

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
*CAMPUS* AGRÍCOLA PORTO GRANDE

HELLEN PATRICIA LEMOS CORDOVIL

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE SOLO SOB VEGETAÇÃO  
NATIVA E CONSÓRCIO (AÇAÍ X MANDIOCA) E INDICAÇÃO DE MANEJO  
SUSTENTÁVEL PARA O CERRADO AMAPAENSE**

PORTO GRANDE

2023

HELLEN PATRICIA LEMOS CORDOVIL

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE SOLO SOB VEGETAÇÃO  
NATIVA E CONSÓRCIO (AÇAÍ X MANDIOCA) E INDICAÇÃO DE MANEJO  
SUSTENTÁVEL PARA O CERRADO AMAPAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo.

PORTO GRANDE

2023

**Biblioteca Institucional - IFAP**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

---

- C796c      Cordovil, Hellen Patricia Lemos  
                Caracterização morfológica e química de solo sob vegetação nativa e consórcio  
                (açaí x mandioca) e indicação de manejo sustentável para o cerrado amapaense. /  
                Hellen Patricia Lemos Cordovil - Porto Grande, 2023.  
                50 f.: il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de  
                Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Porto Grande, Curso  
                de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, 2023.
- Orientador: Nilvan Carvalho Melo.
1. Análise morfológica. 2. Solos intemperizados. 3. Qualidade do solo. I.  
                Melo, Nilvan Carvalho, orient. II. Título.

HELLEN PATRICIA LEMOS CORDOVIL

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE SOLO SOB VEGETAÇÃO  
NATIVA E CONSÓRCIO (AÇAÍ X MANDIOCA) E INDICAÇÃO DE MANEJO  
SUSTENTÁVEL PARA O CERRADO AMAPAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - IFAP, *Campus* Agrícola Porto Grande, como requisito avaliativo para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Nilvan Carvalho Melo.

**BANCA EXAMINADORA**

*Nilvan Carvalho Melo*

Prof. Orientador, Dr. Nilvan Carvalho Melo - Presidente  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

*Raphael Leone da Cruz Ferreira*

Prof. MSc. Raphael Leone da Cruz Ferreira - Examinador Interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

*Luan Patrick dos Santos Silva*

Prof. MSc. Luan Patrick dos Santos Silva - Examinador Interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá – IFAP

*Fabírcia Kelly Cabral Moraes*

Profa. Dra. Fabrícia Kelly Cabral Moraes - Examinadora Externa  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

*Luma Castro de Souza*

Profa. Dra. Luma Castro de Souza - Examinadora Externa  
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Apresentado em: 11/12/2023.

Conceito/Nota: APROVADA/9,8

Aos meus familiares, cujo amor e apoio incondicional me guiaram até este momento.

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico este trabalho de conclusão de curso a Deus, a quem devo toda a sabedoria e força que me sustentou durante essa jornada desafiadora e enriquecedora. Se não fosse por Sua graça e orientação, eu não teria alcançado este momento. Sou imensamente grata por Sua presença constante em minha vida.

Aos meus amados familiares, em especial ao meu esposo Francisco Souza de Oliveira Junior, que esteve ao meu lado em todos os momentos, apoiando-me com amor, compreensão e incentivo. Aos meus filhos Jhonathan Jhuniór Lemos Cordovil de Oliveira e Jonathan Henryck Lemos Cordovil de Oliveira, fontes inesgotáveis de alegria e inspiração, por serem a motivação que me impulsionam a alcançar meus objetivos. A toda minha família, pelo amor, encorajamento e suporte incondicional que sempre me proporcionaram.

Ao meu orientador, professor Nilvan Carvalho Melo, agradeço imensamente pela orientação e confiança em meu potencial. Seu conhecimento foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Aos professores que contribuíram para minha formação acadêmica, transmitindo conhecimentos e experiências valiosas, sou grata.

Aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado nesta jornada, compartilhando desafios e vitórias, agradeço por cada momento de apoio, em especial ao meu amigo/irmão Hedilberto Carmo de Lima que não mediu esforços para que as nossas pesquisas avançassem. Ao Grupo de Estudos em Solos e Plantas Cultivadas GESP/IFAP, pelo compartilhamento de ideias e experiências enriquecedoras, que ampliaram minha compreensão na área da agronomia.

Aos colaboradores que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu reconhecimento sincero. Cada ajuda, conselho e esforço foram de grande importância.

Que este trabalho represente não apenas uma etapa acadêmica, mas também o início de uma trajetória dedicada ao avanço da agricultura e à melhoria da vida das pessoas. A todos que fazem parte da minha história, meu eterno agradecimento e apreço. Que possamos continuar crescendo juntos e alcançar conquistas ainda maiores.

“O solo é a pele da terra, uma fina e preciosa camada que sustenta a vida e reflete a história da natureza.”

(HANS JENNY).

## RESUMO

As características morfológicas e químicas dos solos amapaenses são diversificadas devido à vasta extensão geográfica da região. Os solos variam em textura, cor, estrutura e composição química. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os atributos morfológicos e químicos de perfis de solo sob condição de vegetação natural (mata) e consórcio (açai x mandioca), bem como, indicar perspectivas de manejo sustentável para o cerrado amapaense. Para a avaliação da morfologia e classificação dos perfis de solo, foram abertas duas trincheiras de forma semimecanizada, uma para a A1: área de vegetação nativa (mata) e outra a A2: área de consórcio (açai x mandioca). A descrição morfológica dos perfis de solo foi realizada por meio da avaliação de suas características anatômica e ambientais; e os atributos físicos e químicos foram determinados com a finalidade de classificar os solos até o quarto nível categórico. As áreas apresentaram solos muito profundos, bem drenados, friáveis quando úmidos e duros a extremamente duros quando seco e coloração variando de bruno escuro a bruno forte nos matizes 10YR. O horizonte A é do tipo A moderado, com espessura em torno de 17 a 23 cm e o horizonte Bw com espessura superior a 200 cm. O solo das duas áreas apresentou elevada acidez e baixos teores de P, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, e valores nulos para o elemento Ca<sup>2+</sup>. O solo das duas áreas apresenta camada superficial arenosa, logo, algumas indicações práticas de manejo que se pode adotar é a correção da acidez e da deficiência nutricional do solo, além da incorporação e manutenção da matéria orgânica no solo, com o uso de cultivos consorciados, principalmente com leguminosas forrageiras e pastagens.

Palavras-chave: Amazônia; análise morfológica; solos intemperizados; química do solo; qualidade do solo.

## ABSTRACT

The morphological and chemical characteristics of Amapá soils are diverse due to the vast geographic extension of the region. Soils vary in texture, color, structure and chemical composition. Thus, the objective of this study was to evaluate the morphological and chemical attributes of soil profiles under conditions of natural vegetation (forest) and intercropping (açai x cassava), as well as to indicate sustainable management perspectives for the Amapá cerrado. To evaluate the morphology and classification of soil profiles, two trenches were opened semi-mechanizedly, one for A1: native vegetation area (forest) and the other for A2: intercropping area (açai x cassava). The morphological description of the soil profiles was carried out through the evaluation of their anatomical and environmental characteristics; and the physical and chemical attributes were determined with the purpose of classifying the soils up to the fourth categorical level. The areas had very deep, well-drained soils, friable when wet and hard to extremely hard when dry, with a color ranging from dark brown to strong brown in 10YR hues. The A horizon is of moderate type A, with a thickness of around 17 to 23 cm and the Bw horizon with a thickness of more than 200 cm. The soil in both areas showed high acidity and low levels of P, K<sup>+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, and zero values for the element Ca<sup>2+</sup>. The soil in both areas has a sandy surface layer, therefore, some practical management indications that can be adopted are the correction of acidity and nutritional deficiency in the soil, in addition to the incorporation and maintenance of organic matter in the soil, with the use of intercropped crops, mainly with forage legumes and pastures.

Keywords: Amazon; morphological analysis; weathered soils; soil chemistry; soil quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização da abertura das trincheiras.	23
Figura 2 - Áreas selecionadas para a condução do estudo. A1: Área de mata e A2: Área de consórcio (açai x mandioca).	25
Figura 3 - Descrição morfológica e classificação dos perfis de solo.	26
Figura 4 - Avaliação da textura do solo, em campo, utilizando o teste do Tato.	26
Figura 5 - Análise granulométrica do solo, em laboratório, utilizando o método da Pipeta.	27
Figura 6 - Coleta das amostras de terra para caracterização química das áreas.	27
Figura 7 - Avaliação do sistema radicular, em campo, utilizando o método de escavação e perfilagem dos perfis.	28
Figura 8 - Perfis de solo sob vegetação nativa (mata) (A1) e consórcio (açai x mandioca) (A2).	31
Figura 9 - Estruturas do solo das camadas dos perfis das áreas de mata (A1) e consórcio (A2).	32
Figura 10 - Cobertura do solo com restos vegetais na área sob vegetação nativa (mata) (A1) e na área de consórcio (açai x mandioca) (A2).	35
Figura 11 - Avaliação da distribuição do sistema radicular nos perfis de solo sob vegetação nativa (mata) (A1) e em consórcio (açai x mandioca) (A2).	41
Figura 12 - Avaliação do sistema radicular das plantas de Açai (A) e plantas de mandioca (B) cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico Típico.	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição morfológica dos perfis de solo sob área de vegetação nativa (mata) e área de consórcio (açai x mandioca).	30
Tabela 2 - Análise granulométrica dos perfis de solo sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca).	33
Tabela 3 - Atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrófico Típico sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca), nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade.	40

