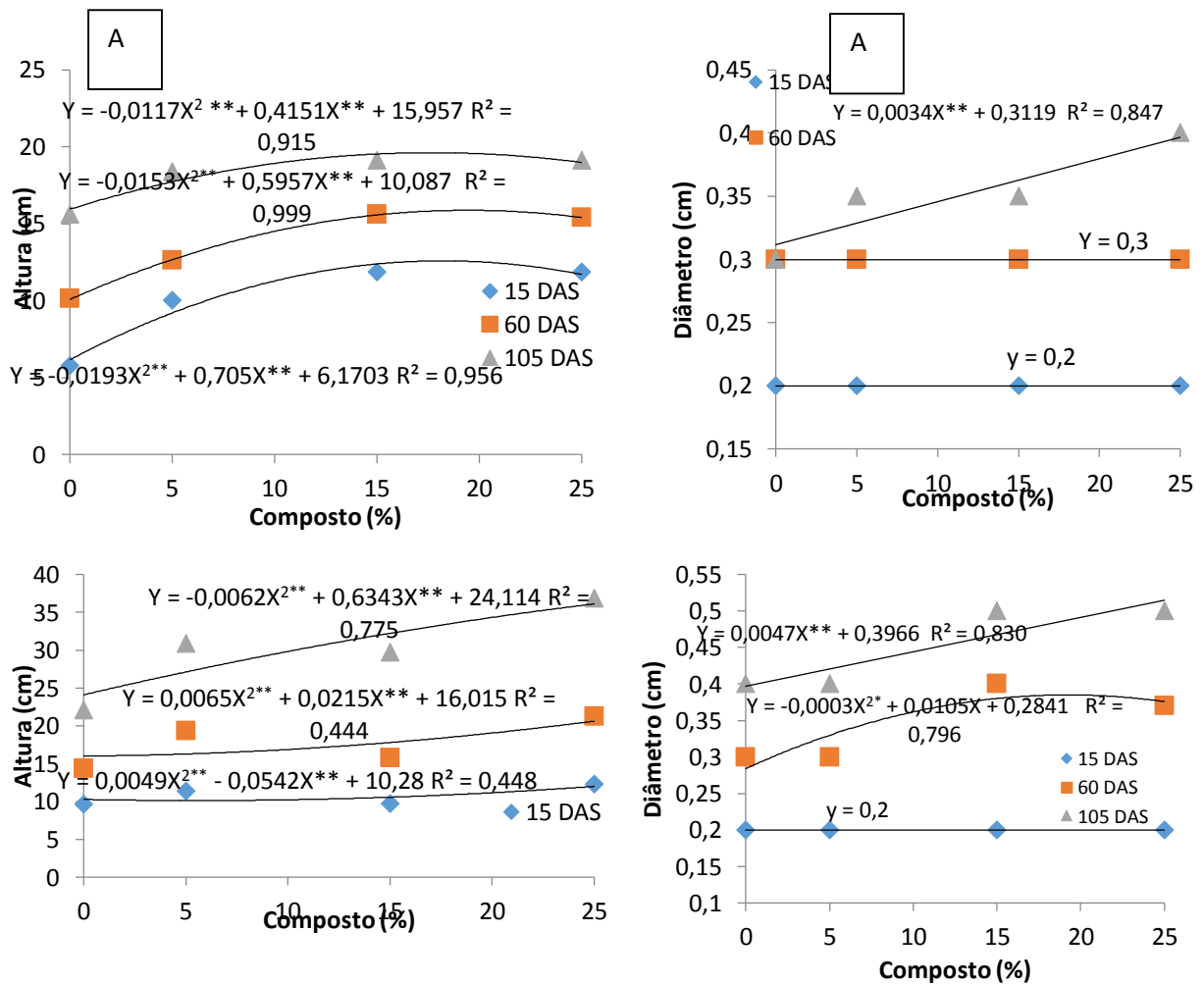


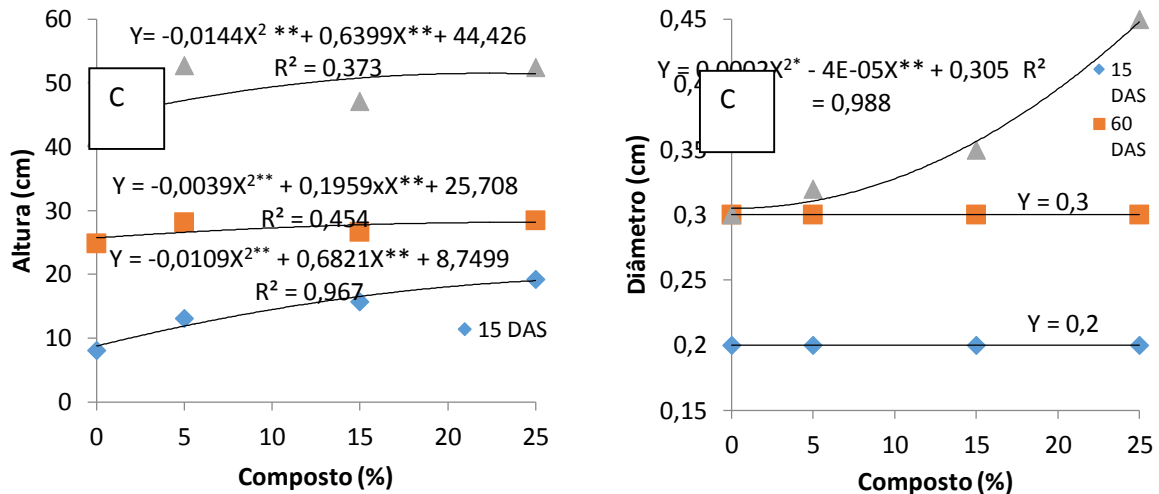
Souza et al. (2006) observaram bons resultados na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira vermelha) e *Acacia holosericea* A.Cunn. ex G.Don (acácia) produzidas com adubo orgânico.

