



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ
CAMPUS CORRENTE
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

SANDY DE SOUZA MENDES

**ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS DO SOLO SOB
SISTEMA AGROFLORESTAL EM CORRENTE-PI**

**CORRENTE-PI
2024**

SANDY DE SOUZA MENDES

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS DO SOLO SOB
SISTEMAAGROFLORESTAL EM CORRENTE-PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cícera Izabel Ramalho

Coorientadora: Prof. Dr^a. Yoná Serpa Mascarenhas

CORRENTE-PI

2024

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

Mendes, Sandy de Souza

M538a Atributos físicos, químicos e morfológicos do solo sob sistema agroflorestal em Corrente - PI / Sandy de Souza Mendes. - 2024. 20 p.: il. color.

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

Orientadora : Profa Dra. Cícera Izabel Ramalho.

Coorientadora : Profa Dra. Yoná Serpa Mascarenhas.

1. Gestão ambiental - estudo e ensino. 2. Agrofloresta. 3. Solo. 4. Cerrado. I.Título.

CDD - 577

Elaborado por Tefischer Huanderson Soares e Sousa CRB 3/1251

ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E MORFOLÓGICOS DO SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL EM CORRENTE-PI

Sandy de Souza Mendes¹

Cícera Izabel Ramalho²

Yoná Serpa Mascarenhas³

RESUMO

O conhecimento das características do solo permite o desenvolvimento de práticas de manejo adequadas. Objetivou-se com esse estudo foi realizar a caracterização química, física e morfológica de um solo sob Sistema Agroflorestal e fornecer subsídio para o planejamento ambiental e uso do solo estudado. A pesquisa foi desenvolvida na área de implantação do Sistema Agroflorestal no Instituto Federal do Piauí- Campus Corrente. Em uma trincheira aberta na área de Implantação do Sistema Agroflorestal, foi realizada a descrição do perfil do solo, por meio de análise morfológica e coleta de solo para determinação de parâmetros físicos e químicos. O perfil estudado apresentou uma sequência de horizontes A1- A2- B1- B2. A cor foi caracterizada como vermelha amarela, o que pode estar relacionado à presença de óxidos e hidróxidos de ferro. A estrutura é predominantemente em bloco angular pequeno a médio com grau de desenvolvimento forte, o que demonstra maior resistência a erosividade, relacionando-a com a sua consistência. Apresenta textura variando de argilosa a muito argilosa e relação silte/argila baixa, o que demonstra o alto grau de intemperismo do solo. A densidade apresentou-se dentro dos limites críticos estabelecidos para solos de textura argilosa. Os teores de matéria orgânica foram maiores nos horizontes superficiais. O solo é ácido embora apresente saturação por bases alta, o que pode estar relacionado à presença de óxidos de Al e Fe predominantes em solo de Cerrado. Conclui-se que o tempo de implantação do Sistema Agroflorestal não foi suficiente para promover melhorias nos atributos do solo.

Palavras-chaves: Agrofloresta; Atributos do solo; Cerrado.

.

—

¹ Discente do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental. Instituto Federal do Piauí. sandydesouzamendes0025@mail.com

² Docente. Instituto Federal do Piauí. izabel_ramalho@ifpi.edu.br

³ Docente. Instituto Federal do Piauí. yona.mascarenhas@ifpi.edu.br

ABSTRACT

Knowledge of soil characteristics allows the development of appropriate management practices. The objective of this study was to carry out the chemical, physical and morphological characterization of a soil under an agroforestry system and provide support for environmental planning and use of the studied land. The research was developed in the area of implementation of the agroforestry system at the Institute Federal of Piauí- Campus Corrente. In an open area where the agroforestry system was implemented, the soil profile was described through morphological analysis and soil collection to determine physical and chemical parameters. The profile studied presented a sequence of horizons A1- A2- B1- B2. The color was characterized as yellow-red, which may be related to the presence of iron oxides and hydroxides of iron. The structure is predominantly a small to medium angular block with a strong degree of development, which demonstrates greater resistance and erosivity, relating it to consistency. It has a texture varying from clayey to very clayey and a low silt/clay ratio, which demonstrates the high degree of soil weathering. The density was within the critical limits established for clayey soils. Organic matter contents were higher in surface horizons. The soil is acidic although it has high base saturation, which may be related to the presence of A1 and Fe oxides predominant in Cerrado soil. It is concluded that the implementation time of the agroforestry system was not enough to promote improvements in soil attributes.