## LISTA DE SIGLAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
IFAP	Instituto Federal do Amapá
AP	Amapá
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
LA	Latossolo Amarelo
LVA	Latossolo Vermelho Amarelo
A1	Área de vegetação nativa (mata)
A2	Área de consórcio (açai x mandioca)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Morfologia do solo</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Atributos químicos do solo</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Manejo e sustentabilidade do solo</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização das áreas de estudo</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Histórico das áreas de estudo</b>	<b>24</b>
4.2.1	Área de floresta nativa (mata)	24
4.2.2	Área de Consórcio (açáí x mandioca)	24
<b>4.3</b>	<b>Caracterização morfológica dos perfis de solo</b>	<b>24</b>
<b>4.4</b>	<b>Caracterização textural dos perfis de solo</b>	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Caracterização química dos perfis de solo</b>	<b>27</b>
<b>4.6</b>	<b>Avaliação do sistema radicular</b>	<b>28</b>
<b>4.7</b>	<b>Análises estatísticas</b>	<b>28</b>
4.7.1	Caracterização morfológica	28
4.7.2	Caracterização química	28
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>Atributos morfológicos</b>	<b>29</b>
<b>5.2</b>	<b>Granulometria do solo</b>	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Atributos químicos</b>	<b>34</b>
5.3.1	pH em H <sub>2</sub> O	34
5.3.2	Matéria orgânica do solo	34
5.3.3	Fósforo (P)	35
5.3.4	Potássio (K <sup>+</sup> )	36
5.3.5	Cálcio e Magnésio (Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> )	37
5.3.6	Alumínio Trocável (Al <sup>3+</sup> )	37
5.3.7	Hidrogênio e Alumínio (H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> )	38

5.3.8	Soma de Bases (SB)	38
5.3.9	Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	39
5.3.10	Saturação por Bases (V%)	39
<b>5.4</b>	<b>Sistema radicular</b>	<b>41</b>
<b>5.5</b>	<b>Indicações de manejo do solo</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de fundamental importância para a manutenção da vida humana, sobretudo pelas várias funções que desempenha (Lepsch, 2021). Dessa forma, é um bem valioso, por isso o solo merece e deve ser preservado. Porém, é necessário o conhecimento adequado de suas propriedades, funções e potencialidades (Aquino *et al.*, 2015).

Os solos dominantes nos cerrados e floresta equatorial do estado do Amapá são os Latossolos Amarelo e Vermelho Amarelo (Rodrigues *et al.*, 2000). São solos altamente intemperizados e de baixa fertilidade; grande parte deles encontram-se degradados devido sua utilização inadequada, que provoca a perda da sua capacidade produtiva, principalmente devido a urbanização e atividades agrícolas, com a utilização de práticas de manejo inadequadas (Oliveira *et al.*, 2021; Lopes *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2000).

A heterogeneidade destes solos, bem como as condições dos ambientes amazônicos são fatores que impulsionam os estudos sobre o melhor uso e manejo deste recurso natural que é lentamente renovável. Além disso, é importante o conhecimento das características intrínsecas à sua gênese e aos fatores e processos que regulam o intemperismo do solo (Lepsch, 2021).

Nesse contexto, a caracterização morfológica do solo é uma importante ferramenta para subsidiar inferências sobre seu comportamento e entendimento (Aratani, 2021). É possível fazer a descrição morfológica de um solo em campo, por meio da abertura de trincheiras, onde ao identificar horizontes distintos, variações de textura, estrutura e coloração, é possível compreender a evolução do solo ao longo do tempo (Aquino *et al.*, 2015). Esse conhecimento é fundamental para estabelecer estratégias de manejo que se alinhem com as características específicas para cada classe de solo.

Por meio da análise dos horizontes pedogenéticos do solo, é possível inferir sobre sua capacidade de retenção de água, permeabilidade e composição química (Ribeiro; Oliveira e Araújo Filho, 2012). A caracterização destes horizontes fornece informações essenciais para a escolha das culturas mais adequadas para cada tipo de solo, maximizando a produtividade agrícola.

Ademais, a caracterização morfológica auxilia na prevenção da erosão, pois a identificação de camadas mais suscetíveis a esse fenômeno permite a implementação de medidas de conservação do solo (Santos *et al.*, 2015). Essas práticas incluem a adoção de sistemas de cultivo de cobertura, terraceamento e rotação de culturas, contribuindo para a estabilidade do solo e a preservação dos recursos naturais.

Além dos aspectos morfológicos, a caracterização química do solo desempenha um papel crucial na compreensão de sua fertilidade e na adoção de práticas de manejo sustentáveis (Pereira; Thomaz, 2015). A avaliação dos teores de nutrientes, incluindo nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, junto a análise do pH do solo, possibilita a implementação de práticas precisas de adubação e correção, garantindo a otimização da produtividade agrícola e a preservação da saúde do solo a longo prazo (Lepsch, 2021).

Compreende-se, portanto, que a caracterização química e morfológica do solo são ferramentas essenciais para o manejo eficiente e sustentável dos solos do estado do Amapá. Pois, ao compreender as características intrínsecas dos perfis de solo, é possível a tomada de decisão pela adoção de estratégias eficientes de manejo e conservação dos solos.

Vale ressaltar que esse conhecimento não apenas impulsiona a produtividade agrícola, mas também preserva a biodiversidade, protege os ecossistemas e garante a prosperidade a longo prazo dessa região tão valiosa (Cunha *et al.*, 2010).

Tendo em vista que o solo é o suporte de toda a produção vegetal, que por sua vez suporta a vida animal, e que conseqüentemente é imprescindível para as atividades agrícolas; se faz importante o aprofundamento sobre seu comportamento e suas interações com o meio ambiente, a fim de melhor conhecê-lo e identificá-lo para que sejam planejadas práticas de manejo que visem a melhoria dos seus atributos físicos, químicos e biológicos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar os atributos morfológicos e químicos de perfis de solo sob condição de vegetação natural (mata) e consórcio (açai x mandioca), bem como, indicar perspectivas de manejo sustentável para o cerrado amapaense.

### **2.2 Específicos**

- Abrir trincheiras e caracterizar a morfologia do solo por meio de sua descrição e coleta no campo;
- Determinar os atributos físicos para fins de classificação dos perfis de solo até o quarto nível categórico;
- Indicar possíveis manejos a partir das características observadas nos perfis de solo estudados;
- Avaliar a distribuição do sistema radicular dos perfis de solo.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Morfologia do solo

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partículas minerais, água e ar, formados por um processo contínuo de desagregação e decomposição das rochas que é influenciado pelos organismos sob a ação de fatores como, o clima e o tempo (Rodrigues, 2018; Santos, 2015; Pennock e Veldkamp, 2006).

Os processos pedogenéticos fornecem informações sobre as alterações e intensidade das transformações que acontecem nos solos, sendo moldados pela interação dos fatores de formação do solo. Esses processos têm a capacidade de imprimir características distintas aos solos, que podem ser observadas nos perfis e descritas em sua morfologia (Oliveira, 2011).

De acordo com o IBGE (2015), as características morfológicas permitem analisar a aptidão da terra, a habilidade do solo para sustentar o crescimento de plantas, o movimento de água e solutos no perfil do solo, bem como sua resistência à erosão.

A compreensão das características físicas do solo é essencial para compreender sua origem, propriedades morfológicas e para orientar práticas agrícolas (Gomes *et al.* 2004). Além disso, os atributos morfológicos indicam a qualidade do solo, sendo cruciais para avaliar sua sustentabilidade ambiental.

Essa qualidade está ligada à capacidade do solo de cumprir seu propósito, garantindo produtividade e preservação do ambiente. Quando esses fatores estão equilibrados, a produtividade vegetal e animal é otimizada. A caracterização morfológica também desempenha um papel vital na prevenção da degradação do solo, identificando camadas propensas à erosão e orientando a implementação de práticas de conservação, como cultivo de cobertura, terraceamento e rotação de culturas (Aquino *et al.*, 2015).

Além disso, a compreensão da morfologia do solo facilita a delimitação de zonas de manejo diferenciado, permitindo práticas de manejo mais precisas e a preservação dos recursos naturais (Lepsch, 2002).

Quando desenvolvido de forma adequada, o solo exhibe os principais horizontes (O, A e B) e um horizonte que inclui a alterita (C) (Lepsch, 2011). As camadas se diferenciam por suas composições químicas, texturas, cores, porosidade e teores de matéria orgânica e/ou mineral (Lepsch, 2002). As características externas do solo devem ser analisadas e descritas detalhadamente, pois fornecem uma visão integrada do solo na paisagem. A partir dessa

descrição, é possível adotar diferentes práticas de manejo de acordo com a aptidão agrícola (Santos *et al.*, 2015).

Fonseca *et al.* (2022), evidenciaram tais conceitos, caracterizando morfologicamente cinco perfis de solo ao longo de uma litossequência arenito-gnaisses em Manicoré, AM. Os resultados do estudo mostraram que os perfis 1 e 2, localizados na parte alta da paisagem, apresentaram solos pouco desenvolvidos, influenciados pelo arenito, com baixa profundidade e cores escuras devido à matéria orgânica.

O perfil 3, em área de cerrado baixo, exibiu cores claras e esbranquiçadas, relacionadas à presença de material alóctone. O perfil 4, no sopé de transporte, mostrou semelhanças com os perfis 1 e 2, enquanto o Perfil 5, em área de floresta, apresentou características diferentes, com cores amareladas e estrutura mais complexa.

Foi observado a partir deste estudo que a posição topográfica influenciou o desenvolvimento do perfil do solo, com solos localizados em áreas mais altas apresentando menor profundidade. A presença de cascalho e petroplintita foi observada em alguns perfis, afetando a estrutura do solo. A variação na granulometria e na presença de materiais não alterados ao longo da litossequência reflete a heterogeneidade do solo, influenciada pela natureza do material de origem e pelos processos de intemperização (Fonseca *et al.*, 2022).

Outro estudo, realizado por Medeiros *et al.*, (2015), cujo objetivo foi avaliar a morfologia de solos em diferentes sistemas de produção no lote de número 24 do PA Alegria – Marabá, PA. Foi observado que a análise morfológica dos perfis de solo nos agroecossistemas de Floresta Secundária (FS), Cultivo de Macaxeira (CM) e Área de Pastagem (AP) revelaram características distintas.

As texturas variaram entre argila arenosa em FS, franco arenosa em CM e argilosa em AP. As cores predominantes foram preto oliváceo em FS e preto brunado em CM e AP, com pequenas variações de croma.

