



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

KRISHNA SHIVA OLIVEIRA SOUSA

**ESTOQUE DE CARBONO NO USO SILVICULTURAL DO SOLO NA
CAATINGA PIAUIENSE**

TERESINA – PI

2023

KRISHNA SHIVA OLIVEIRA SOUSA

ESTOQUE DE CARBONO NO USO SILVICULTURAL DO SOLO NA
CAATINGA PIAUIENSE

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Gestão Ambiental do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Bruna de Freitas Iwata.
Coorientador: Prof.^a Me Ageu da Silva Monteiro Freire.

TERESINA – PI

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Sousa, Krishna Shiva Oliveira

S725e Estoque de carbono no uso silvicultural do solo na caatinga Piauiense /
Krishna Shiva Oliveira Sousa. - 2024.
76 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus
Teresina Central, 2024.

Orientadora : Profa Dra. Dr. Bruna Freitas Iwata.

1. Eucalipto. 2. Matéria orgânica. 3. Multivo silvicultural. I.Título.
CDD - 577

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

KRISHNA SHIVA OLIVEIRA SOUSA

ESTOQUE DE CARBONO NO USO SILVICULTURAL DO SOLO NA CAATINGA
PIAUIENSE

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Gestão Ambiental do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Teresina Central.

Aprovada em: 05 / 12 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruna Freitas Iwata (Orientador)

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Wesley Maycon Neris Batista

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Izabel Maria Almeida Lima

Universidade Federal do Ceará

Prof. Jacqueline Ribeiro Alcântara

Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho aos meus pais,
amigos e mestres.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores e servidores do IFPI do Campus Teresina Central e ao Grupo de Pesquisa Edáficos do Nordeste pois todos foram fundamentais para a minha jornada acadêmica. Suas orientações, dedicação e comprometimento contribuíram significativamente para o sucesso da minha pesquisa. Sou grato pela paciência, disponibilidade e expertise compartilhada, que enriqueceram minha formação profissional. Seu apoio e incentivo foram essenciais para que eu alcançasse este momento tão importante em minha vida. Obrigado por fazerem parte dessa conquista!

Agradeço de coração à minha mãe, Antônia Maria Rodrigues de Oliveira, e à Bruna de Freitas Iwata, por todo o amor, apoio e compreensão que me proporcionaram durante o processo de elaboração deste TCC. Sem o incentivo e a motivação delas, eu não teria chegado até aqui. Também sou imensamente grata às minhas amigas, Maria Fernanda Sousa e Krysnyra Rodrigues, pelo suporte incondicional ao longo da minha pesquisa. Suas palavras de encorajamento e presença constante foram fundamentais para o meu sucesso.

Com carinho, sou grata ao Francisco Dionata de Oliveira Silva, à Maria Alice Carvalho de Sousa, Valéria Aguiar Silva, Liana Cristina Sousa Chaves, Lara Castelo Branco Moura, Cícero Pereira dos Santos, Francisco das Chagas Paiva Silva, aos Professores Ageu da Silva Monteiro Freire e Tancio Gutier Ailan Costa e ao meu amigo engenheiro Pedro Vaz de Carvalho Neto. Muito obrigado por fazerem parte dessa importante conquista em minha vida e por todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui. Por fim agradeço ao meu Deus, que me deu força em todas as etapas de execução deste trabalho.

“Se enxerguei mais longe foi porque
me apoiei em ombro dos gigantes”.
Isaac Newton.

RESUMO

O objetivo do estudo é avaliar os impactos ambientais da silvicultura nos diferentes compartimentos de carbono da Caatinga piauiense, buscando compreender os efeitos do cultivo do eucalipto nesta região. Com o objetivo de avaliar esses impactos, será realizado um estudo comparativo entre as unidades de produção (UP), considerando os diferentes anos de corte do eucalipto em relação à mata nativa. Serão analisadas as unidades de 5, 3 e 1 ano de corte de eucalipto, a fim de compreender as diferenças de desempenho e efeitos desses sistemas no local específico do sistema silvicultural, situado em Alto Longá. Por meio da pesquisa de campo, serão investigados os diversos compartimentos de carbono presentes na Caatinga piauiense, buscando-se entender como o cultivo do eucalipto influencia esses compartimentos. Serão considerados aspectos como a capacidade nutricional do solo, a matéria orgânica do solo e a saúde do solo. Em suma, essa pesquisa desempenha um papel crucial no entendimento dos impactos ambientais da silvicultura de eucalipto na região da Caatinga. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para a conscientização e tomada de decisões mais sustentáveis em relação à utilização dessa matéria-prima, visando a preservação dos recursos naturais e o equilíbrio ambiental nessa importante região brasileira.

Palavras-chave: eucalipto 1; matéria orgânica 2; cultivo silvicultural 3.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the environmental impacts of forestry on the different carbon compartments of the Caatinga biome in Piauí, aiming to understand the effects of eucalyptus cultivation in this region. To assess these impacts, a comparative study will be conducted between production units (UP), considering different eucalyptus harvesting years in relation to native forest. Units with 5, 3, and 1 year of eucalyptus harvest will be analyzed to understand the performance differences and effects of these systems in the specific area of the forestry system, located in Alto Longá. Through field research, the various carbon compartments present in the Caatinga biome will be investigated, seeking to understand how eucalyptus cultivation influences these compartments. Aspects such as soil nutritional capacity, soil organic matter, and soil health will be considered. In summary, this research plays a crucial role in understanding the environmental impacts of eucalyptus forestry in the Caatinga region. The expected results aim to contribute to awareness and more sustainable decision-making regarding the use of this raw material, with a focus on the preservation of natural resources and environmental balance in this important Brazilian region.

Keywords: eucalyptus 1; organic matter 2; silviculture cultivation 3.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROBLEMÁTICA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. JUSTIFICATIVA	14
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
5.1 EUCALIPTOCULTURA	15
5.1.1 Caracterização do eucalipto e produção	17
5.1.2 Impacto no solo	19
5.1.3 Relação edafoclimática	20
6. ANÁLISE AMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS DE EUCALIPTO EM DETRIMENTO A MATA NATIVA DA CAATINGA, ESTADO DO PIAUÍ.....	21
6.1 INTRODUÇÃO.....	21
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
6.2.1 Características da área.....	23
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
6.4 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
7. QUALIDADE DO SOLO E BIOMASSA SOB FLORESTA PLANTADA DE EUCALIPTO NA CAATINGA PIAUIENSE	34
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
7.2.1 Área de estudo.....	35
8.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	38
8.2.1 Coleta de solos	38
8.2.2 Coleta de serapilheira.....	43

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
8.4 CONCLUSÃO.....	69
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

As práticas de tratos silviculturais do eucalipto tornaram-se crescentes e foram desenvolvidas no Brasil considerando seu alto potencial econômico, orientações técnicas e o rendimento em alta escala. Conforme Santos & Paludzyszyn Filho (2014) o cultivo de eucalipto é o que possui mais orientações e indicações técnicas, porém, a produtividade depende de alguns fatores como os tratos culturais, local de plantio e disponibilidade de insumos.

Em meio a expansão da indústria no setor madeireiro, foi pontuado por Pinto Júnior & Silveira (2021, p.47) que a partir de 1977, dada a exploração indiscriminada e baixa produtividade madeireira na Caatinga, houve busca por espécies introduzidas e de rápido crescimento em prol da implantação de florestas plantadas, ou seja, tecnologias e soluções à Silvicultura.

Em meio a substituição da mata nativa por espécies exóticas, é importante o olhar voltado às inferências do eucalipto dado a ausência de estrutura fisiológica totalmente adaptada ao bioma Caatinga no qual vem sendo inserido devido sua tendência a ressecar o solo quando situado em região com baixa precipitação, consoante a Vital (2007) que, após avaliar muitos estudos, constatou que em regiões de pouca chuva, inferior a 400 mm/ano o eucalipto poderia resultar no ressecamento do solo. O que traz preocupação para regiões com precipitação abaixo da faixa de 600 mm/ano, como é o caso do município piauiense de Alto Longá (Köppen, 1928) ativo no cultivo de eucalipto e muito próximo da faixa de precipitação de risco, onde margeia a subjugação do ambiente nativo às implicações ainda desconhecidas da cultura do eucalipto, gerando, dentre outros fatores, a interferência nos aspectos socioambientais sustentáveis na geodiversidade e biodiversidade e efeitos adversos ao clima.

Referente a dinâmica do C nessas áreas ainda há uma lacuna sobre esses efeitos. O estado do Piauí passou a ser foco do interesse de iniciativas de investimentos em Floresta Plantada (FLP) de Eucalipto, incluída no plano estadual de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), porém com baixo nível de projeção dos efeitos dessa atividade sob os aspectos ambientais.

Assim, esse estudo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais da Silvicultura sobre o carbono do solo e componentes ambientais na Caatinga piauiense.

2 PROBLEMÁTICA

O avanço da agricultura tem levado a substituição da vegetação nativa por espécies exóticas, como as florestas plantadas de eucalipto no sistema silvicultural, sem o devido monitoramento. Por seu crescimento rápido, uso comercial e possuir mais orientações técnicas e indicações, os plantios de eucalipto estão ganhando maiores proporções no Nordeste, o que inclui a Caatinga que, por sua vez, torna-se alvo por possuir grande área, nos quais muitas delas não possuem estudos de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) edáfica, podendo interferir no estoque de C e na sua ausência gerar baixa capacidade nutricional do solo e da planta, afetando a MOS.

A maior parte da vegetação da Caatinga é de porte baixo e microfila – folhas finas, pequenas e com espinhos, ou seja, a vegetação da caatinga não agrega significativamente à Matéria Orgânica do Solo (MOS), no entanto, essa vegetação é adaptada a situação ao regradar os nutrientes por sua estrutura, ao contrário do eucalipto que, além de absorver grande quantidade de nutrientes para manter sua estrutura, não os repõe. Além disso, a decomposição da serapilheira no cultivo de eucalipto sem o devido monitoramento reduz o aporte de C, não agrega a MOS e altera o teor de PH, condicionando possível processo de desertificação, denominado “deserto verde”. Com isto, compromete a vegetação, clima, fauna, função e estrutura edáfica e, por consequência, a produção de culturas e economia dos pequenos e grandes produtores.

Adicionalmente, o bioma Caatinga possui clima semiárido, com elevada incidência solar, baixa precipitação, altas temperaturas, baixa nebulosidade e uma das mais baixas taxas de umidade relativa e alto potencial de evapotranspiração. Porém, a mata nativa possui técnicas de adaptação à caducifólia, característico pelo baixo índice hidrológico do semiárido, através dos xilopódios gerados pelas plantas. No caso do eucalipto, por não ser nativo da Caatinga não é adaptado e necessita de maior quantidade de água para sua manutenção o que compromete sua estrutura e a perpetuação das espécies vizinhas, além disso, interfere no acúmulo de água dos cursos d’água.

Os solos do Brasil são naturalmente ácidos devido à intensa lixiviação de bases e alto nível de intemperização, dessa forma, o solo pobre de MOS da Caatinga proporciona um meio edáfico com pH mais baixo o que compromete não só a flora, mas também, a fauna edáfica, em primórdio, a macrofauna, esses seres atuam como indicadores de qualidade por serem frágeis no meio ambiente. Em contraponto, sem o controle de qualidade, o eucalipto

contribui no aumento da acidificação ao gerar um solo com PH baixo o que aumenta os níveis de AL, assim, interferindo diretamente na geodiversidade local.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos ambientais da silvicultura sobre o carbono do solo e componentes ambientais na Caatinga piauiense.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar o manejo de uma floresta plantada de eucalipto em área de Caatinga piauiense;
2. Quantificar o estoque de carbono presente no solo sob floresta de eucalipto;
3. Avaliar a produção da biomassa e o potencial de proteção do solo sob a floresta de eucalipto.

4. JUSTIFICATIVA

Por décadas o olhar voltado para o solo, um recurso natural fundamental em diversos processos, foi ocultado e negligenciado. Apesar de estar envolvido direta ou indiretamente em todos os meios, para muitas pessoas esse elemento não é reconhecido como recurso natural muito menos como algo que deve ser manejado adequadamente. Além disso, regiões de grande relevância no uso da terra, como o Piauí, não possuem pesquisas avançadas a fito do solo, em especial por encontrar-se dentro da Caatinga, já que a mesma não possui muitos estudos no geral.

Dessa maneira o manejo na introdução de eucalipto ficou desfalcado por falta de orientações e indicações técnicas a respeito desse uso em fatores específicos do bioma Caatinga. Vale ressaltar que o Piauí não tem dados básicos de valores de referência de qualidade do solo e estoque de carbono essenciais para quantificar a qualidade do solo e definir o seu uso, o que implica em déficit de informação científica, dificultando o trato edáfico.

É fato, a relevância dos ecossistemas naturais para a promoção da vida, dado que sua função é fornecer atributos necessários para a manutenção dos serviços ambientais de provisão, regulação, cultural e de suporte, são eles: matéria-prima, ciclagem de nutrientes,

alimento, turismo e recreação. Tudo isso através das interações dos meios bióticos e abióticos, ou seja, é necessário manter o equilíbrio desses meios para fornecimento dos recursos naturais essenciais à vida. Vale ressaltar que, o ecossistema inclui todos os seres vivos, incluindo o solo que por sua vez fornece vida para outros meios e vice-versa.

É uma grande cadeia, no qual todos os meios, sem exceção, estão interligados. Nesse viés, é importante conhecer o bioma caatinga para saber quais recursos estão disponíveis para uso e localizar suas vulnerabilidades, para assim ser possível usufruir dos serviços ambientais de forma consciente, em contraponto a evitar a propagação de problemáticas ambientais acarretadas pela falta de percepção ambiental. Desse modo, entra a importância do conhecimento efetivo dos impactos da eucaliptocultura que engloba pontos importantes acerca do uso e qualidade do recurso natural solo que, por sua vez, está ligado à fatores ecossistêmicos como o clima, organismo, valor nutricional e função edáfica diante do uso impróprio da espécie exótica eucalipto em solo de uso distinto, envolvendo alterações características na biodiversidade e geodiversidade local.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho apresentado é um estudo para a realização de uma pesquisa voltada à avaliar os impactos ambientais sobre o carbono do solo e componentes ambientais da Caatinga piauiense.

Portanto é importante ressaltar que se trata de uma pesquisa exploratória. E os temas a serem abordados respectivamente, dentro desta pesquisa são: eucaliptocultura, caracterização do eucalipto e produção, impacto no solo e relação edafoclimática.

