



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA

ANA MARIA VIEIRA DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DO HORIZONTE A ASSOCIADO A PAU-D'ARCO-ROXO
(*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) E EUCALIPTO (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)

FORTALEZA

2020

ANA MARIA VIEIRA DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DO HORIZONTE A ASSOCIADO A PAU-D'ARCO-ROXO
(*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) E EUCALIPTO (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake)

Monografia submetida ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S578d Silva, Ana Maria Vieira da.
Desenvolvimento do horizonte A associado a pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) e eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) / Ana Maria Vieira da Silva. – 2020.
60 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.

1. Matéria orgânica. 2. Morfologia do solo. 3. Florestas plantadas. I. Título.

CDD 630

ANA MARIA VIEIRA DA SILVA

DESENVOLVIMENTO DO HORIZONTE A ASSOCIADO A PAU-D'ARCO-ROXO
(*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) E EUCALIPTO (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake)

Monografia submetida ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: 13 / 10 / 2020 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raul Shiso Toma
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adervan Fernandes Sousa
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

À minha avó Benta Joana (*in memoriam*).

À minha amiga Leonice (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus e todas suas conexões nesse fluxo universal que me fizeram ser quem sou, ser tocada por tantas vidas e tocá-las também.

Aos meus pais, Raimundo e Rosa, e ao meu irmão do coração Vinicius, por serem minha base e amparo na construção do meu caráter, o melhor em mim vem de vocês.

Aos meus dois melhores amigos, Victor e Lucas, pelas intermináveis horas de escuta atenta dos meus devaneios e aflições, por causarem as minhas melhores risadas e por não desistirem de ver algo bom em mim mesmo quando eu mesma não via.

Ao meu queridíssimo Clube dos Cinco, com André, Érica, Laura e Reijane, por toda a aprendizagem de vida e de curso, dos momentos mais felizes e complicados, obrigada por todos esses anos de convivência.

À todas as amigas que cultivei de perto nesses anos de graduação e também àquelas que de longe sempre se fizeram presentes nessa minha ponte Ceará-Pará.

A todos os meus professores, mas principalmente àqueles que se dedicam no setor público, por acreditarem na educação como instrumento de transformação social, o ensino me salvou de muitas formas e toda confiança depositada em mim espero levar adiante.

A todos os servidores, estudantes e professores do Departamento de Ciências do Solo (DCS), por toda complacência e inspiração, especialmente os grupos GEPESolos e Solo na Escola; e também os Laboratórios de Manejo e Pedologia.

Aos meus colegas de trabalho na Coordenadoria de Acolhimento à Sociedade, em especial a Célula de Gerência de Conservação e Serviços Públicos, pelas valiosíssimas considerações durante meu estágio, por me proporcionarem um mundo de oportunidades muito além do que eu imaginava e por tornarem esse ambiente tão familiar.

À Prefeitura de Fortaleza, por meio da Secretaria Regional IV e programa de estágio, na concessão de bolsa no que foi o meu primeiro concurso, pelo aparato financeiro, mas principalmente a contribuição no exercício da minha profissão e disponibilidade em ajudar o setor público e a população a tornar Fortaleza uma cidade melhor.

À Pró-Reitoria de Graduação, por meio da Coordenadoria de Acompanhamento Discente, pela concessão da bolsa de monitoria no Programa de Iniciação à Docência - PID, e à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, por meio da Coordenadoria de Pesquisa, pela concessão de bolsa no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC.

Foram duas oportunidades ímpares de trabalho, mas principalmente fontes de recurso para minha manutenção na universidade.

Aos responsáveis pelos projetos que me envolvi durante PIBIC, Edilaine e Adervan, por todas as contribuições e inclusive auxílio na confecção deste trabalho, assim como minhas amigas Luiza e Sabrina.

Aos Professores, Dr. Jaedson Cláudio Anunciato Mota, Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira e Dr. Raul Shiso Toma pela inestimável orientação nas minhas diferentes empreitadas da graduação no PID, Estágio Supervisionado e GEPESolos, foi extremamente gratificante a oportunidade de trabalhar com cada um de vocês.

Ao Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero pela excelente orientação durante todo o decorrer do curso literalmente, desde minha primeira bolsa até o TCC, tenho profunda admiração por toda gentileza com que transmitiu conhecimento, isto sem dúvida me motivou a ser uma estudante e profissional melhor.

Aos meus monitorados, durante dois anos e meio de monitoria e toda bagagem que adquiri no exercício da iniciação à docência e na curadoria do Museu de Geologia do DCS.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Ricardo Espíndola Romero, Dr. Raul Shiso Toma e Dr. Adervan Fernandes Sousa pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

“[...] E se aqui estamos cantando esta canção
Viemos defender a nossa tradição
E dizer bem alto que a injustiça dói
Nós somos madeira de lei que cupim não róí.”
(Capiba)

RESUMO

O cultivo de florestas plantadas é uma alternativa de mitigação aos efeitos negativos da exploração madeireira para fins industriais, mas como organismos vegetais e solo possuem uma relação altamente interativa, se faz necessária a análise de como este ambiente se comporta diante desta nova configuração de agrossistema. Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar o desenvolvimento dos horizontes superficiais após período de 9 anos sob as espécies Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e Eucalipto (*Eucalyptus urophylla*); e comparar com o solo sob vegetação espontânea, em uma área experimental localizada no município de Acaraú, por meio de aspectos morfológicos e de atributos químicos. Em cada um dos três tratamentos foi realizada a descrição de cor, espessura, profundidade e estrutura de 7 perfis. O material das três primeiras camadas/horizontes do solo foi coletado em todos os pontos, de forma deformada, totalizando 63 amostras analisadas quanto ao teor de carbono orgânico total e acidez potencial do solo. Os solos apresentaram uma sequência de horizontes Ap1 - Ap2 - EA ou AE. Os dados das cores mostram incremento do valor e croma com a profundidade. A estrutura do tipo blocos subangulares ocorreu em todos os horizontes nos três tratamentos. O tratamento com Pau-d'arco-roxo teve características intermediárias nos diferentes aspectos analisados comparado as outras duas coberturas, se sobressaindo no grau de estrutura, que se caracterizou como mais forte nos dois primeiros horizontes. A área controle se destacou nos teores de carbono orgânico total em Ap1 e no desenvolvimento de pedos de tamanhos mais acentuados no horizonte transicional, mas em contrapartida, uma estrutura no geral com grau mais fraco, provavelmente devido a baixa qualidade da matéria orgânica gerada da vegetação predominantemente tenra. O tratamento com Eucalipto apresentou maior acidez potencial, possivelmente associada ao material depositado sobre o solo nessas parcelas estar em constante, porém lenta decomposição, por ser mais resistente, rico em lignina e com relação C/N mais elevada em comparação aos demais resíduos aportados. Os resultados mostram que, após 9 anos de implantação dos tratamentos, algumas características do horizonte A entre os solos estudados apresentaram diferença significativa, evidenciando a influência distinta de cada espécie sobre os solos da área experimental.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Morfologia do solo. Florestas plantadas.

ABSTRACT

The cultivation of planted forests is an alternative to mitigate the negative effects of logging for industrial purposes, but as plant and soil organisms have a highly interactive relationship, it is necessary to analyze how this environment behaves in the face of this new agrosystem configuration. In this sense, the present work aimed to analyze the development of superficial horizons after a period of 9 years under the species Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) and Eucalyptus (*Eucalyptus urophylla*); and compare with the soil under spontaneous vegetation, in an experimental area located in the municipality of Acaraú, through morphological aspects and chemical attributes. In each of the three treatments, the description of color, thickness, depth and structure of 7 profiles was carried out. The material from the first three layers / horizons of the soil was collected in all points, in a deformed manner, totaling 63 samples analyzed for the total organic carbon content and potential soil acidity. The soils presented a sequence of horizons Ap1 - Ap2 - EA or AE. The color data shows an increase in value and chroma with depth. The subangular block-type structure occurred in all horizons in the three treatments. The treatment with Pau-d'arco-roxa had intermediate characteristics in the different aspects analyzed compared to the other two coverings, standing out in the degree of structure, which was characterized as stronger in the first two horizons. The control area stood out in the levels of total organic carbon in Ap1 and in the development of more pronounced sizes in the transitional horizon, but in contrast, a structure in general with a weaker degree, probably due to the low quality of the organic matter generated from the vegetation. predominantly tender. The treatment with Eucalyptus showed greater potential acidity, possibly associated with the material deposited on the soil in these plots, which is in constant but slow decomposition, as it is more resistant, rich in lignin and with a higher C/N ratio in comparison to the other wastes contributed. The results show that, after 9 years of implantation of the treatments, some characteristics of horizon A among the studied soils presented significant difference, showing the distinct influence of each species on the soils of the experimental area.

Keywords: Organic matter. Soil morphology. Planted forests.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da área experimental	30
Figura 2 – Parcelas pertencentes ao crescimento de espécies espontâneas (a), Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake) (b) e Pau-d'arco-roxo (<i>Tabebuia impetiginosa</i> Mart. ex DC.) (c)	32
Figura 3 – Detalhes da profundidade (a) e dimensões (b) das trincheiras principais e minitrincheira (c)	32
Figura 4 – Perfis das áreas de crescimento de espécies espontâneas (a), Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake) (b) e Pau-d'arco-roxo (<i>Tabebuia impetiginosa</i> Mart. ex DC.) (c)	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorização dos horizontes diagnósticos superficiais minerais	26
Quadro 2 – Médias de profundidade e espessura em cm, tipo de estrutura e reclassificações dos valores médios de grau, tamanho e codificações de cor, contidos nos horizontes dos tratamentos EU (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake), YP (<i>Tabebuia impetiginosa</i> , Mart. ex DC.) e Ref (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espessura média, em cm, dos horizontes dos tratamentos EU (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake), YP (<i>Tabebuia impetiginosa</i> , Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo	43
Tabela 2 – Acidez potencial média, em $\text{cmol}_c / \text{kg}$ de solo $^{-1}$, contida nos horizontes dos tratamentos EU (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake), YP (<i>Tabebuia impetiginosa</i> , Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo	44
Tabela 3 – Alumínio trocável médio, em $\text{cmol}_c / \text{kg}$ de solo $^{-1}$, contido nos horizontes dos tratamentos EU (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake), YP (<i>Tabebuia impetiginosa</i> , Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo	45
Tabela 4 – Teores médios de carbono, em g de C / kg de solo $^{-1}$, contidos nos horizontes dos tratamentos EU (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blake), YP (<i>Tabebuia impetiginosa</i> , Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MOS	Matéria Orgânica do Solo
PIB	Produto Interno Bruto
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
Sindimóveis	Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará
TFSA	Terra Fina Seca ao Ar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Da questão agrícola às florestas plantadas	16
2.2	Organismos vegetais e suas relações na formação dos solos	19
2.2.1	<i>Matéria orgânica do solo</i>	21
2.3	Gênese do horizonte A	24
2.4	Atributos de caracterização morfológica do horizonte A	27
2.4.1	<i>Cor</i>	27
2.4.2	<i>Espessura e profundidade</i>	28
2.4.3	<i>Estrutura</i>	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Local e caracterização da área de estudo	30
3.2	Amostragem	32
3.3	Análise morfológica	33
3.4	Análise químicas	34
3.4.1	<i>Carbono orgânico total do solo</i>	34
3.4.2	<i>Acidez potencial do solo</i>	35
3.5	Análise estatística	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Atributos morfológicos	37
4.2	Atributos químicos	44
5	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49
	ANEXO A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE HORIZONTES, ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS E ANÁLISES QUÍMICAS DO ARGISSOLO ACINZENTADO DISTRÓFICO ARÊNICO	58

1 INTRODUÇÃO

O solo é resultado de transformações químicas, físicas e biológicas, causadas pela atividade do clima e dos organismos sobre um material de origem, condicionada pelo relevo através do tempo. A ampla combinação entre esses cinco fatores de formação e o desencadear de diferentes processos pedogenéticos gerais e específicos, dão origem a corpos naturais com as mais diversas características, que podem ser estudadas e utilizadas na determinação da empregabilidade mais adequada da terra. Isto caracteriza em suma o objeto de estudo da Pedologia, que é definida por Pereira *et al.* (2019, p. 2) como “[...] a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos.”

Diante disso, a classificação é uma importante ferramenta, utilizada por profissionais tanto das ciências agrárias quanto de áreas correlatas, que permite identificar e organizar informações fundamentais sobre as propriedades do solo através de levantamentos pedológicos, tendo como base um sistema taxonômico chamado de Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Entre os conhecimentos abordados no SiBCS, se destaca a discriminação e caracterização dos horizontes diagnósticos superficiais, que são aqueles que sofrem maior influência da deposição de material da vegetação sobrejacente.

Nos solos de ambientes em equilíbrio, a fauna e a flora coexistem sinergicamente com benefícios mútuos, onde as peculiaridades de cada espécie influenciam diferentemente os atributos do solo. Dessa forma, a constituição percentual dos componentes estruturais das plantas define como se dará o processo de decomposição, devido sua contribuição na relação carbono/nitrogênio da matéria orgânica do solo (MOS) e sua majoritária participação na constituição da mesma. Ademais, seus efeitos protetivos e regulatórios sobre o solo contribuem também na manutenção da macro e microbiota.

Cada agrossistema possui uma relação singular entre seus formantes, cujos efeitos podem ser positivos ou negativos, em intensidades que variam quanto mais próximos ou distantes estão da sustentabilidade de um ambiente natural. Assim, o acompanhamento dessas interações na investigação de seus produtos pode evitar possíveis degradações dos recursos naturais, buscando aliar crescimento econômico ao desenvolvimento sustentável.

A pressão sobre as matas nativas aumenta, tanto devido a própria expansão territorial de áreas urbanizadas, como pela necessidade de criação de novas regiões produtivas que supram as demandas de uma população crescente. Surge então o impasse da necessidade

de produzir contra a promoção da sustentabilidade das atividades agrícolas, impondo o engendrar de técnicas e manejos que possam evitar ou, pelo menos, reduzir o impacto causado aos recursos florestais naturais. Nesse sentido o cultivo de florestas plantadas pode mitigar os efeitos negativos da exploração madeireira para fins industriais, se fazendo necessária a análise de como este ambiente se comporta diante desta nova configuração de agrossistema.