Keywords: Agroforestry; Soil attributes; Cerrado

Data de aprovação: 13/03/2024

1 INTRODUÇÃO

A transformação de áreas florestais para culturas agrícolas representa mudanças drásticas nestes ecossistemas, provocando alterações nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (LIMA et al., 2011), sendo estas alterações influenciadas pelo manejo empregado nas culturas agrícolas (MENEZES et al., 2008). Entre os diferentes manejos agrícolas estão os sistemas agroflorestais (SAFs). Estes sistemas podem ser definidos como uma forma de uso do solo, no qual espécies arbóreas e culturas agrícolas de ciclos anuais, semi-perenes e perenes crescem em associação, algumas vezes, inclusive com animais. Essa interação pode ocorrer de diferentes formas e em várias etapas, utilizando práticas de manejo compatíveis com o nível tecnológico dos agricultores envolvidos (NAIR et al., 2009; RIGHI & BERNARDES, 2008).

Os SAFs são tidos como soluções para conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Esses sistemas são considerados estruturalmente e funcionalmente mais complexos, comparados a culturas individuais ou monoculturas de árvores (NAIR et al., 2008^a). A incorporação do componente arbóreo ao sistema produtivo, de modo geral, promove benefícios como: a fixação de N₂ atmosférico, ciclagem de nutrientes (pela presença de raízes mais profundas), acúmulo de matéria orgânica, e manutenção da fauna do solo e da qualidade química, física e biológica (TONRQUIST et al., 1999; SOUZA et al., 2012).

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, na medida em que seu uso e mobilização intensiva pode redundar na diminuição de sua capacidade em manter uma produção sustentável. O solo é um componente ambiental complexo e suas variações no que se refere às propriedades físicas químicas e biológicas, são definidos tanto por padrões ecológicos quanto ao próprio uso da terra, cujo potencial, a humanidade busca aproveitar para erguer as bases da sobrevivência, mas nem sempre de forma sustentável. O solo enquanto recurso para produção agrícola e pecuária requer, pelo menos, uma visão global de suas características, principais limitações e susceptibilidade à erosão (MOREIRA; VASCONCELOS, 2007).

Em 2030, a população do planeta deve chegar a 8,5 bilhões de pessoas (ONU, 2023). O aumento populacional torna necessária a adoção de técnicas que garantam a sustentabilidade da produção. Para isso, é essencial o conhecimento profundo acerca dos atributos morfológicos, físicos, químicos e também biológicos desse recurso natural, para entender como essas se relacionam entre si, a fim de evitar a degradação da mais importante fonte de alimentos do mundo. Segundo Moreira et.al. (2013), os indicadores físicos e químicos são fatores que interferem na qualidade do solo.

Os atributos morfológicos são características visíveis e observáveis a olho nu ou com o auxílio de instrumentos simples. São fundamentais não só para entender a capacidade produtiva do solo e indicar práticas de manejo adequadas como também para a gestão ambiental, possibilitando mitigar impactos ambientais adversos (EMBRAPA, 2020).

No que se refere aos atributos físicos, esses influenciam diretamente no crescimento vegetal, pois um solo compactado, por exemplo, pode limitar o crescimento das raízes das plantas, tanto pelo impedimento mecânico, quanto pela deficiência de aeração (SOUZA et al., 2019). O solo é fisicamente considerado um sistema heterogêneo, trifásico, poroso, particulado e disperso, resultado dos processos de sua formação (MESQUITA; DIAS JUNIOR, 2013).

Quanto a química do solo, esta relaciona-se a indicadores de fertilidade. É essencial para a produtividade agrícola e manutenção dos ecossistemas naturais (ALFAIA; UGUEN, 2013). Marinari et al. (2006) e Scharama et al. (2018) compararam sistemas de manejo agroecológico com sistemas de manejo convencional e demonstraram que há diferenças significativas na qualidade química dos solos em relação a matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, demonstrando a eficiência desse sistema de produção. A qualidade do solo pode ser considerada um serviço ambiental, pois ajuda a regular vários processos, tais como a infiltração e qualidade da água, e armazenamento de carbono, sendo essencial para a manutenção dos sistemas produtivos.