Medeiros *et al.*, (2015) também observaram que a fertilidade do solo, avaliada pela presença de matéria orgânica humificada, foi mais significativa na área de Cultivo de mandioca (CM), evidenciada pelas cores preto brunado e cinza amarelado nas seções A e B, indicando uma profundidade de 29 cm. Esses solos foram considerados mais férteis em comparação aos demais agroecossistemas.

Esses resultados destacam a complexidade dos atributos morfológicos dos solos em ambientes tropicais, sublinhando a influência da vegetação, manejo da matéria orgânica e a alteração na cobertura vegetal original. O cultivo de mandioca demonstrou maior incorporação de nutrientes em profundidade, evidenciada pelas características de cor do solo. Essas

observações ressaltam a importância da análise detalhada dos atributos morfológicos para compreender a dinâmica dos solos em diferentes agroecossistemas (Medeiros *et al.*, 2015).

Durante a pesquisa conduzida por Rodrigues *et al.*, (2000) na área experimental de cerrado, no estado do Amapá, concluíram que os solos mapeados são profundos a muito profundos, bem drenados e de baixa fertilidade natural. Os Latossolos predominam, abrangendo 61,30% da extensão do campo experimental. Contudo, somente 625 ha apresentaram condições propícias para atividades agrícolas intensivas, enquanto, os restantes 48,15% das terras da área foram identificadas como inadequadas para o uso agrícola.

Nesse sentido, os solos do estado do Amapá, conhecido por sua diversidade e relevância, a caracterização morfológica assume papel fundamental. Os Latossolos Amarelo e Vermelho Amarelo dominam a região, mas suas características variam amplamente (Rodrigues *et al.* 2000). A análise de perfis de solo permite determinar sua capacidade de retenção de água, permeabilidade e composição química, aspectos essenciais para a escolha de culturas e otimização da produtividade agrícola (Rodrigues *et al.* 2000).

Além disso, a compreensão da morfologia do solo facilita a delimitação de zonas de manejo, permitindo práticas de manejo mais precisas, bem como a preservação dos recursos naturais (Lepsch, 2022).

### **3.2 Atributos químicos do solo**

A caracterização química do solo abrange uma análise mais ampla de sua composição. Essa análise desempenha um papel fundamental na avaliação da fertilidade do solo e em sua capacidade de sustentar o crescimento das plantas (Melém Júnior *et al.*, 2006).

Compreender a composição química do solo é crucial para a formulação de estratégias de adubação, correção de acidez, manejo de nutrientes e uso eficiente de fertilizantes, garantindo não apenas a produtividade agrícola, mas também a preservação do meio ambiente (Alvarez *et al.*, 2000; Donagema *et al.*, 2017; Marschner, 2012).

Para realizar a caracterização química do solo, é necessário coletar amostras representativas de diferentes profundidades e locais na área em estudo. Essas amostras são então analisadas em laboratório utilizando técnicas específicas para determinar os teores de nutrientes, pH, capacidade de troca catiônica, teores de matéria orgânica e a presença de elementos potencialmente prejudiciais (Embrapa, 2009; Raij *et al.*, 2001). A interpretação criteriosa dos resultados deve considerar as necessidades específicas das culturas a serem cultivadas, bem como as práticas de manejo sustentável do solo.

Costa *et al.* (2014), realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar as características químicas de solos amazônicos em diferentes sistemas de uso do solo no Estado do Pará. Para tal, foram obtidas 30 amostras aleatórias em cada área de estudo (várzea, capoeira e capoeira em transição para várzea), abrangendo uma ampla gama de características químicas.

Os resultados obtidos demonstraram que todos os solos estudados exibiram uma acidez acentuada. Em relação à umidade, destaca-se que o solo de várzea apresentou o valor mais elevado. No que diz respeito aos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , os solos de várzea também se destacaram com os valores mais elevados.

Ao comparar os solos estudados, notou-se que o solo de várzea exibiu maior acidez, teores mais elevados de alumínio trocável, magnésio e umidade em comparação às outras coberturas. Entretanto, em termos de quantidade de cálcio, o solo da área de capoeira em transição para várzea apresentou o maior valor, seguido pela área de várzea e pela capoeira (Costa *et al.*, 2014).

Ao caracterizar quimicamente os solos da Colônia Agrícola do Apiaú - RR, Melo *et al.* (2006) identificaram distintos perfis nas áreas estudadas, incluindo pastagens, cultivo de banana e milho, mata queimada e não queimada.

A análise comparativa revelou que a área cultivada com banana apresentou os maiores teores de cátions trocáveis e fósforo disponível no horizonte superficial. Essa condição foi atribuída à mineralização dos restos culturais, influenciada pela ação do fogo e pela maior proximidade de afloramentos de rocha.

Por outro lado, os Argissolos demonstraram extrema pobreza química, refletindo na qualidade precária da pastagem degradada. Além disso, os baixos teores totais de zinco (Zn), cobre (Cu) e magnésio (Mg) indicaram reservas limitadas desses elementos, sugerindo a possibilidade de deficiência nutricional no solo.

Portanto, observa-se que a caracterização química oferece informações fundamentais para a indicação de práticas de manejo adequadas. Pois, compreender as características químicas do solo permite o ajuste das práticas de fertilização e de correção do pH, garantindo a disponibilidade adequada de nutrientes para as plantas e, conseqüentemente, a maximização da produtividade agrícola (Lopes *et al.*, 2017).

### **3.3 Manejo e sustentabilidade do solo**

O manejo adequado do solo é um pilar fundamental para as práticas agrícolas sustentáveis, visando garantir a saúde do ecossistema e a diversidade agrícola. A adoção de

técnicas como consórcio, rotação de culturas e cobertura vegetal desempenha um papel crucial na preservação da estrutura do solo e na promoção da biodiversidade (Aquino *et al.*, 2015)

Assim, a implementação de práticas de manejo sustentável não apenas maximiza a produtividade agrícola, mas também contribui para a mitigação dos impactos ambientais (Ferreira; Wendland; Didonet, 2011). Assim, a utilização responsável de fertilizantes, aliada à prática de agricultura de conservação, minimiza a degradação do solo, preservando sua fertilidade natural.

Nesse contexto, os solos do cerrado amapaense, singular em sua biodiversidade e importância para o equilíbrio ambiental, demanda estratégias de manejo e sustentabilidade que respeitem e preservem suas características únicas.

No âmbito do manejo dessa região, é crucial considerar práticas que minimizem a degradação do solo característico desse bioma. A implementação de cultivos diversificados com gramíneas e leguminosas específicos para a região pode contribuir para a manutenção da fertilidade do solo, evitando processos erosivos e perdas irreparáveis dos recursos naturais (Aquino *et al.*, 2015).

Silva *et al.* (2021) conduziram uma pesquisa exploratória com o objetivo de avaliar o impacto positivo no solo e nas culturas comerciais no cerrado ao utilizar plantas de cobertura, tanto de forma isolada quanto em mix. Os autores observaram que o cerrado abriga uma diversidade significativas de espécies, principalmente entre gramíneas e leguminosas, capazes de proporcionar diferentes benefícios ao solo e as culturas.

Outro estudo em condição do bioma cerrado, foi realizado por Costa; Carvalho e Lopes (2022) especificamente no estado da Bahia, com foco na avaliação de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijão, seguindo o cultivo de plantas de cobertura (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbes* e pousio) em solos arenosos.

Os resultados indicaram que o uso de *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria decumbes* como plantas de cobertura promoveu um aumento significativo na altura das plantas de feijão, alcançando 36% e 26% respectivamente. Além disso, observaram que o emprego das Brachiarias como cobertura do solo resultou em uma redução na necessidade de adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro.

Dada a diversidade dos solos do estado do Amapá, a adoção de práticas de exploração sustentável é fundamental para a manter a produtividade do solo a longo prazo (Lopes *et al.*, 2017). Em suma, o consórcio com gramíneas e leguminosas revela-se uma estratégia eficaz na mitigação dos impactos ao solo no bioma cerrado. Essa prática não apenas propicia benefícios agrônômicos, como a melhoria da fertilidade do solo e a redução da erosão, mas também

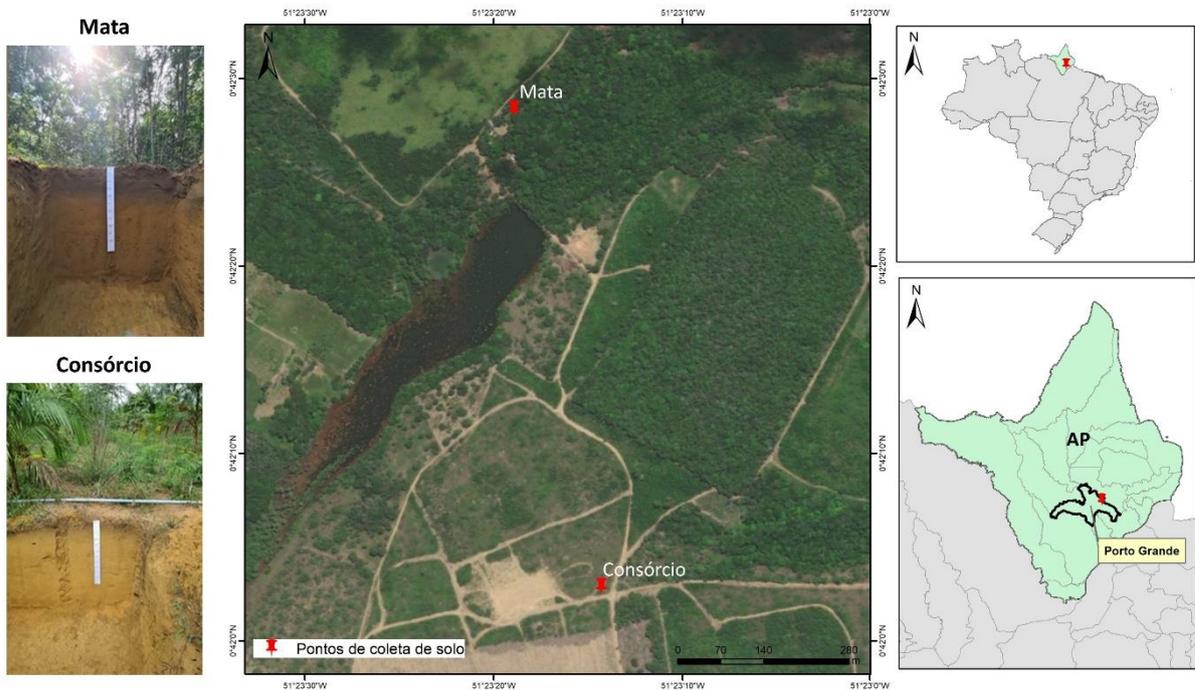
desempenha um papel vital na preservação dos recursos naturais (Ferreira; Wendland; Didonet, 2011).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização das áreas de estudo