Santos et al (2013) verificaram que mudas de jucá (*Caesalpinia ferrea*) devem ser produzidas em substratos com esterco bovino, pois este favorece o desenvolvimento em altura e diâmetro das mudas e Ramos et al (2016) estudando o comportamento da faveleira produzida em viveiro com coproduto de vermiculita observaram que este produto associado a esterco bovino promove melhoria na qualidade em mudas da nativa

O efeito do composto na altura e o diâmetro da craibeira, jureminha e pau ferro foram maiores aos 105 dias após a semeadura (Gráficos 3A, B e C).

Gráfico 3 - Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo.





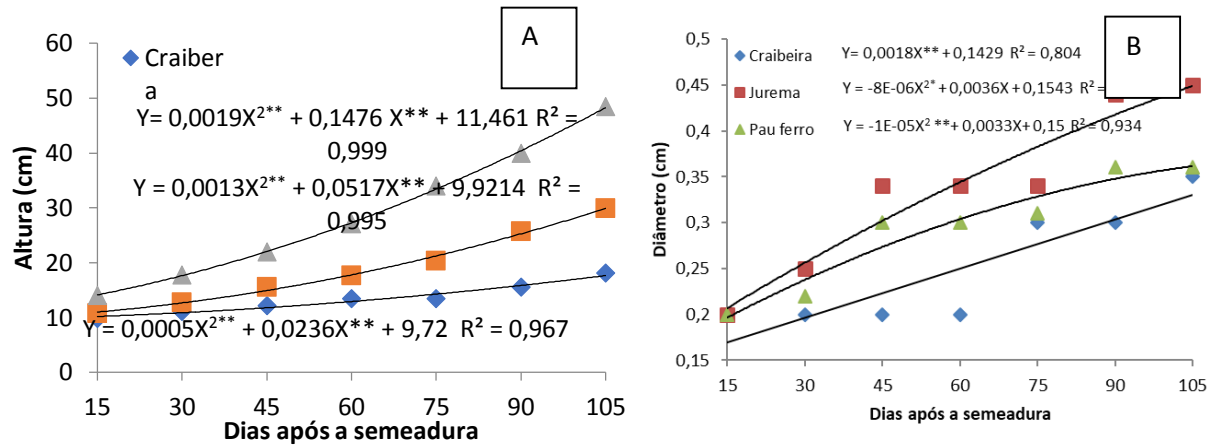
Na presente pesquisa, além do maior comprimento, a jurema e o pau-ferro apresentaram ramos bifurcados de crescimento inclinado, com copa mais volumosa e de maior diâmetro quando comparadas aos dados morfométricos da craibeira. O crescimento inicial lento desta espécie pode representar uma estratégia de resistência às condições adversas do meio, apresentando um crescimento maior nas etapas posteriores da sucessão (SAMPALIO et al., 1998).

A resposta observada na pesquisa para esta espécie pode ser devido ao material orgânico utilizado em associação com o topsoil. Freire et al. (2015) estudando o crescimento de mudas de craibeira (*Tabebuia aurea*) verificaram que os melhores resultados em todos os parâmetros analisados (altura, diâmetro do coleto, comprimento da raiz), foram encontrados no substrato contendo solo+esterco bovino.

4.1.3 Altura e diâmetro nas doses de composto e do tempo

A craibeira, jureminha e pau ferro apresentaram aumento da altura e diâmetro ao longo dos 105 dias após a semeadura (Gráfico 4 A e B).

Gráfico 4 - Efeito do tempo no crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil (fase viveiro).

