



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOÁLISON DE BRITO SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, PASTAGEM E
FLORESTA NO AGRESTE PARAIBANO**

**AREIA
2025**

JOÁLISON DE BRITO SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, PASTAGEM E
FLORESTA NO AGRESTE PARAIBANO**

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da Paraíba, em
cumprimento às exigências para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de
Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Milton César
Costa Campos

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Joálison de Brito.

Atributos químicos em sistemas agroflorestais,
pastagem e floresta no Agreste Paraibano / Joálison de
Brito Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

37 f. : il.

Orientação: Flávio Pereira de Oliveira.

Coorientação: Milton César Costa Campos.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Desenvolvimento ambiental. 3.
Fertilidade do solo. 4. Manejo sustentável. I.
Oliveira, Flávio Pereira de. II. Campos, Milton César
Costa. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

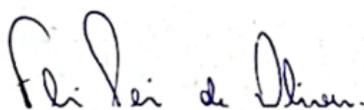
JOÁLISON DE BRITO SILVA

ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, PASTAGEM E
FLORESTA NO AGRESTE PARAIBANO

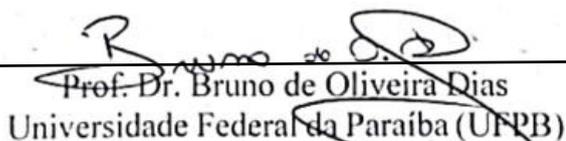
Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 13/08/2025.

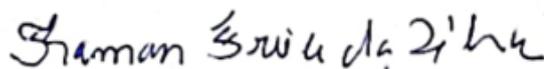
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Dr. Ramon Freire da Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Às minhas tias Marizete Rodrigues da Silva e
Marelza Rodrigues da Silva, meu tio Severino Félix
de Brito pelo amor, carinho, educação e criação,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Jesus Cristo que é minha fonte de amor, esperança, vitalidade, saúde, sabedoria, persistência e fé. Toda honra e toda à glória na minha vida é dedicada a ele e para ele.

Em seguida, agradeço em especial, as minhas tias Marizete Rodrigues da Silva, Marielza Rodrigues da Silva, Maria Helena Rodrigues da Silva, Maria do Socorro Rodrigues da Silva, Maria da Paz Alves de Melo, meu tio Severino Félix de Brito pelo amor e carinho durante toda a jornada. Destaque também para o professor Milton César Costa Campos, orientador durante todo o curso, agradeço por sua competência, empenho, oportunidades e amizade.

À minha mãe, Severina de Brito Silva (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sinto sua presença ao meu lado, dando-me força e inspiração pela mulher de prestígio que foi.

Aos professores do Curso de Agronomia da UFPB, em especial, Milton César Costa Campos, Bruno de Oliveira Dias, Flávio Pereira de Oliveira, os quais contribuíram ao longo desses semestres, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento humano e acadêmico.

Aos servidores da UFPB, Ramon Freire da Silva e Robeval Diniz Santiago, pela amizade, presteza e atendimento sempre que necessário.

É a vocês que dedico o meu sucesso e é em representação a vocês que darei o meu máximo todos os dias da minha vida para ser honrado e honesto.

Agradeço também aos meus colegas pelos momentos de amizade, distrações, alegria e apoio.

RESUMO

O planejamento e o uso dos recursos naturais, visando o desenvolvimento sustentável, deve ter como base as características da paisagem. Assim sendo, objetivou-se avaliar comparativamente a fertilidade do solo em sistemas Agroflorestais, pastagem e floresta natural na mesorregião do Agreste paraibano. As superfícies geomórficas foram identificadas e delimitadas conforme critérios topográficos, após isso foram abertas trincheiras em cada pedoambiente da topossequência e definidos seus horizontes e/ou camadas para caracterização da fertilidade. Foram selecionadas as áreas com sistemas agroflorestais: a) Silvicultural b) Agrossilvicultural c) Área de pastagem intensiva; d) Área de floresta natural, nesses locais os solos foram amostrados em quinze pontos equidistantes em cada camada por ambiente perfazendo 60 pontos e 120 amostras. Esses locais foram georreferenciados com um equipamento de GPS, onde as informações foram utilizadas para o desenvolvimento do perfil altimétrico, as amostras foram coletadas no transecto nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo determinadas quanto ao pH em água (H₂O) e em cloreto de potássio (KCl), acidez potencial (H+Al), alumínio trocável (Al³⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), fósforo (P), potássio (K⁺), carbono orgânico (CO) e estoque de carbono (EC). De maneira geral, os solos da mesorregião do Agreste da Paraíba são levemente ácidos devido ao elevado estágio de intemperismo associado aos índices pluviométricos das áreas. Além disso, possui argilas com predominâncias de óxidos de Ferro e de Alumínio que promovem baixos valores de capacidade de troca de cátions (CTC) e baixos valores de Saturação de Bases. Esses solos, em geral, têm como características boas condições físicas para a agricultura, com boa permeabilidade, estrutura forte e porosidade elevada, resultando na elevada fertilidade.

Palavras-Chave: desenvolvimento ambiental; fertilidade do solo; manejo sustentável.