5.1 EUCALIPTOCULTURA

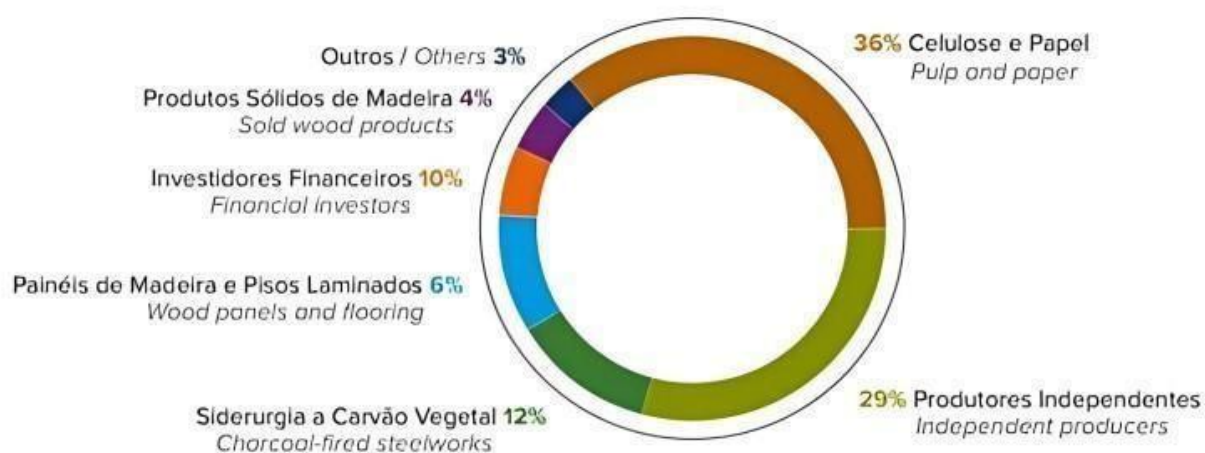
A eucaliptocultura vem do plantio da cultura do eucalipto. Conforme prescrito por Edmundo Navarro de Andrade (1939), considerado o pai da eucaliptocultura no Brasil, a árvore *Eucalyptus* é originária da Austrália, planta da família das Myrtaceas, do gênero *Leptospermeas*. Não há uma data precisa sobre a introdução do eucalipto no Brasil, de acordo com Andrade (1939), por volta do século XIX, havia uma afirmativa de terem sido plantados os primeiros exemplares do gênero no Rio Grande do Sul, por sr. Frederico de

Albuquerque, em 1868, onde, posteriormente, foi implantado em nível industrial na Companhia Paulista de Estradas de Ferro.

Segundo a Embrapa (2014), existem 730 espécies reconhecidas, onde 20 delas são utilizadas em todo o mundo para fins comerciais. O plantio de eucalipto é um importante agregado à base da economia do Brasil, visa o cultivo de Floresta Plantada da cultura do eucalipto na agricultura, principalmente em prol da produção de insumos para comercialização em grande escala no setor industrial, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2019), são 5,5 milhões de hectares plantados com este gênero, com uma produtividade média de 39 m³/ha/ano. Vale pontuar que mesmo levando o termo floresta não se enquadra como uma, já que não possui os estratos presentes em uma floresta natural.

É irrefutável a importância da eucaliptocultura na economia, principalmente na indústria de produção de papel e celulose, setor que apresentou maior dinamismo econômico no Brasil. Que em termos mais técnicos, de acordo com a IBÁ (2019, p. 3436) do total de 7,83 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil em 2018, onde os plantios de eucalipto ocupavam 5,7 milhões de hectares desse total, 36% pertencem às empresas do segmento de celulose e papel (Figura 1).

Figura 1 - COMPOSIÇÃO DA ÁREA DE ÁRVORES PLANTADAS POR TIPO DE PROPRIETÁRIO, 2018.



Fonte: IBÁ E POYRY (2018)

5.1.1 Caracterização do eucalipto e produção

De acordo com a Embrapa (2014) no Brasil, o plantio de eucalipto corresponde a 76,5% da área de plantios florestais, onde nos últimos anos houve um acréscimo de produção em três estados da fronteira agrícola MATOPIBA, são eles Maranhão, Tocantins e Piauí, por fora, o Mato Grosso do Sul.

Segundo Ibá (2019, p. 60) o setor de árvores plantadas contribui significativamente para o desenvolvimento socioeconômico das regiões produtoras de árvores, segundo análise do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). O que torna o eucalipto abrangente no ramo das florestas econômicas como retratado na tabela 1 logo abaixo.

Tabela 1 - HISTÓRICO DA ÁREA PLANTADA COM ÁRVORES DE EUCALIPTO, 2009 – 2018.

Mato Grosso do Sul	290,89	378,195	475,528	587,31	699,128	803,699	826,031	877,795	901,734	901,778
Bahia	628,44	631,464	607,44	605,371	623,971	630,808	614,39	612,199	608,781	619,51
Rio Grande do Sul	271,98	273,042	280,198	284,701	316,446	309,125	308,595	308,178	309,602	308,657
Espírito Santo	204,57	203,885	197,512	203,349	221,559	228,781	227,222	233,76	234,082	228,448
Paraná	157,92	161,422	188,153	197,835	200,473	224,089	285,125	294,05	295,52	295,97
Maranhão	147,376	151,403	165,717	173,524	209,249	211,334	210,496	221,859	228,801	225,052
Mato Grosso	147,378	150,646	175,592	184,628	187,09	187,09	185,219	885,219	181,515	181,435
Pará	139,72	148,656	151,378	159,657	159,657	125,11	130,438	133,995	135,641	137,866
Goiás	115,286	115,439	118,636	115,567	121,375	124,297	127,201	127,201	127,201	127,201
Tocantins	44,31	70,068	65,502	109	111,131	115,564	116,365	116,799	118,443	119,871
Santa Catarina	100,14	100,165	104,606	106,588	107,345	112,944	116,25	116,24	114,513	113,073
Amapá	62,88	49,369	50,099	49,506	57,169	60,025	63,026	65,026	67,826	67,826
Piauí	-	56,389	26,493	27,73	23,053	31,212	29,333	26,068	25,675	25,675
Outros / Others	28,38	4,65	9,314	18,838	15,657	18,157	19,358	19,239	18,883	9,222
Total	4,658,924	4,900,950	5,049,172	5,304,163	5,473,176	5,558,653	5,630,607	5,673,784	5,687,290	5,672,431

Fonte: IBÁ E POYRY (2018)

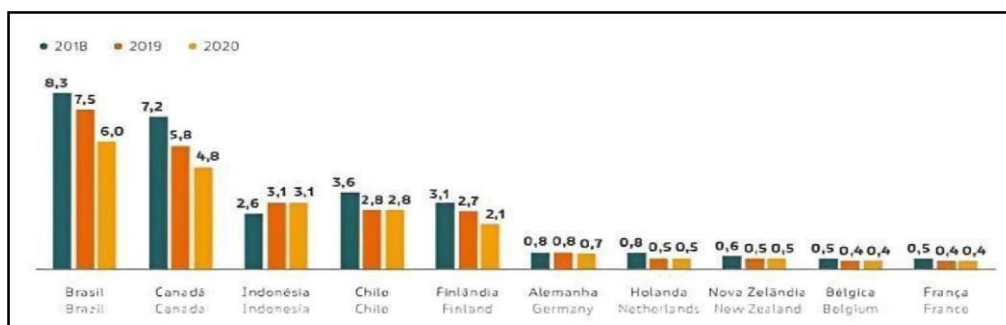
A Floresta Plantada (FLP) leva o nome de “floresta” mesmo não sendo uma, dada a ausência dos extratos de floresta natural. Porém, este estudo adota tal postura. Como pontuado por Machado (2019) é recorrente, mesmo que no meio técnico-científico, o

emprego dos termos “Floresta Plantada”, “reflorestamento” e “florestamento” à referência a uma área rural em uso para plantação e cultivo de espécies exóticas ou nativas em prol do comércio. Galindo & Almeida apontam que, embora a silvicultura tenha árvores de alto porte, não é uma típica floresta brasileira, assim, não se pode considerar que fazer réplica de espécies exóticas seja uma agricultura amistosa, dado que no Brasil, cerca de 95% das culturas de uso silvicultural é de plantas exóticas que não agregam a diversidade das florestas nativas.

O sistema de FLP entra nos parâmetros do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) que, de acordo com Gianetti & Ferreira Filho (2021) emprega em seus objetivos específicos a redução do desmatamento, fornecimento de renda ao meio rural e melhor aspecto social por meio de variadas tecnologias, dentre elas a Floresta Plantada (FLP). É um dos Planos Setoriais criados a partir do artigo 3º do Decreto 7.390/2010 e tem o intuito de gerenciar as atividades a serem executadas para o emprego das tecnologias de produção sustentáveis selecionadas à cumprimento dos compromissos assumidos pelo país de redução de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) no setor agropecuário (Peraci et al., 2012).

Em 2020 o Brasil permaneceu exportando à seus principais destinos, China e Estados Unidos, 48% e 16% respectivamente em celulose, um agregado de US\$ 5,1 bilhões, assim, manteve sendo o maior exportador de celulose do mercado mundial (figura 2), onde a celulose exportada representa 61% no setor de FLP. Vale pontuar que houve déficit de 5% em relação ao ano anterior (IBÁ, 2021).

Figura 2- PRINCIPAIS EXPORTADORES MUNDIAIS DE CELULOSE (US\$ BILHÕES)



Elaboração: FGV, fonte: FAO & SECEX, 2021.

Embora a eucaliptocultura homogênea seja importante para a geração de renda, ela necessita de monitoramento constante em prol do controle da perda edáfica por erosão acelerada. E os autores acrescentam que as Florestas Plantadas de eucalipto nem toda vez

fornecem proteção adequada ao solo devido a variação das taxas de erosão no decorrer dos ciclos de plantio e crescimento (Salgado & Magalhães Júnior, 2006).

5.1.2 Impacto no solo

A substituição da Mata Nativa (MN) por Silvicultura de eucalipto gera implicações às atividades naturais do meio edáfico, provocando um efeito cadeia. Nesse viés, o solo é o meio vivo no qual funciona como base e corpo à subsistência do ecossistema, promove serviço regulador capaz de manter a qualidade ambiental provendo recursos mister a sobrevivência, dessa maneira serve de suporte à diversidade genética o que agrega ao Sence of Home (sentido de casa) à sociedade que está inclusa no meio ambiente.

A serapilheira do eucalipto é característica por não agregar a Matéria Orgânica do Solo (MOS) de forma imediata, ou seja, retira nutrientes e não os repõe, além disso, sem trato adequado, torna o solo um meio ácido. De acordo com Klug et al. (2020), o acúmulo de serapilheira só apresentou resultados em área de eucaliptocultura com idade superior a vinte anos, onde só então foi possível obter uma reserva de Matéria Orgânica (MO) que, a partir da ocorrência de novo ciclo de cultivo ou por mudança de uso da terra, venha a ser incorporada gradativamente à MOS.

E o mesmo autor pontua que os valores de Carbono Orgânico Total (COT) nas áreas de plantios florestais foram inferiores. Vale salientar que a serapilheira de eucalipto possui substância com efeito alelopático que causa uma frequente ação inibitória ao desenvolvimento e germinação das plantas (Cremonese et al., 2022). A serapilheira do dessa forma, compromete o próprio solo e a fauna edáfica, em contraponto essa ação interfere no ciclo de fotossíntese. O eucalipto eleva o teor de MO em relação à pastagem, em virtude disso, reduz o pH e eleva os teores de saturação por alumínio (Al) (Oliveria et. al., 2018).

Os organismos do solo são essenciais para a estrutura e função do mesmo, em especial a macrofauna, que é responsável por realizar a quebra da serapilheira e facilitar a ciclagem de nutrientes e produção de biomassa, sua ausência resulta no déficit de Carbono Orgânico Total (COT), ou seja, a degradação ambiental. Vale frisar que, o carbono é uma substância de Valor de Referência de Qualidade (VRQ), devido a sua alocação em diversos meios. Segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (2020), o carbono está presente em variados compartimentos de biomassa nas florestas, estocado na biomassa morta, viva e na MOS, onde comporta cerca de 50% da biomassa. A ausência de disponibilidade hidráulica interfere na saúde do solo ao ponto de torná-lo improdutivo e afeta a provisão de recursos hídricos.

Em vista disso, em meio a preocupação com a prática de monocultura sobre o ecossistema local e uso de espécies exóticas na prática da silvicultura, Guimarães et al. pontuam, como consequência, os possíveis impactos da última sobre a qualidade da água e a dinâmica hídrica fluvial, causada em especial pelo transporte de nutrientes e sedimentos através da água de deflúvio e pelo consumo de água das espécies arbóreas pelo sistema metabólico. Salgado & Magalhães Júnior (2006) afirmam que a silvicultura do eucalipto está entre as atividades com potencialidade de degradação dos recursos hídricos e pontua que um dos países com maiores áreas de plantio de eucalipto é o Brasil.

Todas essas vertentes podem tornar o solo infértil e interferem na vida dos seres humanos a interferência que vai da disponibilidade de recursos naturais ao valor intrínseco da fauna e do ser humano com o ambiente através da degradação do ecossistema e poluição visual por meio do grande porte arbóreo do eucalipto. Mena & Deble (2018), apontam que “Recai inegavelmente sob o Eucalipto a transformação da paisagem de campestre para florestal e da substituição da cobertura autóctone pela silvicultura.” Os autores ainda afirmam que através das adaptações às atividades agrícolas e silviculturais em grande escala de transformação a ação antrópica interfere na configuração edáfica.

5.1.3 Relação edafoclimática

O solo é ligado diretamente com o clima e vice-versa, a interação desses meios afetam o ecossistema de tal maneira que havendo desestabilização de um, quebra todo o ciclo natural do outro, assim, rompe o equilíbrio dos recursos naturais e ambientais.

O solo e o clima, componentes do meio edafoclimático, desempenham um papel essencial no serviço de regulação por meio do fornecimento de recursos naturais à sociedade. Santos & Paludzyszyn Filho (2014) pontuam que, mediante as alterações significativas no clima e no meio ambiente como um todo, trouxeram à sociedade um olhar apurado ao aspecto ambiental. Nesse viés, os autores afirmam que, nos últimos anos, a busca pela proteção desse meio é uma questão que vem se tornando evidente, devido ao resultado das ações antrópicas na degradação descontrolada dos recursos naturais e impacto nos mais variados níveis: solo, ar, água, flora e fauna, tanto na esfera local quanto mundial.

Foi ponderado a ideologia sobre a alta possibilidade das florestas de mitigar os efeitos do aquecimento global, onde o último teria o poder de sequestrar C da atmosfera e firmar por sua estrutura, o que venha a ser uma viável opção à redução de ritmo da temperatura global (OLIVEIRA, 2017). Porém, a mudança de uso do solo por silvicultura

sem controle de VRQ interfere no clima, em especial no cenário de supressão vegetal. Tito et. al. (2009) afirmam que, seja qual for a atividade com ligação ao uso edáfico que possa alterar a quantidade de biomassa no solo e na vegetalidade possui potencial em modificar a quantia de carbono estocado e emitido à atmosfera, ação que influencia na dinâmica do clima do planeta de forma direta. Boina (2008) explica que para melhor compreensão do sequestro e estoque de C da atmosfera nas florestas é necessário conhecer o fluxo de C no ecossistema florestal e seus variados compartimentos, que funcionam como reservatório. Além disso, os autores afirmam que o resultado do processo de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) da ação antrópica e o processo natural de fotossíntese e respiração geraram a troca de C entre o reservatório atmosférico e terrestre.