Como hipótese de que espécies florestais influenciam diferentemente as características do horizonte A de solos dos Tabuleiros Costeiros, o trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o desenvolvimento dos horizontes superficiais após período de 9 anos sob componente arbóreo, constituído das espécies Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) e Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake), e comparar com o horizonte sob vegetação espontânea em uma área experimental localizada no município de Acaraú. Para tanto, foram avaliados aspectos da morfologia, como cor úmida e seca, espessura, profundidade e estrutura, além dos seguintes atributos químicos: alumínio, hidrogênio e carbono orgânico total do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Da questão agrícola às florestas plantadas

Thomas Robert Malthus em o *Ensaio sobre a população*, cuja primeira edição foi publicada em 1798, remonta uma possível realidade onde o crescimento populacional superaria a capacidade de produção da terra (MALTHUS, 1996). Contudo, o autor desconsiderou, na formulação de seu estudo, a ampliação do uso de métodos contraceptivos e o processo evolutivo das tecnologias empregadas na produção agrícola, que dentre outros fatores, marcaram nos séculos seguintes a diminuição de nascimentos e o aumento da geração de alimentos, respectivamente super e subestimados pelo economista.

A mecanização das atividades rurais e a descoberta de fertilizantes químicos já ocorria mesmo antes do lançamento da última edição do *Ensaio* em 1826 (GALVÊAS, 1996), mas as transformações nos implementos que aconteciam até então timidamente, tiveram grandes avanços com a inserção dos motores de combustão interna após a Primeira Guerra Mundial (GOODMAN; SORJ; WILKINSON, 2008). Porém, foi majoritariamente com a Revolução Verde e a implantação de seus pacotes tecnológicos que se deu substancial incremento na produção das áreas já utilizadas e o desbravamento de novas fronteiras agrícolas.

Entretanto, analisando as dinâmicas populacionais, estudiosos observaram uma tendência estacionária na expansão do número de indivíduos através da transição demográfica, com a redução das taxas de mortalidade e natalidade da humanidade. Segundo Coale e Hoover (1966 *apud* ALVES, 2014), países do Primeiro e Terceiro Mundo experienciam de maneira distinta a transição demográfica, e a desaceleração do acréscimo de habitantes ocorre concomitantemente com a elevação da qualidade de vida, tanto em países desenvolvidos como nos em desenvolvimento, porém com motivações e velocidades diferentes.

No entanto, à medida que um país eleva sua condição econômica, por conseguinte, uma população com maior bem-estar social muda seus padrões de consumo e produção. Na questão alimentar essa população, sobretudo a parcela mais rica, passa a demandar produtos com características nutricionais e energéticas elevadas, como os de origem animal (GARDNER; ASSADOURIAN; SARIN, 2004). Auferem mais equipamentos

elétricos, aumentando o consumo de energia e inflamam o requerimento por combustíveis ao adquirirem automóveis. Estes padrões são cada vez mais efetuados desmedidamente, podendo trazer prejuízos irreversíveis a relação da raça humana com a natureza, tornando-se insustentáveis a médio e longo prazos, não sendo compatíveis com o tempo necessário de recuperação dos recursos naturais (MELLO; HOGAN, 2007).

Mesmo que exista empenho no campo científico e prático para desenvolvimento de técnicas dentro de sistemas de manejo mais sustentáveis, de maneira que possam atender as transmutações demoeconômicas, é necessário que o debate e a apresentação de soluções acerca dessas modificações ocorram junto à melhora desses padrões de consumo (ALVES, 2014).

Malthus já ressaltava que existe uma capacidade limite da natureza em fornecer subsistência ao passo que realiza a manutenção de seus serviços ambientais, e sobrecarregar os ecossistemas com o objetivo de explorar seu desempenho de provisão para atender as demandas de uma ampliação econômica, implica em incisivos processos de degradação que reduzem sua aptidão em manter os demais serviços de regulação, cultura e suporte; devido suas barreiras naturais, tais desgastes podem ser apenas adiados. Todavia esses limites não podem ser superados (ABRAMOVAY, 2010).

A sustentabilidade de agrossistemas é dependente da interação de diversos fatores sociais, econômicos e ecológicos, principalmente com relação ao uso de energia (KOZIOSKI; CIOCCA, 2000). Por conta dessa associação, o demasiado crescimento através da modernização da agricultura, acarreta em importantes impactos nessas esferas a níveis locais e globais.

De modo geral, oscilações meteorológicas com maior amplitude devido mudanças climáticas, intensa degradação dos solos em áreas agrícolas somados a substituição de fontes fósseis de energia e combustíveis por fontes renováveis entre outras mudanças nos padrões de consumo, pressionam o aumento da produção agrícola por meio da abertura de novas regiões produtoras, mesmo com a redução do crescimento vegetativo e a elevação da tecnificação de sistemas agrícolas.

Dentro deste contexto, salienta-se a questão da pressão sobre as florestas nativas, que embora tenha influência da expansão agrícola, imobiliária e de infra-estrutura, também é estimulada pela exploração madeireira e demais atividades antrópicas, que nos últimos 10.000 anos consumiram mais da metade das matas do mundo, com maior parte das perdas tendo

ocorrido nos últimos dois séculos (MARTONE *et al.*, 2018, SHVIDENKO, 2005). Segundo Curtis *et al.* (2018), cerca de 27% das perdas da vegetação florestal global analisadas no período de 2001 a 2015 foram em decorrência da substituição do uso da terra para a implantação de *commodities*.

A utilização inconsciente de produtos madeireiros, com relação principalmente a legalidade da origem desse material, caracteriza-se como final de uma das pontas soltas do desmatamento ilegal. Isso se deve principalmente a falta de consciência do público sobre os benefícios das florestas, o que torna este um dos principais fatores indiretos do desmatamento de florestas tropicais (SHVIDENKO, 2005).

Dessarte, além de fazer com que a informação alcance e assim desperte a conscientização pessoal, para contribuir na preservação dos recursos naturais são necessários meios legais, que garantam que estes sejam usados de maneira consciente nas atividades de exploração ambiental, sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras (SANTOS, 2019).

É sabido que as florestas e matas nativas desempenham várias funções ambientais, dentre as quais se destacam a manutenção da biodiversidade, a regeneração do solo, a proteção de encostas, a conservação dos recursos hídricos, a retirada de carbono da atmosfera, a produção de madeira, a produção de alimentos e medicamentos, o turismo ecológico, a fixação de dunas, a estabilização de manguezais e a sede de conhecimentos tradicionais. (SCHETTINO *et al.*, 2018, p. 229).

Algumas dessas funções ambientais, como o sequestro de carbono, proteção e conservação do solo (RABELO *et al.*, 2020) e o fornecimento de produtos madeireiros e não-madeireiros (ARAÚJO *et al.*, 2017), podem ser desempenhadas também pelas florestas plantadas, que além de contribuírem na redução do desflorestamento da vegetação autóctone, possuem grande potencial na geração de renda e manutenção dos trabalhadores no campo (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2018).

Ademais, o plantio de árvores se caracteriza como uma atividade conservacionista, já que utiliza majoritariamente áreas que foram degradadas e/ou perderam seu potencial agrícola, não disputando espaço com a produção de alimentos (HARTUNG; AGUIAR, 2019). Em 2018 o setor foi responsável por 1,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, ocupando uma área de 7,83 milhões de hectares, com destaque para o eucalipto, que desse montante representa 5,7 milhões de hectares (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE

ÁRVORES, 2019).

O êxito das plantações florestais tropicais está associado principalmente às condições climáticas favoráveis à silvicultura intensiva, grande quantidade de áreas disponíveis para implantação e a introdução de espécies com alta ajustabilidade ao ambiente (WEBER *et al.*, 2019).

Dentro da cadeia produtiva desses empreendimentos, a produção de móveis faz parte do processamento terciário da matéria-prima madeira e no Ceará, que é o estado que possui extração de madeira em tora mais expressiva no bioma caatinga (GIULIETTI *et al.*, 2004), a implantação de florestas plantadas para esse fim vem sendo estudada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em que os resultados se mostram promissores no desenvolvimento desse meio de produção para o semiárido.

O projeto avalia o desempenho de espécies nativas e exóticas no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú para dar suporte ao oitavo maior pólo moveleiro produtor do país, localizado no município de Marco-CE. Dentre as espécies com destaques em adaptabilidade estão o Angico (*Anadenanthera colubrina*), Pau-d'arco-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), Marupá (*Simarouba amara*) e Sobrasil (*Colubrina glandulosa*) (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2020).

Além dos aspectos produtivos, é importante analisar a interação dessa composição arbórea sobre os demais integrantes ambientais, sobretudo o solo, que através de seu contato direto com os vegetais superiores, reflete características peculiares que permitem aferir as dimensões dessa relação.

A floresta e o solo são dois componentes de muitos ecossistemas terrestres, que mantêm entre si uma relação de interdependência. Por um lado, o solo serve de substrato para as plantas, garantindo-lhes a fixação e os nutrientes para o seu crescimento. Por outro, o solo também depende da vegetação para garantir a qualidade de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Assim, alterações na cobertura florestal provocam alterações nos solos e vice-versa. (FERRAZ *et al.*, 2012, p. 101).

2.2 Organismos vegetais e suas relações na formação dos solos

A participação dos organismos vegetais na gênese dos solos perpassa todos os processos pedogenéticos gerais (translocação, perda, adição e transformação), colaborando ainda para tantos outros processos específicos, através do mecanismo de ciclagem que

acontece por meio da absorção de nutrientes do solo e sua posterior devolução na senescência das plantas (CARDOSO *et al.*, 2010).

Mais detalhadamente, o dinamismo dos nutrientes e demais constituintes do solo estimulados pelos vegetais se inicia com a absorção de água pelas plântulas, neste movimento os íons são puxados e também ingressam nas raízes por fluxo de massa. Outras formas de contato dos elementos essenciais e a região pilífera se dão por difusão e interceptação radicular. Essas translocações dentro do perfil são possíveis devido ao gradiente de pressão gerado pela demanda atmosférica que, pelo metabolismo da transpiração vegetal, transfere essa tensão aos vasos condutores das plantas e essas por sua vez, ao solo (HOLBROOK, 2017).

Parte da água absorvida é perdida por transpiração, já a parcela que é incorporada às estruturas vegetais pode ser retirada por ocasião de colheita, assim como os nutrientes exportados e o material mineral removido atrelado às raízes.

Conforme se desenvolvem, diferentes partes das plantas começam a cumprir seus papéis funcionais e senescer, o que pode ocorrer tanto na parte interna do solo com a morte de raízes, mas principalmente na superfície, pela deposição de resíduos vegetais advindos da queda de componentes estruturais das plantas, como galhos, folhas, frutas etc. (LEPSCH, 2011).

O resíduo orgânico acumulado sofre decomposição pela ação da fauna, o que depende da composição desse material, dos organismos envolvidos nesse processo, das condições climáticas e do tipo de solo (TAUK, 1990). Dessa transformação são liberados ácidos orgânicos entre outras substâncias, que reduzem o pH e intensificam as modificações de caráter químico das partículas minerais (BRADY; WEIL, 2013).

Ao mesmo tempo ocorre a mineralização dos nutrientes, anteriormente absorvidos pelas plantas para produção de biomassa por meio da fotossíntese, disponibilizando os compostos inorgânicos para reciclagem no sistema (MOURA, 2010). A incorporação de resíduos orgânicos ricos em lignina nos primeiros centímetros do solo feitas pela macro e mesofauna, contribui significativamente na estabilização da estrutura do solo (PRIMAVESI, 2002).

Outra transformação indireta sobre efeitos físicos de estabilização está na contribuição nos ciclos de umedecimento e secagem provenientes das absorções de solução do solo realizadas pelas raízes. Diretamente, a exploração do solo feita por raízes em

crescimento pode exercer força e atrito sobre o material originário, forçando sua fragmentação e assim aumento da superfície específica, deixando o material mais exposto à solução do intemperismo (LEPSCH, 2011).

Dentre os processos pedogenéticos específicos que possuem relação estreita com a atuação dos organismos vegetais, a melanização ou ebanização, envolve adição e transformação da matéria orgânica e decorre do “[...] escurecimento de materiais claros pela adição de húmus.” (LEPSCH, 2011, p. 469). Esse processo evidencia a construção da heterogeneidade do perfil colaborada pela vegetação à medida que avança a maturação do solo.

Além disso, os organismos vegetais possuem ação protetora e reguladora das intempéries climáticas e podem também interagir com os demais organismos vivos, favorecendo seu estabelecimento e sobrevivência. Como protetora a flora apresenta um de seus papéis mais importantes pela interceptação da água da precipitação. A redução da força cinética das gotas de chuva diminui a rapidez e o peso do impacto das mesmas sobre o solo que, caso não fosse evitado, ocasionaria o rompimento dos agregados e a subsequente soltura das frações (FERRAZ *et al.*, 2012).

Em seguida, a vegetação rasteira e a liteira adicionam atrito e reduzem a velocidade de escoamento da água, possibilitando que esta tenha mais tempo para infiltrar (LEPSCH, 2010). Toda essa atividade dos organismos abranda o processo erosivo hídrico que ocorreria sem a presença do componente vegetal.

Quanto reguladora, a vegetação funciona como quebra vento reduzindo a velocidade do mesmo, assim atenua os efeitos da erosão eólica e, conseqüentemente, influencia na evapotranspiração, por dificultar a troca do ar saturado de vapor d'água, principalmente abaixo das copas das árvores, mantendo um microclima que favorece inclusive o desenvolvimento da microbiota e o acúmulo de matéria orgânica sobre o solo (MATOS *et al.*, 2019).