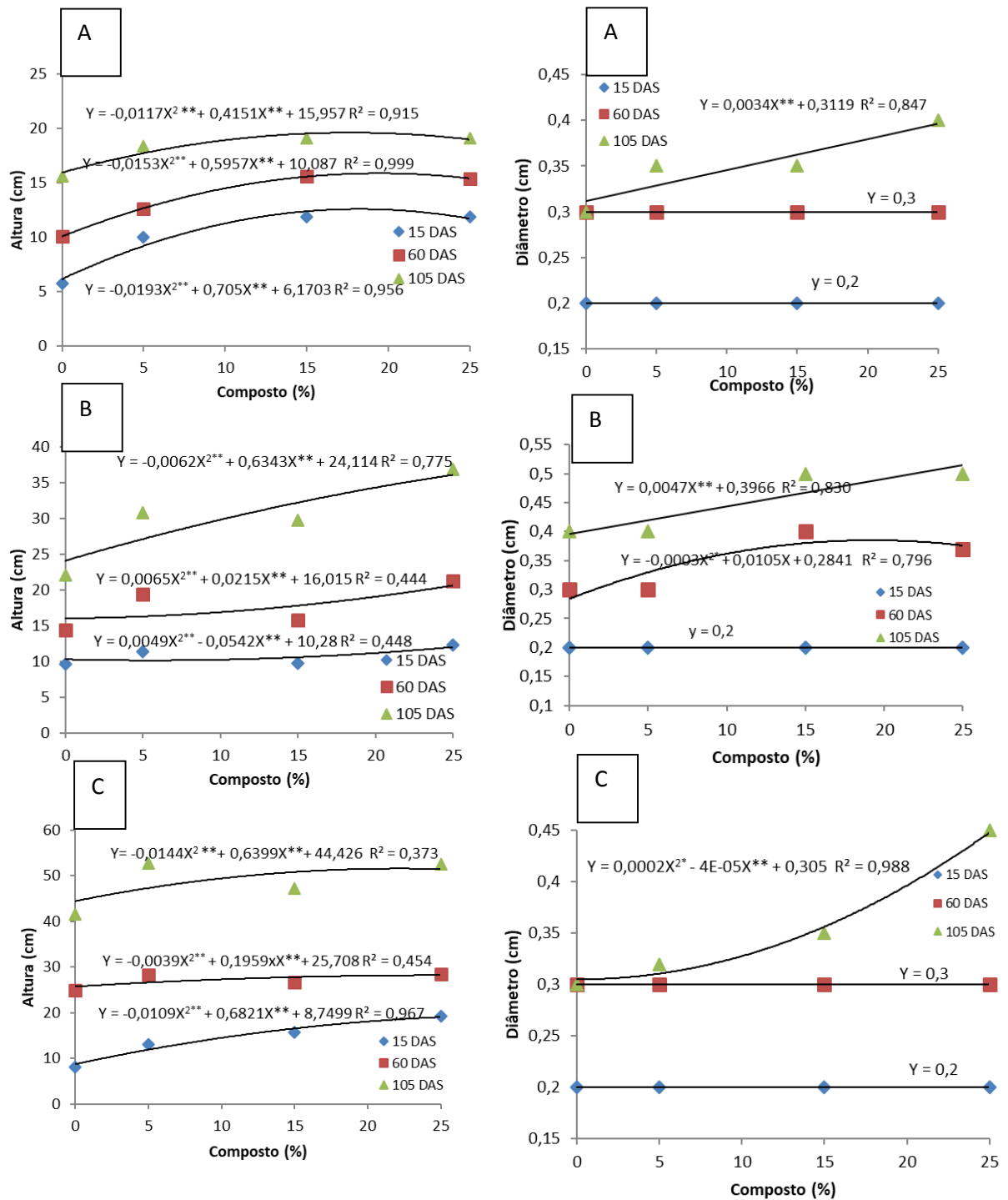


Relativo as doses de composto essas variáveis aumentaram em todas as espécies, principalmente aos 105 dias (Tabela 4 e Gráficos 5A, B e C).

Tabela 4 - Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nos diferentes períodos no viveiro.

Plantas	----- Dias após a semeadura -----							Crescimento
	15	30	45	60	75	90	105	
----- Altura (cm) -----								-- % --
Craibeira	9,87b	11,08b	12,11b	13,44c	13,41c	15,55c	18,06c	83
Jurema	10,75b	12,19b	15,50b	17,69b	20,37b	25,72b	29,91b	178
Pau ferro	14,05a	17,77a	21,97a	27,06a	33,96a	39,91a	48,47a	245
----- Diâmetro (cm) -----								-- % --
Craibeira	0,20b	0,22b	0,22b	0,30b	0,31b	0,36b	0,36b	80
Jurema	0,20b	0,25a	0,34a	0,34a	0,34a	0,44a	0,45a	125
Pau ferro	0,20b	0,20b	0,20b	0,30b	0,30b	0,30b	0,35b	75

Gráfico 5 - Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo (fase viveiro).



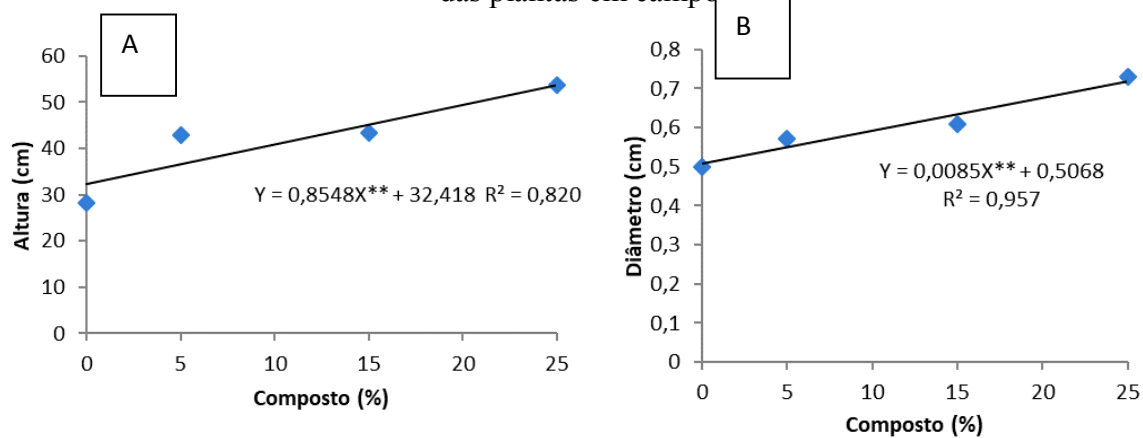
4.2 ETAPA DO CAMPO

4.2.1 Altura e diâmetro das plantas

Após a finalização da etapa de viveiro as mudas foram levadas para a área da mata ciliar do EMIBRA, compondo o ambiente da reserva legal e foram plantadas no espaçamento 5mx5m.