MCTI e Comunicações ONU Meio Ambiente (2017, p. 246) afirmam que no cenário de baixo carbono (BC) e referência REF o setor AFOLU (Agriculture, Forest and Other Land Use), enquadra a FLP na estratégia de mitigação do setor de agricultura, floresta e outros usos do solo, em virtude de sua expansão de FLP ser fonte relevante na emissão de CO₂, já que seu avanço sob pastagem no cenário BC forneceu o equivalente a 50,7 Gg de sequestro de CO₂, em média.

6. ANÁLISE AMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE FLORESTAS PLANTADAS DE EUCALIPTO EM DETRIMENTO A MATA NATIVA DA CAATINGA, ESTADO DO PIAUÍ

6.1 INTRODUÇÃO

Locais com áreas degradadas estão cada vez mais recorrentes no Brasil devido às ações antrópicas. Conforme IPAM Amazônia (2023), a partir de 2012 a perda de vegetação nativa no Brasil tornou-se mais pontual devido a aprovação do Código Florestal, onde resultou em 5,8 milhões de hectares desmatados entre 2008 e 2012 e 8 milhões entre 2012 e 2017. O Instituto ainda frisa que um terço do território brasileiro é de pastagem ou lavouras, onde 64% ainda mantém sua vegetação nativa.

Para sanar esse entrave são aplicadas técnicas de recuperação dessas áreas, sendo corriqueiro adotar métodos focados na recuperação da vegetação. Nesse viés, a Embrapa elaborou um Roteiro Para Elaboração de um Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas ou Alteradas que destaca no processo de “Diagnóstico das Áreas” a serem recompostas a “Definição da Vegetação” e, posteriormente as “Características do Solo” frisando que “é

importante informar ainda sobre a profundidade, textura, condições de drenagem e a capacidade do solo de fornecer nutrientes às plantas encontradas na área a ser recomposta”. Onde, não associa o último às condições da vegetação e sim às características naturais do solo em si.

No âmbito do reflorestamento, está incluso o uso de vegetação nativa e também exótica, ou seja, espécies que não são nativas do Brasil. No entanto, é importante ressaltar que o desempenho desse método deve ser avaliado para garantir que haverá sucesso e evitar agravar os danos ambientais. Vale ressaltar que quando se trata de recuperação, a primeira ideia que vem à tona é direcionar a recuperação por uso de vegetação, ou seja, usar espécies vegetais em prol de reestruturar o solo com o reflorestamento do local, o que leva ao desempenho parcial da reabilitação dado que não engloba o solo como referência de qualidade na vegetação para realizar essa ação que necessita de um diagnóstico ambiental detalhado e garantia de ferramentas para solucionar o entrave.

A aplicação de Florestas Plantas (FPL) de espécies exóticas, em especial o eucalipto, está associado a sua beleza, bom cheiro, alta adaptação e resistência no ambiente no qual é inserido, resultando em uma boa recuperação inicial do solo dado ao seu crescimento rápido e estrutura de raízes profundas, assim auxiliando na reestruturação do solo na recuperação ambiental ao dar firmeza ao mesmo.

No entanto, há fatores que devem ser levados em consideração quando for direcionar o eucalipto para o reflorestamento, pontos ligados à restauração, saúde ecossistêmica e estoque de carbono tendo em vista as características do bioma que estão diretamente associados a bom desempenho de recuperação da área degradada e sistema natural dos arredores.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar as vantagens e desvantagens da inserção e manejo de floresta plantada do eucalipto em áreas de Caatinga no Piauí, descrevendo o manejo florestal do eucalipto.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em áreas de manejo silvicultural no norte do estado do Piauí. A área de análise foi em Alto Longá, sendo referente a antiga área de produção de papel e celulose da Suzano, onde a partir de pesquisa bibliográfica, foi elaborado uma análise ambiental do uso da eucaliptocultura para fins de reflorestamento da Caatinga e uma análise ambiental da floresta nativa de Caatinga.

6.2.1 Características da área

Na área de estudo há predominância de manchas de Caatinga, assim classificando o bioma da área. O bioma caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro com toda sua área dentro do território nacional e se faz presente em uma parcela significativa do Brasil tendo uma parcela de 11% do território nacional (KILL, 2016). Embrapa

Semiárido (2016) afirma que “bom seria se fosse possível ensinar um feijão ou um amendoim a sobreviver à seca como fazem as plantas da Caatinga”, dado a alta resiliência da planta ao bioma. O mesmo pontua que é fato a ingressão da Caatinga no ramo da pesquisa e se prepara para demais experiências em um futuro próximo

A vegetação de mata nativa das áreas de estudo são características por dispor vegetação xerófila, de porte baixo e microfila – folhas finas, pequenas e com espinhos - como os arbustos e cactáceas - e, segundo Jacomine (1996), possui extrato herbáceo estacional, com formação lenhosa, suculentas e afilas decidual, vai de arbóreo à arbustivo. Conforme Tongway & Ludwing (1994) as florestas do semiárido possuem perfil de vegetação “agrupada” isolada por locais abertos com nenhuma ou poucas plantas.

Além disso, a vegetação é adaptada a caducifolia no período seco, onde, por sua vez, garante assim a diversidade vegetacional, no qual, consoante a Kill (2016) contém 318 espécies endêmicas. O clima das regiões é do tipo AW, segundo a Classificação de Köppen (1928, 1931), ou seja, tropical úmido (Megatérmico) apresenta mês mais frio com mais de 18°C e o mês mais seco com menos de 60 mm, com atraso de chuvas para o outono (Medeiros et al., 2020). Úmido com inverno seco. Clima de Savana. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual ($p < 10P$) é inferior a 10 vezes este valor (Köppen, 1928).

Em relação ao solo o município apresenta características naturais do bioma Caatinga, Projeto Sudeste do Piauí II (CPRM, 1973) e Levantamento Exploratório Reconhecimento de solos do Estado do Piauí (1986). São provenientes da alteração de arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos e calcários. Característicos por solos litólicos, álicos e distróficos, de textura média, pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, fase pedregosa, com floresta caducifolia e/ou floresta sub-caducifolia/cerrado. Associados ocorrem solos podzólicos vermelho-amarelos, ou seja, solo profundo e naturalmente ácido e de baixa fertilidade com textura média a argilosa, fase pedregosa e não pedregosa, com misturas e transições vegetais de floresta subcaducifolia/caatinga.

6.2.2 Procedimentos metodológicos

A partir de investigação bibliográfica e verificação in loco da área de manejo silvicultural, foi elaborado uma matriz abordando a natureza, negativa ou positiva, do uso do manejo silvicultural na Caatinga piauiense, em detrimento a área de vegetação nativa. Assim, construiu-se um quadro de análise ambiental de eucalipto e mata nativa sobre reflorestamento na Caatinga piauiense.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A cadeia produtiva do eucalipto envolve a produção de mudas em viveiros em prol da maior eficiência produtiva, ainda, é adotado o “manejo sustentável” no formato de mosaicos, intercalando plantios e áreas de mata nativa, favorecendo a conservação do solo, água e biodiversidade (Suzano, 2023).

Consoante a Embrapa (2019) a espécie mais plantada no Brasil é o *Eucalyptus grandis*, espécie esta adotada no cultivo de eucalipto na área de estudo deste trabalho, no qual adota o manejo de desramas, no qual, conforme Higa et al. (2000), a desrama (poda) consiste no processo de recorte dos ramos inferiores com auxílio de instrumento adequados a favor do crescimento e maior valor no mercado ao produzir madeiras sem nó. Os mesmos autores apontam o processo de manejo que vai desde a produção de mudas aos tratamentos culturais de capina na fase inicial de crescimento, principalmente no primeiro ano por aplicação mecânica ou por herbicidas.

A partir da análise bibliográfica e de campo foi possível obter um diagnóstico ambiental da Mata Nativa e Eucalipto em relação ao uso silvicultural, dessa maneira foi viável obter informações detalhadas e importantes no que se refere às características aos fatores bióticos e abióticos: bioma, fauna, vegetação e solo.

ANÁLISE AMBIENTAL DO USO DA EUCALIPTOCULTURA PARA FINS DE REFLORESTAMENTO DA CAATINGA

A tabela 2 revela os resultados da análise ambiental do cultivo de eucalipto na promoção do reflorestamento da Caatinga piauiense abordando aspectos ambientais específicos: Crescimento vegetacional, Resistência, Aspecto visual, Interesse comercial, Absorção de nutrientes, Reposição de nutrientes, Ciclagem de nutrientes, Serapilheira,

Matéria Orgânica do Solo (MOS), Competição vegetacional, Substâncias tóxicas, Nível de absorção de água, Organismos nativos, Fauna exótica, Agentes polinizadores, Fotossíntese, Estoque de carbono, Função edáfica, Estrutura do solo, Densidade do solo, Clima e PH.

TABELA 2 – ANALISE AMBIENTAL DA FLORESTA PLANTADA DO EUCALIPTO

	CARACTERÍSTICAS	VEGETAÇÃO	SOLO	FAUNA	BIOMA
EUCALIPTO	Crescimento vegetacional	P	P	-	N
	Resistência	P	P	-	N
	Aspecto visual	N	N	N	N
	Interesse comercial	P	N	P	N
	Absorção de nutrientes	P	P	N	N
	Reposição de nutrientes	N	N	N	N
	Ciclagem de nutrientes	N	N	N	N
	Serapilheira	N	N	N	N
	Matéria Orgânica do Solo (MOS)	N	N	N	N
	Competição vegetacional	N	N	N	N
	Substâncias tóxicas	N	N	N	N
	Nível de absorção de água	N	N	N	N
	Organismos nativos	N	N	N	N
	Fauna exótica	N	N	N	N
	Agentes polinizadores	N	N	N	N
	Fotossíntese	N	N	N	N
	Estoque de carbono	N	N	N	N
	Função edáfica	N	N	N	N
	Estrutura do solo	N	N	N	N
	Densidade do solo	N	N	N	N
	Clima	N	N	N	N
	PH	N	N	N	N

(AUTORA, 2023)

 POSITIVO
 NEGATIVO
 NÃO SE APLICA

O crescimento eucalipto é positivo, assim como sua resistência tornando favorável seu uso no reflorestamento e uso econômico. Consoante a Embrapa Florestas (2019) as espécies de eucalipto vem sendo usada de forma preferencial dado seu crescimento rápido, adaptação a variadas regiões ecológicas e potencial econômico da sua madeira. No entanto, essa expansão e resistência dessa planta exótica afeta negativamente o equilíbrio natural do bioma.

O aspecto visual da monocultura causa poluição visual, de acordo com Rodrigues et al. (pág.93, 2021), devido a perturbação na paisagem natural de modo contínuo no ambiente ao longo do tempo de maneira que a sucessão ecológica é impedida de proceder. Assim interferindo diretamente na vida faunística do bioma. Além disso vale pontuar que dado sua robusta copa arbórea é atrativo ao paisagismo atrelado ao reflorestamento, assim levando a complicações na garantia da qualidade edáfica por interesse estético.

O interesse comercial do eucalipto vai muito além da produção de papel e celulose, englobando também um ramo de alto potencial econômico, a produção de mel. Agentes polinizadores que podem auxiliar no processo de disseminação vegetal e ainda promover emprego aos produtores de mel local. Wolff et al. (2021) pontuam que há um envolvimento antigo, estreito e conhecido entre o eucalipto e as abelhas, onde as últimas fazem do eucalipto fonte de recursos florestais para se beneficiar e ao mesmo tempo garantir a polinização cruzada, diversidade genética e sementes viáveis. Porém, o uso desenfreado do plantio do eucalipto pode causar desequilíbrio ambiental no bioma e estoque de C no solo.

A serapilheira do eucalipto não contribui de forma positiva ao desenvolvimento e estrutura do solo e meio vegetal no bioma a longo prazo e subsistência faunística nativa devido ao seu aporte sucinto, alteração no pH do solo, reposição e absorção de nutrientes após longo prazo. Porém agrega de forma favorável na fase inicial de desenvolvimento do eucalipto devido sua absorção eficaz de nutrientes.

A serapilheira do eucalipto não agrega a Matéria Orgânica do Solo (MOS) de forma imediata, ou seja, retira nutrientes e não os repõe, além disso, sem trato adequado, torna o solo um meio ácido (KLUG et al. 2020). O que revela o baixo rendimento da ciclagem de nutrientes, dessa maneira, afeta diretamente o estoque de carbono no solo essencial à recuperação de áreas degradadas, principalmente no período seco devido a fotodegradação. Em contraponto aumenta a densidade do solo e afeta o equilíbrio da fotossíntese primordial a vegetação, ao solo, fauna e bioma.

O eucalipto eleva o teor de Matéria Orgânica (MO) em relação à pastagem, em virtude disso, reduz o pH e eleva os teores de saturação por alumínio (Al) (Oliveira et. Al.,

2018). Dessa maneira, acidifica o solo e compromete a relação solo-planta e a subsistência da fauna.

O eucalipto provoca competição vegetal com as espécies de mata nativa o que interfere na relação solo-planta, em primórdio no bioma Caatinga, devido sua baixa disponibilidade hídrica no período sazonal. Ceccon & Martinez-Ramos (pág. 355, 1999) citam que o eucalipto tem tendência a suprimir a vegetação associada por meio da competição por recurso hídrico conforme a disponibilidade de água pela precipitação.

O extrato arbóreo do eucalipto acaba não contribuindo de maneira favorável na vegetação e ao ecossistema do bioma inserido devido às substâncias nocivas presentes em suas folhas, o que afeta diretamente a qualidade edáfica e os organismos nativos responsáveis pela ciclagem de nutrientes do mesmo. Cremonez et al. (2022) afirma que a serapilheira de eucalipto possui elementos com efeito alelopático que por sua vez resulta em uma frequente ação inibitória a germinação e desenvolvimento vegetal. Dessa maneira afetando direta e indiretamente a saúde e segurança ambiental, social e econômica.

O eucalipto afeta a fauna nativa por ser espécie exótica, assim repelindo espécies que não se alimentam da mesma e atraindo organismos exóticos que fazem uso dela. Nesse viés, Vital (2007) pontua que plantar eucalipto em área de vegetação natural ou seminatural, certamente irá resultar em algum efeito sobre a fauna e flora da região. Além disso, Klug et al. (2020) afirmam que em razão a intervenção antrópica por plantios de monoculturas florestais exóticas em ecossistemas naturais pode resultar em degradação do solo e invasão biológica nesses ambientes.

O eucalipto afeta os agentes polinizadores nativos por atrair abelhas africanizadas, de modo que a última compete com a nativa tornando-se invasora. Dado que, consoante a Wolff et al. (2021), tem crescido economicamente no Brasil, onde a produção de mel está atrelada ao plantio de eucalipto como “atividade economicamente vantajosa e ambientalmente sustentável”. Dessa maneira afeta diretamente a polinização das espécies vegetais nativas, dado que a ocorrência de abelhas nativas será reduzida e consequentemente altera o desenvolvimento do solo e da vegetação na recuperação da área degradada e o ecossistema do bioma já sensível.