O experimento foi conduzido em duas áreas da Fazenda Experimental do Instituto Federal do Amapá (IFAP), *Campus* Agrícola Porto Grande, no período de janeiro/2023 a dezembro/2023. As áreas de estudo foram: A1 - Perfil de solo sob vegetação nativa (mata) ( $00^{\circ}41'43.3''$  N latitude e  $051^{\circ}23'04.6''$  W longitude), com altitude média de 51 m; e A2 - Perfil de solo sob consórcio (açai x mandioca) ( $00^{\circ}41.721'$  N latitude e  $051^{\circ}23.077''$  W longitude), com altitude média de 56 m (Figura 1).

Figura 1 – Mapa da localização da abertura das trincheiras.



Fonte: Autora (2023).

A região apresenta um clima tropical úmido, classificado como Am segundo a classificação de Köppen. Destaca-se pela existência de duas estações bem definidas, apresentando período de seca acentuada entre os meses de agosto a novembro, seguida por

precipitações concentradas de dezembro a julho, totalizando uma média mensal de cerca de 400 mm e temperatura média anual de 27 °C (Alvares *et al.*, 2013).

## **4.2 Histórico das áreas de estudo**

### **4.2.1 Área de floresta nativa (mata)**

O perfil da área de floresta nativa (mata), encontra-se numa região de transição de floresta para cerrado, caracterizada pela diversidade de vegetação arbórea. A área de mata apresenta uma região com árvores imponentes e densas, enquanto na região transicional é possível observar vegetação de menor porte, troncos mais finos e folhagens menos densa. A área de cerrado próxima a abertura da trincheira, possui produção de *Brachiaria* para a alimentação dos animais da instituição, enquanto as demais áreas apresentam vegetação típica do cerrado amapaense.

### **4.2.2 Área de consórcio (açáí x mandioca)**

O plantio de consórcio (açáí x mandioca), foi estabelecido em uma área de capoeira, onde foi realizada a supressão da vegetação natural e preparo do solo com a utilização de grade aradora, para romper e suavizar o solo. Posteriormente foi realizado o manejo de correção do solo com aplicação de calcário e adubação com sulfato de amônio, superfosfato triplo, cloreto de potássio e FTE BR 12. No primeiro ano foi realizada a implantação do sistema de consórcio da cultura do açáí com milho e no ano seguinte após a colheita da gramínea, foi adotado o plantio da mandioca nas entrelinhas.

## **4.3 Caracterização morfológica dos perfis de solo**

A caracterização morfológica foi realizada por meio da descrição de perfis e coleta de solo da área de mata e da área de consórcio (açáí x mandioca), ambas escolhidas com o objetivo de contemplar a diversidade do ambiente. Em cada área foi aberta uma trincheira perfazendo um total de dois perfis (Figura 2).

Figura 2 - Áreas selecionadas para a condução do estudo. A1: Área de mata e A2: Área de consórcio (açai x mandioca).



Fonte: Autora (2023).

As trincheiras com as dimensões de 1,5 m de comprimento por 1,2 m de largura e 2,0 m de profundidade foram abertas com o auxílio de alavanca, cavadeira e pá reta. As seções dos perfis foram identificadas, medidas com trena e separadas em folhas de papel A4.

Os horizontes pedogenéticos dos perfis de solo foram separados com base na apresentação da sua coloração. Também foram analisadas e descritas características intrínsecas ao solo, tais como: espessura e transição entre horizontes, textura, estrutura, consistência, cerosidade e presença ou ausência de nódulos e concreções minerais (Figura 3).

Aliados aos atributos morfológicos internos (anatômicos), também foram considerados os atributos morfológicos externos (ambientais), como por exemplo, localização, relevo, vegetação, drenagem, erosão, pedregosidade, rochosidade e uso atual, de forma a auxiliar nas conclusões dos resultados obtidos com a caracterização morfológica e classificação dos perfis de solo, conforme metodologia descrita por Santos *et al.* (2015) e Santos *et al.* (2013), respectivamente.

Figura 3 - Descrição morfológica e classificação dos perfis de solo.



Fonte: Autora (2023).

#### 4.4 Caracterização textural dos perfis de solo

A textura do solo foi determinada de duas formas: em campo, pelo teste do “Tato”, que baseia-se na sensação que o solo molhado e amassado oferece ao tato, sendo um teste prático e qualitativo pois indica apenas a predominância da fração granulométrica em uma amostra de solo (Santos *et al.*, 2015) (Figura 4); e em laboratório por meio da análise granulométrica utilizando o método da “Pipeta”, que consiste na dispersão química e mecânica dos constituintes do solo (areia, silte e argila) e separação por peneiramento e sedimentação, conforme metodologia descrita por Claessen (1997) (Figura 5).

Figura 4 – Avaliação da textura do solo, em campo, utilizando o teste do Tato.



Fonte: Autora (2023).

Figura 5 - Análise granulométrica do solo, em laboratório, utilizando o método da Pipeta.



Fonte: Autores (2023).

#### 4.5 Caracterização química dos perfis de solo

Neste estudo, além da descrição morfológica em campo, também foram realizadas análises laboratoriais dos atributos químicos, de modo que o solo foi classificado até o quarto nível categórico, conforme Santos *et al.* (2015).

Na caracterização química do solo dos perfis das áreas estudadas, as amostras de solo foram coletadas nos quatro vértices de cada trincheira, sendo adotadas as camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, com quatro repetições, sendo 16 coletas por perfil, totalizando 32 amostras (Figura 6). Posteriormente foram encaminhadas ao laboratório e determinados os atributos: pH, MO, P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  e calculados: SB, CTC, V% e m% segundo metodologia descrita por Raij *et al.* (2001).

Figura 6 - Coleta das amostras de terra para caracterização química das áreas.



Fonte: Autora (2023).

## 4.6 Avaliação do sistema radicular

A avaliação do sistema radicular foi realizada através do método de perfilagem da trincheira, onde consistiu na escavação do perfil para revelar a estrutura e profundidade das raízes (Figura 7), além da especificação do tipo do sistema radicular (fascicular, pivotante e/ou tuberosa), conforme metodologia descrita por Santos *et al.* (2015).

Figura 7 – Avaliação do sistema radicular, em campo, utilizando o método de escavação e perfilagem dos perfis.



Fonte: Autora (2023).

## 4.7 Análises estatísticas

### 4.7.1 Caracterização morfológica

Os resultados da caracterização morfológica foram obtidos para cada seção (cinco) dos perfis de solo e posteriormente sistematizados por meio de análise descritiva (qualitativa) e apresentados e discutidos, em forma de tabelas.

### 4.7.2 Caracterização química

Os resultados da caracterização química dos perfis de solo foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos atributos químicos comparadas pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), através do programa estatístico AgroEstat (Barbosa; Maldonado Júnior, 2009).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Atributos morfológicos**

Os solos avaliados foram descritos em uma sequência de horizontes/camadas A1, A2, BA, B1 e B2. As áreas de estudo são planas a levemente onduladas, onde apresentaram solos muito profundos e bem drenados (Matos *et al.*, 2012).

O horizonte A é do tipo A moderado, com espessura em torno de 15 a 23 cm e o horizonte B latossólico (Bw) com espessura superior a 200 cm, característico do bioma amazônico (Rodrigues *et al.*, 2000).

O Perfil A1 corresponde a área de mata e o Perfil A2 a área de consórcio (açai x mandioca) (Tabela 1 e Figura 8).

Tabela 1 - Descrição morfológica dos perfis de solo sob área de vegetação nativa (mata) e área de consórcio (açai x mandioca).

Horizonte	Camada (cm)	Transição	Cor	Textura	Estrutura	Cerosidade	Consistência			Nódulos e concreções
							Seco	Úmido	Molhado	
Área de vegetação nativa (mata)										
A1	0 - 15	Plana	10YR 4/2	Arenosa	Granular	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
A2	15 - 35	Plana	2,5Y 3/3	Arenosa	Granular	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
BA	35 - 45	Irregular	2,5Y 5/6	Arenosa	Blocos angulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
B1	45 - 70	Plana	2,5Y 5/6	Arenosa	Blocos angulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
B2	70 - 160	Plana	2,5Y 6/8	Arenosa	Blocos Subangulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
Área de consórcio (açai x mandioca)										
A1	0 - 15	Plana	10YR 4/2	Média	Granular	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
A2	15 - 30	Irregular	2,5Y 5/6	Arenosa	Granular	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa	Ausente
BA	30 - 50	Irregular	2,5Y 6/6	Arenosa	Blocos angulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Não plástica e não pegajosa	Ausente
B1	50 - 75	Plana	2,5Y 7/6	Arenosa	Blocos angulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Não plástica e não pegajosa	Ausente
B2	75 - 160	Plana	10YR 6/6	Arenosa	Blocos angulares	Fraca e pouco comum	Solta	Friável	Não plástica e não pegajosa	Ausente

Fonte: Autora (2023).

Figura 8 - Perfis de solo sob vegetação nativa (mata) (A1) e consórcio (açai x mandioca) (A2).



Fonte: Autora (2023).