No campo, independente da espécie, o adubo orgânico utilizado em associação com o topsoil promoveu aumento na altura e diâmetro das plantas (Gráficos 6 A e B).

Gráfico 6 - Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das plantas em campo

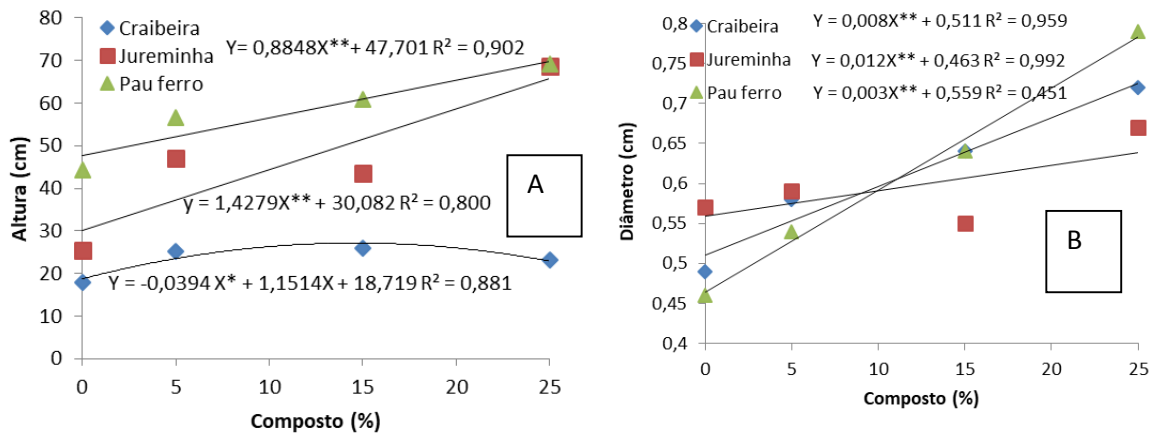


Alguns estudos para recuperação de áreas de mineração, como os de Silva do Ó (2013) e Ramos (2013), demonstraram que as mudas de arbóreas nativas apresentaram melhor desenvolvimento no co-produto de vermiculita com adubação orgânica, nas variáveis altura e diâmetro.

4.2.2 Influência do composto orgânico

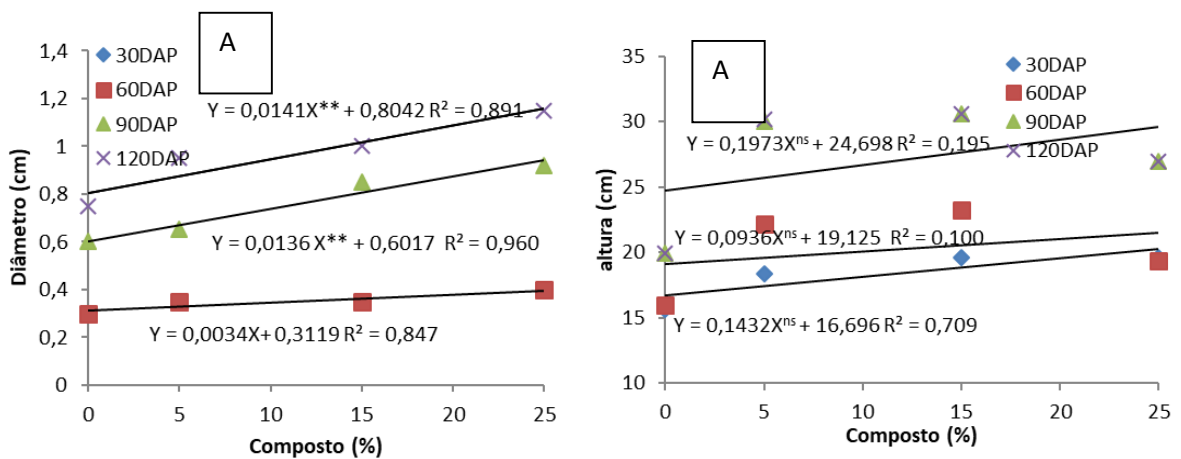
As espécies pau-ferro e jurema apresentaram maior resposta à aplicação do composto (Gráfico 7A e B).