A ocorrência do eucalipto, em especial no bioma Caatinga no período seco, gera baixa dinâmica de rendimento do ecossistema em decorrência à sua alta necessidade de absorção de água devido à sua naturalidade exótica. Guimarães et al. pontuam, os possíveis impactos da mesma sobre a qualidade da água e a dinâmica hídrica fluvial, motivada através da água de deflúvio no transporte de nutrientes e sedimentos e pelo consumo de água das

espécies arbóreas pelo sistema metabólico. Vale frisar que a silvicultura do eucalipto possui potencialidade de degradação dos recursos hídricos e o Brasil é um dos países com maiores áreas de plantio de eucalipto (Salgado & Magalhães Júnior, 2006).

O solo da Caatinga por sua vez afeta diretamente o crescimento vegetal, por suas características naturais já citadas de baixo valor nutricional, não favorece positivamente o desenvolvimento do eucalipto, principalmente a longo prazo na recuperação de áreas degradadas e suas fragilidades edáficas.

Em relação ao clima, Tito et al. (2009) pontuam que, independentemente da atividade relação ao uso do solo que possa alterar a quantidade de biomassa no mesmo e na vegetação há potencial em alterar o C Stock e o C emitido à atmosfera, atividade essa que influencia diretamente na dinâmica do clima no bioma, além da vegetação, fauna e o próprio solo. Dessa maneira, sua ocorrência é desfavorável, principalmente em áreas mais vulneráveis.

Andrade (2021) afirma que o eucalipto necessita de considerável quantia de água para manter seus incrementos em madeira e devido seu crescimento rápido. Dessa maneira, fazer uso do eucalipto na região de Caatinga compromete a disposição de recursos hídricos à vegetação, solo e fauna dado a escassez hídrica no período sazonal no bioma, podendo ser um agravante ao seu uso em área com deficiência hídrica.

ANÁLISE AMBIENTAL DO USO DA MATA NATIVA PARA FINS DE REFLORESTAMENTO DA CAATINGA

A tabela 3 apresenta os resultados da análise ambiental da mata nativa na promoção do reflorestamento da Caatinga piauiense abordando aspectos ambientais específicos: Crescimento vegetacional, Resistência, Aspecto visual, Interesse comercial, Absorção de nutrientes, Reposição de nutrientes, Ciclagem de nutrientes, Serapilheira, Matéria Orgânica do Solo (MOS), Competição vegetacional, Substâncias tóxicas, Nível de absorção de água, Organismos nativos, Fauna exótica, Agentes polinizadores, Fotossíntese, Estoque de carbono, Função edáfica, Estrutura do solo, Densidade do solo, Clima e PH.

TABELA 3 – ANÁLISE AMBIENTAL DA FLORESTA NATIVA DE CAATINGA EM PÉ

	CARACTERÍSTICAS	VEGETAÇÃO	SOLO	FAUNA	BIOMA
MATA NATIVA	Crescimento vegetacional	P	P	P	P
	Resistência	P	P	P	P
	Aspecto visual	P	-	P	P
	Interesse comercial	N	P	P	N
	Absorção de nutrientes	P	P	P	P
	Reposição de nutrientes	P	P	P	P
	Ciclagem de nutrientes	P	P	P	P
	Serapilheira	P	P	P	P
	Matéria Orgânica do Solo (MOS)	P	P	P	P
	Competição vegetacional	-	-	-	-
	Substâncias tóxicas	-	-	-	-
	Nível de absorção de água	P	P	P	P
	Organismos nativos	P	P	P	P
	Fauna exótica	-	-	-	-
	Agentes polinizadores	P	P	P	P
	Fotossíntese	P	P	P	P
	Estoque de carbono	P	P	P	P
	Função edáfica	P	P	P	P
	Estrutura do solo	P	P	P	P
	Densidade do solo	P	P	P	P
	Clima	P	P	P	P
	pH	P	P	-	P

(AUTORA, 2023)

 POSITIVO
 NEGATIVO
 NÃO SE APLICA

Devido às características naturais da vegetação nativa da Caatinga, mesmo sendo adaptada a condições adversas no período sazonal consoante a Embrapa (2021, p. 320) a mata nativa possui técnicas de adaptação à caducifolia, através dos xilopódios gerados pelas plantas. Dessa forma, no reflorestamento a mata nativa possui adaptação favorável e disponibilizando maior estrutura e condições ambientais mais para o desenvolvimento da fauna, flora, solo e bioma ao fornecer o aparato necessário a vida. Além disso, essas características ainda contribuem ao equilíbrio fotossintético e aos fatores climáticos devido à sua naturalidade do bioma em que está inserida, o que equivale a isenção de fatores adversos a mata nativa que possa afetar o ecossistema e o solo. Ademais, auxilia a subsistência da vegetação por não agregar a competição vegetal com outras espécies, devido seu aporte e técnica de sobrevivência ao ambiente inserido.

Vale frisar que a vegetação nativa não acidifica o solo dado a ausência de substâncias alopáticas e características naturais já citadas, dessa forma contribuindo ao equilíbrio do Ph do solo e ausência de substâncias tóxicas ao ambiente naturalmente inserido. Além disso, por muitas vezes há o interesse comercial em recuperar a área para uso posteriormente tanto para a agricultura como paisagismo no qual por vezes a mata nativa acaba não sendo de interesse comercial para tais fins.

A vegetação nativa da Caatinga é rica em serapilheira e aporte de nutrientes. Souza et. al (2017) afirmam que devido a grande diversidade vegetal, deposita considerável quantidade de sua porção aérea ao solo, assim formando a serapilheira, sendo a principal fonte de transparência de nutrientes edáficos de alguns sistemas produtivos. Em contraponto, o acúmulo de serapilheira contribui de forma significativa a Matéria Orgânica do Solo (MOS), estoque de C e nutrientes no solo. Porém, depende da qualidade e quantidade do material estocado, dos organismos edáficos, das características físico-químicas e, em primórdio, fatores climáticos de precipitação e temperatura. Assim, devido às altas temperaturas no período sazonal, leva à decomposição acelerada favorecendo a alta perda de C para a atmosfera, o que pode levar a divergência na análise de qualidade da MOS (SOUZA et. al., 2021).

No que se refere à absorção, reposição e ciclagem de nutrientes no solo, a Mata Nativa desempenha seu papel com maestria devido às características naturais da vegetação ao bioma já citados logo acima, assim agindo de forma positiva na reposição de nutrientes do solo. Vale ressaltar que, é mister a ciclagem de nutrientes e Alves et. al. (2017) pontua a importância da quantificação da ciclagem de nutrientes e também de biomassa, dado a estrutura florística oscilante, extensão territorial, diferentes tipos de solo e clima e variadas

formas de relevo do semiárido, no qual é traduzido em diversas paisagens como: os vales úmidos, amplas superfícies pediplanadas e as chapadas sedimentares.

E ainda há o nível de absorção de água pela vegetação que é favorável às condições de escassez hídrica presente em seu bioma, ou seja, não irá consumir mais do que precisa contribuindo para o equilíbrio edáfico e ecossistêmico. Dessa forma a Embrapa Semiárido (2016) usou o umbuzeiro, símbolo do bioma Caatinga, como exemplo de ‘sabedoria da natureza’, no qual pontua a expertise a mesma ao desenvolver túberas em suas raízes para armazenamento de água, assim servindo como porta-enxerto de frutíferas do mesmo gênero (Spondias). Isso revela a adaptação de reserva de água do período chuvoso para o período de estiagem promovendo a sobrevivência de outras plantas.

Os solos da Caatinga, por sua vez, são resistentes o que favorece e desperta o interesse comercial no uso e ocupação do solo. Sousa & Lobato (2021) pontuam que os latossolos são elevadamente intemperizados, com pequena porção de nutrientes às plantas, refletindo a sua baixa e média troca de cátions. Os mesmos autores pontuam a eficiência e resistência do latossolo, predominante na Caatinga, úteis na produção de culturas anuais, de pastagens e reflorestamento, o último faz parte do processo de reflorestamento. O que pode vir a ser prejudicial à vegetação e ao bioma com a exploração desenfreada desses solos.

A Mata Nativa possui boa densidade do solo, consoante a Cunha et al. (2021) que vai de porosos a muito porosos e friáveis no que se refere à facilidade de esboroamento do material do solo. Dessa maneira contribui de forma efetiva ao desenvolvimento e estrutura da vegetação, solo e bioma como um todo.

Os organismos edáficos na Mata Nativa auxiliam de forma positiva ao solo degradado ao atuar, conforme citado por Ribeiro (2020), como bioindicadores de qualidade ambiental de ecossistemas (passadas, presentes ou futuras), a autora ainda pontua que a biota do solo é altamente rica, no qual possui organismos vivos com funções e hábitos diferentes no solo. Os agentes polinizadores, em especial as abelhas nativas da Caatinga, desempenham um papel crucial no reflorestamento e na economia dada sua alta disseminação do pólen, assim as abelhas funcionam como polinizadoras da vegetação no reflorestamento. A Embrapa Semiárido (2016) afirma que a vegetação serve de abrigo e sustento a esses seres e outros com alto potencial econômico além do ambiental.

FAUNA

A fauna por sua vez age de forma a auxiliar no estoque de serapilheira e C Stock (estoque de carbono), acúmulo de MOS, ciclagem, absorção e reposição de nutrientes importantes no reflorestamento, planta e subsistência de outros animais pelo simples fato de transitar e fazer morada no ambiente natural e nativo, ao passo que realiza sua alimentação e deposição de fezes que compõe a fase nutricional do solo e consequentemente das plantas. Dessa maneira resultando na maior resistência do solo e ambiente devido o aumento da fertilidade edáfica. Vale pontuar que a presença faunística afeta o impacto visual, ao manter o ambiente mais natural contribuindo para o equilíbrio ecossistêmico e ainda auxilia na economia ao possuir espécies de animais contribuintes à economia local, como é o caso da abelha jandaíra que, consoante a Ribeiro (2016), afirma ter como principal potencial a produção de mel.

Um ecossistema é composto por um grupo de organismos que habitam um local específico e interagem entre si e com o ambiente circundante (SEMIL, 2022). Nesse sentido, a fauna nativa interfere e auxilia de forma positiva ao interagir e se relacionar ao ambiente contribuindo de forma significativa ao ciclo fotossintético e ao clima ao ter ligação ao processo de relação solo/planta no processo de sobrevivência animal. Vale frisar que, referente ao nível de absorção de água há organismos edáficos na Mata Nativa que auxilia nesse fluxo ao melhorar a condutividade elétrica presente no solo e poros que tornam-se canais para o fluxo de água e facilidade de absorção pela planta ao evitar a compactação do solo e liberar o acesso da mesma à água. De acordo com Sousa & Lobato (2021), o Latossolo presente na Caatinga (MN) possui alta permeabilidade à água, onde pode ser trabalhado em grande amplitude de umidade, ou seja, contribui de forma positiva ao fluxo da água no solo.

6.4 CONCLUSÃO

Dessa maneira, a discrepância da mata nativa e do eucalipto em reflorestamento no bioma Caatinga obtidas através dos resultados e discussões apresentados no estudo a partir de pesquisa bibliográfica, foi possível constatar que a mata nativa em relação ao eucalipto possui alto potencial no reflorestamento dada sua naturalidade e afinidade com o bioma natural adverso ao eucalipto que, por sua vez, em longo prazo afeta o equilíbrio ecossistêmico por não suprir as necessidades e funções ecológicas que o bioma Caatinga

necessita, devido seu déficit de serapilheira, estoque de C, MOS, e dado a sucinta ciclagem, absorção e reposição de nutrientes na relação solo-planta, afetando diretamente a última, a fauna e o desenvolvimento florestal.

Vale salientar que os dois contribuem de forma eficaz a economia local com suas particularidades de espécie nativa e espécie exótica. Tendo em vista isso, é mister a necessidade de avaliar as vantagens e desvantagens da inserção de floresta plantada do eucalipto juntamente ao seu manejo em áreas de Caatinga no Piauí, para que o reflorestamento seja executado de forma eficiente e não apenas eficaz em prol do equilíbrio ambiental, econômico e social para as presentes e futuras geração.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.R.** et al. Nutrientes na biomassa aérea e na serapilheira em áreas de caatinga em Floresta, PE. Pesquisa Florestal Brasileira. Universidade Federal Rural do Semiárido e Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mossoró, RN/Recife, PE, Brasil, 2017. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** Roteiro de Apresentação para Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) Terrestre. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. Parque Nacional da Serra da Bocaina, Versão 03, janeiro de 2013. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** Lucas Guaraldo. Brasil perdeu 96 milhões de hectares desde 1985, aponta MapBiomass. IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. 4 de setembro de 2023. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - SEMIL. Portal de Educação Ambiental, Ecossistema. SP, 2022. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. B.; PETRENE V. G.; TAURA T. A. Bioma Caatinga-Latossolos. Embrapa, DF, 2021. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** O Eucalipto. Embrapa Florestas, DF, 2019. Acesso em: 28/11/2023.
- BRASIL.** Andrade G.C. Eucalipto - Água. Embrapa Florestas, Brasília-DF, 2021. Acesso em: 28/11/2023.
- CECCON & MARTINEZ-RAMOS.** Ceccon, E.; MARTINEZ-RAMOS M. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: Aplicación al caso de México. Interciência, VOL.24, PÁG.355, 1999. Acesso em: 28/11/2023.
- CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; PASUCH DE CAMARGO, M.; FEIDEN, A.** PRINCIPAIS PLANTAS COM POTENCIAL ALELOPÁTICO ENCONTRADAS NOS SISTEMAS AGRÍCOLAS BRASILEIROS. Acta Iguazu, [S. l.], v. 2, n. 5, p. 70–88, 2000. DOI:10.48075/actaiguaz.v2i5.9183.Disponível

em:<https://erevista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/9183/6788>. Acesso em: 28/09/2022.

RODRIGUES, Gelze S.S.C.; **TEIXEIRA** G.; **LOPES** O.R.P. Eucalipto no Brasil : expansão geográfica e impactos ambientais. Uberlândia : Composer, cap.3, pág.93 2021. Acesso em: 28/11/2023.

VITAL, Marcos H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, P. 235-276, dez. 2007. Acesso em: 28/11/2023.

7. QUALIDADE DO SOLO E BIOMASSA SOB FLORESTA PLANTADA DE EUCALIPTO NA CAATINGA PIAUIENSE

7.1 INTRODUÇÃO

A qualidade do solo e a biomassa são aspectos fundamentais a serem considerados quando se trata de florestas plantadas de eucalipto no bioma Caatinga, localizado no estado do Piauí. A qualidade edáfica, ou seja, a composição e fertilidade do solo, desempenha um papel crucial no crescimento saudável das árvores e na sustentabilidade do ecossistema como um todo. Além disso, o estoque de carbono é uma medida importante para avaliar o impacto da floresta de eucalipto no sequestro de carbono e na mitigação das mudanças climáticas.

No entanto, a introdução do eucalipto como espécie exótica na Caatinga também apresenta algumas problemáticas. Por ser uma espécie de rápido crescimento e alto consumo de água, o eucalipto pode afetar negativamente a disponibilidade hídrica em uma região já caracterizada por sua escassez de recursos hídricos. Além disso, a monocultura de eucalipto pode levar à perda de biodiversidade e à alteração dos processos naturais do ecossistema.