Os solos apresentaram coloração variando de bruno escuro a bruno forte nos matizes 10YR. De acordo com Moraes; Pissarra e Reis (2012); Sanches *et al.* (2009), ao desenvolverem pesquisas em diferentes sistemas de produção, encontraram altas concentrações de restos vegetais, sob o sistema de mata nativa.

Sanches *et al.* (2009) ainda apontam que as florestas tropicais abrigam uma diversificada comunidade de espécies vegetais, resultando em uma composição heterogênea na camada da serapilheira. Nesse sentido, a alta diversidade pode ter contribuído para a coloração mais escura encontrada na camada mais superficial do solo, uma vez que ocorre uma forte interação microbiana, atuando na decomposição e transformação desses resíduos.

Em contrapartida, as camadas subsuperficiais apresentaram matizes mais amarelado, proveniente da presença de óxidos de ferro do tipo goethita, presente na rocha que deu origem aos solos dessa região (Lopes *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2000). A transição entre os horizontes foi do tipo plana e irregular para os dois perfis, ocorrendo variações ao longo dos perfis.

Quanto a cerosidade o comportamento das amostras apresentou-se fraca e pouco comum. Resultado similar foi encontrado por Miranda *et al.* (2020), que também verificaram cerosidade fraca e pouco comum ao estudarem as características de Latossolos Amarelos no estado do Pará. Os mesmos autores ainda corroboram para os resultados de diversos atributos analisados nesse estudo nas diferentes camadas.

Os dois perfis apresentaram textura arenosa e estrutura do tipo granular nas camadas superficiais e blocos angulares e subangulares nas camadas mais profundas do solo. Em estudos realizados por Couto *et al.* (2016) e Schiavo *et al.* (2010) em solos da ordem dos Latossolos, encontraram para o atributo estrutura do tipo granular nas camadas mais superficiais e blocos angulares e subangulares nas camadas mais subsuperficiais do solo. Esses resultados corroboram com os dispostos, na Tabela 1.

A consistência foi modificada conforme a adição de água nas amostras analisadas, apresentando-se solta quando seca, friável quando úmida e plástica a ligeiramente plástica quando molhada (Miranda *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2000) (Tabela 1).

Figura 9 - Estrutura do solo das camadas dos perfis das áreas de mata (A1) e consórcio (A2).



Fonte: Autora (2023).

## 5.2 Granulometria do solo

As análises granulométricas realizadas em laboratório, seguindo procedimentos padronizados apresentaram maiores valores da fração areia (721,00; 720,50; 735,00 e 688,50 g/Kg) em todas as camadas avaliadas no perfil da área de vegetação nativa (mata), sendo observado também um aumento da argila (286,10 g/Kg) e diminuição da fração silte (25,40 g/Kg) na camada de 40-60 cm (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise granulométrica dos perfis de solo sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca).

Camada cm	Argila	Areia grossa	Areia fina	Silte	Classificação Textural SBCS
	----- g/kg -----				
Área de mata					
0–10	237,90	693,00	28,00	41,10	Franco-argiloarenosa
10–20	244,10	704,00	16,50	35,40	Franco-argiloarenosa
20–40	233,90	611,50	123,50	31,10	Franco-argiloarenosa
40–60	286,10	596,00	92,50	25,40	Franco-argiloarenosa
Consórcio: açai x mandioca					
0–10	188,10	501,00	197,00	113,90	Franco-arenosa
10–20	205,60	473,00	183,50	137,90	Franco-argiloarenosa
20–40	280,90	434,50	214,00	70,60	Franco-argiloarenosa
40-60	354,90	427,00	207,50	10,60	Argiloarenosa

Fonte: Autora (2023).

O solo da área de mata nativa foi classificado com textura franco-argiloarenosa, estando em consonância com as características dos solos da ordem dos Latossolos, de grande dominância na região Amazônica (Miranda *et al.*, 2020).

A relação silte/argila para as camadas definidas foi de 0,2; 0,1; 0,1 e 0,09 respectivamente. Neste caso foi observado que com o aumento da profundidade ocorreu a redução da relação silte e argila, logo podemos inferir que isto se deve ao fato de os Latossolos serem solos altamente intemperizados. Oliveira *et al.* (2021), ao estudarem as frações granulométricas de Latossolos e Argissolos encontraram resultados de relação silte e argila, semelhantes.

No perfil da área de consórcio (açai x mandioca) as proporções de areia também foram maiores em relação as concentrações de silte e argila. Evidenciando altas concentrações da fração areia fina quando comparada aos valores do perfil do solo da área sob vegetação nativa (mata). A alta proporção de areia nos dois sistemas de uso do solo configura um ambiente com baixa capacidade de reter água, característico de solos da ordem dos Latossolos, dominante nas áreas de estudo (Rodrigues *et al.*, 2000).

Sousa *et al.* (2023) ao investigarem a granulometria de perfis em diferentes sistemas de uso do solo, constataram que a presença de textura arenosa na camada superficial dos solos, especialmente em áreas sob práticas agrícolas e pastagem, corroboram para a ocorrência do fenômeno da erosão. Esse processo conduz a perda progressiva da fração coloidal inorgânica e a acumulação das frações granulométricas mais grosseiras.

### 5.3 Atributos químicos

#### 5.3.1 pH em H<sub>2</sub>O

Analisando os resultados das duas áreas estudadas para o atributo pH em H<sub>2</sub>O, observou-se que a área sob vegetação nativa (mata) apresentou valores relativamente baixos (4,45; 4,29; 4,28 e 4,27), quando comparados às profundidades equivalentes ao sistema de uso do solo com consórcio (açai x mandioca) (Tabela 3). É importante ressaltar que, em ambas as áreas, os resultados indicam acidez do solo. Reis *et al.* (2009) relatam que os elevados teores de pH no solo podem estar diretamente ligados as perdas de cátions trocáveis e consequente ocupação por cargas H<sup>+</sup>.

Silva *et al.* (2022) apontam que os solos amazônicos apresentam elevada acidez e alta saturação por alumínio trocável, o que reflete na acidez destes solos, característico dessa região. Em estudos realizados por Campos *et al.* (2012) e Mantovanelli *et al.* (2016) na região sul do Amazonas relataram que é comum encontrar solos com pH abaixo de 5,0. E que essa acidez do solo é uma característica significativa que pode desempenhar um papel crucial nas dinâmicas ecológicas e agrícolas (Reis *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2000).

Essa observação ressalta a importância do pH entre 6,0 e 6,5 nas camadas mais próximas da superfície, pois valores baixos de pH podem ter implicações significativas na disponibilidade de nutrientes, na saúde das plantas e em outros processos do ecossistema (Santos *et al.*, 2021).

#### 5.3.2 Matéria orgânica do solo

Conforme os resultados obtidos, é possível observar, que os teores mais elevados de matéria orgânica (16,95 g/kg) estão nas camadas de 0-10 cm para o sistema de uso do solo sob vegetação nativa (mata) e de 10-20 cm na área de consórcio (açai x mandioca), com valores de (33,11 g/kg). Estudos realizados por Freitas *et al.* (2018) e Machado *et al.* (2014) corroboram com os resultados expostos na Tabela 3.

Esta observação ressalta as diferenças na distribuição e dinâmica da matéria orgânica do solo, nos perfis das duas áreas estudadas. Para Nanzer (2019), os sistemas de manejo do solo têm a capacidade de influenciar os teores de carbono orgânico, podendo resultar em estabilidade, aumento ou redução desses estoques em comparação com as áreas que não sofrem intervenção humana.

Ainda de acordo com Machado *et al.* (2014) a alta concentração de material orgânico encontrados na área sob vegetação nativa (mata), pode estar diretamente relacionada as constantes deposições de restos vegetais como galhos e folhas, que contribuem com a formação da serapilheira, bastante comum nesses ambientes naturais (Freitas *et al.*, 2020; Morais; Pissarra e Reis, 2012; Sanches *et al.*, 2009) (Figura 10).

Figura 10 - Cobertura do solo com restos vegetais na área sob vegetação nativa (mata) (A1) e na área de consórcio (açai x mandioca) (A2).



Fonte: Autora (2023).

### 5.3.3 Fósforo (P)

Os teores de P no solo das duas áreas estudadas não apresentaram diferenças significativas quando se avaliaram os diferentes sistemas, nas mesmas profundidades de 10-20, 20-40 e 40-60 cm. No entanto, uma observação importante é que quando se avaliou os sistemas separadamente, notou-se que o fósforo apresentou maior valor ( $1,96 \text{ mg/dm}^3$ ) na camada de 0-10 cm sob vegetação nativa (mata), enquanto na área de consórcio, os teores de P foram significativos ( $p < 0,05$ ) em todas as camadas avaliadas no perfil (Tabela 3). Esse comportamento pode ser atribuído ao manejo de adubação com fontes de fósforo adotado antes da implantação do consórcio (açai x mandioca), correspondente à A2.

Os resultados para os teores de P reforçam a importância que a adoção de práticas de conservação tem, nas variações de P para solos sob esta condição. De acordo com Malavolta (2006), o fósforo é sensivelmente influenciado pela variação do pH do solo. Segundo o mesmo

autor, este elemento atinge sua máxima solubilidade em torno de um pH de 5,5 – 6,0. À medida que o pH do solo diminui e atinge valores inferiores a 5,0 o fósforo tende a se tornar insolúvel na forma de fosfato de ferro e alumínio, em um processo conhecido como adsorção específica.

Já para área sob vegetação nativa (mata) foi observado baixos valores de P disponível, que pode ser explicado pela elevada acidez e intemperização dos solos da Amazônia. Santos *et al.* (2022) estudando a relação do P no solo com a serapilheira proveniente de uma floresta de terra firme na Amazônia central observaram que as concentrações de P no solo apresentaram comportamento diferente em relação ao tipo de solo, com variação do valor de P ao longo de cinco meses, sendo menor no Espodosolo (27,79 mg Kg<sup>-1</sup>), intermediário no Argissolo (105,25 mg Kg<sup>-1</sup>) e maior no Latossolo (152,04 mg Kg<sup>-1</sup>).