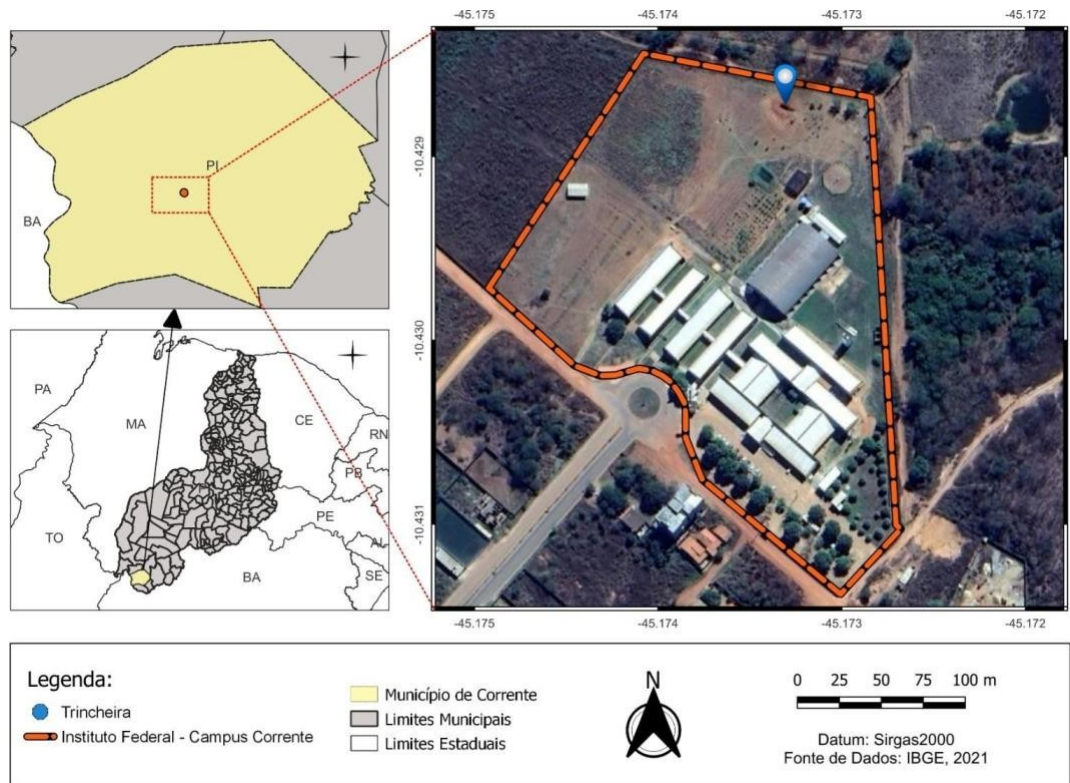
Apesar do conhecimento sobre os benefícios proporcionados pelos SAFs ao solo, estudos são importantes para tentar avaliar o quanto estes contribuem para a prestação de serviços ambientais. Nesse contexto, diante da importância agrícola e ambiental anteriormente apresentada, justifica-se a necessidade da realização de estudos que permitam um adequado conhecimento, para subsidiar o planejamento para um desenvolvimento sustentável. Diante do exposto, e no sentido de contribuir para o conhecimento de aspectos atinentes as características do solo onde está implantado o Sistema Agroflorestal do Campus Corrente, objetivou-se com esse estudo é realizar a caracterização química, física e morfológica de um solo sob Sistema Agroflorestal em Corrente-PI, e fornecer subsídio para o planejamento ambiental e uso do solo estudado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida na área de Implantação do Sistema Agroflorestal do Instituto Federal do Piauí – *campus* Corrente, localizado no município de Corrente – Piauí, na região do extremo sul do estado, com latitude de 10°26'36'' sul e longitude 45°09'44'' oeste (Figura 1). O clima do município é subúmido quente, situado na área do bioma Cerrado (CEPRO, 2017).

Mapa1:Localização da área de estudo no IFPI-Campus Corrente



Fonte: elaborada pelos autores.

O SAF, implantado em 2018, é classificado como Agrossilvicultural quanto a sua composição, com linhas alternadas de árvores nativas e frutíferas entre as culturas anuais. Devido a pandemia de Covid 19, as atividades no SAF cessaram em 2020 e só foram retomadas em 2022, na ocasião, apenas alguns componentes arbóreos haviam sobrevivido. No SAF estão reunidas 18 espécies diferentes entre espécies de árvores para produção (principalmente frutíferas e madeireiras), além de espécies anuais e de ciclo curto (Tabela 2) em uma área cultivada de 180 m².

Tabela 2: Principais espécies componentes do SAF – IFPI – Campus Corrente.

Nome comum	Nome científico	Função no sistema
Abóbora	<i>Cucurbita</i> sp	Produção
Bambu	<i>Dendrocalamus</i> sp	Sombra, substituição de madeira
Banana	<i>Musa</i> sp	Produção
Batata doce	<i>Ipomoea batatas</i>	Produção
Café	<i>Coffea arabica</i>	Produção
Cajá	<i>Spondias mombin</i>	Produção
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Produção
Chichá	<i>Sterculia striata</i>	Produção
Feijão caupi preto	<i>Vigna unguiculata</i>	Produção
Gergelim	<i>Sesamum indicum</i>	Produção
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Produção e adubo verde

Ipê amarelo	<i>Handroanthus albus</i>	Madeira
Limão	<i>Citrus limon</i>	Produção
Macaxeira	<i>Manihot esculenta</i>	Produção
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Produção
Melancia	<i>Citrullus lanatus</i>	Produção
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	Medicinal e Melífera
Umbu	<i>Spondias tuberosa</i>	Produção

Fonte: elaborada pelo autor (2023).