Vale pontuar que o eucalipto é um grande contribuinte no comércio de papel e celulose, além de outros derivados e contribui efetivamente a economia do Brasil. Dessa maneira o aparato a esse monocultivo torna-se importante. Por já possuir consideráveis indicações e orientações técnicas, torna-se mais eficiente a inserção de dados em relação a qualidade do solo e suas diretrizes por já possuir uma introdução ao assunto e solucionar de forma mais rápida os entraves relacionados ao cultivo de eucalipto.

Tendo em vista os parâmetros de qualidade resultantes da avaliação físicoquímica de qualidade do solo e de serapilheira pode vir a ser um grande fomento ao pequeno e grande produtor ao adotar medidas mais certas de avaliação e correção no cultivo de eucalipto direcionado às características específicas do bioma Caatinga.

Portanto, é essencial avaliar de forma abrangente a qualidade do solo, o estoque de carbono e as problemáticas associadas à presença do eucalipto na Caatinga. Isso permitirá um manejo mais sustentável das florestas plantadas de eucalipto, buscando minimizar os impactos negativos e maximizar os benefícios ambientais e socioeconômicos dessa espécie exótica.

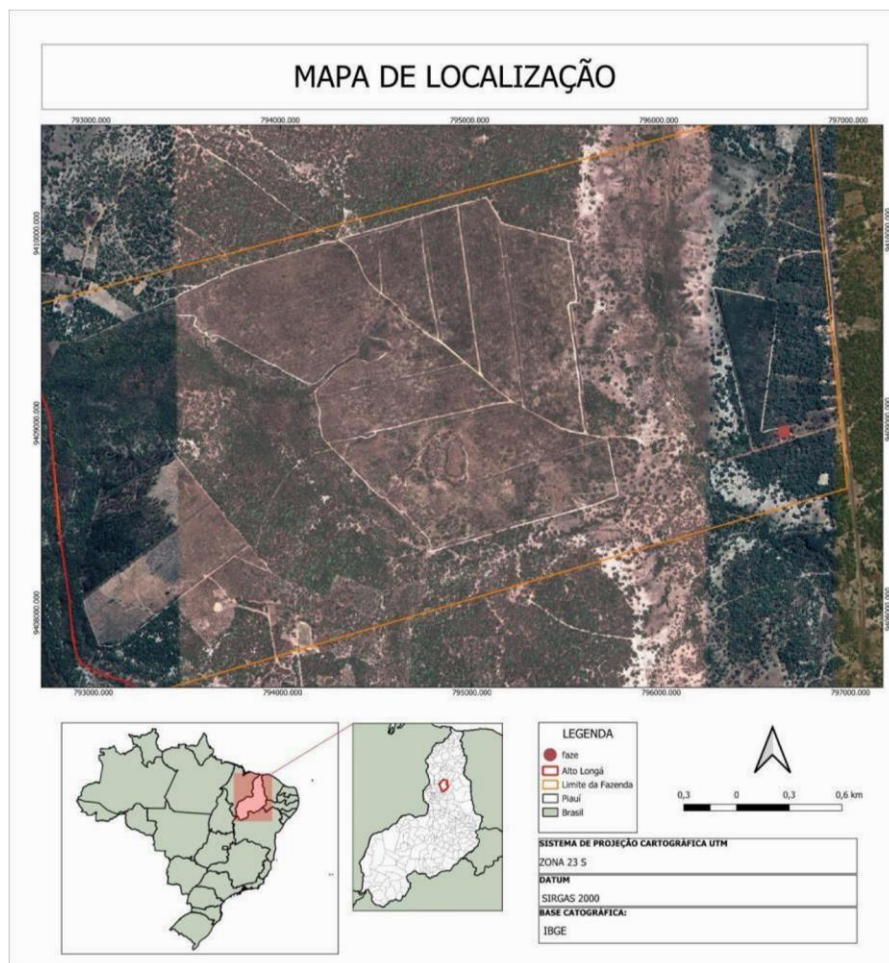
Neste sentido, o objetivo desse capítulo é avaliar a produção da biomassa e o potencial de proteção do solo sob a floresta de eucalipto em relação a mata nativa.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de manejo silvicultural no norte do estado do Piauí (Mapa 1). A área de análise é localizada no município de Alto Longá, sendo referente a antiga área de produção de papel e celulose da Suzano. Situada entre dois diferentes modelos de ocupação, em uma escala macrorregional. De um lado, na região nordestina, encontra-se o clima semiárido do sertão, onde a pecuária extensiva é predominante. Por outro lado, na região amazônica, há a presença da floresta tropical chuvosa e um projeto baseado em pequenas comunidades ribeirinhas isoladas, que dependem da economia natural do extrativismo.

Mapa 1 - Mapa de Localização da área de estudo.



(AUTORA, 2023)

O clima da região é do tipo AW e o tipo “Bsh” (clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude).”, segundo a Classificação de Köppen (1928, 1931), ou seja, tropical úmido (Megatérmico) apresenta mês mais frio com mais de 18°C e o mês mais seco com menos de 60 mm, com atraso de chuvas para o outono (Medeiros et al., 2020). Úmido com inverno seco. Clima de Savana. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual ($p < 10P$) é inferior a 10 vezes este valor (Köppen, 1928).

Conforme Aguiar e Gomes (2004), o município de Alto Longá apresenta temperatura mínima de 22 °C e máxima de 34 °C e o principal curso d’água que drena o município é o rio Berlingas; e o município de Beneditinos apresenta mínima de 25 °C e máximas de 36 °C, os principais cursos d’água são: os rios Potí e Gameleira, além dos riachos Bandarra, Corrente, Barroão, Fundo e Saco. A precipitação anual das duas áreas, definidas no Regime Equatorial Continental, possui isoietas anuais entre 800 a 1.400 mm,

onde os meses de fevereiro, março e abril correspondem ao trimestre mais úmido da região (apug, IBGE, 1977).

Em relação ao solo o município apresenta características naturais do bioma Caatinga, Projeto Sudeste do Piauí II (CPRM, 1973) e Levantamento Exploratório Reconhecimento de solos do Estado do Piauí (1986) relata que são característicos por possuir solos álicos, distróficos e litólicos, pouco desenvolvidos e de textura média, fase pedregosa de rasos a muito rasos, além disso, há solos podzólicos vermelho-amarelos de textura média a argilosa, com fase não pedregosa e pedregosa.

A vegetação de mata nativa da área de estudo é característica por dispor vegetação xerófila, de porte baixo e microfila – folhas finas, pequenas e com espinhos - como os arbustos e cactáceas - e, segundo Jacomine (1996), possui extrato herbáceo estacional, com formação lenhosa, suculentas e afilas decidual, vai de arbóreo à arbustivo. Conforme Tongway & Ludwing (1994) as florestas do semiárido possuem perfil de vegetação “agrupada” isolada por locais abertos com nenhuma ou poucas plantas.

Vale frisar que, apesar da característica vegetacional, permanece sendo floresta, pois apresenta critérios fiéis à estrutura de uma com seus respectivos estratos. Além disso, a mata nativa possui técnicas de adaptação à caducifólia, característico pelo baixo índice hidrológico do semiárido, através dos xilopódios gerados pelas plantas, consoante a Embrapa (2021, p. 320), está presente em 17 grandes unidades de paisagem, subdividida em 105 unidades geoambientais.

Dessa forma, resulta na grande diversidade vegetacional em seu território de Caatinga que, em sua totalidade, segundo o IBGE (2022), conta com 5.311 espécies de plantas, no qual, 1.547 são espécies endêmicas à região geográfica e conta com um vasto número de famílias, onde, de acordo com Araújo Filho e Carvalho (1996), se sobressai as euforbiáceas, leguminosas e as cactáceas.

Nesse viés, vale pontuar o Estado do Piauí que ocupa uma área territorial de 251.755,481 Km², o que revela alto potencial de ocupação vegetacional. Segundo Giulietti et al., (2017), por possuir a maior quantidade de municípios entre os outros países da Caatinga, 118 respectivamente, o Piauí destacou-se com mais de 40% de cobertura de mata. Vale pontuar que o desenvolvimento vegetacional é dificultado pelos aspectos do solo, segundo Giongo et al. (2011), na Caatinga há ocorrência de solos rasos e predominância de areia, assim, característicos por baixa fertilidade.

recolhidas 2 amostras, uma de cada profundidade, para cada 3 quadrantes de 1 X 1 m, nas 3 parcelas de UP. Posteriormente, foram separadas 20 g de cada amostra e encaminhadas para o laboratório Funceme em Fortaleza-Ce para análises laboratoriais de bases trocáveis: Mg, K, Ca e demais parâmetros: Al^{+3} , Na, C, P, N e MO, uma vez que não foi viável realizá-las no IFPI - Campus Teresina Central por falta de recursos. As análises incluíram características químicas, fertilidade e teor de carbono do solo.



Figura 5 – coleta de solo em UP de 5 anos no período chuvoso.
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 6 – coleta de solo em UP de 3 anos no período chuvoso.
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 7 – coleta de solo em UP de 1 ano no período chuvoso.
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 8 – coleta de solo em M.N no período chuvoso.
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 9 – coleta de solo em UP de 5 anos no período seco.
Fonte: Autora, 2023.



Figura 10 – coleta de solo em UP de 3 anos no período seco.
Fonte: Autora, 2023.



Figura 11 – coleta de solo em UP de 1 anos no período seco.
Fonte: Autora, 2023.



Figura 12 – coleta de solo em M.N no período seco.
Fonte: Autora, 2023.



As amostras de densidade foram realizadas através de anéis volumétricos (AV), esses anéis eram feitos de metal (figuras 13 e 14). As amostras foram coletadas em parcelas e com profundidade de 0-5 cm do nível do solo, os AVs foram cravados no solo por meio de compactação até o preenchimento total de cada AV, depois do preenchimento ocorreu o corte do solo até igualar as bordas dos anéis, como mostra as imagens logo abaixo. Após a retirada das amostras, elas foram encaminhadas ao SOLAE, a metodologia usada foi a de

secar as amostras e realizar a pesagem. Em contraponto, é necessário que as amostras estejam completamente secas. Logo após a secagem foi determinada a massa seca, e com os dados da massa seca foi feito a seguinte equação através do método de coleta da Embrapa Florestas.

$$\text{Densidade do solo} = (\text{Massa de solo seco/volume do anel}) = \text{g/cm}^3.$$

Figura 13 - Coleta de amostra de densidade (P.C). Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 14 – Coleta de amostra de densidade (P.S).



Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.

Ressalta-se que as coletas ocorreram no período chuvoso (fim da estação) e posteriormente realizadas no período seco (fim da estação), para fins de verificação dos efeitos da sazonalidade. O método de coleta utilizado foi o da Embrapa Florestas.

Cálculo para determinar o carbono no solo:

Cálculo do peso do volume de solo por horizonte da amostragem.

$PVs (t/ha) = DA * Ps * 10000$ Onde:

PVs = peso do volume do solo

DA = densidade aparente

Ps = profundidade ou espessura do horizonte do solo

10,000 = constante

Cálculo do carbono no solo: $CS (t/ha) = (PVs * \%CLAB) / 100$ Onde:

CS = Carbono no solo, em t/ha

PVs = Peso do volume do solo

$\%CLAB$ = Resultados de C em percentagem analisados em laboratório 100 = Fator de correção

Cálculo do carbono total do SUT (t/ha): $CT (t/ha) = CBV + CS$ Onde:

CT = carbono total do SUT

CBV = carbono na biomassa vegetal total

CS = carbono no solo

8.2.2 Coleta de serapilheira

A serapilheira foi coletada em 1 quadrante nas 3 parcelas de UP, no qual pode ser observado nas figuras 15 a 22 logo abaixo, no Período Chuvoso (P.C) e (P.S). O peso fresco total por m^2 foi registrado e uma amostra de aproximadamente 300 g foi coletada. Em seguida, a amostra foi colocada em uma bolsa de papel corretamente identificada e enviada ao laboratório de Solo, Água e Esgoto (SOLAE) para ser seca em estufas de ar quente a 70 °C até atingir o peso seco constante. Em seguida, o peso seco da amostra é estimado em t/ha e, este valor se multiplica pelo fator de 0,45, obtendo-se a quantidade de carbono contida nesta biomassa.

Cálculo da biomassa de serapilheira:

Para estimar a biomassa em toneladas por hectares (t/há), utiliza-se a equação: $BH (t/ha) = (PSM / PFM) \times PFT \times 0,04$ onde BH é a biomassa da serapilheira (matéria seca), PSM é o peso seco da amostra, PFM é o peso fresco da amostra, PFT é o peso fresco total por metro quadrado e 0,04 é o fator de conversão.



Figura 15
Coleta de serapilheira UP 001 (P.C).
Fonte: Maria Alice Carvalho de Sousa, 2023.



Figura 16
Coleta de serapilheira
UP 002 (P.C).
Fonte: Maria Alice
Carvalho de Sousa,
2023.



Figura 17
Coleta de serapilheira UP 007 (P.C).



Figura 18 Coleta de serapilheira M.N
(P.C).

Fonte: Maria Alice Carvalho de Sousa, 2023.



Figura 19 Coleta de serapilheira UP 001 (P.S).
Fonte: Bruna de Freitas Iwata, 2023.



Figura 21 Coleta de serapilheira UP 007 (P.S).
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 20 Coleta de serapilheira UP 002 (P.S).
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.



Figura 22 Coleta de serapilheira M.N (P.S).
Fonte: Valéria Aguiar Silva, 2023.

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos atributos químicos do solo, como fertilidade e teor de carbono, revelou variações significativas entre as parcelas de eucalipto e mata nativa. As análises laboratoriais indicaram que os teores de bases trocáveis (Mg, K, Ca) e outros parâmetros (Al+3, Na, C, P, N, e MO) diferem consideravelmente entre as áreas estudadas, refletindo a influência do manejo sobre a qualidade do solo e a dinâmica de carbono em diferentes compartimentos.

Na tabela 4 têm-se os resultados dos atributos químicos cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) em Cmolc/kg na interação entre o tipo de uso do solo em cultivo de eucalipto e de mata nativa. Assim, a variação sazonal nos teores de cálcio, no qual ficaram entre 0,60-1,0 Cmolc/kg enquanto no período seco foi menor com teores entre 0,55 a 0,98 Cmolc/kg, sugere uma maior mobilidade e disponibilidade deste nutriente durante o período chuvoso, possivelmente devido ao aumento da lixiviação e mobilização de nutrientes no perfil do solo.

Tabela 4 - Resultados da análise em laboratório de bases trocáveis Ca, Mg e K das áreas de estudo no período seco e chuvoso.

ÁREAS	PROFUNDIDADE	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO
		Ca		Mg		K	
		(Cmolc/kg)					
MN	0.0-0.05cm	0,70	0,68	0,70	0,70	0,088	0,07
	0.05-0.10cm	0,60	0,55	0,40	0,40	0,047	0,04
001	0.0-0.05cm	0,70	0,66	0,60	0,58	0,050	0,05
	0.05-0.10cm	1,00	0,98	0,80	0,89	0,050	0,05
002	0.0-0.05cm	0,80	0,81	0,80	0,80	0,098	0,090

	0.05-0.10cm	0,70	0,68	0,60	0,56	0,082	0,08
007	0.0-0.05cm	0,60	0,59	0,70	0,69	0,058	0,045
	0.05-0.10cm	0,70	0,65	0,90	0,98	0,060	0,055

LEGENDA: Mata Nativa (MN), corte de 5 anos (001), (

AUTORA, 2023) corte de 3 anos (002), corte de 1 ano (007), Cálcio (Ca),

Magnésio (Mg), Potássio (K).