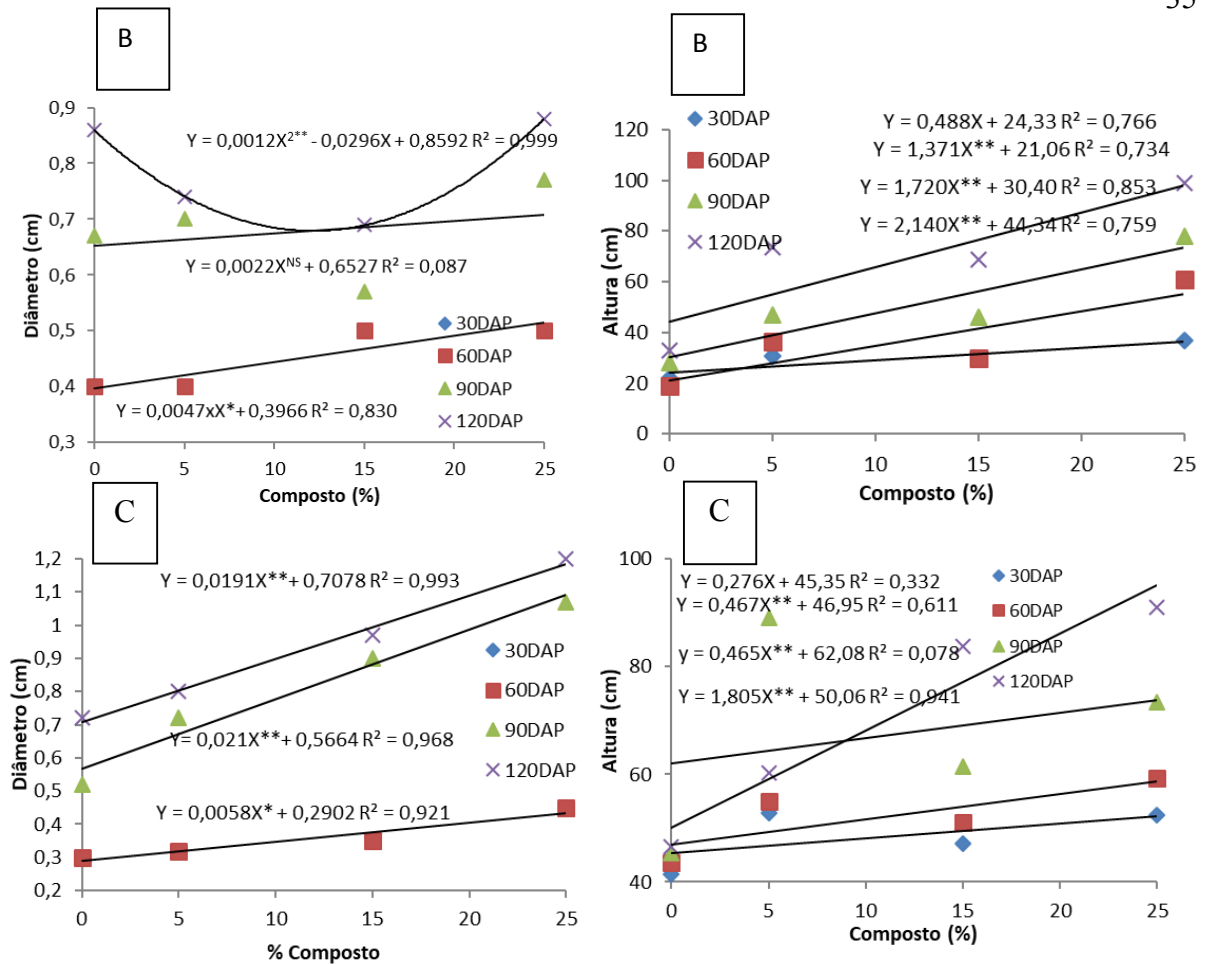
Gráfico 7 - Efeito das diferentes doses de composto sobre o crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.



As espécies pau-ferro e jurema apresentaram maior resposta à aplicação do composto, principalmente aos 120 dias após o plantio (Gráficos 8A, B e C).

Gráfico 8 - Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto.





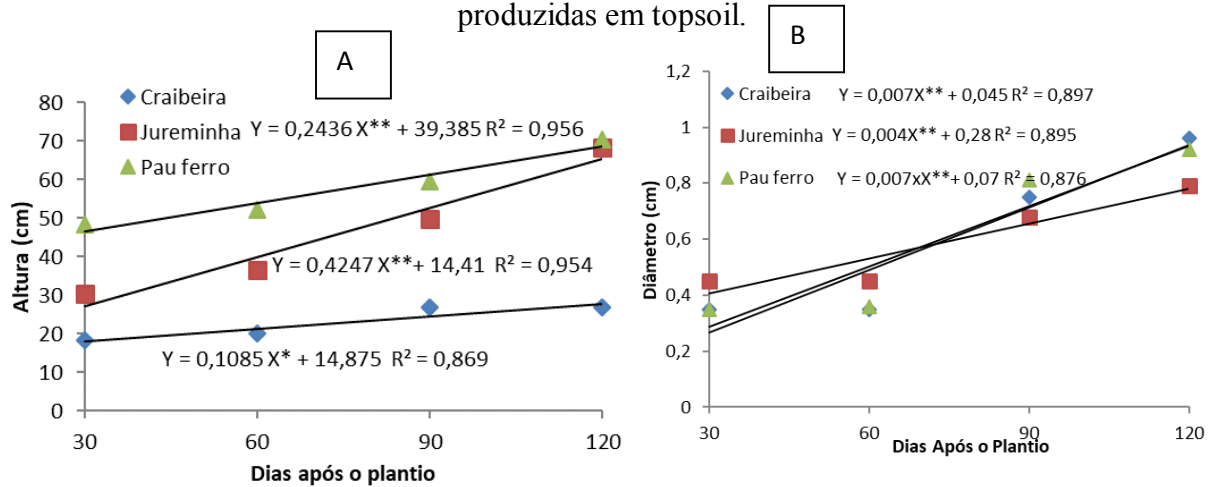
4.2.3 Altura e diâmetro nas doses de composto e do tempo

Ao longo do tempo o pau ferro e a jurema apresentaram maiores altura e diâmetro até os 120 dias (Tabela 5 e Gráficos 9A e B).