2.2.1 Matéria orgânica do solo

Alicerçado sobre a construção da serapilheira estão apoiadas as principais contribuições dos organismos vegetais ao solo. Mesmo em ambientes com características climáticas intensas de precipitação e temperatura, que de forma geral estão associados a

formação de solos com baixa fertilidade natural devido alto grau de desenvolvimento, a camada vegetal depositada sobre o solo com seus diferentes estádios de decomposição em sistemas florestais, é responsável pelo contínuo fornecimento de nutrientes e de condições estruturais que facilitam a conservação da umidade e a persistência da exuberância da mata sobrejacente (FERRAZ *et al.*, 2012).

Constituída de componentes de origem vegetal e animal, a matéria orgânica do solo (MOS) se caracteriza como importante indicador de qualidade do mesmo (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015), já que é influenciada pelas mudanças na cinética de deposição e transformação do material vegetal, em intensidades que dependem dos aspectos que compõem o agrossistema instalado (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000), como: a quantidade de resíduo orgânico aportado, taxa de mineralização, textura do solo, clima etc. (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

A contínua deposição e conservação do material orgânico sobre o solo em regiões tropicais necessita que, para além de uma quantidade de chuva suficiente no suprimento da demanda de produção de fitomassa, ocorra simultaneamente a distribuição do regime hídrico ao longo do ano, o que não acontece no ambiente semiárido do território nordestino (SOUTO, 2006).

Na maior parte da região do bioma caatinga, este clima é marcado por um período chuvoso definitivamente curto, com duração de cerca de 4 meses, geralmente no início do ano (SENA, 2011), com redução drástica da umidade do solo no segundo semestre (MARENGO *et al.*, 2011).

A vegetação da caatinga caracterizada por ser “[...] uma mistura de ervas, arbustos e árvores de pequeno porte, de folhas caducas e pequenas, tortuosas, espinhentas e de elevada resistência às secas.” (ALVES *et al.*, 2006, p. 195) reflete essa condição climática através de sua adaptabilidade xeromórfica, tendo como uma das principais características desta condição, a perda de fontes de dreno durante a estação seca (SENA, 2011), com objetivo de reduzir as perdas de água por transpiração.

Tais estruturas que se depositam no solo principalmente no início da época de estiagem, tem sua decomposição limitada pelos efeitos negativos do clima escasso sobre os microrganismos (SOUTO, 2006) e pela presença de altos teores de lignina e tanino na serapilheira, principalmente a proveniente de vegetações arbóreas (LIMA *et al.*, 2015).

Com a chegada das primeiras chuvas, que ocorrem no período que compreende a

estação do verão no Brasil, rapidamente o material depositado é degradado, pelo o aumento da umidade do solo a atividade decompositora da microbiota é intensamente reativada e a elevação de temperatura acelera a velocidade das reações bioquímicas, deixando o solo exposto e propenso à erosão no restante da quadra chuvosa caso a produção de cobertura vegetal não seja suficientemente rápida.

A matéria orgânica do solo é uma complexa e variada mistura de substâncias orgânicas, as quais contêm, por definição, o elemento **carbono**, que, em média, compreende cerca de metade da massa das substâncias orgânicas do solo. Por conter de duas a três vezes mais carbono do que aquele encontrado em toda a vegetação mundial, a matéria orgânica dos solos desempenha um importante papel no balanço global do carbono, que vem sendo considerado como o principal fator responsável pelo aquecimento global, ou **efeito estufa** (BRADY; WEIL, 2013, p. 398).

Segundo Cunha, Mendes e Giongo (2015), solos com condições de aeração melhores possuem evolução da degradação do material orgânico mais rápida, quando comparados a solos encharcados e com problemas de acidez. Além disso, a composição estrutural das espécies presentes no ecossistema, como a quantidade percentual de celulose, hemicelulose e ligninas, afeta a dinâmica de decomposição por influenciar a relação carbono/nitrogênio (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015).

Resíduos vegetais com maiores proporções de componentes celulares estruturais complexos, como os provenientes de gramíneas em comparação com leguminosas, aumentam a relação C/N, que, atingindo valor superior a 30, acarreta na imobilização dos nutrientes liberados a partir de sua lenta decomposição realizada pela microbiota (FAVARATO *et al.*, 2016; GIACOMINI *et al.*, 2003).

Ainda assim, esse material mais resistente, especialmente rico em lignina, tem significativa participação na origem do húmus, que apresenta-se como importante substância agregadora e estabilizante da estrutura do solo (PRIMAVESI, 2019). Não obstante, a presença de materiais vegetais mais facilmente decomponíveis é necessária para atividade microbiológica plena, porque disponibilizam mais rapidamente os nutrientes presentes em suas estruturas (MAIA; PARRON, 2015), possibilitando a renovação dos estoques e a manutenção do substrato de decomposição.

Geralmente, há uma tendência de consolidação na quantidade de MOS, sem grandes variações através do tempo em ambientes cuja vegetação é nativa e encontra-se em clímax (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). Porém, com a substituição por sistemas agrícolas,

a manutenção e a qualidade da MOS podem sofrer importantes alterações, o que justifica o estudo de comparação entre a quantidade total de carbono do solo sob florestas em ecossistemas naturais e antropizados (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013). Inclusive Basile-Doelsch, Balesdent e Pellerin (2020) apontam como um dos avanços mais recentes no estudo da MOS, a maior contribuição da produção primária subterrânea para a mesma em contraposição ao material aportado em superfície.

A MOS pode ser classificada em três tipos de húmus: o mull, o moder e o mor. O primeiro pode ser subdividido em cálcico e florestal, sendo o último associado a horizontes A menos espessos, com pedos menores e de grau reduzido; possui maior interação com a parcela mineral do solo e seu teor diminui com aumento da profundidade (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015).

Deve-se destacar que a proporção de carbono define o tipo de horizonte superficial no solo. São considerados horizontes minerais aqueles cujos teores de carbono avaliados na fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), são menores que 80 gramas por quilograma de solo, caracterizando o horizonte A, enquanto o horizonte orgânico deve apresentar teor de carbono orgânico igual ou superior a 80 g.kg⁻¹ de solo (SANTOS *et al.*, 2018).

2.3 Gênese do horizonte A

Progressivamente o material originário vai sofrendo catamorfismo à medida que é exposto ao ambiente. De início, o clima, principalmente através da temperatura e precipitação, afeta a estabilidade do material de origem (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2000). Especialmente na superfície, a variação térmica ocasiona expansão e contração dos minerais constituintes da rocha, a tensão interna provoca o surgimento de fendas com consequente aumento da superfície específica (SANTOS; REICHERT, 2007), isto deixa seus constituintes mais suscetíveis ao intemperismo químico, o qual é intensificado pela leve acidificação da chuva. Essas modificações dos minerais primários dão origem aos secundários, dentre eles as argilas silicatadas e os óxidos de ferro e alumínio, além de liberarem os demais produtos na fase residual.

Gradualmente com a desagregação, espaços se abrem no saprólito e assim a solução do intemperismo se aloja (TOLEDO, 2014), possibilitando o estabelecimento de

organismos colonizadores, como líquens, musgos, fungos, bactérias, etc. (SANTOS; REICHERT, 2007). Ao passo que ganha espessura, o solo pode acomodar organismos de maior porte, a ciclagem se intensifica junto com a adição de matéria orgânica, cuja deterioração fornece os ácidos orgânicos que também contribuem para as transformações do solo.

Aos poucos, verticalmente o perfil vai apresentando características diferentes com a movimentação de partículas e elementos juntos com a água por entre os poros (TOLEDO, 2014), tanto em direção descendente, quando a taxa de precipitação é maior que a de evaporação, como ascendente por capilaridade, principalmente em regiões de clima seco.

É importante ressaltar que a fauna do solo também é responsável pela movimentação de partículas no perfil, mostrando efeito contrário ao dos vegetais que influenciam o surgimento de diferenciação dos horizontes pelo acúmulo de MOS na parte inicial, a biota promove homogeneização. Diversos componentes do solo possuem um processo pedogenético específico ao qual se relacionam, que é englobado por processos gerais e inclui subprocessos.

Dentre os que possuem grande influência na gênese do horizonte A estão: a melanização ou ebanização, e a lessivagem ou argiluviação. A primeira caracteriza-se como o escurecimento do material mineral pela adição e complexação da matéria orgânica, tendo como processos gerais a adição, translocação e transformação (FERRAZ *et al.*, 2008). A segunda se trata do deslocamento interno pelo subprocesso de eluviação de partículas de argila, dos horizontes mais superficiais (A e E) para o horizonte B no subprocesso de iluviação e envolve translocações (SANTOS; REICHERT, 2007).

A continuidade dos processos pedogenéticos faz com que o horizonte A seja o primeiro a mostrar seus sinais sobre o material de origem. De natureza mineral, possui coloração mais escura devido acúmulo de matéria orgânica e textura mais arenosa causada pela perda de material fino para a parte subjacente do perfil (LEPSCH, 2010). De forma geral, abaixo dele a rocha continua a se degradar, dando origem ao horizonte C e em seguida o horizonte B surge entre eles.

Dependendo da participação dos fatores de formação, agindo de forma singular em cada local do planeta, a apresentação de características no horizonte mineral superficial pode ainda permitir a diferenciação do mesmo, sendo possível ordenar e classificar esses atributos em categorias de horizontes A (QUADRO 1). Segundo Santos *et al.* (2018), existem

6 tipos de horizonte A, sendo eles: A chernozêmico, A húmico, A proeminente, A antrópico, A fraco e o A moderado.

Quadro 1 - Categorização dos horizontes diagnósticos superficiais minerais.

Horizonte diagnóstico superficial	Características
Horizonte A Chernozêmico	<ul style="list-style-type: none"> a) Estrutura com grau predominantemente moderado ou forte, não admitindo ocorrência conjunta de prismas sem estrutura secundária maiores que 30 cm, estrutura maciça e consistência do solo seco nas classes dura, muito dura ou extremamente dura; b) Cor do solo com croma \leq a 3 (úmido), valores \leq a 3 (úmido) e \leq a 5 (seco). Se tiver 400 g.kg⁻¹ de solo ou mais de carbonato de Ca equivalente, os limites de valor (seco) são desprezados e úmido passa a ser \leq a 5; c) V% \geq a 65%, predominando íons de Ca e/ou Mg; d) C-org \geq que 6 g.kg⁻¹ de solo. Se tiver 400 g.kg⁻¹ de solo ou mais de carbonato de Ca equivalente, C-org será \geq 25 g.kg⁻¹ de solo nos 18 primeiros centímetros. O limite superior de C-org é < que 80 g.kg⁻¹ de solo; e) Espessura somando horizontes transicionais: <ul style="list-style-type: none"> 1) \geq a 10 cm, se houver contato lítico; ou 2) \geq que 18 cm e mais que $\frac{1}{3}$ da espessura do <i>solum</i> (A+B), caso o solo tenha menos que 75 cm; ou 3) Solos sem horizonte B, \geq que 18 cm e mais de $\frac{1}{3}$ da espessura de A+C, se esta for < que 75 cm; ou 4) \geq que 25 cm, se o <i>solum</i> tiver espessura \geq que 75 cm.
Horizonte A Húmico	<ul style="list-style-type: none"> a) Valor e croma para solo em estado úmido \leq a 4; b) V% < 65%; c) Espessura idem horizonte A chernozêmico; d) C-org é < que 80 g.kg⁻¹ de solo; e) Conteúdo total de C-org \geq que o valor obtido pelo: $\sum (C\text{-org, em g.kg}^{-1}, \text{ de sub-horizontes A x espessura do sub-horizonte, em dm}) \geq 60 + (0,1 \times \text{média ponderada de argila, em g.kg}^{-1}, \text{ do horizonte superficial, incluindo AB ou AC}).$
Horizonte A Proeminente	Idem horizonte A chernozêmico, exceto V% < que 65%. Difere do horizonte A húmico pelo teor de C-org conjugado com espessura e teor de argila.
Horizonte A Antrópico	Produto de modificações humanas contínuas e de longo prazo, verificadas pela presença de artefatos, como, conchas, materiais cerâmicos, carvão etc. e com sinais de adição de material orgânico de origens variadas.
Horizonte A Fraco	<ul style="list-style-type: none"> a) Cor do solo com valores \geq a 4 (úmido) e \geq a 6 (seco); estrutura em grãos simples, maciça ou com grau fraco; C-org < que 6 g.kg⁻¹; ou b) Espessura < que 5 cm.
Horizonte A Moderado	Abrange os horizontes que não se enquadram nas delimitações dos demais horizontes diagnósticos superficiais.

Fonte: Santos H. *et al.* (2013) adaptado pela autora.

2.4 Atributos de caracterização morfológica do horizonte A

2.4.1 Cor

“A cor é a sensação visual que se manifesta na presença da luz [...]” (PRADO, 1995), sendo uma das características que mais fornece informações secundárias através de sua aferência. Avaliando-se as colorações presentes nos horizontes e/ou camadas de um solo é possível fazer apontamentos sobre: o tipo de óxido de ferro predominante, teor de matéria orgânica e seu estágio de decomposição, grau de desenvolvimento, composição mineralógica predominante, identificação de processos pedogenéticos, classificação taxonômica em vários níveis categóricos do SiBCS, aspectos relacionados à drenagem, entre outros.

Dessa forma, a análise da pigmentação se caracteriza como um dos atributos de mais rápida e fácil visualização sobre o solo (LEPSCH, 2010). Todavia, existem aspectos técnicos na sua determinação, que buscam padronizar os resultados, já que é dependente da experiência do pedólogo e de algumas variáveis do ambiente onde é feito seu exame, como a iluminação; além de particularidades do estado em que se encontra o material, como grau de esboroamento e umidade do mesmo.

As tonalidades devem ser verificadas dentro e fora dos agregados secos e úmidos, e comparadas com uma cartela de cores ordenadas seguindo um padrão, chamado de Munsell, presente na Munsell *soil color charts* (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007). Nesse arranjo as cores recebem uma codificação que apresenta informações quanto ao matiz, valor e croma.