Em estudo realizado por Vinha *et al.* (2021) sobre a adsorção de P em solos de regiões tropicais relataram que devido a estabilidade da capacidade máxima de adsorção, os Latossolos Vermelho-Amarelo apresentam maior capacidade de adsorção de P em comparação com os Neossolos Quartzarênico.

Os resultados dos teores de P disponível no solo sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca) foram baixos, corroborando com Santos *et al.* (2022) que afirmam que os baixos teores de P nos solos amazônicos estão diretamente ligados ao ambiente e ao mecanismo de conservação, através da fixação deste elemento nos colóides do solo.

Em solos tropicais, que tem a característica de elevada intemperização, o fosfato orgânico representa uma elevada fonte de fósforo para as plantas, variando de 15 a 18% do total, este fosfato tem origem de resíduos orgânicos ou restos vegetais presentes no solo, tais como a biomassa microbiana e da decomposição de materiais vegetais ou animais, que são reciclados na forma orgânica e que deixam disponíveis para serem absorvidos pelas plantas (Pinto *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2016).

#### 5.3.4 Potássio (K<sup>+</sup>)

Os teores de K apresentaram variação nas camadas estudadas para as áreas sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca). Não houve diferença significativa nas profundidades de 10-20, 20-40 e 40-60 cm para ambas as áreas. Entretanto, é importante ressaltar que os maiores valores (0,022; 0,017 e 0,02 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) foram encontrados na área sob vegetação nativa (mata) (Tabela 3).

No geral, os resultados deste estudo indicam que os teores de K encontrados no solo, foram baixos. Santos; Lima e Santos (2012) ao desenvolverem pesquisa em área de floresta

nativa e com cultivo de subsistência no estado do Amazonas também constataram baixos teores de K nos solos. De acordo com a literatura, os baixos valores de potássio no solo podem estar relacionados à fácil perda desse elemento pelo processo de lixiviação, que é recorrente nos ambientes com altos índices pluviométricos (Moline; Coutinho, 2015; Matos *et al.*, 2012).

### 5.3.5 Cálcio e Magnésio ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ )

Nas áreas de estudo, não foram detectado o teor isolado de Ca (Tabela 3). Paula (2021) ao realizar estudos no Alto Solimões/Amazonas encontrou valores nulos para  $\text{Ca}^{2+}$ . Além disso, Santos *et al.* (2012) ao analisarem diferentes áreas, notaram que, em todos os perfis examinados, os teores de Mg superaram os valores de Ca.

Nesse contexto, os valores expressos na Tabela 3, equivalem as médias determinadas para o Mg, onde este elemento não apresentou diferença significativa para as camadas de 10-20 e 20-40 cm. Baixos teores de Mg encontrados em pesquisa realizada por Miranda *et al.* (2020) no nordeste paraense, corroboram com os resultados encontrados nesse estudo, em relação ao Mg no solo.

Os baixos valores de Ca e Mg nas áreas de estudo sugerem a adoção de práticas de manejo que visem a adição, no solo, desses elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas.

Para Praça (2022) a acidificação do solo é um fator crucial que contribui para a degradação química em regiões temperadas e tropicais. Além disso, o mesmo autor, complementa que a prática da calagem desempenha um papel fundamental na redução da toxicidade de alumínio, na melhoria das condições para o crescimento das raízes e principalmente na reposição de Ca e Mg no solo.

### 5.3.6 Alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ )

Os resultados obtidos indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) nos teores de alumínio trocável entre as áreas estudadas, para as diferentes profundidades. Os teores de Al disponível foram mais elevados nas diferentes camadas do solo sob vegetação nativa (mata) (Tabela 3). Segundo Sobral *et al.* (2015) a presença de alumínio no solo pode ter um impacto negativo no desenvolvimento das raízes, bem como, na disponibilidade de nutrientes para as plantas, além disso, também afeta o processo de decomposição da matéria orgânica no solo.

Por outro lado, os valores mais baixos de Al encontrados na área de consórcio (açai x mandioca) podem trazer benéficos para o cultivo destas culturas, uma vez que teores elevados de Al podem ser tóxicos para a maioria das culturas (Miguel *et al.*, 2010). No entanto, a disponibilidade de outros nutrientes, como Ca e Mg, também devem ser considerados dentro dos sistemas estudados.

### 5.3.7 Hidrogênio e Alumínio ( $H^+$ + $Al^{3+}$ )

Os teores de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  foram observados com o aumento da profundidade do perfil, chegando a valores de  $5,57 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ , na camada de 0-10 cm, na área de vegetação nativa (mata) (Tabela 3). Assim, a relação dos baixos teores de pH e altos teores de  $H^+$  +  $Al^{3+}$  em solos amazônicos, juntamente com a elevada precipitação pluvial, cria condições propícias para a acumulação de matéria orgânica e, como resultado, pode levar à acidificação do solo (Caldeira *et al.*, 2023; Oliveira; Velani, 2019).

Em contrapartida, na área de consórcio (açai x mandioca) foi observado relação diferente entre pH e  $H^+$  +  $Al^{3+}$ , os valores diminuíram para a combinação dos elementos considerados altamente tóxicos ao desenvolvimento pleno das culturas. A adoção da calagem anteriormente praticada na área de uso do solo sob consórcio pode ter contribuído para os menores teores de hidrogênio e alumínio na área.

### 5.3.8 Soma de Bases (SB)

Os valores para soma de bases foram considerados baixos para o perfil de solo, das duas áreas estudadas (Tabela 3). Este resultado, corrobora com diversos autores que apontam em estudos realizados na região Amazônica, que os solos são naturalmente ácidos e empobrecidos, ou seja, com baixa fertilidade (Lopes *et al.*, 2017; Melém Junior *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2000, Valente *et al.*, 1998).

O material de origem, aliado aos processos de formação e a dinâmica de transformação desses ambientes resultam em solos de textura arenosa, profundos e bem drenados, o que favorece a lixiviação das bases trocáveis do solo, como: potássio, cálcio e magnésio limitando o crescimento e desenvolvimento das culturas, além de redução da produtividade devido à baixa capacidade produtiva do solo (Cunha *et al.*, 2007).

### 5.3.9 Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A capacidade de troca de cátions (CTC) do solo apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ), com maiores valores para área sob vegetação nativa (mata). No entanto, nota-se que a maior parte da CTC está ocupada por íons de hidrogênio ( $H^+$ ) e alumínio ( $Al^{3+}$ ), o que não é um indicador positivo da qualidade desses solos (Tabela 3 e Figura 8).

Para Rodrigues *et al.* (2005), os solos amazônicos apresentam baixa fertilidade devido à reduzida CTC, resultando em reservas insuficientes de nutrientes para as plantas caracterizadas pelos baixos teores de soma de bases e elevados teores de alumínio trocável no solo.

Ronquin (2010) destaca que a qualidade do solo para a nutrição das plantas depende da ocupação adequada da CTC, tanto efetiva quanto potencial, pelos cátions essenciais, como cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e potássio ( $K^+$ ). Além disso, Pereira e Thomaz (2015) apontam que quando a CTC é predominantemente ocupada por cátions potencialmente tóxicos, como  $H^+$  +  $Al^{3+}$ , o solo apresenta sérias limitações para o desenvolvimento agrícola.

### 5.3.10 Saturação por Bases (V%)

A variação da saturação por bases (V%) foi de 3,5 a 11,5%, no perfil de solo sob vegetação nativa (mata) e de 12 a 24%, no perfil de solo sob consórcio (açai x mandioca) (Tabela 3). Melém Junior *et al.* (2006), ao desenvolverem estudos com caracterização química nos dezesseis municípios do estado do Amapá, em uma escala de dez anos, verificaram que os solos amapaenses de forma geral são ácidos e de baixa fertilidade, sendo necessário realizar a sua avaliação para detectar o grau de capacidade para o desenvolvimento agrícola.

Nesse contexto, as duas áreas apresentaram saturação por bases inferior à ( $V < 50\%$ ), o que classifica esses solos com caráter distrófico, sugerindo uma fertilidade reduzida (EMBRAPA, 2010; Silva, *et al.*, 2022). A baixa saturação por bases e a alta saturação por alumínio (m%) é influenciada pela acidez do solo (Wendling, 2012), e agravada por altos teores de alumínio e CTC no solo, que favorecem de maneira significativa a ocorrência dos processos de lixiviação dos cátions essenciais nos solos dessa região (Rodrigues *et al.*, 2000).

Tabela 3 - Atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrófico Típico sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca), nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade.