Consoante a Melo (2021), o cálcio além de ser um ativador enzimático, atua nas plantas como responsável pela fisiologia dos seus tecidos e estabilidade estrutural e ainda, em conjunto com outras substâncias, estabiliza os processos de permeabilidade dos tecidos e das células. Em contraponto, esses benefícios somados à concentração de Ca no solo, em primórdio, no período chuvoso da Caatinga, oferecem uma maior disponibilidade de nutrientes ao bioma, contribuindo efetivamente a relação solo-planta no período sazonal.

Referente a profundidade de 0.0-0.05cm a área 002 que se sobressaiu às demais com o teor de 0,80 Cmolc/kg no período chuvoso e o menor teor foi a área 007 com 0,60 Cmolc/kg. Já no período seco, a área 002 obteve maior teor com 0,81 Cmolc/kg e a menor foi a área 007 com 0,59 Cmolc/kg. Isso significa que a maior concentração de Ca em profundidade de 0.00.05cm no período chuvoso e seco está na cultura de eucalipto na área 002 e no período seco concentra-se na área 007.

Quanto à profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso. A área 001 obteve o maior resultado de 1,00 Cmolc/kg, enquanto o menor foi na área de MN com 0,60 Cmolc/kg. A respeito do período seco, a área 001 revelou maior teor com 0,98 Cmolc/kg. e o menor foi a área de MN com teor de 0,55 Cmolc/kg. Em vista disso, é constatado que a área com maior concentração de Ca é a área de cultivo de eucalipto tanto no período chuvoso com 1,00 Cmolc/kg como no período seco comparado a mata nativa.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,66-0,70 Cmolc/kg e profundidade 0.05-0.10cm: 0,65-0,68 Cmolc/kg. Dado o exposto, os resultados de cálcio nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de cálcio em área de eucalipto em relação à mata nativa.

Segundo Castro et al. (2020), pontua que o solo brasileiro, no geral, é pobre em magnésio dado a baixa concentração de nutrientes no material de origem e lixiviação de Mg nos processos pedogênicos, assim, somada aos processos de acidificação do solo, age negativamente na permanência do Mg, dado a baixa estabilidade de sulfatos, carbonatos, silicatos e aluminossilicatos em meios ácidos. Dessa maneira, conter considerável armazenamento de Mg em latossolos auxilia na fertilidade edáfica e consequentemente da vegetação.

As maiores concentrações de magnésio foram no período seco no qual ficaram entre 0,40-0,98 Cmolc/kg enquanto no período chuvoso obteve teores menores entre 0,40 a 0,90 Cmolc/kg. Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de magnésio é no inverno seco.

No que se refere a profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área 002 se sobressai com 0,80 Cmolc/kg e o teor menor é o da área 001 com 0,60 Cmolc/kg. Em relação ao período seco, o maior teor é na área 002 com 0,80 e a menor concentração é na área de MN com teor de 0,58 Cmolc/kg. Assim revela que a maior concentração de magnésio em profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso está na cultura de eucalipto assim como no período seco na área 002 com teor de 0,80 Cmolc/kg, desse modo, em relação à mata nativa, o eucalipto possui maior teor de magnésio em profundidade de 0.0-0.05cm.

Relativo a profundidade 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área 007 obteve o maior resultado com 0,90 Cmolc/kg, enquanto o menor foi na área de MN com 0,40 Cmolc/kg. A respeito do período seco, a área 007 revelou maior teor com 0,98 Cmolc/kg e o menor foi a área de MN com teor de 0,40 Cmolc/kg. Em vista disso, é constatado que a área com maior concentração de magnésio é a área 007 tanto no período chuvoso com 0,90 Cmolc/kg como no período seco com 0,98 Cmolc/kg.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,69-0,70 Cmolc/kg e profundidade 0.05-0.10cm: 0,56-0,89 Cmolc/kg. Por fim, os resultados de magnésio nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de magnésio em área de eucalipto em relação à mata nativa.

Referente ao K, Lima (2021) afirma que o potássio atua como importante instrumento no processo de fotossíntese e na produção de amido, na ação enzimática e resistência da planta a fatores patógenos, além disso influencia na regulação de água na célula, agindo no controle de perda de água das folhas pela transpiração. Dessa forma seu aporte torna-se essencial no meio edáfico.

As maiores concentrações de potássio foram no período chuvoso no qual ficaram entre 0,47-0,098 Cmolc/kg enquanto no período seco obteve teores menores entre 0,04 a 0,090 Cmolc/kg. Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de potássio é no verão chuvoso.

Em profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área 002 teve o teor superior às demais com 0,098 Cmolc/kg, já a área 001 obteve concentração inferior com 0,050 Cmolc/kg. Referente ao período seco a área 002 teve maior teor com 0,090 Cmolc/kg e com menor foi a área 001 com 0,05 Cmolc/kg. Dessa maneira, o eucalipto em relação à mata nativa, no período seco e chuvoso, se sobressai na concentração de potássio (com maior quantidade em profundidade de 0.0-0.05cm, com 0,098 Cmolc/kg) no qual a última possui níveis intermediários.

Quanto a profundidade 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área 002 constatou maior teor com 0,082 Cmolc/kg, enquanto o menor teor é na área de MN com 0,47 Cmolc/kg. Já no período seco, a área com maior teor é a 007 com 0,055 Cmolc/kg e a menor concentração é na área de MN com 0,04 Cmolc/kg. Desse modo, dentro dos parâmetros apresentados, a área de maior teor no período chuvoso e seco foi a de eucalipto, assim se sobressaindo aos teores inferiores de K da mata nativa.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,05-0,088 Cmolc/kg e profundidade 0.05-0.10cm: 0,05-0,060 Cmolc/kg. Contudo, os resultados de potássio nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de potássio na área de eucalipto em relação à mata nativa.

Consoante aos limites de interação do nível de interpretação de análise do solo apresentado por Sobral et al. (2015) apresentados aos atributos Ca indicaram valores Baixo de cálcio, conforme os métodos da rede Embrapa de Laboratórios, dado que os resultados do atributo químico foram $<1,6$ entre 0,55-1,0, o que reflete a baixa interação de cálcio em cultivo de eucalipto e uso por mata nativa, porém em relação ao E e MN a interação de Ca é mais concentrado no cultivo de eucalipto dado seu manejo agrícola de adição de cálcio a correção da acidez do solo naturalmente presente no bioma Caatinga. Já referente ao Mg, apresentou nível Médio por atribuir valores entre 0,4-1,0 com resultados que vão de 0,40-0,98. Dessa maneira a concentração de magnésio interage de forma intermediária nas áreas de E e MN, onde entre as últimas, apresentam concentração maior na cultura de eucalipto.

Gatiboni et al. (pág. 234, 2016), apontam que comparada às culturas anuais, a necessidade de adubação potássica é naturalmente menor para as espécies florestais dado

seu baixo aporte de nutrientes por produtos de bases florestais e longo ciclo de culturas, assim rendendo maior aproveitamento de P. Dessa maneira, sua correção geralmente não é necessária, como é o caso dos resultados de teores presente na cultura de eucalipto.

Os resultados da Tabela 5 mostram que os níveis de pH e alumínio trocável (Al^{+3}) variam significativamente entre as áreas de cultivo de eucalipto e mata nativa. O solo sob cultivo de eucalipto apresentou maior acidez e níveis elevados de Al^{+3} , o que pode limitar o crescimento de plantas menos tolerantes ao alumínio e reduzir a disponibilidade de nutrientes essenciais.

Tabela 5 - Resultados das análises em laboratório de pH, Al⁺³ e Na das áreas de estudo no período seco e chuvoso.

ÁREAS	PROFUNDIDADE	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO
		pH		Al ⁺³ (Cmolc/kg)		Na (Cmolc/kg)	
MN	0.0-0.05cm	5,8	5,8	2,00	1,89	0,024	0,02
	0.05-0.10cm	5,5	5,8	1,30	1,30	0,020	0,02
001	0.0-0.05cm	5,4	5,81	0,50	0,50	0,024	0,02
	0.05-0.10cm	6,1	5,90	0,40	0,40	0,027	0,02
002	0.0-0.05cm	5,7	5,9	0,10	0,10	0,025	0,01
	0.05-0.10cm	5,7	5,9	0,05	0,05	0,034	0,03
007	0.0-0.05cm	5,7	6,0	0,00	0,00	0,023	0,03
	0.05-0.10cm	5,8	5,8	0,00	0,00	0,021	0,02

LEGENDA: Mata Nativa (MN), corte de 5 anos (001), (AUTORA, 2023)
 corte de 3 anos (002), corte de 1 ano (007), Potencial de
 Hidrogênio (pH), Alumínio (Al⁺³), Sódio(Na).

Silva et al. (2021) afirmam que o pH do solo é de grande relevância ao ser uma propriedade que regula a disponibilidade de nutrientes e apontam que tanto o pH baixo como alto interferem na provisão de nutrientes às culturas, onde ocorre a diminuição da disponibilidade de maior parte dos micronutrientes com o aumento do pH do solo. Nesse sentido, é mister ter o teor de pH como VRQ edáfica em prol da subsistência vegetal, dos organismos do solo e função e qualidade ecossistêmica do bioma.

Os maiores níveis de potencial de hidrogênio foram no período chuvoso no qual ficaram entre 5,4-6,1 Cmolc/kg enquanto no período seco obteve teores menores com 5,8 a 5,90. Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de pH é no verão chuvoso do bioma Caatinga.

Em relação a profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área de MN obteve o maior índice com 5,8 e o menor é na área 001 com 5,4. No período seco o maior teor foi na área 007 com 6,0 e o menor foi de 5,8 na área de MN. Dessa maneira, revela que a mata nativa em relação ao eucalipto possui maior meio ácido no período seco, por outro lado no período chuvoso se sobressai a mata nativa ao ter nível ácido de pH.

Em profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área 001 possui maior nível de pH com 6,1, enquanto o menor é a área de MN com 5,5. Já no período seco a maior é a área 001 com de 5,90 e a com menor teor são as áreas de MN e 007 com 5,8. Assim é constatado que o meio mais ácido é a área de mata nativa em relação ao eucalipto no período seco e chuvoso.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 5,7-5,8 pH e profundidade 0.05-0.10cm: 5,7-5,9 pH. Contudo, os resultados de pH nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior meio ácido na área de mata nativa em relação ao de eucalipto.

Na constatação de Prezotti & Guarçoni (2013), indica que há presença de Al em todos os solos em diversos compostos e formas com seu valor total praticamente constante, porém o que distingue é as diversas formas em que o alumínio se encontra: solúvel Al^{+3} (tóxica) ou insolúvel $Al(OH)_3$ (não tóxica).

Ademais, os mesmos autores pontuam que o Al^{+3} minimiza o crescimento, provoca o engrossamento de raízes e impede a formação de pelos radiculares, assim interferindo negativamente na absorção de nutrientes e água e ainda afirma que há espécies, como o Eucaliptus que possui alta tolerância ao Al^{+3} . Nesse viés, é de suma importância os valores de alumínio presente no solo para determinação da qualidade do solo.

As concentrações maiores de alumínio foram no período chuvoso no qual ficaram entre 0,00-2,00 Cmolc/kg enquanto no período seco obteve teores menores entre 0,00 a 1,89 Cmolc/kg. Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de alumínio é no verão chuvoso.

Na profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área de MN obteve maior nível de Al^{+3} com 2,0 Cmolc/kg, enquanto o menor foi na área 007 com 0,00 e no período seco a maior também é a área de MN com 1,89 e o teor menor é na área 007 com 0,00

Cmolc/kg. Dessa forma a mata nativa em relação ao eucalipto no período seco e chuvoso contém maior concentração de alumínio em profundidade 0.0-0.05cm do solo.

Em profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área de MN revelou maior nível de concentração de alumínio com 1,30 Cmolc/kg e o menor é na área 007 com teor de 0,00 Cmolc/kg, igualmente os níveis no período seco. Assim sendo a MN a área com teor mais concentrado de Al^{+3} em relação ao eucalipto.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,05-0,50 Cmolc/kg e profundidade 0.05-0.10cm: 0,05-0,40 Cmolc/kg. Contudo, os resultados de alumínio nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de Al^{+3} na área de mata nativa em relação ao eucalipto, sendo assim constatado toxicidade mais elevada em em relação ao último dado.

Sobral et al. (2015) alertam que ao insistir em não realizar a calagem quando o teor de alumínio presente exceder o valor de 0,5 Cmolc dm^{-3} não é recomendado devido ao déficit na produção e ainda pontuam que há espécies mais sensíveis que outras em relação ao alumínio. Dessa maneira, dado os solos naturalmente ácidos da Caatinga e resultado dos teores de E que excederam o valor estipulado, com exceção da área 007 é essencial atentar-se à correção do solo para maior desempenho e qualidade do mesmo e da vegetação.

Prezotti & Guarçoni (2013) afirmam que quando contém alto teor no solo, o Na tem tendência a efeitos depressivos na produtividade de culturas ao impedir a absorção de nutrientes e de água pela vegetação e ainda afeta a estrutura do solo, trocas gasosas, infiltração da água e processo de ramificação das raízes por seu efeito dispersante nas argilas. Nesse sentido, ter o conhecimento quantitativo de sódio presente no solo é essencial à manutenção e provisão nutricional do último e das plantas.

As concentrações maiores de sódio foram no período chuvoso no qual ficaram entre 0,20-0,034 Cmolc/kg enquanto no período seco obteve teores menores entre 0,01 a 0,03 Cmolc/kg. Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de sódio é no verão chuvoso.

Relativo a profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área 002 contém maior concentração de Na com 0,025 Cmolc/kg e menor na área 007 com teor de 0,023 Cmolc/kg, enquanto no período seco o maior teor é na área 007 com 0,03 Cmolc/kg e menor na área 002 com 0,01 Cmolc/kg. Desse modo, em relação à mata nativa o eucalipto se sobressai na concentração de sódio tanto no período seco como no chuvoso na profundidade 0.0-0.05cm do solo.

Em relação à profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área 002 possui maior teor de sódio com 0,034 Cmolc/kg e o menor é na área de MN com 0,020 Cmolc/kg, enquanto no período seco a área com maior teor foi a 002 com 0,03 Cmolc/kg e o menor foram nas áreas de MN, 001 e 007 com 0,02 Cmolc/kg. Dessa maneira, a maior concentração de sódio foi em área de cultura de eucalipto comparada a mata nativa.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,02-0,24 Cmolc/kg e profundidade 0.05-0.10cm: 0,02-0,027 Cmolc/kg. Contudo, as áreas sob cultivo de eucalipto apresentaram maior concentração de sódio, especialmente no período chuvoso. Esta concentração elevada de Na pode comprometer a estrutura do solo, afetar a absorção de água e nutrientes pelas plantas e, a longo prazo, reduzir a produtividade agrícola e a sustentabilidade ambiental das áreas afetadas.