Primeiramente o matiz é definido como o espectro dominante, sendo uma representação da soma das porcentagens dos tons de vermelho e amarelo, variando desde 5,0 R (*red*), que configura-se como um matiz 100% vermelho, a 5,0 Y (*yellow*) como 100% amarelo. Posteriormente, o valor diz respeito ao brilho presente nessa matriz de solo, sendo a soma de branco e preto, cujo total é igual a 10 partes. O código que o traduz manifesta as partes de branco presentes na mistura e quanto maior seu número na escala de 1 a 10, mais pálido é o matiz. Em seguida temos o croma, que faz referência a pureza do matiz na amostra, sendo a soma do matiz presente com cinza, cujo total é igual a 20 partes. O código que o traduz manifesta as partes de matiz presentes na mistura e quanto maior na escala de 1 a 20, mais realçada é a pigmentação (SANTOS R. *et al.*, 2013).

Barbosa (2008) aponta relação entre menores teores de matéria orgânica com valor e croma mais elevados em horizontes superficiais, indicando a importância da cor no horizonte A em mostrar os resultados da ciclagem e do processo específico de melanização, bem como possíveis alterações devido mudança nos padrões de aporte de material orgânico feitos no ecossistema. Dentre as interações desse atributo com outras questões na investigação morfológica dos solos têm-se a delimitação dos horizontes, sendo primordial para determinar a profundidade, espessura e transição dos horizontes e/ou camadas.

2.4.2 Espessura e profundidade

Esses dois objetos de estudo podem ajudar nos apontamentos quanto ao desenvolvimento e diferenciação do solo, de modo que, quanto maiores forem seus valores é sinal de que houve uma junção de fatores tal que proporcionaram maior evolução desse solo. Inclusive serve como parâmetro determinante para a classificação dos tipos de horizonte A.

São duas características as quais podem ser atribuídos números exatos por meio da medição com réguas ou fitas métricas, iniciando no topo do primeiro horizonte mineral. Para definição da espessura também é necessária a análise da transição, pois nos casos onde a passagem de um horizonte para outro não é plana, a espessura passa a ter valores mínimos e máximos, assim como a profundidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015).

Se tratando da espessura especificamente do horizonte A, essa ainda é influenciada pelo tipo de vegetação, que comparando solos povoados por gramíneas e árvores, geralmente este último origina horizonte A menos espesso pela redução do pH devido maior proporção de ácidos orgânicos, o que inibe o desenvolvimento de certos organismos responsáveis pela homogeneização do solo e consecutivo aumento do teor de carbono orgânico em profundidade (BRADY; WEIL, 2013).

2.4.3 Estrutura

Conceitua-se como a forma em que as partículas primárias do solo (areia, silte e argila) se dispõem, podendo formar ou não unidades estruturais de tamanhos e formatos variados chamadas de agregados ou peds, que são separados um dos outros por suas

superfícies de fraqueza, no processo chamado de pedalização (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007). Esse arranjo ocorre por meio dos fenômenos de aproximação das frações, cimentação dos agregados e fissuramento dos pedos; tem como coadjuutores as interações das cargas de argilas e cátions, a pressão exercida pelas movimentações dos organismos, entre outros fatores na formação de microagregados, que se unem a outros na presença de exsudatos liberados pela biota, matéria orgânica, óxidos de ferro, carbonatos, sílica, etc, que além de agentes flocculantes são cimentantes; por fim, os ciclos de umedecimento e secagem são responsáveis por causarem fissuras nas linhas com maior fragilidade do material (LEPSCH, 2011; REINERT, REICHERT, 2006).

Para a determinação dessa característica em campo, com auxílio de uma faca pedológica é retirado de cada horizonte um bloco de solo, com estado de umidade mais próximo de seco, onde vão ser separados com os dedos os pedos, cuja observação servirá para classificar a estrutura quanto ao tipo (laminar, prismática, blocos angulares, blocos subangulares, granular ou grumosa), tamanho (muito pequena, pequena, média, grande ou muito grande) e grau. A descrição do grau pode ser como: sem unidades estruturais (quando não ocorre coerência entre as partículas, seja pela ausente ou excessiva ligação, sendo o grau da estrutura classificado como grãos simples e maciço, respectivamente) ou com unidades estruturais; neste último caso o grau é categorizado como fraco, moderado ou forte (SANTOS R. *et al.*, 2013).

Os tipos de estrutura que ocorrem com maior frequência no horizonte A são em grânulos e grumosa, em decorrência dos benefícios do acúmulo de matéria orgânica, que auxiliam na agregação de partículas e estabilização de agregados, contribuindo para a formação de macroporos e consequente aumento de aeração e taxa de infiltração (BOVI, 2017; PEREIRA *et al.*, 2019).

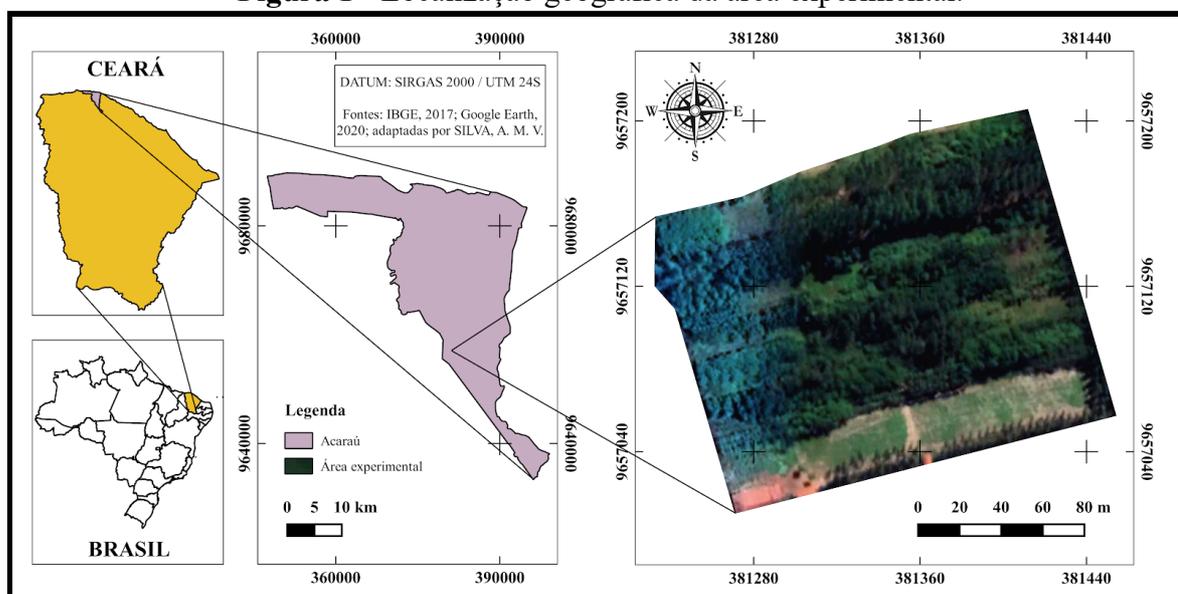
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado no município de Acaraú do estado do Ceará, localizado a uma distância rodoviária de 230,45 km da capital Fortaleza - CE (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2018), na bacia do Baixo Acaraú por volta de 30 km da costa do oceano Atlântico Norte, em uma área (coordenadas geográficas S: 3° 27' 06" e W: 40° 08' 48") com 3,6 ha.

O campo experimental pertencente ao projeto “Seleção de espécies e definição de parâmetros técnicos para plantios de espécies florestais nativas para produção de madeira para móveis e energia no Ceará” (FIGURA 1), é regido por pesquisadores da Embrapa Agroindústria Tropical com recursos da própria Embrapa em parceria com a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará – ADECE e o Sindicato das Indústrias de Móveis do Ceará – Sindimóveis.

Figura 1 - Localização geográfica da área experimental.



Fonte: Shapes de IBGE (2017) e raster de Google Earth (2020) com adaptações da autora (2020).

De acordo com Pessoa *et. al* (2017), seguindo o sistema de classificação climática de Köppen, o norte da bacia do Acaraú é predominantemente do tipo tropical chuvoso (Aw'). O município caracteriza-se como um clima tropical quente semiárido brando, possuindo

pluviometria média histórica anual de 1.140 mm, concentrada principalmente no período de janeiro a abril com temperatura média variando de 26° a 28°C (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2018) e evaporação anual podendo ser superior a 1500 mm (WEBER *et al.*, 2019).

Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE (2018), a vegetação da região é composta pelo complexo vegetacional da zona litorânea, com floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar com carnaúba); o relevo é dominado por planícies litorâneas e ribeirinhas, sertões e tabuleiros costeiros; cujos solos em maior extensão são argissolos, gleissolos, latossolos e neossolos.

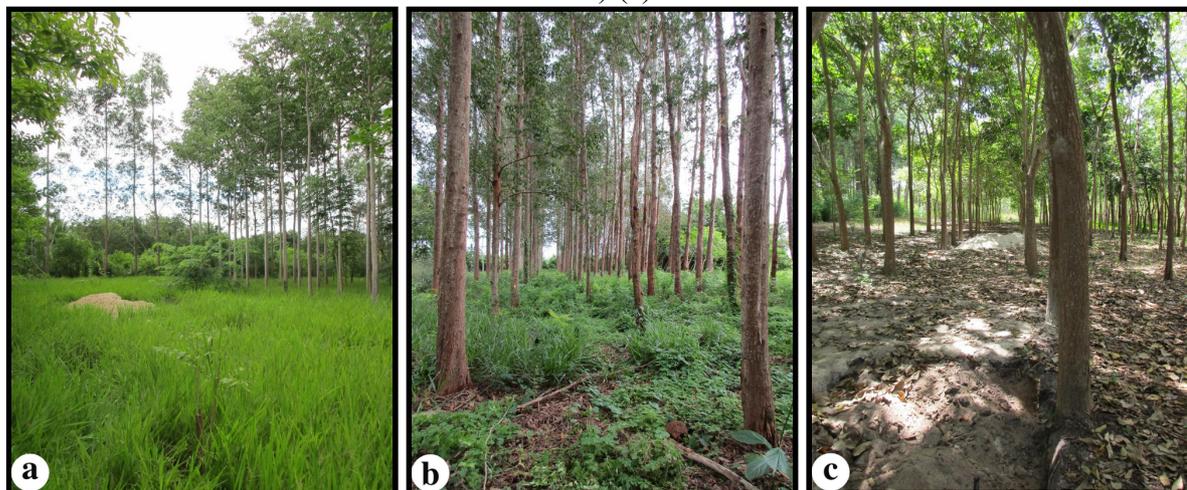
Na área experimental o material originário é sedimentar do período Terciário-Quaternário proveniente da Formação Barreiras (WEBER *et al.*, 2019), que se estende ao longo da costa brasileira e é representada pela unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros (DOMPIERI *et al.*, 2015).

Solos originados do material dessa formação geralmente tem alto grau de desenvolvimento, atribuído principalmente ao clima agressivo da zona tropical que promove intenso intemperismo. Comumente apresentam uma camada adensada em subsuperfície identificada pelo aparecimento do caráter coeso, observado normalmente nos horizontes AB, BA e B (LIMA *et al.*, 2005). Contudo, na área em questão só foi verificada a existência do caráter coeso em profundidades bem abaixo dos horizontes estudados.

Dentro da área experimental, mas sob o cultivo da espécie *Acacia mangium*, o solo foi classificado como ARGISSOLO ACINZENTADO Distrófico arênico, aparentemente comum nas áreas agrícolas da região da Bacia do Acaraú (WEBER *et al.*, 2019), sua descrição completa pode ser observada no ANEXO A.

No local, as espécies florestais foram plantadas no período de outubro de 2010 a março de 2011, em parcelas de 9 metros de largura por 30 metros de comprimento, com 3 repetições e espaçamento retangular, de 2 m entre árvores e 3 m entre linhas (FIGURA 2). As mesmas medidas da parcela foram adotadas para o tratamento controle, que consistiu de uma zona sem cobertura florestal com crescimento de vegetação espontânea. As espécies arbóreas escolhidas neste trabalho foram Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) e Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.).

Figura 2 - Parcelas pertencentes ao crescimento de espécies espontâneas (a), Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) (b) e Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) (c).

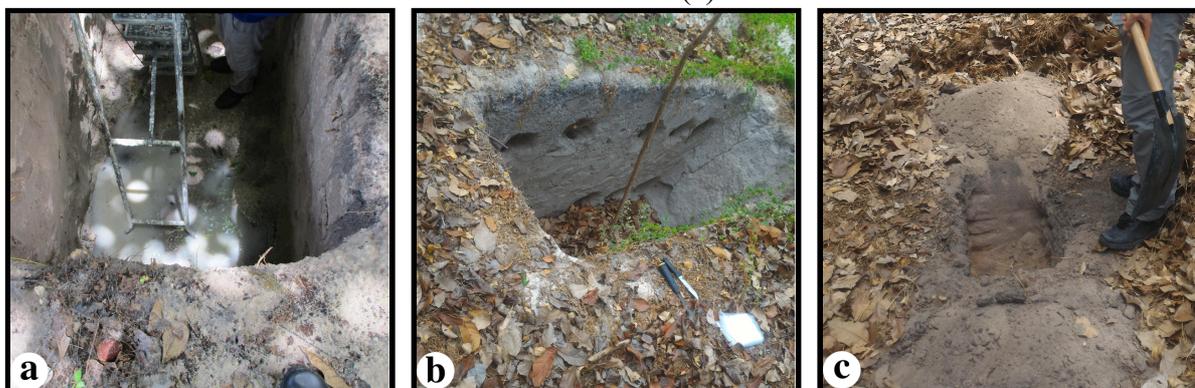


Fonte: Fotografias de ROMERO, R. E.

3.2 Amostragem

Na parte mais central do talhão para evitar as bordaduras, foram abertas por parcela 3 trincheiras principais. Cada uma dessas trincheiras foi cavada a uma distância de 0,5 metros do caule de uma árvore selecionada ao acaso e com as seguintes dimensões: 1,40 metros de largura, 2,00 metros de comprimento e 2,00 metros de altura. Além dessas foi aberta aleatoriamente mais uma minitrincheira com 40 cm de profundidade, sendo considerados dois perfis por trincheira principal mais um na minitrincheira, totalizando 7 pontos de coleta (FIGURA 3).