Tabela 5 - Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nas diferentes doses de composto orgânico.

Plantas	----- composto (%) -----				Crescimento
	00	05	15	25	
	----- Altura (cm) -----				-- % --
Craibeira	17,84b	25,14b	26,03c	23,22a	30,2
Jurema	25,44b	46,99 ^a	46,99a	43,59b	169,5
Pau ferro	44,27a	56,49 ^a	56,49a	60,82a	56,0
	----- Diâmetro (cm) -----				-- % --
Craibeira	0,46	0,54	0,55	0,67	45,7
Jurema	0,49	0,58	0,64	0,72	46,9
Pau ferro	0,57	0,59	0,64	0,79	38,6

Gráfico 9 - Efeito do tempo no crescimento em altura e diâmetro das mudas das três espécies produzidas em topsoil.



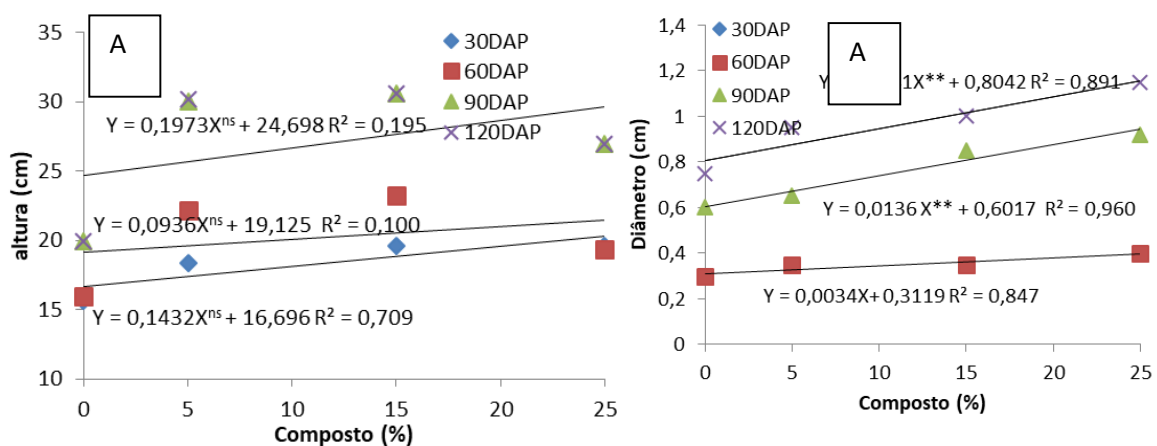
Ao longo do tempo o pau ferro e a jurema apresentaram maiores altura e diâmetro em função das doses de composto, principalmente aos 120 dias (Tabela 6 e Gráficos 10A, B e C).

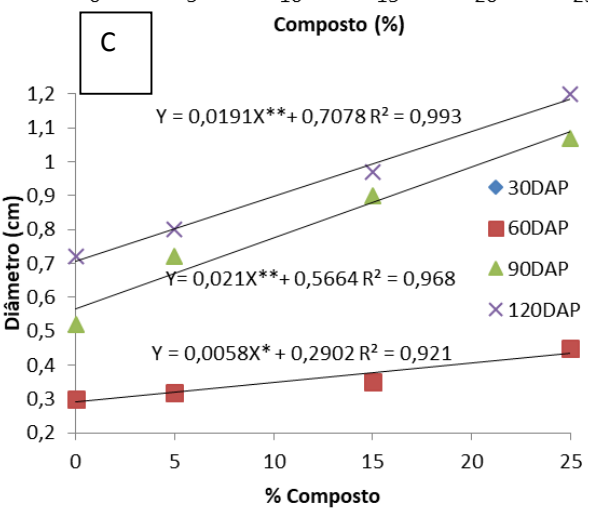
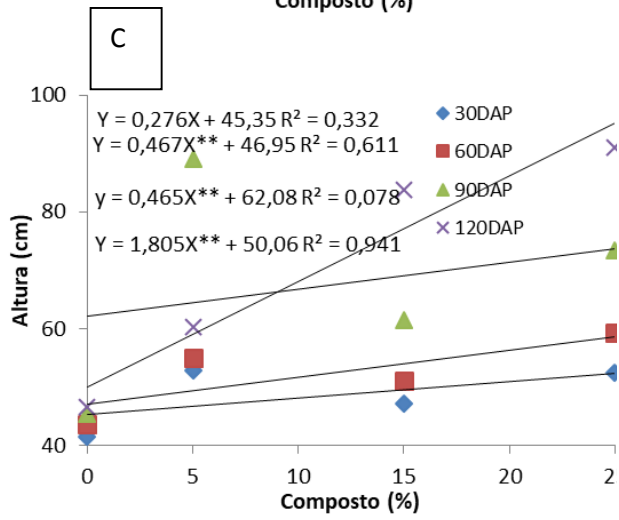
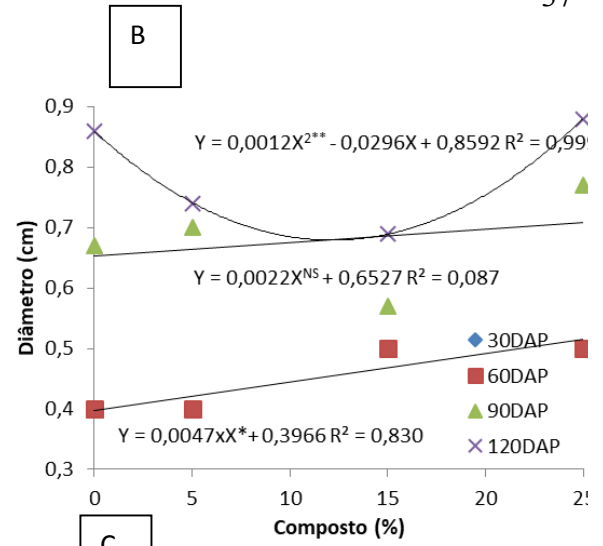
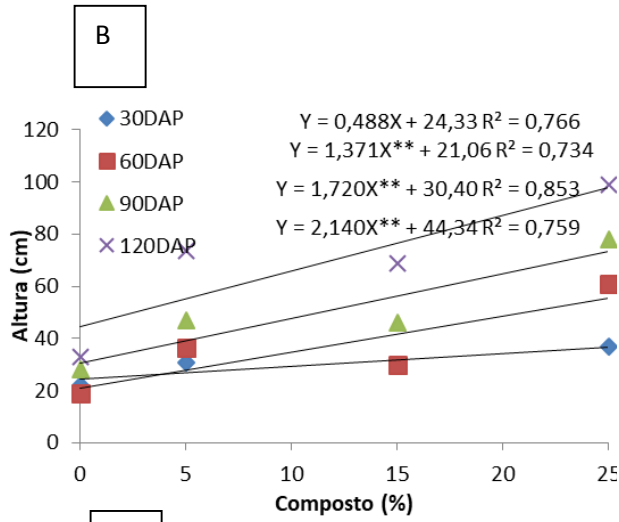
Tabela 6 - Altura, diâmetro e percentual de crescimento das plantas nos diferentes períodos no campo.