Conforme os limites de interação do nível de interpretação de análise do solo apresentado por Sobral et al. (2015) apresentados aos atributos pH, indicou nível Alto de concentração química, conforme os métodos da rede Embrapa de Laboratórios, dado que os resultados do atributo químico foram $>3,0$ tanto na mata nativa quanto no cultivo de eucalipto, no qual, entre os usos do solo, o nível de concentração de pH é maior na MN dado seu solo naturalmente ácido. Em relação ao Al^{+3} , as áreas de eucalipto e mata nativa apresentaram valores classificados como alto ao conter teores $>1,0$, onde a MN se sobressai ao E com maior concentração de alumínio no solo tanto no período seco como chuvoso.

Os dados da Tabela 6 indicam que os níveis de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio variam significativamente entre os solos de eucalipto e mata nativa. A menor quantidade de MO e P nas áreas de eucalipto sugere um impacto negativo do cultivo contínuo na fertilidade do solo, enquanto os níveis de N variam conforme as práticas de manejo e condições sazonais.

Tabela 6 - Resultados das análises em laboratório de MO, P e N das áreas de estudo no período seco e chuvoso.

ÁREAS	PROFUNDIDADE	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO	CHUVOSO	SECO
		MO		P		N	
		(mg/kg)					
MN	0.0-0.05cm	33,31	30,21	0,48	0,44	19,89	18,89
	0.05-0.10cm	28,45	29,12	0,16	0,16	28,56	25,56
001	0.0-0.05cm	16,03	15,56	0,40	0,40	11,45	9,89
	0.05-0.10cm	34,24	34,12	0,89	0,40	7,18	17,25
002	0.0-0.05cm	23,07	22,17	1,05	0,98	21,03	18,89
	0.05-0.10cm	4,45	4,89	0,56	0,45	20,02	19,82
007	0.0-0.05cm	18,00	17,59	0,56	0,52	18,89	17,70
	0.05-0.10cm	18,31	18,89	1,93	1,56	17,89	15,89

LEGENDA: Mata Nativa (MN), corte de 5 anos (001), (AUTORA, 2023)
corte de 3 anos (002), corte de 1 ano (007), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Nitrogênio (N).

Leite (2004), ressalta o fato que a Matéria Orgânica do Solo (MOS) é essencial à produtividade, fertilidade e sustentabilidade de áreas agrícolas e não-agrícolas e é reservatório de nutrientes, energia e carbono. A autora frisa que, sem esse atributo haveria apenas uma mistura estéril de minerais intemperizados na superfície terrestre. Em vista

disso, a importância da MO vai muito além da qualidade edáfica e sim abrange todo o ecossistema, assim torna-se imprescindível os teores de MO como VRQ na garantia do equilíbrio ambiental e produção eficaz.

As maiores de matéria orgânica foram no período chuvoso no qual ficaram entre 4,4534,24 (mg/kg) enquanto no período seco obteve teores menores entre 4,89 a 34,12 (mg/kg). Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de sódio é no verão chuvoso.

Na profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área de MN apresentou maior teor de MO com 33,31 (mg/kg) e o menor é na área 001 com teor equivalente a 16,03 (mg/kg). Em relação ao período seco a maior concentração também é nas áreas de MN com 30,21 (mg/kg) e a menor na área 001 com 15,56 (mg/kg) concentrado, em contraponto, é possível constatar que a mata nativa, em relação ao eucalipto, contém maior teor de sódio tanto no período seco como no período chuvoso em profundidade de 0.0-0.05cm.

Em relação à profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área 001 com maior teor de MN com 34,24 (mg/kg) e a menor é na área 002 com 4,45 (mg/kg). No período seco também na área 001 e 002, com maior e menor concentração, apresentou os respectivos teores 34,12 (mg/kg) e 4,89 (mg/kg). Dessa forma é revelado que a mata nativa possui maior teor de matéria orgânica no período seco e chuvoso em relação ao eucalipto em profundidade 0.05-0.10cm.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 17,59-23,07 (mg/kg) e profundidade 0.05-0.10cm: 17,59-23,07 (mg/kg). Contudo, os resultados de matéria orgânica nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de MO na área de mata nativa em relação ao eucalipto.

Conforme Lima (2021), o fósforo é mister à divisão e crescimento da célula vegetal, desenvolvimento radicular, duração da floração, dimensão da inflorescência, maturação do fruto e tamanho da folha. Nesse sentido vem a importância do seu uso como indicador de qualidade ambiental.

As maiores concentrações de fósforo foram registradas no período chuvoso, variando entre 0,16-1,93 (mg/kg). No período seco, os teores foram menores entre 0,16 a 1,56 (mg/kg). Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de P é no verão chuvoso.

Em relação a profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área com maior teor é a 002 com 1,05 (mg/kg) e o menor é na área 001 com 0,40 (mg/kg), assim como no período

seco onde a maior concentração é na área 002 com 0,98 (mg/kg) e a área 001 contém a menor com 0,40 (mg/kg). Dado exposto, a área com maior índice de fósforo no período chuvoso e seco é na área de eucalipto em relação à mata nativa que apresentou teores de fósforo intermediários em profundidade de 0.0-0.05cm.

Em relação à profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, o maior teor é na área 007 com 1,93 (mg/kg) e o menor é na área de MN com 0,16, assim como no período seco com 1,56 (mg/kg) na área 007 e 0,16 (mg/kg) na área de mata nativa. Em conformidade com os resultados é possível apurar que a área de eucalipto em relação à mata nativa possui maior concentração de fósforo no período seco e chuvoso na profundidade de 0.05-0.10cm no solo.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 0,44-0,56 (mg/kg) e profundidade 0.05-0.10cm: 0,40-0,89 (mg/kg). Contudo, os resultados de fósforo nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de P na área de eucalipto em relação à mata nativa.

Castro et al. (2020) revela que o indicador de disponibilidade de N no solo mais utilizado é o teor de matéria orgânica, porém não vem sendo tão eficaz na previsão de comportamento das plantas e ainda ressalta que o excesso ou deficiência de N atinge a qualidade e produtividade vegetal. Dado essa variância, a adoção de métodos alternativos de qualidade edáficas foi adotada no comparativo de E com MN para estipular o Valor de Referência de qualidade (VRQ) entre ambas.

A maior concentração de nitrogênio é no período chuvoso no qual ficaram entre 7,18-28,56 (mg/kg) enquanto no período seco obteve teores menores entre 9,89 a 25,56 (mg/kg). Desse modo, é possível constatar que a concentração maior de N é no verão chuvoso.

Em relação a profundidade de 0.0-0.05cm no período chuvoso a área com maior teor é a 002 com 21,03 (mg/kg) e o menor é na área 001 com teor igual a 11,45 (mg/kg). No entanto, no período seco a concentração maior é nas áreas de MN e 002 com 18,89 (mg/kg) e a menor é na área 001 com 9,89 (mg/kg). Dessa maneira foi possível averiguar que a área com maior teor de N no período chuvoso em profundidade 0.0-0.05cm é em área de eucalipto em relação à mata nativa e no período seco as duas áreas de E e MN apresentaram valores altos.

Em relação à profundidade de 0.05-0.10cm no período chuvoso, a área de MN destacase com maior teor de nitrogênio com 28,56 (mg/kg) e o menor é na área 001 com 7,18 (mg/kg), semelhante ao período seco no qual a maior concentração é igualmente na

área de MN com 25,56 (mg/kg), no entanto o menor teor é na área 007 com 15,89 (mg/kg). Dessa maneira é constatado que a mata nativa em relação ao eucalipto destaca-se com maior concentração de nitrogênio tanto no período seco como no período chuvoso em profundidade 0.05-0.10cm. As variações nos teores de nitrogênio entre diferentes profundidades e períodos sugerem uma possível estratificação de nutrientes, que pode estar relacionada às práticas de manejo e condições ambientais locais, afetando a produtividade das culturas.

Os demais teores das áreas ficaram classificadas como intermediários, respectivamente, na profundidade 0.0-0.05cm: 17,70-19,89 (mg/kg) e profundidade 0.05-0.10cm: 17,25-19,82 (mg/kg). Desse modo, os resultados de nitrogênio nas áreas no período chuvoso e seco revelaram maior concentração de N na área de mata nativa em relação ao eucalipto.

Effegen et al. (2012) pontua que dado a fertilidade baixa naturalmente presentes em latossolos, apresentar aumento de material orgânico no perfil do solo propõe melhor condicionamento na fertilidade do mesmo, em vista que nessa classe de solo, a MO é responsável por parte considerável das cargas. Assim, deve ser considerado que o aumento de MO nas camadas mais profundas do corte de 5 anos de cultivo de eucalipto e concentração natural de matéria orgânica em MN corrobora com a fertilidade edáfica.

TABELA 7 - Resultados laboratoriais de densidade do solo das áreas de estudo no período seco e chuvoso.

ÁREA	PERÍODO SECO	PERÍODO CHUVOSO
UP – 007 (1 ANO)	1,22	1,22
UP – 002 (3 ANOS)	1,50	1,45
UP – 001 (5 ANOS)	1,38	1,32
M.N	1,39	1,35

LEGENDA: Unidade de Produção (UP), Mata Nativa (MN).

(AUTORA, 2023)

SERAPILHEIRA

Por meio das análises laboratoriais foi possível obter os resultados de peso e percentual de presença de folhas, galhos e material não identificado da serapilheira do período chuvoso

(P.C) e período seco (P.S) conforme ilustrado na tabela 8 e figuras 23 a 30 logo abaixo.

TABELA 8 - Resultados laboratoriais do peso da serapilheira das áreas de estudo no período seco e chuvoso.

ÁREA	PERÍODO SECO	PERÍODO CHUVOSO
	Mg.ha-1	
UP – 007 (1 ANO)	7,5	7,0
UP – 002 (3 ANOS)	13,0	13,0
UP – 001 (5 ANOS)	12,0	5,5
MN	14,0	7,0

LEGENDA: Unidade de Produção (UP), Mata Nativa (MN).

(AUTORA,

2023)

Avaliar a serapilheira é essencial ao fluxo de nutrientes com sua capacidade como reservatório. Borrmann (2023) revela que pelo processo de decomposição a serapilheira transforma-se em MO, substância essa que é absorvida em forma de nutriente pelas plantas e organismos e ainda é de mister à retenção de água, proteção do solo, recuperação de áreas degradadas e evolução de plantas recém-nascidas.

Conforme os dados apresentados na tabela 8 a área que apresentou maior quantidade de serapilheira no período seco foi a de mata nativa com o equivalente a 14 mg/ha e a menor foi a UP-007 com 7,5 mg/há, referente a 1 ano de corte de eucalipto, já as demais apresentaram quantia aproximada à de MN: 002 (3 anos) - 13 mg/ha e 001 (5 anos) - 12 mg/ha. Enquanto no período chuvoso a UP-002 referente ao corte de 3 anos de eucalipto apresentou maior quantia com 13 mg/ha, o que revela o valor constante à serapilheira de MN que apresentou o mesmo valor. Já a com menor valor foi a UP de corte de 5 anos a 001

com respectivamente 5,5 mg/ha. Dessa forma é possível apurar que MN naturalmente oferta maiores quantidades de serapilheira no período seco, porém no período chuvoso a serapilheira de eucalipto se sobressai. A variação dos resultados das áreas no período seco e chuvoso possivelmente deve-se ao processo de lixiviação da serapilheira de MN na estação chuvosa.

Vale pontuar que a disponibilidade maior de serapilheira nos resultados MN pode estar relacionada a baixa ação microbiana do solo presente no bioma Caatinga, no qual Giongo et al. (pág. 93, 2021) pontuam que no período seco os resíduos adicionados ao solo praticamente não sofrem com o processo de ciclagem causados pelos microrganismos devido a limitação de suas atividades em decorrência do déficit hídrico local. Os mesmos autores afirmam que sua condição depende da quantidade, mas também da qualidade do material aportado. Resguardada a MN, por sua vez, por ser natural do bioma garante aptidão de nutrientes eficaz à função edáfica.

Dessa maneira, é constatado que entre as estações, o período seco foi que obteve maior quantidade de serapilheira em comparação ao período chuvoso com estimativas entre 7,5 mg/ha a 14 mg/ha, enquanto o verão chuvoso apresentou de 5,5 mg/ha a 13 mg/ha de aporte. Vale frisar que é uma atividade comum no período sazonal devido à baixa disponibilidade hídrica.

Dado o exposto, é averiguado que o aporte de serapilheira em cultura de eucalipto possui valores aproximados em relação aos valores de serapilheira de mata nativa e é passível de contribuição de serapilheira em cultivo de eucalipto com corte de 3 anos. Dessa maneira é capaz que possa haver possíveis reparos ao adotar a correção da qualidade do solo em um curto espaço de tempo em relação ao esperado, dado que, o E não repõe matéria orgânica nos primeiros 5 anos de corte e apenas após 20 anos de corte a depender do manejo e bioma inserido. Klug et al. (2020), apontam que o acúmulo de serapilheira só apresenta resultados em cultivo de eucalipto com idade superior a vinte anos, sendo assim é possível obter uma reserva de MO que, posterior a ocorrência mudança de uso da terra ou de novo ciclo de cultivo, venha a agregar à MOS.

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 007 no Período Seco (figura 23) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 15% e 30%.

Figura 23 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 007 (Período Seco).



(AUTORA,2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 002 no Período Seco (figura 24) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 20% e 30%.

Figura 24 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 002 (Período Seco).



(AUTORA, 2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 001 no Período Seco (figura 25) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 25% e 25%.

Figura 25 – Análise estatística laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 001 (Período Seco).



(AUTORA, 2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da MN no Período Seco (figura 26) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 20% e 30%.

Figura 26 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado de MN (Período Seco).



(AUTORA,2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 002 no Período Chuvoso (figura 27) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 25% e 25%.