Figura 3 - Detalhes da profundidade (a) e dimensões (b) das trincheiras principais e minitrincheira (c).



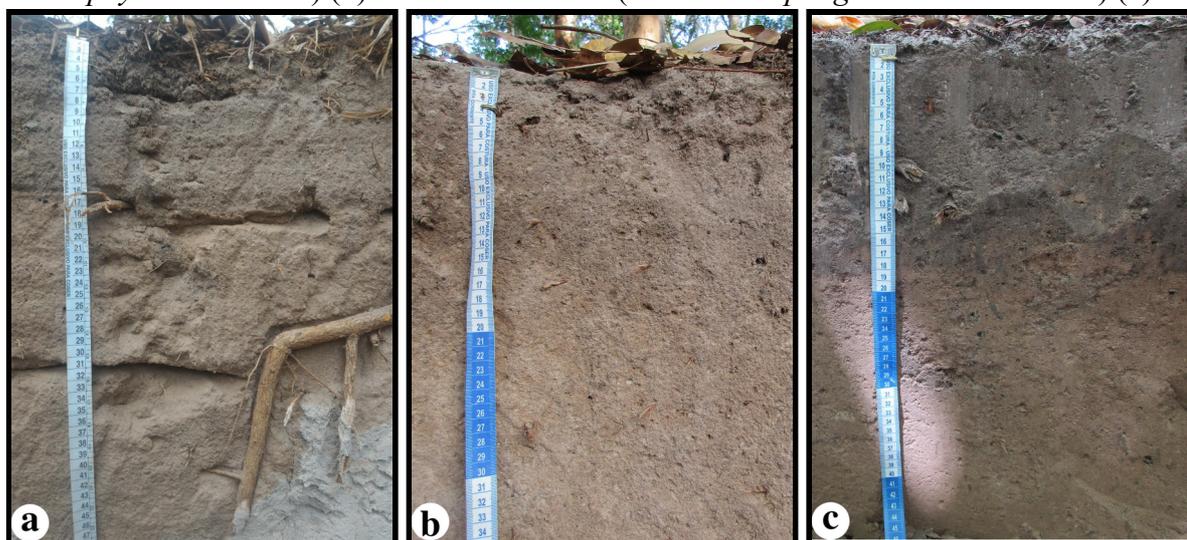
Fonte: Fotografias a e b de ROMERO, R. E., fotografia c de NETA, L. F. L.

Para as 3 camadas superficiais foi realizada uma descrição morfológica nas extremidades laterais de cada trincheira. De acordo com a profundidade do horizonte A e transicionais foram coletadas amostras deformadas de solo para cada delimitação do perfil. A amostragem nas parcelas com Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake) e Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) foi feita no dia 30 de julho de 2019 e na área destinada ao crescimento de espécies espontâneas foi realizada no dia 17 de dezembro de 2019. As amostras foram preparadas para se obter a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) no Museu de Geologia do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará.

3.3 Análise morfológica

A descrição morfológica dos perfis de cada tratamento foi realizada no mesmo momento da coleta das amostras deformadas de solo, tendo como base as técnicas e instruções do *Manual de descrição e coleta de solo no campo* de Santos R. *et al.* (2013) para observação e coleta das informações referentes a profundidade e espessura dos horizontes, cor em amostra de agregado seco, cor em amostra de agregado úmido, tipo de estrutura, tamanho de estrutura e grau de estrutura.

Figura 4 - Perfis das áreas de crescimento de espécies espontâneas (a), Eucalipto (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake) (b) e Pau-d'arco-roxo (*Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC.) (c).



Fonte: Figura a pertencente à NETA, L. F. L. Figuras b e c pertencentes à ROMERO, R. E.

3.4 Análises químicas

3.4.1 Carbono orgânico total do solo

O carbono orgânico total do solo foi determinado através de adaptação do método de Yeomans e Bremner (1988) desenvolvida por Mendonça e Matos (2005), que realiza oxidação do C por via úmida de dicromato em ácido sulfúrico com auxílio de uma fonte externa de calor.

Primeiramente o solo à TFSA é submetido à maceração com pistilo em almofariz, em sequência é feita pesagem de 0,5 g da amostra que é então transferida para tubo de digestão, no qual posteriormente é adicionado 5 mL da solução $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 mL de H₂SO₄ concentrado. Em seguida o tubo é levado ao bloco digestor à 170°C por 30 minutos.

Após resfriada a solução é passada para erlenmeyer com auxílio de água destilada até volume final de 90 mL, adiciona-se 3 gotas do indicador e titula-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L⁻¹. O ponto de viragem ocorre quando a solução passa do tom verde esmeralda para coloração âmbar escuro. Os brancos controles são feitos de mesma forma, em que metade deles é levado ao bloco digestor e a outra é necessária para calcular a quantidade de dicromato perdida durante o aquecimento na ausência de amostra.

O cálculo do teor de carbono segue as seguintes equações:

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) (V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am}) \quad (1)$$

onde:

A = porcentagem de carbono orgânico da amostra;

V_{ba} = volume da solução de Sal de Mohr gasto na titulação do branco aquecimento;

V_{bn} = volume da solução de Sal de Mohr gasto na titulação do branco sem aquecimento;

V_{am} = volume da solução de Sal de Mohr gasto na titulação da amostra.

$$CO \text{ (dag.kg}^{-1}\text{)} = \frac{(A)(\text{Molaridade Sulf. Ferroso})(3)(100)}{\text{peso da amostra (mg)}} \quad (2)$$

onde:

3 = resultado da relação entre o número de mols de Cr_2O_7^- que reagem com Fe^{2+} (1/6), multiplicando pelo número de mols de Cr_2O_7^- que reagem com o C^0 (3/2), multiplicado pela massa atômica do C (12);

100 = fator de conversão de unidade ($\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ para $\text{dag} \cdot \text{kg}^{-1}$).

3.4.2 Acidez potencial do Solo

Representa a quantidade de íons Al^{3+} adsorvidos nas cargas negativas superficiais dos colóides minerais do solo mais a quantidade de íons H^+ adsorvidos às argilas, óxidos e matéria orgânica; cuja extração é realizada com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio e titulada com solução de NaOH na presença de fenolftaleína. Para tal é pesado 5 g de solo (TFSA), que são transferidos para um erlenmeyer de 125 mL com 75 mL de solução de acetato de cálcio a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ pH 7,0 e agitado por 10 minutos com posterior descanso de uma noite. No dia seguinte é pipetado uma alíquota de 25 ml do sobrenadante, que é passada para outro erlenmeyer, onde será adicionado 3 gotas do indicador fenolftaleína para titulação com solução padronizada de $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH até a viragem de cor rosa pálida (CAMPOS *et al.*, 2017). A determinação é feita segundo o cálculo abaixo:

$$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) = (V_a - V_b) \cdot 1,65 \cdot f \quad (3)$$

Onde:

$(\text{H}^+ \text{ e } \text{Al}^{3+})$ = acidez potencial do solo em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

V_a = volume em mL da solução de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ gasta na titulação da amostra;

V_b = volume em mL da solução de NaOH $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ gasta na titulação do branco;

1,65 = fator de correção;

$f = 0,025 /$ concentração da solução padronizada de NaOH.

3.5 Análise estatística

Os parâmetros morfológicos geralmente são analisados por comparação de dados brutos entre os perfis considerados representativos das áreas de estudo, porém neste trabalho

buscou-se aplicar adaptação metodológica para análise estatística das informações. Usando principalmente o *Manual de descrição e coleta de solo no campo* de Santos R. *et al.* (2013) como referência, as variáveis qualitativas organizadas em classificações foram transformadas em valores para posterior tratamento e reclassificadas para apresentação. Os números foram tratados por comparação de médias em análise de variância no programa SISVAR[®].

Com exceção de espessura, profundidade, carbono orgânico total, acidez potencial, valor e croma, cujas representações já são quantitativas, as demais feições estudadas, grau, tamanho e matiz, foram convertidas em números. Ao grau foi atribuído uma escala, sendo 1 para grau fraco, 2 para moderado e 3 para forte. Para tamanho da estrutura foi utilizado o valor médio de classificação de cada ordem encontrada em campo. Ao matiz foi considerada a porcentagem da contribuição de amarelo equivalente ao código. A única característica qualitativa que não precisou de adaptação foi o tipo de estrutura, devido todos os horizontes apresentarem a mesma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos morfológicos

Mediante descrição morfológica dos solos, verificou-se sob o plantio das espécies *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (EU) e *Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC. (YP) a existência dos mesmos três horizontes: Ap1, Ap2 e EA. Já abaixo da parcela de terra destinada ao crescimento de vegetação espontânea (Ref), os horizontes verificados foram: Ap1, Ap2 e AE (QUADRO 2).

Quadro 2 - Médias de profundidade e espessura em cm, tipo de estrutura e reclassificações dos valores médios de grau, tamanho e codificações de cor, contidos nos horizontes dos tratamentos EU (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake), YP (*Tabebuia impetiginosa*, Mart. ex DC.) e Ref (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo.

	Horizonte	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Cor Úmida	Cor Seca	Estrutura	Grau	Tamanho
EU	Ap1	0 - 7,5	7,5	10 YR 4/1	10 YR 5/1	Blocos subangulares	Moderada a Fraca	Pequena
	Ap2	7,5 - 18,9	11,4	10 YR 4/2	10 YR 6/1	Blocos subangulares	Moderada a Fraca	Pequena
	EA	18,9 - 40 +	21,1 +	10 YR 5/2	10 YR 6/2	Blocos subangulares	Fraca	Pequena a Muito pequena
YP	Ap1	0 - 7,9	7,9	10 YR 3/1	10 YR 4/1	Blocos subangulares	Moderada a Forte	Pequena a Média
	Ap2	7,9 - 17,4	9,5	10 YR 3/1	10 YR 4/1	Blocos subangulares	Moderada	Pequena
	EA	17,4 - 40 +	22,6 +	10 YR 4/2	10 YR 6/2	Blocos subangulares	Fraca	Muito pequena a Pequena
Ref	Ap1	0 - 7	7	10 YR 3/1	10 YR 5/1	Blocos subangulares	Fraca a Moderada	Pequena a Média
	Ap2	7 - 18,1	11,1	10 YR 4/1	10 YR 6/1	Blocos subangulares	Fraca	Pequena
	AE	18,1 - 40 +	21,9 +	10 YR 4/1	10 YR 6/2	Blocos subangulares	Fraca	Pequena a Média

Fonte: Elaborado pela autora.

Os horizontes EA e AE observados apresentam uma combinação das características dos horizontes principais A e E, não obstante a letra inicial corresponde ao que contribui mais significativamente com suas propriedades na formação do horizonte transicional (SANTOS *et al.* 2013). Dessa forma, percebe-se que a vegetação espontânea contribuiu para a predominância de atributos oriundos do horizonte A no horizonte transicional, proporcionando o desenvolvimento de um horizonte AE.

Isto é supostamente motivado pela maior variedade de espécies e consequente diversidade de profundidades radiculares, acarretando em melhor distribuição do material vegetal das raízes e também da MOS, que em parte eluvia pelos poros criados pelo sistema radicular, principalmente fasciculado, relacionado ao notado crescimento preponderante de gramíneas nessas parcelas.

Acompanhando a identificação dos horizontes, o caractere subordinado p indica a pedoturbação efetuada no momento do preparo de solo para estabelecimento dos tratamentos. É recorrente nas áreas agrícolas a designação de desordem na estrutura dos horizontes superficiais por meio deste sufixo, sobretudo em solos originados dos sedimentos da Formação Barreiras na unidade geoambiental Tabuleiros Costeiros, pois esta correlaciona-se ao comum surgimento do caráter coeso na subsuperfície desses solos, haja vista que esse atributo diagnóstico limita a permeabilidade e por isso corrobora para utilização de maquinário agrícola no revolvimento dos mesmos, na tentativa de elevar a porosidade e assim melhorar a drenagem com a quebra da camada adensada (LIMA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 1998), embora na área em estudo o horizonte com caráter coeso esteja abaixo da parte do perfil analisada neste trabalho.

Em todos os tratamentos, os dois primeiros horizontes são uma subdivisão feita no horizonte A, com base no esperado clareamento gradual. Por causa do maior aporte de material orgânico ocorrer na camada inicial, a influência da matéria orgânica é geralmente reduzida conforme aumenta a profundidade (COSTA, 2009).

Além disso, os valores e cromas das codificações de cores aferidas nos agregados de cada horizonte, aumentaram com a profundidade (QUADRO 2), exprimindo a diminuição da participação do material vegetal na constituição da cor. Valores também se mostraram maiores em amostras secas, denotando cores mais aclaradas em baixos teores de umidade. Ressalta-se a proximidade nas colorações dos perfis, variando valor e croma apenas em situações pontuais, uma ou duas unidades no máximo.

O matiz não variou em nenhum dos aspectos (teor de umidade da amostra, horizontes, tratamentos), constituindo-se como 10 YR (75% amarelo e 25% vermelho), ou seja, cores mais amareladas assim como as encontradas por Gomes, Araújo Filho e Curi (2012) analisando solos de Tabuleiros Costeiros sob cultivo e florestas naturais.

Apesar de baixos teores de óxidos de ferro estarem sendo relatados nos perfis formados a partir desse material de origem sedimentar (RAMOS, 2013), a provável razão para ocorrência de cores mais amareladas nesses solos se deve a presença de goethita (FONTES; CAMARGO; SPOSITO, 2001), que depois da caulinita é geralmente o maior constituinte da fração argila de solos da Formação Barreiras (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999a) e nas regiões de Tabuleiros Costeiros (CORRÊA *et al.*, 2008).