É importante destacar que a área destinada à implantação do SAF anteriormente servia como depósito para resíduos da construção civil, onde eram frequentemente identificados diversos fragmentos de concreto.

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em uma trincheira aberta na área de implantação do Sistema Agroflorestal (SAF), foi realizada a descrição do perfil do solo, por meio de análise morfológica e coleta de solo para fins de determinação de parâmetros físicos e químicos, conforme a metodologia indicada no Manual de descrição e coleta de solo no campo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Santos et al., 2015). A trincheira apresenta 2m de largura, 2,5m de comprimento e 1,80 m de profundidade (Figura 2).

Figura 2. Trincheira aberta no Sistema Agroflorestal do IFPI-Campus Corrente



Fonte: Autor (2023)

Após aberto o perfil, foram determinados os seguintes atributos morfológicos do solo: horizontes do solo, a espessura e profundidade de cada um deles, a cor, a estrutura, a cerosidade, a consistência (seca e úmida) e a pegajosidade conforme metodologia descrita no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007). Foram coletadas em cada um dos horizontes, amostras de solo para análises dos atributos físicos e químicos.

As análises físicas foram realizadas de acordo com os métodos propostos por Embrapa (1997) sendo determinados: composição granulométrica (percentual de areia, silte e argila de cada horizonte), relação silte/argila e densidade do solo (DS) pelo método do anel de Kopeck. Com base nos resultados da composição granulométrica foi determinada a textura do solo em cada horizonte do perfil, usando o triângulo textural.

Quanto aos atributos químicos, foram realizadas as análises químicas de rotina, avaliando a acidez ativa do solo, pH em CaCl₂. A determinação de Ca e Mg, H e Al, K e P através do uso de extrator de Mehlich-1, onde o K determinado através de fotometria de chama e o P por colometria (Embrapa, 2017). A partir dos resultados obtidos das análises químicas foram determinados CTC, soma de bases (S), porcentagem de saturação por bases (V%) e Saturação por alumínio (m%).

Com base nos valores de CTC (T) e conteúdo de argila (g.kg⁻¹), foi possível calcular a atividade da fração argila. Segundo Santos et al. (2018), ele se refere a capacidade de troca de cátions (T) relativa a fração argila, sem correção para carbono, assim:

$$\text{Atividade da fração de argila (cmol}_c\text{.kg}^{-1}) = \left(\frac{T\text{cmol}_c\text{.dm}^{-3} \times 1.000}{\text{Conteúdo de argila (g.kg}^{-1})} \right)$$

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), o perfil estudado é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo e apresenta uma sequência de horizontes A1- A2- B1-B2 (Tabela 1). É um solo profundo com mais de 1 metro de profundidade e horizonte B espesso (> 50 cm). As cores dominantes nestes horizontes foram a vermelha amarela, tanto nos horizontes superficiais quanto em subsuperfície, sendo a cor vermelha mais presente que o amarelo nos horizontes A1, A2 e B1 e o vermelho escuro mais presente no B2, conforme a correspondência entre o nome das cores em português, o nome em inglês e os códigos constantes na carta de Munsell (IBGE, 2015).

Estas cores mais acentuadas em profundidade, são decorrentes provavelmente da influência mais acentuada dos óxidos de ferro. É importante destacar que o óxido de ferro tem grande representatividade no solo brasileiro, condicionando-o às cores vermelha (hematitas) e amarela (goethita), além de afetar a CTC e auxiliar na estabilidade das estruturas do solo, agindo como agente cimentante das partículas. O óxido de Ferro influencia a disponibilidade de fósforo. Quanto maior a quantidade de óxido de ferro, menor a disponibilidade de fósforo para as plantas, uma vez que ocorre a adsorção destes, fenômeno denominado fixação de fósforo (MOREIRA et al., 2006).

Segundo Martins Neto et.al (2019), o fósforo apresenta afinidade com óxidos de ferro, podendo ocasionar problemas no manejo do local. Para esses autores, esse fato está associado com a adsorção do fósforo oriundo dos fertilizantes fosfatados, sendo, por vezes, necessárias elevadas doses de fósforo para obter bons resultados.