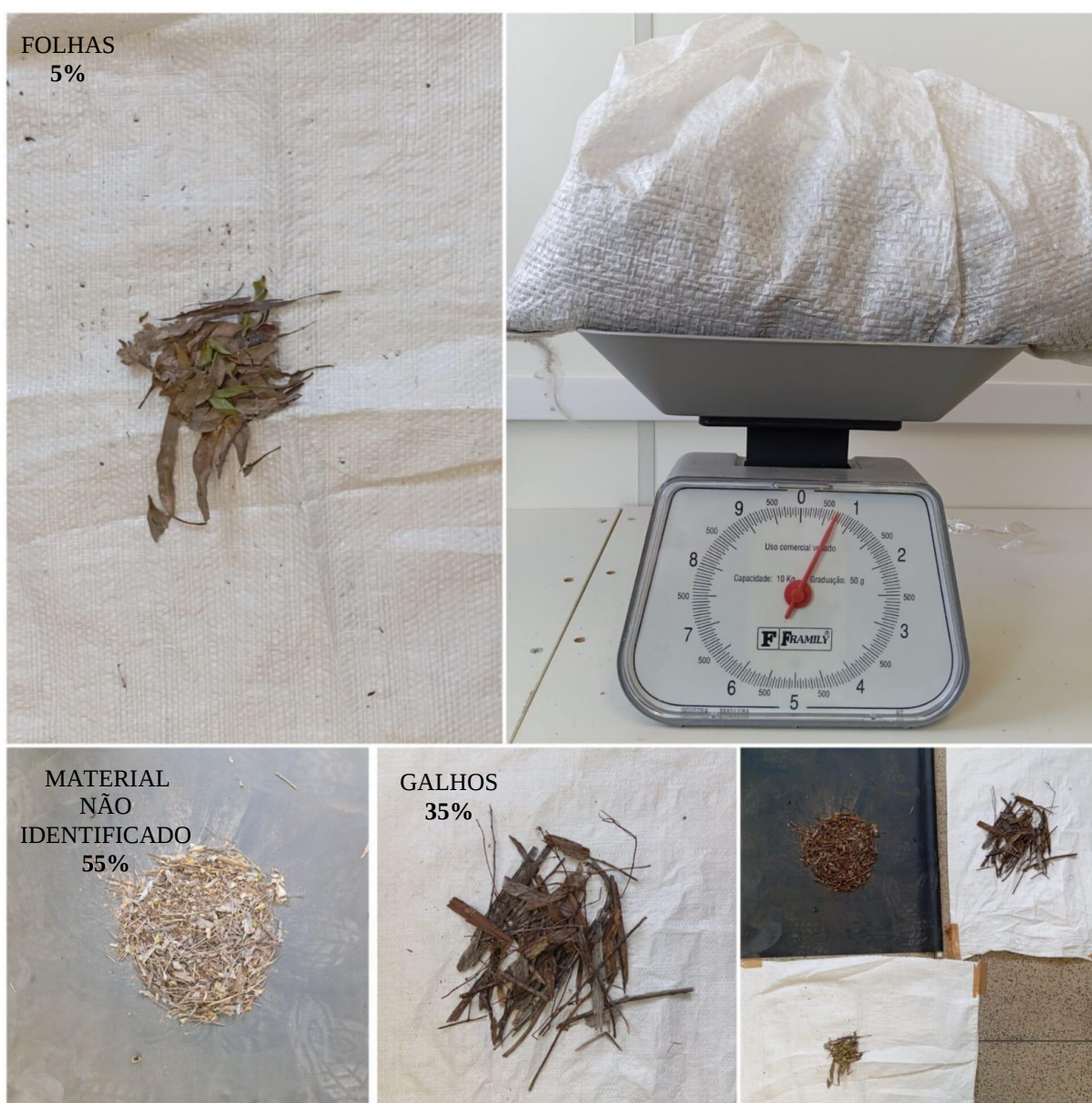
Figura 27 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 002 (Período Chuvoso).



AUTORA,2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 007 no Período Chuvoso (figura 28) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 5% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 35% e 55%.

Figura 28 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 007 (Período Chuvoso).



(AUTORA,2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 001 no Período Chuvoso (figura 29) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 35% e 15%.

Figura 29 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da UP 001 (Período Chuvoso).



(AUTORA,2023)

A análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado da MN no Período Chuvoso (figura 30) revelou que a parcela de folhagem foi o equivalente a 50% da serapilheira, enquanto os galhos e o material não identificado apresentaram respectivamente 15% e 35%.

Figura 30 – Análise laboratorial de folhas, galhos e material não identificado de MN (Período Chuvoso).



(AUTORA,2023)

Contudo, a serapilheira que apresentou maior homogeneidade foram as UPs 001 e 002 com 50% de folhas, 25% de galhos e 25% de material não identificado. Enquanto a de menor percentual foi a UP 007 com 5% de folhagem, 35% de galhos e 55% de material não identificado. Os demais apresentaram valores intermediários.

8.4 CONCLUSÃO

No presente estudo, em prol da qualidade de diferentes tipos de usos dos solos em diferentes posições de amostragem avaliados foi possível constatar que:

Em relação às condições do solo referente aos principais nutrientes N,P,K apresentaram interações significativas, porém divergentes nos cenários de uso do solo.

Foram observadas alterações relevantes nos atributos químicos referente a alteração de uso do solo, no qual apresentou maiores valores em cultivo de eucalipto, considerando parâmetros de qualidade. Com exceção do Al+3 e N que apresentaram teores inferiores.

Foram apresentadas variações significativas nos parâmetros referente a qualidade do solo para o Mg que revelou nível Médio nos diferentes tipos de uso do solo, Al+3 e pH Alto em mata nativa, onde revelou particularidade ao considerar o bioma inserido. À exceção ao atributo Ca que apresentou discrepância ao revelar teores elevados em cultivo de E em relação à MN e menor valor comparado aos parâmetros de VRQ do solo.

As interações químicas MO e Na apresentaram maior alteração na estrutura edáfica com maior relevância na disponibilidade de MO em mata nativa e interferências referente a concentração de Na no cultivo de eucalipto.

A variação na quantidade e composição da serapilheira entre as áreas estudadas sugere que o manejo do eucalipto pode reduzir o estoque de carbono no solo. A menor quantidade de serapilheira nas áreas de eucalipto indica uma menor entrada de matéria orgânica no solo, o que pode afetar negativamente o ciclo do carbono e a fertilidade do solo a longo prazo.

O monitoramento da qualidade do solo, baseado em indicadores como pH, matéria orgânica, e teores de nutrientes, revelou-se parcialmente eficiente. No entanto, melhorias são necessárias para garantir a sustentabilidade a longo prazo, especialmente em áreas de cultivo intensivo de eucalipto.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os capítulos apresentaram resultados distintos e com características específicas, porém com interligações dos resultados em relação a fatores ambientais e econômicos.

O capítulo I apresentou por meio da análise ambiental do uso do eucalipto e mata nativa resultados pertinentes em relação aos dois usos, que mostrou-se eficiente na contribuição de atributos essenciais ao maior rendimento no reflorestamento, assim sendo possível averiguar com maior destreza o rendimento por meio de particularidades, no qual pode ser possível averiguar as potencialidades, necessidades e manejo florestal do eucalipto e mata nativa à diferentes usos.

Já o capítulo II foi específico no que se refere a qualidade do solo e serapilheira ao avaliar os aspectos físico-químicas da interação de bases trocáveis e parâmetros em relação à mata nativa que fez possível alcançar resultados significativos de indicadores de qualidade, passível de contribuição ao melhor desenvolvimento no âmbito de cultivo de eucalipto.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Robério Bôto; Gomes, J.R.C.. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de Alto Longá. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004. Acesso em: 06/07/2022.

ARAÚJO FILHO, J. A.; **CARVALHO**, F. C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: **ALVAREZ V.**, V.H.; **FONTES**, L. E. F.; **FONTES**, M. P. F. (ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996. P. 125-133. Acesso em: 12/09/2022.

BORRMANN, L. Serapilheira pode determinar o tipo de floresta. A.R.I.E. Mata de Santa Genebra, Fundação José Pedro de Oliveira, 2023. Acesso em: 28/11/2023. Disponível em: <https://www.fjposantagenebra.sp.gov.br/serrapilheira-podedeterminarotipodefloresta#:~:text=Esse%20material%20em%20decomposi%C3%A7%C3%A3o%20v%C3%A1i,e%20recupera%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%A1reas%20degradadas.>

BRASIL. SILVA, et al. Cultivo do Arroz - Correção da acidez do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Arroz e Feijão Brasília - DF, 2021. Acesso em: 28/11/2023.

BRASIL. AREVALO, Luis A.; ALEGRE, Julio C.; VILCAHUAMAN, Luciano J. M. Documentos 73, Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas

de Uso da Terra. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa florestas, Colombo-PR, 2002. Acesso em: 22/09/2022.

BRASIL. Biomas Brasileiros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Educa Jovens, 2022. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conhecaobrasil/territorio/18307-biomasbrasileiros.html>. Acesso em: 03/07/2022.

BRASIL. IBGE retrata a cobertura natural dos países de 2000 a 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE Notícias, 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013agenciadenoticias/releases/28943-ibge-retrata-cobertura-natural-dosbiomas-do-pais-de-2000a2018>. Acesso em: 12/09/2022.

BRASIL. CASTRO C. et al. Documento 430 - Magnésio: Manejo para o equilíbrio nutricional da soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Brasília-DF, 2020. Acesso em: 28/11/2023.

BRASIL. LIMA, M.A.C. Manga - Nutrientes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Semiárido. Brasília-DF, 2020. Acesso em: 28/11/2023. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/manga/producao/manejo-do-soloeadubacao/adubacao/nutrientes#:~:text=O%20pot%C3%A1ssio%20\(K\)%20exerce%20um,e%20teor%20de%20s%C3%B3lidos%20sol%C3%BAveis](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/manga/producao/manejo-do-soloeadubacao/adubacao/nutrientes#:~:text=O%20pot%C3%A1ssio%20(K)%20exerce%20um,e%20teor%20de%20s%C3%B3lidos%20sol%C3%BAveis)

BRASIL. LEITE, L.F.C. Documentos 97 - Matéria orgânica do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Meio Norte. Teresina-PI, 2004. acesso em: 28/11/2023.

BRASIL. MELO G.W.B. Uva para processamento - nutrientes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Uva e Vinho. Brasília -DF, 2021. acesso em: 28/11/2023, disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/uva-para-processamento/producao/solo-e-adubacao/nutrientes#:~:text=kg%20de%20frutos.,C%C3%A1lcio,tem%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20ativador%20enzim%C3%A1tico>.

BRASIL. PAES, G. Panorama Setorial - Força do MATOPIBA. Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ). Governo Federal, 2021. acesso em: 28/11/2023. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observafundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/panorama-setorialforca-domatopiba>

BRASIL. SOBRAL, L.F. et al. Documentos 206 - Guia prático para interpretação de resultados de análise do solo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju-SE, 2015. acesso em: 28/11/2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI; Comunicações ONU Meio Ambiente. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) / organizador Régis Rathmann. Brasília-DF. Cap. 4 pág 246, 2017. Acesso em: 12/10/2023.

BOINA, Aline. QUANTIFICAÇÃO DE ESTOQUES DE BIOMASSA E DE CARBONO EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, VALE DO RIO DOCE, MINAS GERAIS. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008. Acesso em: 20/08/2022.

GALINDO, V.; ALMEIDA, V. T. B. SILVICULTURA E SEUS IMPACTOS. Gestão e Análise Ambiental. Guia Universitário de Informações Ambientais, v.2, nº 2, 39-40, 2021. Acesso em: 10/09/2022.

GIONGO, V; GALVÃO, S. R. das S.; MENDES, A. M. S.; GAVA, C. A. T.; CUNHA, T. J. F. Soil organic carbon in the Brazilian semi-arid tropics. Dynamic Soil, Dynamic Plant, v. 5, n. 1, p. 12-20, 2011. Acesso em: 12/07/2022.

GIULIETTI, A. M.; NETA, A.L.; CASTRO, A. Diagnóstico da Vegetação Nativa do Bioma Caatinga. Universidade Estadual do Sudeste da Bahia, 2017. Acesso em: 12/07/2022.

GUIMARÃES, R.Z.; OLIVEIRA, F.A.; GONÇALVES, M.L. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. Scientia Forestales. Piracicaba-SP, v. 38, n. 87, p. 378, set. 2010. Acesso em: 28/09/2022.

IBÁ. PIVA, H.L.; HARTUNG, P. Relatório 2019. Indústria Brasileira de Árvores. Pág. 34-72, 2019. Acesso em: 12/10/2022.

IBÁ. PIVA, H.L.; HARTUNG, P. Relatório 2021. Indústria Brasileira de Árvores. Pág. 38, 2021. Acesso em: 08/10/2022.

JACOMINE, P.K.T. et al. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Piauí. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SNLC/SUDENE-DRN. 1986. 782 p ilust. Acesso em: 12/09/2022.

JACOMINE, P.K.T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996. P. 95-111. Acesso em: 12/09/2022.

PINTO JÚNIOR, José E. P.; SILVEIRA, Roberto A. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa, Brasília-DF. Cap. 1 pag. 47, 2021. Acesso em: 02/09/2022.

PREZOTTI, C.L.; GUARÇONI A.M. Guia de interpretação de análise do solo e foliar. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência e Técnica e Extensão Rural - INCAPER.II. Vitória-ES, 2013. Acesso em: 28/11/2023.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA O ESTADO DO PIAUÍ – BRASIL. Revista Equador (UFPI), 2020, Vol. 9, Nº 3, p.82 – 99 disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em: 21/09/2022.

MENA, Eva O. G.; DEBLE, Leonardo P. A SILVICULTURA E OS POSSÍVEIS IMPACTOS PLUVIOMÉTRICOS EM LOCALIDADES DO MUNICÍPIO DE DOM PEDRITO, RS. Universidade Federal do Pampa. Pampa-RS, 2018. Acesso em: 02/09/2022.

NASCIMENTO, Clístenes W. A.; SILVA, Fernando B. V.; SILVA, Ygor J. A. B. et. al. Solos sustentáveis para a agricultura no nordeste. Embrapa, Brasília-DF. P. 1, Cap. 4, pag. 119-120, 2021. Acesso em: 10/09/2022.

OLIVEIRA, Elber L. ESTIMATIVA DA BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM FLORESTA TROPICAL SAZONALMENTE SECA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE, 2017. Acesso em: 02/09/2022.

RIZZATTO, Diego A. O Uso do Sistema Silvopastoril. PET Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2016. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2016/08/08/o-uso-do-sistema-silvipastoril/>. Acesso em: 02/09/2022.

SALGADO, André A. R.; **MAGALHÃES JÚNIOR**, Antônio P. Impactos da silvicultura de eucalipto no aumento das taxas de turbidez das águas fluviais: o caso de mananciais de abastecimento público de Caeté/MG. Geografias artigos científicos. Belo Horizonte 02(1) 47-57 janeiro-junho de 2006. Acesso em: 02/09/2022.

SANTOS, Paulo E. T. ; **PALUDZYSZYN FILHO**, Estefano. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Embrapa, Brasília-DF. Pág. 23, 2014. Acesso em: 08/09/2022.

SILVA, Alexandre P.; **OLIVEIRA**, Flávio P.; **SANTOS**, Djail et. al. Solos sustentáveis para a agricultura no nordeste. Embrapa, Brasília-DF, p. 2 cap.1 pág. 320, 2021. Acesso em: 10/09/2022.

SNIF. Estoque das Florestas-Carbono-Tabelas e Gráficos. Serviço Florestal Brasileiro, Sistema Nacional de Informações Florestais. Brasília-DF, 2020. Acesso em: 02/11/2022.

KLUG, I.; **ÁLVARO**, L.M.; **FRIEDERICHS**, Augusto et. al. Atributos químicos do solo em plantios florestais em substituição à vegetação nativa em campos de altitude. Ciência Floresta. Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 279-290, abr./jun. 2020. Acesso em: 02/11/2022.

TITO, M. R.; **LEÓN**, M. L.; **PORRO**, R. Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais. 1. ed. Belém, Brasil.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 2009. Acesso em: 13/11/2022.