Destaca-se que isto ocorre porque a maior proporção de matéria orgânica inibe a formação da ferrihidrita, precursora da hematita, que é o óxido responsável por matizes mais avermelhados, tornando o ambiente mais favorável para formação e estabilidade da goethita. Além do mais, a região possui histórico de precipitação média anual acima de 1000 mm, se caracterizando como uma área mais úmida conveniente para a gênese do óxido de ferro hidratado (OLIVEIRA, 2011).

As observações em campo constataram que todos os horizontes nos três tratamentos apresentaram estrutura do tipo blocos subangulares (QUADRO 2), compatível com a condição hídrica da região, que é suficiente para minar as arestas dos blocos, evidenciando a favorecida infiltração na parte mais superficial. Ferreira, Fernandes e Curi (1999a) relacionam este tipo de estrutura de pequeno tamanho, em Latossolos de Tabuleiros, com a alta proporção de caulinita na mineralogia da fração argila. Ainda segundo os mesmos autores, enquanto óxidos de Al, como a gibbsita, beneficiam aspectos físicos da estrutura granular do solo, a caulinita mostra efeito contrário (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999b).

A caulinita é um grupo de argilominerais 1:1, constituídos por lâminas de tetraedros de silício e lâminas de octaedros de alumínio, formados por hidrólise parcial do tipo monossilicização (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2000), são o principal constituinte da fração argila de solos com alto grau de desenvolvimento originados em climas mais agressivos (CORRÊA *et al.*, 2008; FERRAZ *et al.*, 2008), como os encontrados na área experimental, principalmente levando em conta a concentração da precipitação em poucos meses do ano, fazendo com que considerável volume de água atravesse o perfil e colabore

para a ocorrência desse tipo de hidrólise. Sendo assim, a mesma exerce grande influência sobre a estruturação nas parcelas.

O prejuízo causado a forma de organização das partículas do solo, ocasionado por essa maior proporção de caulinita na fração menor que 0,002 mm de diâmetro, é provavelmente devido à diminuta quantidade de cargas negativas na superfície desse argilomineral. Isto porque possuem menos substituições isomórficas de Si^{+4} por Al^{+3} na unidade básica dos minerais silicatados, o que resulta em um desbalanço energético de baixa dimensão e expressão pouco significativa de cargas negativas permanentes nesses solos (LEPSCH, 2011).

De acordo com Lepsch (2011), o potencial hidrogeniônico afeta as cargas variáveis do solo, tanto aquelas provenientes da dissociação de grupos hidroxílicos nas bordas da estrutura cristalina das argilas, como também a resultante da dissociação de grupos funcionais orgânicos da fração mais estável da matéria orgânica.

Como solos tropicais muito intemperizados em geral são ácidos (FERRAZ *et al.*, 2008), as cargas dependentes de pH dos argilominerais se comportam como positivas, sendo o suprimento de cargas negativas dependente principalmente da MOS, já que estas cargas predominam nas moléculas que compõem o húmus (LEPSCH, 2011).

Argilominerais possuem ponto de carga zero mais alto que a MOS, isto favorece a interação direta com as partículas orgânicas e promove estabilidade mútua ao passo que ocorre aproximação entre os colóides. Dentro dos agregados mais proteção é garantida para o húmus e as demais frações da MOS, proporcionando acúmulo da mesma (PILLON; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2002).

Ainda assim, essa condição de potencial elétrico pode desfavorecer a floculação, tanto pela interação de cargas entre colóides como através dos íons adsorvidos, em ambientes cuja geração de matéria orgânica for deficitária, aliada a intensa lixiviação de cátions e baixas quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, resultando em uma pequena formação de complexos organominerais e ineficiente cimentação dos pedos. Mais dispersa, essa argila fica propensa a eluviação, ocupando aos poucos os poros e aumentando a densidade em subsuperfície (RIBEIRO, 2018), o que seria uma das justificativas para a formação de horizontes Bt associados a horizontes superficiais pobres em argila nas regiões de Tabuleiros Costeiros.

Entre os atributos morfológicos que foram adaptados para a análise estatística (QUADRO 2), verificou-se a ocorrência de divergência no grau da estrutura do horizonte mais superficial, do maior para o menor grau YP, EU e Ref; sendo posteriormente classificados como: moderada a forte, moderada a fraca e fraca a moderada respectivamente. Já em Ap2, a área de referência teve grau mais fraco que as demais, que foram classificadas como moderada a fraca para EU e moderada para YP. O horizonte transicional dos solos sob os três componentes vegetais foi classificado como fraco. No geral, a estrutura dos dois primeiros horizontes do solo sob Pau-d'arco-roxo obtiveram maiores médias de classificações de grau, seguidas por Eucalipto e depois Referência.

O tamanho dos agregados do primeiro horizonte foi de pequeno a médio tanto na área correspondente a YP como na de Ref, sendo maiores que os tamanhos observados em EU (pequena). Para o Ap2 a classificação de tamanho da estrutura foi pequena nos solos de todos os tratamentos. O horizonte transicional da área de espécies espontâneas foi o que obteve maior classificação de tamanho de estrutura (pequena a média), seguido por EU (pequena a muito pequena) e YP (muito pequena a pequena), como pode ser observado no Quadro 2. Sendo assim, considerando o todo, a área de referência foi a que teve melhor desempenho quanto ao tamanho de estrutura.

Nas parcelas destinadas ao crescimento de espécies espontâneas, tomadas como tratamento de referência, ocorre maior incidência solar, por se tratar de uma clareira aberta, sem o crescimento de espécies arbóreas e/ou arbustivas com dossel capaz de promover sombreamento no período observado de 9 anos. Isto estimula a germinação do banco de sementes do solo, tendo ainda a maior variedade específica e assim capacidade de explorar diferentes profundidades em todo quadrante.

A proteção do solo é favorecida e assim possibilita a formação de agregados maiores, pela vegetação formada constituir-se como uma cobertura mais uniforme capaz de diminuir a força de impacto das gotas de chuva e a velocidade de escoamento da mesma sobre o solo (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

No entanto, este material vegetal originado é predominantemente tenro, provavelmente com componentes moleculares de baixa estabilidade e pouco protegido devido a fraca associação com a fração mineral do solo, assim acaba se tornando bastante acessível aos microrganismos e seus mecanismos de degradação, sendo então mais facilmente decomposto, em comparação ao material aportado sobre os solos nos outros tratamentos.

O detrimento ao grau de estrutura é causado pela rápida decomposição, que impossibilita a compartimentalização mais estável da matéria orgânica do solo, principalmente no que diz respeito a fração humificada, relevante na estabilização da estrutura. Porém, esse material de ciclagem acelerada proporciona a disponibilização de nutrientes para a microbiota e por isso também influencia a formação das frações mais estáveis (MAIA; PARRON, 2015).

Ressalta-se que o tipo de raiz das espécies arbóreas estudadas é pivotante e conta com um eixo principal capaz de atingir considerável profundidade, superior àquelas exploradas pelo sistema radicular fasciculado das poaceas presentes em maior número na área de espécies espontâneas. Tal característica morfológica vegetal do eucalipto e pau-d'arco-roxo tornam seus povoamentos menos susceptíveis à irregularidade da distribuição de chuvas do semiárido, porque possibilita o alcance da água armazenada profundamente (WEBER *et al.*, 2019).

Mesmo que dentre as espécies espontâneas da área experimental tenha sido possível observar a presença predominante de gramíneas, com suas folhas e cartuchos ricos em componentes estruturais complexos, vale ressaltar que o material depositado sobre os solos nas parcelas de plantios arbóreos contava com a presença de galhos de diferentes diâmetros e com as cascas dos troncos, além das folhas que normalmente já possuem características que elevam a resistência à decomposição nesse tipo de vegetação, o que aumenta o tempo de residência desses resíduos orgânicos sobre o solo, principalmente em comparação com o material que fica em cada ciclo na área de referência.

Como a transformação da serapilheira depende da relação entre os teores de carbono e nitrogênio contidos no material que a compõe (FAVARATO *et al.*, 2016; GIACOMINI *et al.*, 2003), o que por sua vez deriva desde de características genéticas de cada espécie até o fenótipo produzido pela indução de variáveis ambientais, como o clima ou a disponibilidade de nutrientes no solo, a quantidade de carbono total do solo pode refletir os efeitos dessas constituições quando conectado a taxa de decomposição e análise de em quais frações da MOS esse carbono se encontra (LIMA *et al.*, 2015).

Oliveira (2014) estudando vegetação espontânea na região do litoral norte da Bahia verificou que essa cobertura vegetal contribuiu na estocagem de N do solo e apontou a variedade específica deste extrato como justificativa para essa característica, que culminou na formação de uma relação C/N em torno de 23/1. Na literatura podem ser verificados ainda

valores de relação C/N para material de *Tabebuia impetiginosa* empregado em compostagem em torno de 56/1 (SILVA *et al.*, 2009) e na serapilheira sobre solo cultivado com *Eucalyptus urophylla* de 90/1 (PULROLNIK *et al.*, 2009).

Diante dessas reflexões imagina-se que caso ocorra uma variante climática que prejudique a formação de biomassa vegetal da área de espécies espontâneas em um ciclo e incapacite a geração de cobertura suficiente para repor a perda no ciclo anterior, o estoque de carbono será reduzido progressivamente até que a área seja capaz de restabelecer o aporte. Diferentemente, a vegetação arbórea e sua liteira por serem mais vigorosas permaneceriam por período maior, podendo continuar contribuindo para o estoque de carbono do solo mesmo que de maneira lenta, já que o evento climático também afetaria a atividade dos microorganismos responsáveis pela ciclagem.

Ademais, como mencionado anteriormente, o material de origem constituinte dos solos do local é sedimentar proveniente da Formação Barreiras, que aliado ao clima e relevo regional, reflete características de avançado estado de desenvolvimento e portanto, predominância de caulinita na fração argila (WEBER *et al.*, 2005), o que também acarreta em efeitos negativos sobre o grau de estruturação do solo.

Nenhum dos horizontes apresentou médias de profundidade com diferença significativa comparando as áreas com as espécies, sendo este atributo para Ap1 quantificado em torno de 7,5 cm e em Ap2 cerca de 18 cm. Com relação a espessura, o segundo horizonte de forma geral foi mais espesso que o primeiro e diferiu entre os tratamentos, com a área de *Tabebuia impetiginosa* Mart. ex DC. mostrando espessura menor que as outras duas áreas (TABELA 1).

Tabela 1 - Espessura média, em cm, dos horizontes dos tratamentos EU (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake), YP (*Tabebuia impetiginosa*, Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo.

Horizonte	EU	YP	Referência	Médias
Ap1	7,00 A	7,93 A	7,50 A	7,48 b
Ap2	11,36 A	9,50 B	11,07 A	10,64 a
Médias	6,28 A	5,81 A	6,02 A	-

Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora.

4.2 Atributos químicos

A acidez potencial média no solo sob *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake foi significativamente maior que nas outras áreas, tanto em Ap1 como em Ap2, sendo que o horizonte mais superficial apresentou no geral médias maiores comparado aos outros horizontes (TABELA 2).

Os cátions trocáveis Al^{+3} e H^+ são os responsáveis pela acidez do solo, que pode ser dividida em potencial e ativa, esta última diz respeito aos íons H^+ livres na solução do solo e é representada através de potencial hidrogeniônico. A acidez potencial por sua vez, corresponde a soma da acidez trocável, que é a parcela desses íons adsorvidos nas superfícies dos colóides e que podem ser trocados com a solução; e a acidez não-trocável, que refere-se ao hidrogênio em compartilhamento de elétrons, associado tanto com as cargas negativas variáveis de colóides como com compostos de alumínio (FERRAZ *et al.*, 2008).

Tabela 2 - Acidez potencial média, em $cmol_c / kg$ de solo $^{-1}$, contida nos horizontes dos tratamentos EU (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake), YP (*Tabebuia impetiginosa*, Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo.

Horizonte	EU	YP	Referência	Médias
Ap1	3,64 A a	2,23 B a	2,34 B a	2,74 a
Ap2	2,99 A ab	1,85 B a	1,54 B ab	2,13 b
Transicional	2,19 A b	1,64 A a	1,47 A b	1,77 b
Médias	2,94 A	1,90 B	1,79 B	-

Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora.

A água na atmosfera interage com o gás carbônico e se torna acidificada, ao precipitar e infiltrar no solo adiciona íons H^+ e eleva a acidez da solução do intemperismo, com isso ocorre a liberação dos elementos químicos a medida que os minerais primários sofrem transformações. Cátions básicos de alta valência recém liberados têm preferência na adsorção às cargas negativas que aos poucos surgem pela gênese dos minerais secundários e acúmulo de MOS com estabelecimento dos organismos; e os íons de menor valência, como são mais facilmente deslocados, ficam solúveis e acabam sendo lixiviados (LEPSCH, 2011).

Com a continuação desse processo, as bases adsorvidas vão para a solução do solo e são substituídas por H^+ e posteriormente também pelo Al^{+3} , este último contribui ainda mais para a acidez ativa pela reatividade com a água na formação do hidróxido de alumínio com consequente liberação de hidrogênios na solução (FERRAZ *et al.*, 2008). Naturalmente, o pH é reduzido e a destruição dos minerais com consequente liberação de seus constituintes é intensificada, o que faz esse processo de acidificação entrar em estado cíclico.

Outro fator que contribui na redução do pH, é a absorção de nutrientes realizada pelas raízes ao liberarem prótons para manutenção do equilíbrio do potencial eletroquímico mediante captação dos íons de interesse. Também através da decomposição, sobretudo na fase inicial, ocorre dissociação de íons H^+ de grupos funcionais e ácidos orgânicos, o que explica maiores valores de acidez potencial serem encontrados na camada inicial do solo, justamente onde ocorre maior deposição e transformação do material vegetal.

Contudo, há uma tendência reducional nos níveis de acidez potencial com o passar dos anos em sistemas que possuem acúmulo de material orgânico sobre o solo, conforme o alumínio dissociado vai sendo complexado pela MOS (BUTZKE, 2015). Essa relação pode ser observada na área, tendo em vista a comparação da quantidade de alumínio trocável e o grau de acidez potencial nos horizontes, em que nos horizontes que apresentam os maiores teores de matéria orgânica (Ap1 e Ap2) também é possível observar as menores medidas de Al^{+3} , com exceção do tratamento com Pau-d'arco-roxo (TABELA 3).