Quanto a estrutura do solo nos diferentes horizontes, observa-se na tabela 1 que a estrutura predominante foi bloco angular pequeno a médio de grau forte. Do ponto de vista agrícola, a estrutura do solo é um dos atributos mais importantes, pois está relacionado com as disponibilidades de ar e água às raízes das plantas, o suprimento de nutrientes, a resistência mecânica à penetração e com o desenvolvimento do sistema radicular (Corrêa, 2002). Segundo Capeche (2008), um solo cujos agregados possuem um grau de desenvolvimento forte resiste de forma mais efetiva à erosividade. Para esse autor, um solo bem estruturado possibilita uma boa e rápida infiltração da água da chuva,

evitando o acúmulo superficial que favorece o escoamento e a erosão. Possibilita também que a água, ao alcançar o interior do solo, fique armazenada mais profundamente e disponível para as raízes, no caso de estiagem prolongada. O mesmo autor afirma ainda que requisito muito importante para se manter um solo agrícola bem estruturado é fazer o seu manejo de forma adequada, utilizando as práticas conservacionistas. Essa afirmação permite inferir que práticas conservacionistas de plantio como os sistemas agroflorestais podem contribuir para uma melhor estruturação do solo do que plantios convencionais.

Sendo a estrutura uma característica dinâmica pode sofrer com o tempo modificações pelo manejo incorreto do solo e pelo seu preparo quando muito seco ou muito úmido. O histórico de preparo da área é de pouco uso de maquinário.

A consistência, quando seca, variou de extremamente dura no horizonte A1 a muito dura no horizonte B2. Quando úmida, a consistência analisada nos horizontes esteve entre firme no B1 a extremamente firme no A1. De maneira geral, em todos os horizontes estudados, a consistência, quando molhada, foi ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa em superfície e plástica e ligeiramente pegajosa nos horizontes subsuperficiais. Esse fato pode estar relacionado à fração argila do solo. Resende et alli (2002) observam que a fração argila exerce um importante controle na consistência, pois quanto mais argiloso o solo, maior a expressão das forças de coesão e adesão.

Com relação aos dados obtidos para cerosidade nos diferentes horizontes verifica-se que houve predominância de pouca e fraca. A cerosidade ocorre em solos argilosos e muito argilosos, criando uma barreira física à passagem da água (MARTINS NETO et.al., 2011). Como foi possível observar a cerosidade comum e moderada no horizonte B1 e pouca e fraca nos horizontes A1, A2 e B2 é possível concluir que no local provavelmente ocorreu processo de eluviação na camada superficial e iluviação na camada subsequente, ocasionando uma maior concentração de argila nesse horizonte.

Tabela 1. Atributos morfológicos de solo sob Sistema Agroflorestal – Campus Corrente, 2024

Atributos morfológicos do Solo											
Hor	Cor úmida	Profund.	Espess⁽²⁾	Estrutura⁽²⁾			Consistência			Cerosidade	
				tipo	tamanho	grau	seca⁽³⁾	úmida⁽⁴⁾	molhada⁽⁵⁾	Quant.	Grau
A1	2,5YR 5/6	0-15	15	BA	Med	F	ED.	EFr	PL e LPe	Pouca	Fraca
A2	2,5YR 4/8	15-25	10	BS	Med	F	D	EFr	PL e LPe	Pouca	Fraca
B1	2,5YR 4/8	25-80	55	BA	Med	P	D	Fr	PL e LPe	Comum	Máximo moderada
B2	2,5YR 3/6	80-120	40+	BA	Med	F	MD	EFr	PL e Pe	Pouca	Fraca

(1) Espessura (Espess), (2) Estrutura: grau de desenvolvimento (F: forte), tamanho (P: pequeno, M: médio), tipo (BS: blocos subangulares, BA: blocos angulares).

(3) Consistência no estado seco (D: dura, MD: muito dura, ED: extremamente dura). (4) Consistência no estado úmido (Fr: firme, EFr: extremamente firme).

(5) Consistência no estado molhado (PL: plástico, LPe: ligeiramente pegajosa, Pe: pegajosa).

3.2. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A composição granulométrica dos horizontes do solo estudado mostrou diferentes classes texturais (Tabela 2), sendo os horizontes B1 e B2 considerados muito argilosos por apresentar teor de argila superior a 600 g.kg^{-1} ou seja, 60%. (IBGE, 2015). Os horizontes A1 e A2, apresentaram menores teores de argila que os horizontes B1 e B2, contudo, considerando os teores de areia e silte presentes, estes são considerados argilosos. A determinação das proporções dos diferentes tamanhos de partículas é importante para o entendimento do comportamento e manejo do solo. Nesse caso, os horizontes subsuperficiais B1 e B2, apresentam maior capacidade de retenção de água e nutrientes. Em sistemas agroflorestais, onde o componente arbóreo se faz presente, a retenção de água em horizontes subsuperficiais pode contribuir para o aumento da produção de biomassa por unidade de área. Para Fernandez et al. (2008), uma hipótese normalmente aceita, referente a sistemas agroflorestais, é de que os sistemas radiculares das plantas componentes ocupam estratos do solo diferentes quando estão associadas, levando ao uso complementar dos recursos. O solo resseca primeiro na superfície, de modo que, plantas com a capacidade de acessar camadas mais profundas podem ter mais vantagens quando a água é limitante (Nicodemo, 2011). Em estudo realizado nos cerrados, Bucci et al. (2008) relataram que a umidade do solo varia muito na camada de 0 a 100 cm, e é estável ao longo do ano abaixo de 2 m de profundidade. Segundo Nicodemo (2011) para que a competição por água entre as espécies arbóreas e as culturas anuais seja minimizada é importante que as raízes das árvores tenham acesso à água retida em profundidade.