Plantas	30	60	90	120	Crescimento

----- Altura (cm) -----					
Craibeira	18,31c	20,19c	26,87b	26,87b	46,8
Jurema	30,37b	30,37b	49,76a	68,42a	125,3
Pau ferro	48,47a	48,47a	59,57a	70,37a	45,2
----- Diâmetro -----					
Craibeira	0,35b	0,35b	0,68a	0,89a	125,7
Jurema	0,36b	0,35b	0,76a	0,93a	158,3
Pau ferro	0,45a	0,45a	0,81a	0,96a	113,3

Gráfico 10 - Crescimento em altura e diâmetro das mudas de craibeira (A), jurema (B) e pau ferro (C) nas diferentes doses de composto ao longo do tempo.





5 CONCLUSÃO

O uso do composto orgânico associado ao topsoil proveniente da área de mineração da bentonita promoveu incremento na produção de mudas de craibeira, jureminha e pau ferro, nas fases de Viveiro e de Campo, principalmente aos 105 e 120 dias da semeadura e plantio, respectivamente.

A princípio a craibeira, jureminha e pau ferro mostraram-se indicadas para a revegetação em áreas sob acúmulo de topsoil em áreas de lavra de bentonita na Caatinga do Cariri.

O estudo da morfometria de plantas possibilitou a compreensão da dinâmica de crescimento inicial das espécies nativas estudadas, com potencial de aplicação em ambientes degradados.

Indica-se a utilização de coproduto da extração de bentonita na produção de mudas de craibeira, pau ferro e jureminha, enriquecidos com composto orgânico.

Por fim, recomendam-se novas avaliações com outras espécies nativas da Caatinga, relativo a produção em topsoil de área minerada fazendo uso do composto orgânico para composição do substrato, como possibilidade, inclusive, de promover melhorias com alternativas de produção de mudas em viveiro, em substituição a extração de argila do ambiente, e possibilitando a diminuição dos impactos ambientais causados pela deposição desses rejeitos no ambiente.

Por fim, considerando o crescente aumento na geração de coprodutos provenientes dos processos industriais como a mineração é importante potencializar pesquisas que apontem a necessidade de destinação adequada (econômica e ambientalmente viáveis) dos rejeitos/coprodutos, gerenciando riscos, recuperando passivos ambientais e oportunizando novos usos na agricultura.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONCALVES, J. L. DE M., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711–728. 2013.
- AMORIM, L. V.; FARIAS, K. V. ; VIANA, J. D. ; BARBOSA, M. I. R. ; PEREIRA, E.; FRANÇA, K. B. ; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. **Cerâmica**, v. 51, p. 128. 2005.
- ARAUJO, H. F. P. de, MACHADO, C. C. C., PAREYN, F. G. C., NASCIMENTO, N. F. F. do, ARAÚJO, L. D. A., BORGES, L. A. de A. P.; SILVA, J. M. C. da. A sustainable agricultural landscape model for tropical drylands. **Land Use Policy**, n. 100, p. 104-113. 2021.
- BARBOSA, M. R., LIMA, I. B., LIMA, J. R., CUNHA, J. P., AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. **Vegetação e flora no Cariri paraibano**. 2007.
- BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 151-159, 2007.
- BRAGA, R. **Plantas medicinais do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3. ed. Mossoró: ESAM, 1976.
- BRASIL. **Decreto n. 97.632 - 10 abr. 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.
- BRASIL. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo – Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. 1972.
- CABRAL, E. L., BARBOSA, D. C.; SIMABUKURO, E. A.. **Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico**. 2003.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CALDEIRA, M.V.W., ROSA, G.N., FENILLI, T.A.B., HARBS, R.M.P., Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria, Curitiba**, v.9, n.1, p.27-33, 2008.
- CAVALCANTI, N. B. **Efeitos de diferentes substratos no desenvolvimento da *Jureminha* (*Desmanthus virgatus* L. Willd)**. Acesso em 16 de março de 2021.
- CHOMITZ, K. M. et al. Opportunity costs of conservation in a biodiversity hotspot: the case of southern Bahia. **Environment and Development Economics**, v. 10, n. 3, p. 293-312, 2005.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L.A.; SILVA, J. A. L. da; SOUZA, V. C. de. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de

Tabebuia impetiginosa (mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**. v. 29, n.4, p.507-516. Viçosa, 2005.