Tabela 3 - Alumínio trocável médio, em $cmol_c / kg$ de solo $^{-1}$, contido nos horizontes dos tratamentos EU (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake), YP (*Tabebuia impetiginosa*, Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo.

Horizonte	EU	YP	Referência	Médias
Ap1	0,079 A a	0,036 B a	0,036 B a	0,050 a
Ap2	0,079 A a	0,036 B a	0,036 B a	0,050 a
Transicional	0,093 A a	0,021 B a	0,050 B a	0,055 a
Médias	0,083 A	0,031 B	0,040 B	-

Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora.

Considerando que a espécie *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake é exótica, supõe-se que a dinâmica de deposição vegetal seja diferente das demais espécies acompanhadas nos tratamentos desta análise. Em ambientes de clima semiárido, o maior aporte de matéria

orgânica (contribuição a serapilheira) de vegetações naturais ocorre no início da estação seca (LIMA *et al.*, 2015; SOUTO, 2006), assim, esse material aportado já estaria em transformação e incorporação na época estudada, contribuindo no estoque de carbono no solo das parcelas contendo pau-d'arco-roxo e espécies espontâneas.

Já o material depositado sobre o solo nas parcelas de eucalipto estaria em constante, porém lenta, decomposição por se tratar de um material mais resistente, rico em lignina e com relação C/N mais elevada em comparação aos outros dois tratamentos, acarretando na elevação da acidez potencial no primeiro horizonte, que também reduz a atividade decompositora da microbiota. Há indícios de que a liteira dessa espécie, apesar de ser de degradação menos acelerada, contribua mais para as frações ácido húmico e ácido fúlvico que humina, mostrando certa instabilidade do estoque e por isso menor substituição do carbono proveniente da mata nativa pelo carbono gerado na floresta plantada (PULROLNIK, 2009), o que explicaria o menor teor médio de carbono.

Observou-se incremento nos teores médios de carbono na área de Referência quando comparada aos demais tratamentos no horizonte mais superficial. Entre horizontes ocorreu assimetria na média geral, entretanto na área com espécies espontâneas e plantada com eucalipto, foram tidos maiores valores no horizonte Ap1, enquanto que foi semelhante entre Ap2 e transicional (TABELA 4).

Tabela 4 - Teores médios de carbono, em g de C / kg de solo ⁻¹, contidos nos horizontes dos tratamentos EU (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake), YP (*Tabebuia impetiginosa*, Mart. ex DC.) e Referência (espécies espontâneas) aos 9 anos de cultivo.

Horizonte	EU	YP	Referência	Médias
Ap1	7,38 B a	8,93 AB a	9,81 A a	8,71 a
Ap2	4,07 A b	4,49 A b	3,29 A b	3,95 b
Transicional	2,58 A b	1,97 A c	2,60 A b	2,38 c
Médias	4,68 A	5,13 A	5,23 A	-

Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra minúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nas linhas, as médias seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora.

Diante da observação das médias das características analisadas na área, o solo sob crescimento de espécies espontâneas foi o tratamento que apresentou os maiores teores de carbono e o desenvolvimento de pedos de tamanhos mais acentuados no horizonte transicional, mas em contrapartida, uma estrutura no geral com grau mais fraco. Isso se deve

provavelmente a pouca qualidade da matéria orgânica gerada nestas parcelas, apesar de que neste aspecto possuem vantagens quanto a geração total e variedade de material vegetal.

Como a matéria orgânica é um importante agente cimentante das unidades estruturais, a estabilidade dos agregados quanto propriedade do solo acaba sendo muito influenciada pelas características do resíduo orgânico, não só em quantidade, mas principalmente em relação aos atributos que controlam a proporção das frações lábil e recalcitrante (REINERT; REICHERT, 2006).

Considerando a existência de uma hierarquia envolvendo a necessidade de formação de microagregados, primeiramente, para que haja a gênese dos macroagregados, levando ainda em conta que os solos originados dos sedimentos da Formação Barreiras em regiões de Tabuleiros Costeiros são mais pobres em óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio (RAMOS, 2013), a composição das cargas disponíveis ao complexo sortivo fica a cargo principalmente da caulinita e da MOS.

Comparando a susceptibilidade da variação polar das cargas desses colóides, a positividade da fração mineral se pronuncia mais sensivelmente que a da matéria orgânica, que se mantém negativa mesmo a potenciais hidrogeniônicos mais baixos (FERRAZ *et al.*, 2008) enquanto que o PCZ da caulinita é 5,25 (KAMPF; MARQUES; CURI, 2012). Isso possibilita a interação organomineral direta pela atração das cargas, todavia, se os microagregados já utilizam todo o complexo elétrico disponível do solo, que no caso da área e dos horizontes superficiais é pequeno, não sobram cargas para interagirem e estabilizarem as substâncias húmicas recém formadas (PILLON; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2002).

Dessa forma, o material orgânico gerado fica altamente disponível à ação microbiana, que com a alta taxa de mineralização proporcionada pelas condições climáticas tropicais (PILLON; MIELNICZUK; MARTIN NETO, 2002), boa parte é perdida ou consumida pelos organismos em novo ciclo, fazendo com que a estrutura entre em um processo de desestabilização caso o aporte de material orgânico não seja excedente.

5 CONCLUSÕES

A hipótese foi confirmada, pois após 9 anos de implantação dos tratamentos, algumas características do horizonte A apresentaram diferença significativa, como: carbono orgânico total do solo no horizonte Ap1, acidez potencial em Ap1 e Ap2, alumínio trocável nos três horizontes e espessura de Ap2. Os atributos morfológicos, grau e tamanho de estrutura, também foram influenciados de forma variada pelas espécies vegetais, evidenciando a influência distinta de cada espécie sobre a área experimental.

Os teores de carbono orgânico da seção mais superficial do horizonte A (Ap1) foram mais elevados na vegetação espontânea do que na área de eucalipto, indicando que a matéria orgânica desta espécie florestal exótica não é estável nas condições desses solos dos Tabuleiros Costeiros.

Contudo, como esses atributos estão intimamente ligados ao material vegetal aportado, se fazem necessários exames de composição, deposição e decomposição para observação dos efeitos de sazonalidade sobre a vegetação e quais são as relações dessa matéria orgânica gerada com o componente mineral ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, Ricardo. Alimentos Versus População: Está Ressurgindo O Fantasma Malthusiano? **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 62, n. 4, p. 38-43, out. 2010. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v62n4/a13v62n4.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2020.
- ALVES, Allyson Rocha *et al.* Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 2, p. 194-203, 2º semestre, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50060212.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2020.
- ALVES, José Eustáquio Diniz. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 219-230, jan./jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbepop/v31n1/13.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2020.
- ARAÚJO, Victor Almeida de *et al.* Importância da madeira de florestas plantadas para a indústrias de manufaturados. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 189-200, abr./jun., 2017. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/824/573>. Acesso em: 14 out. 2020.
- BARBOSA, Wesley Rocha. **Evolução Pedogenética em Duas Vertentes do Maciço de Baturité - CE**. Orientador: Dr. Ricardo Espíndola Romero. 2008. p. 91. Dissertação (Mestrado) - Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2008.
- BASILE-DOELSCH, Isabelle; BALESSENT, Jerome; PELLERIN, Sylvain. Reviews and syntheses: The mechanisms underlying carbon storage in soil. **Biogeosciences (BG)**, em revisão, 2020. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/b71e/27989c19cc87a9987a4a9e3ed4b6e8b89bf9.pdf?_ga=2.260414477.1834717763.1594404562-2035132463.1594404562. Acesso em: 10 jul. 2020.
- BOVI, Renata Cristina. **Gênese e cronologia de feições erosivas superficiais e subsuperficiais**. Orientador: Dr. Miguel Cooper. 2017. 162 p. Tese (Doutorado) - Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-04012018-144113/publico/Renata_Cristina_Bovi_versao_revisada.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.
- BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. [s.n.]: Editora Bookman, 2013.
- BUTZKE, Angelita Gude. **Dinâmica de atributos químicos em diferentes tipos de solos sob sistemas agroflorestais**. Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira. 2015. 71 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2015. Disponível em: <http://www2.ufac.br/ppga/menu/dissertacoes/dissertacoes-2/2013/angelita-gude.pdf/@@download/file/Angelita%20Gude.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

CAMPOS, David Vilas Boas de *et al.* Acidez Potencial do Solo. *In*: TEIXEIRA, Paulo César *et al.* (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 3. ed. rev., 577p. 2017. *E-book*. p. 233-237. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1085209/1/ManualdeMetodosdeAnalisedeSolo2017.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2020.

CARDOSO, Maria Irene *et al.* **A Vida no Solo**. Viçosa, MG: [s.n.], 2010.

CORRÊA, Marcelo Metri *et al.* Propriedades cristalográficas de caulitas de solos do ambiente tabuleiros costeiros, Amazônia e Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1857-1872, set./out., 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/07.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

COSTA, Elaine Martins da; SILVA, Helane França; RIBEIRO, Paula Rose de Almeida. Matéria Orgânica do Solo e o Seu Papel na Manutenção e Produtividade dos Sistemas Agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, dez., 2013. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2020.

COSTA, Oldair Vinhas *et al.* Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1137-1145, set./out., 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a07.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2020.

CUNHA, Tony Jarbas da; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. Matéria Orgânica do Solo. *In*: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015. p. 273-293. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1034986/1/Tony2015.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2020.

CURTIS, Philip G. *et al.* *Classifying drivers of global forest loss*. **Science, Online**, v. 361, p. 1108-1111, set., 2018. Disponível em:

<https://science.sciencemag.org/content/361/6407/1108/tab-figures-data>. Acesso em: 21 out. 2020.

DOMPIERI, Márcia Helena Galina *et al.* **Delimitação da área foco de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros e principais aspectos fisiográficos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/amvie/Downloads/Doc194.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Seleção de espécies e definição de parâmetros técnicos para plantios de espécies florestais nativas para a produção de madeira para móveis e energia no Ceará**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/212056/selecao-de-especies-e-definicao-de-parametros-tecnicos-para-plantios-de-especies-florestais-nativas-para-producao-de-madeira-para-moveis-e-energia-no-ceara>. Acesso em: 22 jun. 2020.

FAVARATO, Luiz Fernando *et al.* Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 497-506, fev., 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v75n4/0006-8705-brag-1678-4499549.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

FERRAZ, João B. S. *et al.* A floresta e o solo. *In*: HIGUCHI, Maria Inês Gasparetto; HIGUCHI, Niro (ed.). **A floresta amazônica e suas múltiplas dimensões: uma proposta de educação ambiental**. Manaus: [s.n.], 2012. p. 101-121. *E-book*. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Pinheiro_Bastos/publication/271823528_A_floresta_e_o_solo/links/54dc63ae0cf23fe133b14981/A-floresta-e-o-solo.pdf?origin=publication_detail. Acesso em: 23. jun. 2020.

FERRAZ, Rodrigo Peçanha Demonte *et al.* Fundamentos de morfologia, pedologia, física e químicos do solo de interesse no processo de recuperação de área degradada. *In*: TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena *et al.* **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2008. p. 9-59. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/340067>. Acesso em: 29 jun. 2020.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 507-514, jul./set., 1999a. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n3/03.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos da Região Sudeste do Brasil.. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 515-524, jul./set., 1999b. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n3/04.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FONTES, Maurício Paulo F.; CAMARGO, Otávio Antônio de; SPOSITO, Garrison. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, [online], v. 58, n. 3, p. 627-646, jul./set., 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sa/v58n3/a29v58n3.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

GALVÊAS, Ernane. Apresentação. *In*: MALTHUS, Thomas Robert. **Princípios de Economia Política e Considerações Sobre sua Aplicação Prática - Ensaio Sobre a População**. Traduções de Regis de Castro Andrade, Dinah de Abreu Azevedo e Antonio Alves Cury. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, 1996. p. 5-19. (Os Economistas). Título original: *Principles of Political Economy Considered with a View to Their Practical Application - An Essay on the Principle of Population*. *E-book*. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4560584/mod_resource/content/1/MALTHUS.pdf. Acesso em: 4 abr. 2020.

GARDNER, Gary; ASSADOURIAN, Erik; SARIN, Radhika. O Estado do Consumo Hoje. *In*: HALWEIL, Brian; MASTNY, Lisa. (dir.). **Estado do Mundo**. Tradução de Henry J. Mallett e Célia Mallett. Salvador, BA: Uma Editora, 2004. p. 3-27. Título original: *State of the World 2004*. *E-book*. Disponível em:

<http://bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/services/e-books-MS/EM2004.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2020.

GIACOMINI, S. J. *et al.* Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [online], v. 27, n. 2, p. 325-334, jan., 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n2/16233.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

GIULIETTI, Ana Maria *et al.* Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. da *et al.* (org.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 47-78. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade_Caatinga_parte_2.pdf. Acesso em: 17 ago. 2020.

GOMES, João Bosco Vasconcellos; ARAÚJO FILHO, José Coelho de; CURTI, Nilton. Solos de tabuleiros costeiros sob florestas naturais e sob cultivo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 233-246, jul./set., 2012. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/324/270>. Acesso em: 4 mar. 2020.

GOODMAN, David; SORJ, Bernardo; WILKINSON, John. A apropriação industrial do processo rural. In: GOODMAN, David; SORJ, Bernardo; WILKINSON, John. **Das lavouras às biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008. p. 6-49. *E-book*. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/zyp2j/pdf/goodman-9788599662298.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

HARTUNG, Paulo; AGUIAR, Carlos. O futuro está nas árvores. **Indústria Brasileira de Árvores**, 2019. Disponível em: <https://www.iba.org/o-futuro-esta-nas-arvores>. Acesso em: 19 jun. 2020.