Considerando a relação silte/argila dos horizontes (tabela 2), pode-se inferir que o solo em estudo é muito intemperizado, visto que segundo a Embrapa (2023), a relação silte/argila pode ser usada para avaliar o estágio de intemperismo em solos de regiões tropicais. Indica alto grau de intemperismo quando apresenta, na maior parte do horizonte B, valor inferior a 0,7 nos solos de textura média ou valor inferior a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa.

Analizando a densidade do solo do perfil estudado (tabela 2), é possível observar que ela foi menor nos horizontes subsuperficiais, porém dentro do limite estabelecido para solos de textura argilosa ou muito argilosa. Reinert et al (2008) afirmam que para cada solo há uma densidade crítica, a partir da qual a resistência torna-se tão elevada que diminui ou impede o crescimento de raízes. Para esse autor a densidade do solo crítica é dependente principalmente de sua classe textural. Analisando a densidade de solo em Latossolo Vermelho de textura argilosa, Argenton et al. (2005) constataram que a deficiência de aeração se inicia com densidade do solo próxima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, e Klein (2006), para mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$. Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: $1,30$ a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos argilosos, $1,40$ a $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-argilosos e de $1,70$ a $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-arenosos.

Pode-se deduzir com base nos resultados obtidos que em relação a densidade do solo, provavelmente o pouco tempo de manejo realizado na área do SAF ainda não foi suficiente para melhorar a densidade do solo nos horizontes superficiais, estando estes no limite crítico estabelecido por Reichert et al. (2003) para solos de textura argilosa.

O aumento excessivo da densidade do solo provoca diminuição da porosidade total, redução da permeabilidade e da infiltração de água, quebra dos agregados e aumento da resistência mecânica à penetração, ocasionando prejuízo ou comprometendo a qualidade física do solo (JAKELAITIS et al., 2008).

Tabela 2. Atributos físicos de solo sob Sistema Agroflorestal – Campus Corrente, 2024

Atributos Físicos do Solo						
Hor	DS	Granulometria (%)			Classe Textural	Relação Silte/Argila
		Areia	Silte	Argila		
A1	1,3	37	21	42	Argilosa	0,50
A2	1,4	29	24	47	Argilosa	0,51
B1	1,2	21	16	63	Muito argiloso	0,25
B2	1,2	17	15	68	Muito argiloso	0,22

Fonte: Elaborada pelo autores

3.3. ANÁLISE DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Indicadores ou atributos químicos que expressem a saúde do solo estão correlacionadas com a capacidade de fornecimento e retenção nutrientes e compostos às plantas, bem como na retenção de elementos químicos que são nocivos ao crescimento das plantas (CARDOSO et al., 2013). A análise dos atributos químicos do solo estudado (tabela 3) permite observar que o pH nos diferentes horizontes do solo é ácido. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de a área em questão não ter recebido nenhum tipo de correção ou aplicação de fertilizantes. Carneiro et al., (2004) e Jantalia et al. (2007), reportaram o aumento do pH nos sistemas cultivados comparativamente aos sistemas naturais.

A relação pH e Saturação por bases é muito usada em fertilidade do solo, indicando que, à medida que o complexo de troca de solo fica mais rico em bases, principalmente o Ca e o Mg, o pH sobe. Contudo, não é o observado no solo estudado, onde embora apresente baixos valores de pH, apresenta alta saturação por bases. Explicações para tal fato pode estar relacionadas à fração mineralógica, pois na região do cerrado, predominam óxidos de Al e de Fe. O ponto de carga zero (PCZ) destes minerais está na faixa de pH 5,5 a 6,0, independente do teor de bases. De acordo com Teixeira (2013), o V% é indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, uma vez que o V% é reflexo da soma de bases e da CTC efetiva.

De maneira geral, o perfil de solo estudado apresentou teores de matéria orgânica maiores em horizonte superficial comparados aos horizontes subsuperficiais mesmo estes apresentando maiores teores de argila. Os resultados obtidos para matéria orgânica em profundidade de maneira geral foram baixos. Biederbeck et al. (1994), afirmam que os principais valores de M.O sobre os solos, estão na camada superficial. Em solos intemperizados, como os do Cerrado, a capacidade de troca catiônica (CTC) depende, em grande parte da MO. De acordo com Reatto et al. (2004), 75 a 93% da CTC dos solos de Cerrado se originam da MO. A matéria orgânica do solo (MOS) constitui a base fundamental para a produtividade

agrícola sustentável, pois através dos seus efeitos diretos, é capaz de modular as condições químicas, físicas e biológicas do solo, e consequentemente, a eficiência nutricional, sendo considerada um importante indicador da qualidade do solo, pois influencia a infiltração, retenção de água, estruturação e susceptibilidade do solo a erosão (Conceição et al., 2005; UNGERA et al., 1991).