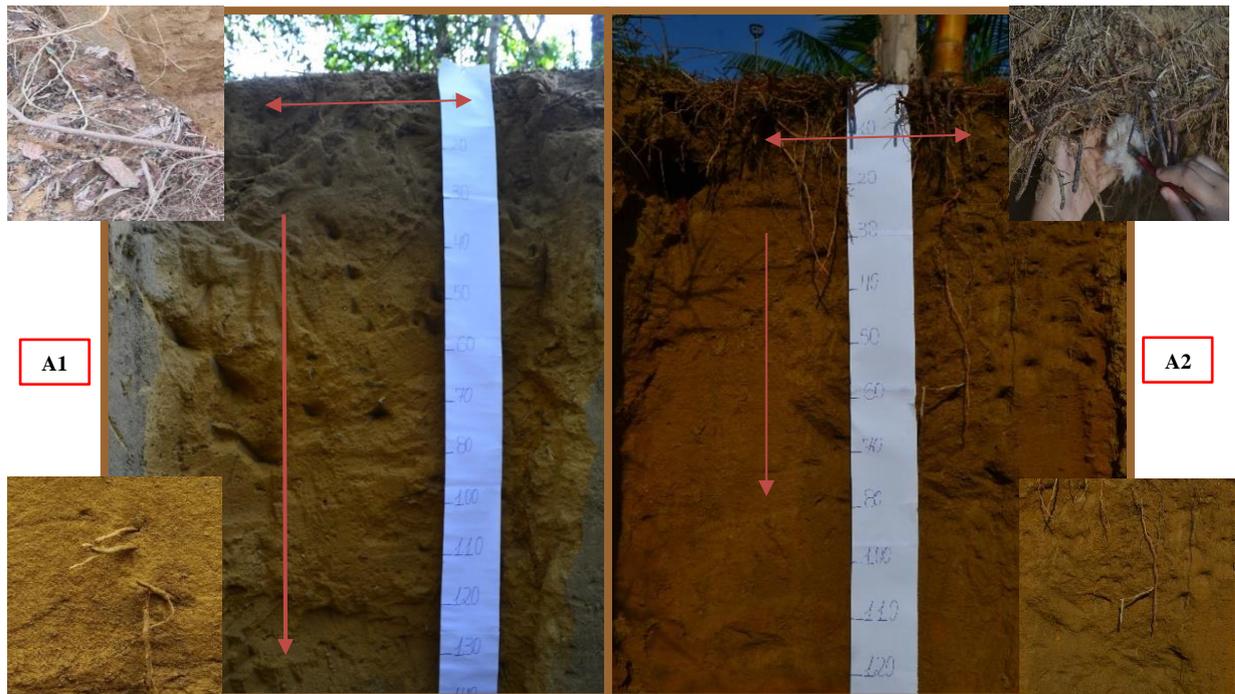
Camada cm	pH H <sub>2</sub> O	MO g/kg	P mg/dm <sup>3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V %	m
----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----												
Área de vegetação nativa (mata)												
0-10	4,45 bA	16,95 aA	1,96 aA	0,022 aA	-	0,205 bB	1,3 aA	5,57 aA	0,202 bB	5,75 aA	3,5 bC	86,75 aA
10-20	4,29 bAB	12,75 bC	1,17 aB	0,022 aA	-	0,305 aA	0,97 aB	3,2 aC	0,302 aA	3,55 aB	9 aAB	75,25 aB
20-40	4,28 bAB	14,03 aB	1,32 aB	0,017 aA	-	0,367 aA	1,0 aB	5,15 aB	0,310 bA	5,57 aA	7 bB	71 aC
40-60	4,27 bB	10,04 aD	1,10 aB	0,02 aA	-	0,312 bA	0,77 aC	2,1 aD	0,307 bA	2,37 aC	11,5 bA	70,5 aC
Área de consórcio (açai x mandioca)												
0-10	4,99 aA	13,78 bB	1,07 bA	0,045 aA	-	0,4 aA	0,2 bA	1,27 bA	0,397 aA	3,15 bA	12 aC	55,75 bB
10-20	5,01 aA	33,11 aA	1,1 aA	0,025 aB	-	0,302 aB	0,22 bA	1,62 bA	0,297 aB	2,95 bA	9,75 aC	67 bA
20-40	5,05 aA	9,95 bC	1,15 aA	0,02 aB	-	0,397 aA	0,6 bB	2,6 bB	0,397 aA	2,1 bB	20 aB	32 bC
40-60	4,45 bB	9,11 bD	1,15 aA	0,017 aB	-	0,397 aA	0,5 bB	2,75 bC	0,397 aA	1,77 bC	24 aA	32,25 bC

Médias seguidas da mesma letra (minúscula) na coluna comparam os dois sistemas (mata e consórcio) na mesma camada e médias seguidas da mesma letra (maiúscula) na coluna comparam um único sistema, nas camadas avaliadas. Fonte: Autora (2023).

## 5.4 Sistema radicular

Os dois perfis de solo apresentaram distribuição das raízes nas extremidades e em profundidade (Figura 11). Antes de tudo é importante enfatizar que a quantificação e o estabelecimento de critérios para a distribuição das raízes ao longo do perfil não são tarefas simples.

Figura 11 - Avaliação da distribuição do sistema radicular nos perfis de solo sob vegetação nativa (mata) (A1) e em consórcio (açáí x mandioca) (A2).



Fonte: Autora (2023).

Para Góes; Augusto e Martins (2004) a compreensão da distribuição das raízes em relação ao tamanho e a profundidade é crucial, uma vez que a partir deste conhecimento é possível otimizar as práticas agrícolas, como adubação, tratos culturais, irrigação e o uso de máquinas e implementos. Além disso, segundo os mesmos autores, a análise da distribuição das raízes oferece informações essenciais sobre a competição por água e nutrientes entre plantas de uma espécie ou em sistemas consorciados.

O perfil de solo da área sob vegetação nativa (mata) apresentou raízes finas nas camadas superficiais do solo e raízes grossas a partir dos 23 cm, seguindo até os 200 cm de profundidade (Figura 11). Almeida *et al.* (2020) ao estudarem a matéria seca em diferentes sistemas, no período seco e chuvoso no estado do Amazonas, observaram que a área de vegetação nativa apresentou valores significativos ao longo das três profundidades avaliadas (8.191,50 kg ha<sup>-1</sup>).

Ademais, os mesmos autores relatam que a alta concentração de biomassa pode estar relacionada a diversidade presente neste tipo de área, além do nível de compactação do solo que favorece o crescimento do sistema radicular, uma vez que não houve a ação antrópica na área natural com o uso de maquinários e implementos que contribuem para o processo de compactação do solo.

O perfil do solo da área sob consórcio (açai x mandioca) evidenciou uma produção elevada de raízes nas primeiras camadas do solo (Figura 11).

Martins e Augusto (2012) estudando sistemas de produção, analisaram o sistema radicular do açazeiro, destacando que em comparação, com a pupunheira e o cacauzeiro, o açazeiro demonstrou capacidade de seu desenvolvimento radicular de até 10 vezes mais que o cacauzeiro.

Esses resultados corroboram com estudo realizado por Góes; Augusto e Martins (2004) em áreas com as mesmas culturas, onde a alta concentração de raízes esteve presente na área de uso com açazeiro, sugerindo potencial contribuição na redução das perdas de matéria orgânica do solo.

Figura 12 – Avaliação do sistema radicular das plantas de açai (A) e plantas de mandioca (B) cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico Típico.



Fonte: Autora (2023).

A mandioca apresenta um sistema radicular tuberoso, no qual raízes de absorção se originam a partir das raízes tuberosas (Figura 12B). Conforme Alves (2006), o desenvolvimento

do sistema radicular da mandioca tem início entre 15 e 90 dias após o plantio. Segundo o mesmo autor, nos primeiros 30 dias, o crescimento das raízes está vinculado às reservas da maniva- semente, e nesse período as raízes fibrosas começam a se desenvolver, substituindo as raízes adventícias iniciais. As novas raízes podem atingir uma profundidade de 40 a 50 cm, desempenhando um papel crucial na absorção de água e nutrientes (Conceição, 1979).

Não há registros de estudos que tenham investigado o sistema radicular da mandioca em consórcio com o açazeiro. A falta de informações nesse sentido pode ser atribuída à limitação de pesquisas sobre o consórcio com as culturas e/ou pela utilização desse sistema com outras plantas de interesse agrônômico.

### **5.5 Indicações de manejo do solo**

Com o objetivo de promover práticas sustentáveis de manejo nos solos amazônicos, além da correção da acidez e da deficiência nutricional (Wendling, 2012), é aconselhável implementar medidas para prevenir os processos erosivos, sendo a cobertura contínua do solo uma estratégia eficaz. Nesse contexto, a recomendação inclui integração de leguminosas forrageiras em consórcio com Poáceas (Aquino *et al.*, 2015).

Essa estratégia de manejo visa não apenas melhorar a agregação das partículas do solo, mas também otimizar a relação carbono e nitrogênio (C/N), minimizar as perdas de nutrientes pelo processo de lixiviação, melhorar a retenção de água e de nutrientes no solo, além de aumentar a atividade biológica e promover a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Segundo Ferreira; Wendland e Didonet (2011) manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, sem comprometer a qualidade ambiental e a conservação dos recursos naturais é uma das principais preocupações da sociedade. Desta forma, os microrganismos benéficos se destacam como uma importante alternativa que contribui de maneira significativa para a eficiência dos sistemas de produção, influenciando diretamente no desenvolvimento dos vegetais e na sustentabilidade do ambiente (Pedrosa *et al.*, 2015).

O novo desafio é aprender manipular sistemas de produção como os cultivos consorciados, a rotação de culturas, integração lavoura e pecuária, além das práticas agrícolas para gerenciar o microbioma do solo, a fim de aumentar a fertilidade do solo, melhorar a produção e a saúde dos ecossistemas.

## 6 CONCLUSÕES

O solo das áreas sob vegetação nativa (mata) e consórcio (açai x mandioca) é um Latossolo Amarelo Distrófico Típico, de textura franco-argiloarenosa, característico do bioma amazônico, em específico do cerrado amapaense.

O horizonte A é do tipo A moderado, com espessura em torno de 17 a 23 cm e o horizonte Bw com espessura superior a 200 cm.

O solo das duas áreas apresentou elevada acidez e baixos teores de P, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, e valores nulos para o elemento Ca<sup>2+</sup>.