HOLBROOK, N. Michele. Balanço Hídrico das Plantas. In: TAIZ, Lincoln *et al.* (org.). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Tradução de Armando Molina Divan Junior. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 99-118.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (Ibá). **Relatório Ibá 2019**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. *E-book*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 30 maio 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Municipal de Acaraú**. Fortaleza-CE, 2018. 14p. *Online*. Disponível em:

<http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 06 março 2020.

MARCHIORI JÚNIOR, Milton; MELO, Wanderley José. Alterações na Matéria Orgânica e na Biomassa Microbiana em Solo de Mata Natural Submetido a Diferentes Manejos.

Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, jun., 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v35n6/4673.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

KAMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURTI, N. IV - Mineralogia de solos brasileiros. *In*: KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C. E. G. C.; TORRADO, P. V. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: SBCS, 2012. p. 81-145.

KOZIOSKI, Gilberto Vilmar; CIOCCA, Maria de Lourdes Santorio. Energia e Sustentabilidade em Agrossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p.737-745, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v30n4/a31v30n4.pdf>. Acesso em: 31 maio 2020.

LEPSCH, Igor F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LEPSCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

LIMA, Herdjania Veras de *et al.* Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 33-40, jan./fev., 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n1/23519.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2020.

LIMA, H. V. *et al.* Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 467-476, maio/jun., 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n3/a08v28n3.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

LIMA, Rissele Paraguai *et al.* Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga do Sul do Piauí. **Revista Floresta e Ambiente, Online**, v. 22, p. 42-49, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/floram/v22n1/2179-8087-floram-22-1-42.pdf>. Acesso em: 21 out 2020.

MAIA, Claudia Maria Branco de Freitas; PARRON, Lucilia Maria. Matéria orgânica como indicador de qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. *In*: PARRON, Lucilia Maria *et al.* **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 101-108. *E-book*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/131969/1/Livro-Servicos-Ambientais-Embrapa.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

MALTHUS, Thomas Robert. Capítulo I. *In*: MALTHUS, Thomas Robert. **Ensaio Sobre a População**. Tradução de Antonio Alves Cury. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda., 1996. p. 243-247. (Os Economistas). Título original: *An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society, with Remarks on the Speculation of Mr. Godwin, Mr. Condorcet, and Other Writers*. *E-book*. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4560584/mod_resource/content/1/MALTHUS.pdf. Acesso em: 4 abr. 2020.

MARENGO, José A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, Campina Grande, v. 1, p. 383-422, 2011.

MARTONE, Michele *et al.* *The global forest/non-forest map from TanDEM-X interferometric SAR data.* **Journal Remote Sensing of Environment**, v. 205, p. 352-373, fev., 2018.
Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717305795>.
Acesso em: 20 out. 2020.

MATOS, Fábio Santos *et al.* **Folha seca: Introdução à fisiologia vegetal**. Curitiba: Appris, 2019.

MELLO, Leonardo Freire de; HOGAN, Joseph Daniel. População, Consumo e Meio Ambiente. *In*: HOGAN, Joseph Daniel. (org.). **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas: Núcleo de Estudos de População - Nepo/Unicamp, 2007. p. 59-72. *E-book*. Disponível em:
<https://econtents.bc.unicamp.br/omp/index.php/ebooks/catalog/download/978-85-88258-09-9/78/259-1?inline=1>. Acesso em: 7 jun. 2020.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análise**. Viçosa, MG. 2005. 81 p.

MOURA, Patrícia Maia de. **Ciclagem de biomassa e nutrientes em estádios sucessionais de caatinga**. Orientador: Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio. 2010. 99 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em:
https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/9255/1/arquivo2664_1.pdf. Acesso em: 17 ago. 2020.

OLIVEIRA, Francisco Éder Rodrigues de. **Efeito de coberturas vegetais sobre a dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica do solo no cultivo da laranja**. Orientador: Francisco Alisson da Silva Xavier. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014. Disponível em:
https://www.ufrb.edu.br/pgsolos/images/DISSERTA%C3%87%C3%95ES/2014/Disserta%C3%A7%C3%A3o_SQE_-_Francisco_%C3%89der_Rodrigues_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 21 out. 2020.

OLIVEIRA, João Bertoldo de. **Pedologia Aplicada**. Jaboticabal: FEALQ, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Cultivo de florestas para fins industriais diminui pressão sobre matas nativas**. Disponível em:
<https://nacoesunidas.org/cultivo-de-florestas-para-fins-industriais-diminui-pressao-sobre-mata-s-nativas/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

PEREIRA, Marcos Gervasio *et al.* Formação e caracterização de solos. *In*: TULLIO, Leonardo. (org.). **Formação, classificação e cartografia dos solos**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 1-20. *E-book*. Disponível em:
<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2019/09/E-book-Formacao-Classificacao-e-Cartografia-dos-Solos.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

PESSOA, Paulo Roberto Silva *et al.* Aspectos hidroclimáticos e comportamento da precipitação nos municípios de Acaraú e Camocim - CE. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R (org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p. 2624-2628. *E-book*. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/issue/view/75>. Acesso em: 20 jul. 2020.

PILLON, Clenio Nailto; MIELNICZUK, João; MARTIN NETO, Ladislau. **Dinâmica da matéria orgânica no ambiente**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32409/1/documento-105.pdf>. Acesso em: 8 set. 2020.

PRADO, Hélio do. A Pedologia Simplificada. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba - SP, n°1, p. 16, dez., 1995. Disponível em: http://www2.uefs.br/geotropicos/pedologia_simplificada_95838.pdf. Acesso em: 26 jun. 2020.

PRIMAVESI, Ana Maria. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

PRIMAVESI, Ana Maria. Matéria orgânica decomponível e matéria orgânica humificada: condições sob as quais o húmus se forma. **Revista Attalea Agronegócios**, [s.n.], ed. n° 146, p. 46-47, fev., 2019. Disponível em: <https://anamariaprimavesi.com.br/wp-content/uploads/2020/01/EDn146Fev2019xx.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2020.

PULROLNIK, Karina *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, set./out., 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000500006. Acesso em: 11 ago. 2020.

RABELO, Livia Karine Lima *et al.* Cenários das árvores plantadas no Brasil. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 19, n. 3, p. 170-179, jul., 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/10825>. Acesso em: 14 out. 2020.

RAMOS, Michele Ribeiro. **Atributos de solos coesos e não coesos e o desenvolvimento de arbóreas nativas no município de Itaboraí, RJ**. Orientador: Dr. Vander de Freitas Melo. 2013. 146 f. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/32261/R%20-%20T%20-%20MICHELE%20RIBEIRO%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 ago. 2020.

REINERT, Dalvan José; REICHERT, José Miguel. **Propriedades Físicas do Solo**. Santa Maria, 2006. Disponível em: <https://08c8acb7-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/rodrigojsj/propriedadesfisicas.pdf?attachauth=ANoY7cplxt2iTl3vGpzoQ9XAXiL2rEsJp0GDFYZEgZaxO78xVczHUeC1T5wV>

tYEdDvGC-N_rHt__dpgMKMxdjrY8yEbgn09BDobWE3ZkZZYSRcNqgv8bVUZNI4hfqPI
Pe_7-rQq1Wrubmv1KZ6fcM1BIvN4w5lGfixttaPnksWeH6qFrBtf2c4CIxurHEdKXtgZ-Eye9
6K451tyD0AIQdACGfYvRtbWQ_9_AYKtqcYQxU7w4yIM_Fo%3D&attredirects=1.
Acesso em: 26 jun. 2020.

RIBEIRO, Sharon Gomes. **Avaliação dos atributos físicos de horizontes com e sem caráter coeso de um argissolo amarelo**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SANTOS, Danilo Reinheimer dos.; REICHERT, José Miguel. **Gênese e propriedades do solo**. Santa Maria: UFSM, NTE, UAB, 2007. *E-book*. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/16154/Curso_Agric-Famil-Sust_G%c3%aanese-Propriedade-Solopdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 28 jul. 2020.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS)**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS)**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p. *E-book*. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

SANTOS, Raphael David dos. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira do Solo, 2013. 100p.

SANTOS, Ruggeri Mikahaknem Mariano. **Análise da Reposição Florestal no Estado do Ceará**. Orientador: Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira. 2019. p. 46. Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2019.

SCHETTINO, Luiz Fernando *et al.* O novo Código Florestal brasileiro e a reformulação da visão de sustentabilidade. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 14, n. 3, p. 228-233, abr./set. 2018. Disponível em:
<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/download/1032/pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SENA, Liana Mara Mendes de. **Conheça e Conserve a Caatinga - O Bioma Caatinga**. v. 1. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. 54p. *E-book*. Disponível em:
<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/2sem2015/novembro/Nov.15.33.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

SHVIDENKO, Anatoly. (coord.). *et al.* Forest and Woodland Systems. *In*: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (ed.). **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**. Washington, D.C.: Island Press, 2005. p. 585-621. Disponível em:
<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.290.aspx.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2020.

SILVA, A. J. N. *et al.* Influência do cultivo contínuo na cana-de-açúcar em latossolos amarelos coesos do Estado de Alagoas: propriedades micromorfológicas. **Revista Brasileira**

de Ciência do Solo, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 515-525, jul./set., 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n3/18.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

SILVA, Francisca Alcivania de Melo *et al.* Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [s/n], v.4, n.1, p. 59-66, jul., 2009. Disponível em: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/7545>. Acesso em: 22 out. 2020.

SISVAR. Versão 5.7. [s.n.]: FERREIRA, Daniel Furtado; 2018. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em: 24 mar. 2020.

SOUTO, Patrícia Carneiro. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. Orientador: Jacob Silva Souto. 2006. 150f. Tese (Doutorado) - Agronomia - Solos e nutrição de plantas, Universidade Federal da Paraíba, Areia: CCA/UFPB, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8199/2/arquivototal.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2020.

TAUK, Sâmia Maria. Biodegradação de Resíduos Orgânicos no Solo. **Revista Brasileira de Geociência**, Rio Claro - SP, v. 20. [s.n.], p. 299-301, mar./dez., 1990. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/download/11857/11401>. Acesso em: 2 jun. 2020.

TOLEDO, Maria Cristina Motta de. Intemperismo e pedogênese. *In*: [s.n.]. **Geologia**. São Paulo: USP/UNIVESP/EDUSP, 2014. p. 134-157. *E-book*. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/impressos/lic/modulo02/geologia_PLC0011/geologia_top07.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.

TOLEDO, Maria Cristina Motta de; OLIVEIRA, Sonia Maria Barros de; MELFI, Adolpho José. Intemperismo e formação do solo. *In*: TEIXEIRA, Wilson. *et al.* (org.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 139-166.

WEBER, Olmar Baller *et al.* *Biological and chemical attributes of soils under forest species in Northeast Brazil*. **Journal of Forestry Research, Online**, 31, 1959-1973, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11676-019-00982-1>. Acesso em: 20 out. 2020.

WEBER, Oscarlina Lucia dos Santos *et al.* Cargas elétricas estruturais e variáveis de solos tropicais altamente intemperizados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 867-873, nov./dez., 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n6/28955.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

YEOMANS, J.C. & BREMNER, J. M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil**. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19:13, 1467-1476, 1988. *Online*. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628809368027>. Acesso em: 30 de maio 2020.

ANEXO A - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE HORIZONTES, ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS E ANÁLISES QUÍMICAS DO ARGISSOLO ACINZENTADO DISTRÓFICO ARÊNICO

Horizontes	Profundidade (m)	Descrições morfológicas	
		Cor Carta de Munsell	Observação
Ap1	0-0.10	Bruno-acinzentado muito escuro (2.5Y 3/2)	Areia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa, transição plana e clara
Ap2	0.10-0.27	Bruno-acinzentado-escuro (2.5Y 4/2)	Areia, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição plana e gradual
EA	0.27-0.49	Bruno-oliváceo-claro (2.5Y 5/3)	Areia, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição plana e gradual
E1	0.49-0.87	Bruno-oliváceo-claro (2.5Y 5/3)	Areia, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição plana e gradual
E2	0.87-1.15	Bruno-amarelado-claro (2.5Y 6/3)	Areia franca, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição ondulada e gradual
BE	1.15-1.29	Amarelo-claro-acinzentado (2.5Y 7/3)	Francoarenosa, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição irregular e abrupta
Bt1	1.29-1.84	Cinzeno-claro (2.5Y 7/2)	Francoarenosa, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual
Bt2	1.84-2.05+	Cinzeno-claro (2.5Y 7/2)	Francoarenosa, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa

		Granulometria (%)			Argila dispersa em água (%)
		Areia	Silte	Argila	
Ap1	0-0.10	92.44	1.87	5.69	3.47
Ap2	0.10-0.27	93.54	0.57	5.89	5.19
EA	0.27-0.49	90.75	2.09	7.16	7.24
E1	0.49-0.87	89.08	1.58	9.33	8.57
E2	0.87-1.15	85.75	2.25	12.00	11.56
BE	1.15-1.29	79.43	2.25	18.32	17.40
Bt1	1.29-1.84	79.58	1.86	18.56	16.84
Bt2	1.84-2.05+	77.72	2.91	19.37	17.02

		pH em água (razão 1:2:5)	Complexo sortivo (mmol _c .kg ⁻¹)				COS (g.kg ⁻¹)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
Ap1	0-0.10	5.4	15.1	6.3	0.5	0.5	9.1
Ap2	0.10-0.27	5.8	6.3	3.3	0.5	0.4	2.9
EA	0.27-0.49	6.3	5.2	2.8	0.8	0.6	1.8
E1	0.49-0.87	6.1	3.6	3.9	0.4	0.5	1.1
E2	0.87-1.15	5.2	2.2	3.4	0.6	0.7	1.4
BE	1.15-1.29	4.8	1.3	1.2	1.2	1.8	5.4
Bt1	1.29-1.84	4.6	0.7	0.6	0.6	1.4	2.5
Bt2	1.84-2.05+	4.4	0.8	1.0	0.8	0.6	4.8

Fonte: WEBER *et al.* (2019).