No que se refere a CTC, os valores desse indicador em um solo dependem da classe textural, do tipo de mineral e argila presente e do teor de matéria orgânica (Brady, 1989). Os valores de CTC observados em profundidade no solo estudado são altos e encontra-se dentro dos valores observados para a maioria dos solos do Cerrado que segundo Silva e Mendonça, 2007 e Ronquim, 2010, apresenta CTC entre 4,0 e 12,0 cmolc dm⁻³. Valores menores que 5 cmolc dm⁻³ indicam que provavelmente há predominância de argila 1:1 como a caulinita (SOBRAL et.al. 2015).

A atividade da argila para o solo estudado é considerada baixa, embora apresente alta CTC. Esse resultado nos leva a inferir que as cargas negativas do solo podem estar sendo ocupadas em quantidade por íons de H⁺. A atividade da fração argila é um atributo diagnóstico, indicador que influencia a retenção de água dos solos e de nutrientes para as plantas. É responsável, em parte, pela coesão e adesão das partículas dos solos, refletidas na consistência do solo, importante para o manejo, principalmente quanto ao uso de máquinas no preparo do solo (EMBRAPA, 2023). Ainda segundo esse autor solo com argila de atividade baixa, apresenta minerais 1:1 ou óxidos e é considerado muito intemperizado.

Quanto ao teor de fósforo no solo, observa-se que de maneira geral é baixo (tabela3). Souza et al. (2010) afirma que a maior parte de P está na forma não lábil, o que reduz sua disponibilidade, ocasionando as deficiências. A disponibilidade de P também está relacionada com o material de origem dos solos.

De maneira geral a relação Ca/Mg foi baixa, o que indica uma baixa disponibilidade de cálcio no solo, visto que a relação ideal é de 3:1 a 5:1 conforme preconiza Souza e Lobato (2004). Para esses autores, apesar da importância do uso da calagem como prática de manejo do solo, é necessário considerar a relação Ca:Mg do corretivo.

Tabela 3. Atributos químicos de solo sob Sistema Agroflorestal – Campus Corrente, 2024

Hor	Atributos Químicos do solo												
	pH	M.O.	K	K	P (Mehl)	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	V	M	Ativ. da Argila (cmol.kg ⁻¹ de argila).
	CaCl2	%	mg.dm ₃	mg.dm ³		cmolc/dm ³					%	%	
A1	5,0	2,8	305	0,8	3,7	2,9	2,3	1,5	0,0	7,5	79,9	0,0	*
A2	4,5	2,3	120	0,3	1,5	2,5	2,3	1,7	0,4	6,8	75,0	7,3	*
B1	4,2	0,9	43	0,1	0,6	3,1	3,5	2,1	1,6	8,8	76,2	19,3	13,96
B2	4,3	1,6	55	0,1	1,8	3,2	3,7	1,4	0,7	8,4	83,4	9,0	12,35

Fonte: Elaborada pelos autores

* o cálculo é recomendado apenas para o horizonte B e em alguns poucos casos, no horizonte C.

4. CONCLUSÃO

Ao final da pesquisa foi possível concluir que o solo estudado apresenta características importantes que influenciam diretamente a produtividade agrícola e a sustentabilidade do sistema e que o tempo de implantação do Sistema Agroflorestal não foi suficiente para promover melhorias nos atributos do solo. Assim, como subsídio para o planejamento ambiental e uso do solo, sugere-se:

I. Dado que o pH do solo é ácido, indica a necessidade de correção do solo com o corretivo adequado à relação Ca/Mg baixa observada no perfil, nesse caso, o calcário dolomítico para ajuste dessa característica.

II. Embora apresente baixos valores de pH, a saturação por bases se apresentou elevada, fenômeno que pode ser atribuído à presença predominante de óxidos de Al e Fe na região do Cerrado.

III. Outro aspecto relevante diz respeito a estrutura do solo, predominantemente com- posta por blocos angulares e grau de desenvolvimento forte, o que acaba influenciando na me- nor propensão à erosão.

IV. Observou-se teores de matéria orgânica, maiores nos horizontes superficiais, con- forme esperado, porém os valores em profundidade foram, quando comparados, menores. Re- comenda-se elevar o teor de matéria orgânica no solo por meio da incorporação de resíduos de culturas, esterco ou outros materiais orgânicos. A matéria orgânica é fundamental para a quali- dade do solo, influenciando diversas propriedades como infiltração, retenção de água e resis- tência à erosão.