O solo das duas áreas apresenta camada superficial arenosa, logo, algumas indicações práticas de manejo que se pode adotar é a correção da acidez e da deficiência nutricional do solo e além da incorporação e manutenção da matéria orgânica no solo, com o uso de cultivos consorciados, principalmente com leguminosas forrageiras e pastagens.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. de *et al.* Desenvolvimento da biomassa radicular em áreas com floresta nativa e reflorestadas em ambiente amazônico. *In: IV Simpósio ABC. Sistemas de produção e sustentabilidade agrícola: Experiências na Argentina, Brasil e Cuba*, PPGA - CS, UFRRJ, 2020.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ, V. H. *et al.* **Fertilidade do solo nos sistemas de produção tropicalizados**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. *In: SOUZA, L. S. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 138-169, 2006.
- AQUINO, A. L. *et al.* Caracterização morfológica, classificação e indicações de manejo sustentável do solo em uma área de pastagem no Município de Marabá, Pará. *In: IX Congresso Brasileiro de Agroecologia. Cadernos de Agroecologia*, Belém-PA, v. 10, n. 3, p. 1-5. 2015.
- ARATANI, R. G. Descrição e classificação de um perfil de solo do Campo Experimental do UNIVAG – Centro Universitário. *Revista de ciências agroambientais*, v. 19, n. 2, p. 139-147, 2021.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat: Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *Campus* de Jaboticabal, Brasil, 2009.
- CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Bases trocáveis e matéria orgânica do solo em povoamento de mogno-africano. *In: Congresso Plantações Florestais, 2023, Piracicaba. Série Técnica IPEF*, v. 26, n. 48, 2023.
- CAMPOS, M. C. C. *et al.* Toposequência de solos na transição campos naturais floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 3, p. 387-98, 2012.
- CLAESSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- CONCEIÇÃO, A. J. da. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA/Embrapa/BNB/Brascan Nordeste, 1979. 382 p.
- COSTA, A. A.; CARVALHO, G. P. de.; LOPES, P. da S. Cultivo do feijão carioca em sucessão a plantas de cobertura submetido a doses de nitrogênio em solos arenosos no cerrado. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 7, p. 49181-49195, 2022.
- COSTA, D. L. P. *et al.* Caracterização química de solos amazônicos com diferentes coberturas naturais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 885-890, 2014.

COUTO, W. H. *et al.* Atributos edáficos e resistência a penetração em áreas de sistemas agroflorestais no sudoeste amazônico. **Revista Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 811-823, 2016.

CUNHA, T. J. F. *et al.* Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazônica**, v. 37, p. 91-98, 2007.

CUNHA, T. J. F. *et al.* Principais solos do semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. *In*: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. cap. 2, p. 50-87.

DONAGEMA, G. K. *et al.* **Manual de métodos de análise de solos**. Embrapa Solos, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 1.ed. versão digital. p. 09-10, 2010.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos, 2009.

FERREIRA, E. P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agro ecological production system. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.

FONSECA, J. da S. Caracterização e classificação de solos em uma litossequência arenito-gnaiss em Manicoré – AM. *In*. CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; SILVA, D. M. P (org.). **Solo água, planta e variáveis ambientais: impactos e suas transformações no sul do Amazonas**. Ponta Grossa – PR, Atena Editora, p. 193-244, 2022.

FREITAS, L. de *et al.* Análise visual da qualidade estrutural de solos com diferentes sistemas de uso e manejo no Marajó, município de Breves, estado do Pará, Brasil. **Research Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-21, 2020.

FREITAS, L. de *et al.* Estoque de carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 228-239, 2018.

GOÉS, A. V. de M.; AUGUSTO, S. G.; MARTINS, P. F. da S. Caracterização do sistema efetivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), da pupunheira (*Bactris gaesipaes* H. B. K.) e do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em Latossolo Amarelo Álico na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, n. 41, p. 57-65, 2004.

GOMES, J. B. V. *et al.* Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, n. 1, p. 137-153, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 412 p.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.

- LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 312 p.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2022, 216 p.
- LOPES, S. A. *et al.* Caracterização morfológica de perfis de solo de um estabelecimento agrícola familiar do assentamento pimenteira, São João do Araguaia-PA. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 189-198, 2017.
- MACHADO, L. V. *et al.* Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 1.ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.
- MANTOVANELLI, B. C. *et al.* Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista Ciências Agroambiental**, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2016.
- MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic Press is an imprint of Elsevier, 3.ed. 2012.
- MARTINS, G. C. *et al.* Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 221-227, 2006.
- MARTINS, P. F. S.; AUGUSTO, S. G. Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cacauieiro, da pupunheira e do açaizeiro na Amazônia oriental. **Revista Ceres**, v. 59, n. 5, p. 723-730, 2012.
- MATOS, F. O. *et al.* Teores de nutrientes do solo sob sistema agroflorestal manejado com e sem queima no estado do Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 3, p. 257-266, 2012.
- MEDEIROS, N. *et al.* Caracterização morfológica dos solos do lote a vicinal 1 número 86 do projeto de assentamento alegria em diferentes sistemas de produção. *In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 2015.
- MELÉM JUNIOR, N. J. *et al.* Caracterização da Fertilidade dos Solos do Estado do Amapá. *In: Fertbio*. 2006, Bonito. **Anais**. Bonito, 2006.
- MELO, V. F. *et al.* Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após a queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1039-1050, 2006.
- MIGUEL, P. S. B. *et al.* Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, p. 13-29, 2010.
- MIRANDA, B. M. *et al.* Classificação e caracterização de solos em três diferentes tipos de manejo no nordeste paraense. *In: RIBEIRO, J. C.; SANTOS, C. A. Competência técnica e*

**responsabilidade social e ambiental nas ciências agrárias 2.** Ponta Grossa, PR: Atena Editora. p. 1-10, 2020.

MOLINE, E. F. da V.; COUTINHO, E. L. M. Atributos químicos de solos da Amazônia Ocidental após sucessão da mata nativa em áreas de cultivos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 14-20, 2015.

MORAIS, T. P. S.; PISSARRA, T. C. T.; REIS, F. C. Atributos físicos e matéria orgânica de um Argissolo Vermelho-Amarelo em microbacia hidrográfica sob vegetação nativa, pastagem e cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 213-223, 2012.

NANZER, M. C. *et al.* Estoque de carbono total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no cerrado. **Revistas de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 136-145, 2019.

OLIVEIRA, A. S. de *et al.* Caracterização morfológica, física e química de solos da bacia hidrográfica do médio curso do rio Teles Pires, no município de Alta Floresta – MT. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 1-21, 2021.

OLIVEIRA, J. B. de. **Pedologia aplicada**. 4.ed. Piracicaba: FEALQ, 2011.

OLIVEIRA, J. G. R. de.; VELANI, E. C. de S. Abordagem do solo nos livros didáticos de geografia do ensino fundamental II. **Revista Geografia e Pesquisa**, v. 13, n. 2, p. 16-24, 2019.

PAULA, H. M. L. Caracterização física e química de três perfis de solo, Alto Solimões, Amazonas. 2021, 35f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Amazonas, 2021.

PEDROSA, M. V. B. *et al.* Importância ecológica dos microrganismos do solo. **Centro Científico Conhecer**, v. 11 n. 22, p. 100-114, 2015.

PENNOCK, D. J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**, [s.l.], v. 133, p. 1-5, 2006.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Atributos químicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso e manejo no município de Reserva - PR. **Caminhos de Geografia**, v. 16, n. 55, p. 186-194, 2015.

PINTO, L. A. da S. R. *et al.* Extração e quantificação das frações de fósforo orgânico no solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 34260-34278, 2020.

PRAÇA, J. I. S. Estimativa de calagem pelo método SMP em solos do sul do estado do Amazonas. 2022, 29f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Universidade Federal do Amazonas, 2022.

RAIJ, B. V. *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP. Instituto Agrônomo. 2001.

REIS M. S. *et al.* Características químicas dos solos de uma topossequência sob pastagem em uma frente pioneira da Amazônia Oriental. **Revista Ciências Agrárias**, v. 52, n. 1, p. 37-47, 2009.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. **Caracterização morfológica do solo**. Viçosa: SBCS, 2012. p. 81-146.

RODRIGUES, R. A. S. **Ciência do solo: morfologia e gênese**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018. 264 p.

RODRIGUES, T. E. *et al.* **Caracterização e classificação dos solos do Campo Experimental do Cerrado da Embrapa Amapá, Estado do Amapá**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 37p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 43).

RODRIGUES, T. E. *et al.* **Caracterização e classificação dos solos do município de Peixe-Boi, estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005, 43p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 231).

RONQUIN, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa monitoramento por satélite: Campinas, 2010. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

SANCHES, L. *et al.* Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 183-189, 2009.

SANTOS, E. D. A. dos *et al.* Soil phosphorus fractions and their relation to leaf litterfall in a central Amazonian terra firme rainforest. **Acta Amazonica**, v. 52, n. 2, p.104-113, 2022.

SANTOS, F. D. dos *et al.* Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Revista Tecno-Lógica**, v. 25, n. 2, p. 272-278, 2021.

SANTOS, H. C. *et al.* Phosphorus availability as a function of its time of contact with different soils **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20 n. 11, p. 996-1001, 2016.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Revista e ampliada, Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SANTOS, L. A. *et al.* Caracterização de solos em uma topossequência sob terraços aluviais na região do médio rio Madeira (AM). **Ambiência**, v. 8, n. 2, p. 319-331, 2012.

SANTOS, L. M. Erosão em taludes de corte - métodos de proteção e estabilização. 2015, 73f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

SANTOS, M. C.; LIMA, A. F. L. de.; SANTOS, L. A. C. dos. Caracterização química de um solo sob uma área de cultivo e de floresta nativa na região de Apuí – Amazonas. **Revista EDUCamazônia**, v. 23, n. 2, p. 300-312, 2012.

SANTOS, R. D. dos *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7.ed. Revista e ampliada, Viçosa, MG: SBCS, 2015. 101 p.

SCHIAVO, J. A. *et al.* Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 881-889, 2010.

SILVA, G. A. *et al.* Aspectos dos atributos físicos e químicos do solo em ambientes naturais e áreas com sistema agroflorestal no sul do Amazonas. **Scientia Plena**, v. 18, n. 7, p. 1-12, 2022.

SILVA, M. A. *et al.* Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no cerrado. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, p. 1-11, 2021.

SOBRAL, L. F. *et al.* **Guia Prático para Interpretação de resultados de análises de solo.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13p. (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, 206).

SOUSA, C. do S. *et al.* Caracterização física, química e mineralógica de solos sob diferentes usos em vertentes do brejo paraibano. **Revista Valore**, v. 8, p. 217-224, 2023.

VALENTE, M. A. *et al.* **Solos da ilha de Santana, município de Santana, estado do Amapá.** Belém: Embrapa, 1998, 34p (Documentos, 138).

VINHA, A. P. C. *et al.* Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.

WENDLING, G. F. D. Formas de alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas. 2012, 84f. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria, EdUFSM, 2012.