DARLEY, H.C.H.; GRAY, G.R. **Composition and properties of drilling and completior fluids**. 5 ed. Gulf Publishing Company, 643 p. 1988.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 212.p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 212.p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., Brasília, DF: 2018.

ESWARAN, H., van DEN BERG, E., & REICH, P. Organic Carbon in Soils of the World. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, n. 1, p. 192. 1993.

FIGUEIREDO, J. M. et al. Revegetation of degraded Caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science**, Malasia, v. 24, n. 3, p. 332-343, 2012.

FONTENELE, A. C. F; ARAGÃO, W. M; RANGEL, J. H. de A; ALMEIDA, S. A. Leguminosas tropicais: *Desmanthus virgatus* (L.) Willd. uma forrageira promissora. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1-4, p.121-123, Jan-dez, 2009.

FREIRE, A. L. O.; RAMOS, F. R.; GOMES, A. D. V.; SANTOS, A. S.; ARRIEL, E. F.. Crescimento de mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook) em diferentes substratos **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.03, p.38-45, 2015.

GOMES, C. F. **Argilas**: o que são e para que servem, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal. 1988.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **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: IBGE- Diretoria de Geociências, 271p. 2012.

KOBLITZ, R. V.; PEREIRA JÚNIOR, S. J.; ALBUQUERQUE, R. C. de A.; GRELLE, C. E. V. Ecologia de Paisagens e Licenciamento Ambiental. **In: Natureza & Conservação**. 2011.

LENHARD, Nádia Regina; SCALON, Silvana de Paula Quintão; NOVELINO, José Oscar. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciênc. agrotec.** v..34, n.4, p.870-877. 2010.

LIMA K. D. R., CHAER, M. G., ROWS, J. R. C, MENDONÇA, V., RESENDE, A.S. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n. 1, p. 203 – 213, 2015.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v. 1, p. 44-45.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. 2010.

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

MOREIRA, H. J. DA C. **Manual de identificação de plantas infestantes: hortifrúti** / Henrique José da Costa Moreira, Horlandezan Belirdes Nippes Bragança – São Paulo: FMC Agricultural Products, 2011. 1017 p.

MOURA, C. S. **Vulnerabilidades das Terras Agrícolas, Degradação Ambiental e Riscos e Desastres ENOS no Município de Sumé-PB**. 2002. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

NASCIMENTO, W. M. do. Planejamento básico para recuperação de área degradada em ambiente urbano. **Espacio y Desarrollo**. n. 19, 2007

OMOTEHINSE, A. O.; TOMI, G. de. Impacts of mining activities on the achievement of sustainable development goals. **In: 9th International Conference on Sustainable Development in the Minerals Industry (SDIMI 2019)**. Sydney, 2019.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Areia. 1978.

PEREIRA, O. N. **Gesso e rejeito de Caulim na correção de um solo salinizado e no crescimento de gramíneas. Patos-PB**. Monografia – Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande. 2008.

PORTO, J. P. P.; ARANHA, I. B. Caracterização Cristalográfica Preliminar de Bentonitas Brasileiras. **Anais da JIC**, 2010.

RAMOS, T. M. **Crescimento de faveleira (Cnidoscylus quercifolius Pohl.) em co-produto de vermiculita sob fertilização orgânica e química**. Monografia – Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2013.

RAMOS, T.M.; MEDEIROS, J. X. de; SILVA, G. H. da; LUCENA, E. O. de; SANTOS, R. V. dos. Crescimento de faveleira (*Cnidoscylus quercifolius* Pohl.) em co-produto de vermiculita sob fertilização orgânica e química. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n.1, p.100-111, 2016.

SANTOS, I. W. dos; COELHO, M. de F. B.; AZEVEDO, R de A. B. de. Qualidade de mudas de pau-ferro produzidas em diferentes substratos e condições de luz. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 151-158, abr./jun. 2013.

SENA, J. P. O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. S. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 1-9, 2014.

SILVA do Ó, K. D. **Crescimento inicial de angico (*Anadenanthera colubrina*) (vell.) (Brenan) em substratos de co-produtos de mineração e matéria orgânica.** Monografia – Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande. 2013.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. Recuperação e remediação de solos degradados pela mineração incluindo as áreas ciliares. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 2008, Mogi Guaçu. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. p. 116-125.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

UNITED NATIONS COMTRADE DATABASE – UN COMTRADE. **International Trade Statistics Database.** [2014]. Disponível em : <https://comtrade.un.org/>. Acesso em 15 de mar de 2021.

US GEOLOGICAL SURVEY – USGS. **Sweden Mining Report 2012 e 2014.** 2012. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/2012/myb3-2012-sw.pdf>. Acesso em: 20 março de 2021.