V. O teor de fósforo, por sua vez, apresentou-se baixo em todos os horizontes, o que requer atenção para práticas de adubação e manejo adequado para garantir a disponibilidade desse nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas. Contudo, devem ser utilizadas fontes de fósforo adequadas ao sistema agroflorestal, como fosfato natural.

VI. A densidade do solo, especialmente nos horizontes superficiais, indica que o ma- nejo realizado na área do Sistema Agroflorestal pode ainda não ter sido suficiente para melhorar essa propriedade, demandando uma atenção mais específica para evitar impactos negativos na qualidade física do solo. A adição de matéria orgânica pode ser uma estratégia para melhorar a densidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. & WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 29:425-435, 2005.
- BIEDERBECK. V. O.; JANZEN. H.H.; CAMPBELL. C. et al. Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. Soil Biology and Biochemistry, 26; 147-157, 1994.
- BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W. A.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; GIAMBELLUCA, T.; MIRALLESWILHELM, F. Controls on stand transpiration and soil water utilization along a tree density gradient in a Neotropical savanna. Agricultural and Forest Meteorology, v. 148, n. 6-7, p. 839-849, 2008.
- CAPECHE, C.L. Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista. Comunicado Técnico 51. ISSN 1517-5685. Rio de Janeiro. EMBRAPA.2008.
- CARDOSO, E. J. B., Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? Received June 29, 2012 Accepted February 18, 2013 - Sci. Agric. v.70, n.4, p.274-289, July/August 2013.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n.7, p.661-669, 2004.
- CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. Pesq. Agropec. Bras., 37:203-209, 2002.
- COSTA, E., SILVA, H.; RIBEIRO, P. R. MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E O SEU PAPEL NA MANUTENÇÃO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS. DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p. : il.
- FERNÁNDEZ, M.; GYENGÉ, J.; LICATA, J.; SCHLICHTER, T. S.; BOND, B. J. et al. Belowground interactions for water between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry system. Agroforestry Systems, v. 74, n. 2, p. 185-197, 2008.
- JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the Brazilian Cerrado region. Soil & Tillage Research, v.95, n.1, p.97-109, 2007.
- KLEIN, V.A. Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. R. Ci. Agron., 5:26-32, 2006.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; COSTAS, D. B. Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho – Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. Revista Árvore, v. 35, p. 51- 60, 2011
- MARINARI, S.; MANCINELLI, R.; CAMPIGLIA, E.; GREGO, S. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. Ecological Indicators, 6: 701–711, 2006.

MARTINS NETO, F.F.; FERREIRA, C.S.; CHIG, L.A. Ciência do solo: classificação. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. 208 p.

MOREIRA, F. L. M. *et al.* Adsorcao de fosforo em solos do estado do Ceara. **Revista Ciência Agronômica**, [S.l.], v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.

MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (ed.). O ecossistema solo. Lavras: UFLA: Universidade Federal de Lavras, 2013. 352 p.

NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, B. M. & HAILE, S. G. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science & Policy*, Exeter, v. 12, p. 1099 - 1111, 2009.

NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, MG: 2007. p. 275-374.

NICODEMO, M. L. F. Dinâmica da água em sistemas agroflorestais [Recurso eletrônico]. Documento 102. ISSN 1980-6841. São Carlos. EMBRAPA. 2011.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ci. Amb.*, 27:29-48, 2003.

RIGHI, C. A. & BERNARDES, M. S. Disponibilidade de energia radiante em um sistema agroflorestal com seringueiras: produtividade do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 67, p. 533 - 540, 2008.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8: 26. .2010.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.19, n.12,p.1443-1448, dez. 1984.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.;

OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 356 p. 2018.

SCHRAMA, M.; HAAM, J. J.; KROONEN, M.; VERSTEGEN, H.; VAN DER PUTTEN, W. H. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256: 123–130, 2018.

SILVA, I. R.; MENDOÇA, E. de. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F. de. FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. L.; SOBRAL, L.F.; BARRETO, M.C.V.; SILVA, A.J.; ANJOS, J.L. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos 206).

SOUZA, M.G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, 2004.

SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JUNIOR, V. S. S.; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. C.; CAMPOS, M. C. C.; RIBIERO FILHO, M. R.; SCHULZE, M. B. B. Caracterização de solos em uma topoclimossequência no Maciço De Triunfo – Sertão De Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.4, p.1259-1270, 2010.

TEIXEIRA, V. G. Atribuição de tributos do solo e vegetação em sistema agroecológico. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. UNESP, Rio Claro – SP, 2013.