ABSTRACT

The planning and use of natural resources, aimed at sustainable development, should be based on landscape characteristics. Therefore, this study aimed to comparatively evaluate soil fertility in agroforestry systems, pasture, and natural forest in the Agreste mesoregion of Paraíba. Geomorphic surfaces were identified and delineated according to topographic criteria. Subsequently, trenches were opened in each pedoenvironment of the toposequence, and their horizons and/or layers were defined for fertility characterization. The selected areas included: a) silvicultural system, b) agrosilvicultural system, c) intensive pasture area, and d) natural forest area. In these locations, soils were sampled at fifteen equidistant points in each layer per environment, totaling 60 points and 120 samples. These sites were georeferenced using a GPS device, and the information was used to develop the altimetric profile. Samples were collected along the transect at depths of 0.00–0.10 m and 0.10–0.20 m, and analyzed for pH in water (H₂O) and in potassium chloride (KCl), potential acidity (H⁺+Al), exchangeable aluminum (Al³⁺), calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), phosphorus (P), potassium (K⁺), organic carbon (OC), and carbon stock (CS). In general, the soils of the Agreste mesoregion of Paraíba are slightly acidic due to the advanced stage of weathering associated with local rainfall patterns. Additionally, they contain clays predominantly composed of iron and aluminum oxides, which result in low cation exchange capacity (CEC) and low base saturation values. Overall, these soils exhibit good physical conditions for agriculture, with good permeability, strong structure, and high porosity, leading to high fertility.

Keywords: environmental development; soil fertility; sustainable management.

LISTA DE SÍMBOLOS

NO_3^-	Nitrato
P_2O_5	Pentóxido de fósforo
K_2O	Óxido de potássio
Ca^{2+}	Cálcio
Mg^{2+}	Magnésio
Al^{3+}	Alumínio
K^+	Potássio
P	Fósforo
CTC	Capacidade de troca de cátions
SB	Soma de bases
T	Capacidade de troca cations potencial
t	Capacidade de troca cations efetiva
m	Saturação por alumínio
V	Saturação por bases
pH	Potencial hidrogeniônico
SMP	Shoemaker, Mac lean e Pratt
Zn^{2+}	Zinco
Cl^-	Cloro
$\text{B}(\text{HO})_3$	Boro
Mn^{2+}	Manganês
MoO_4^{2-}	Molibdênio
Cu^{2+}	Cobre
Ni^{2+}	Níquel
Fe^{3+}	Ferro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	SISTEMASAGROFLORESTAIS (SAF'S).....	11
2.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	13
2.3	MESOREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO.....	13
3	METODOLOGIA	15
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2	METODOLOGIA DE CAMPO.....	16
3.3	ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO.....	16
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O solo é um substrato complexo e heterogêneo mais abundante nos ambientes geoespaciais com utilização para diversos fins. Seu uso inadequado pode inviabilizar o desenvolvimento sustentável nos estabelecimentos agropecuários, por ocasionar a degradação dos recursos naturais (Santos et al., 2022). Para que se evite esse cenário, é essencial adotar gestões que permitam conhecer as potencialidades e fragilidades do ambiente e utilizar essas informações para o planejamento das atividades antrópicas.

Nesse sentido, é necessário obter conhecimento dos atributos químicos do solo que pouco se conhece sobre sua variabilidade em função da finalidade do uso das áreas. Alguns autores têm demonstrado que em áreas com pastagens perenes existe uma grande degradação, resultante de processo de esgotamento da fertilidade do solo o qual acarreta perda na produção e rendimento das propriedades (Silva et al., 2023; Pereira et al., 2023).

Segundo Silva et al. (2022), de maneira geral, os solos da mesorregião do Agreste da Paraíba são levemente ácidos devido ao elevado estágio de intemperismo associado aos índices pluviométricos das áreas. Além disso, possui argilas com predominâncias de óxidos de Ferro e de Alumínio que promovem baixos valores de capacidade de troca de cátions (CTC) e baixos valores de saturação por bases (SB). Esses solos, em geral, têm como características: boas condições físicas para a agricultura, com boa permeabilidade, estrutura forte dos agregados e porosidade elevada o que contribui para a qualidade da fertilidade do solo. Levando em consideração que, muitos produtores não tem o hábito de fazer manejo de adubação (orgânica e/ou mineral), provavelmente por desconhecer a importância dessa prática e as características do solo.

Diante disso, os sistemas agroflorestais (SAF's) surgem como técnica eficiente para a recuperação e conservação ambiental, bem como, de sucessão ecológica natural e manutenção ecossistêmica (Corrêa et al., 2010; Machado et al., 2023). Nesses sistemas de abordagem agroecológica, a conservação dos recursos naturais e a produção diversificada de alimentos são priorizadas, contribuindo para a segurança alimentar e geração de renda (Cruz et al., 2021). Essa técnica biodiversa associa o cultivo de espécies arbóreas sob a introdução de culturas agrícolas e animais em um mesmo espaço de tempo, aderindo um manejo sustentável considerando as características ambientais que limitam a produção.

Esse método de produção agrícola, agrega conhecimentos empíricos a novos conceitos ambientais permitindo que parâmetros de gestões sustentáveis proporcionem readequações nas dimensões econômica, social e, sobretudo, ecológica da cadeia geração de insumos (Froufe et al., 2020).

Portanto, caracterizar os aspectos relacionados aos atributos químicos do solo é essencial para conduzir atividades de produção agropecuária com resultados satisfatórios. A hipótese a ser testada nesse estudo é sobre o efeito significativo entre os ambientes e o conjunto de atributos observados, ou seja: $H_0: \text{Silvicultural} = \text{Agrossilvicultural} = \text{Área florestal natural} = \text{Área de pastagem intensiva}$. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar comparativamente os atributos químicos do solo em áreas sob Sistemas agroflorestais, Pastagem intensiva e Floresta natural na mesorregião no Agreste Paraibano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF'S)

A avaliação dos atributos químicos em diferentes usos e sistemas de manejo é fundamental para entender os impactos antrópicos na qualidade do solo, especialmente em regiões semiáridas como o Agreste da Paraíba, onde condições climáticas adversas e práticas de manejo inadequadas podem intensificar processos de degradação (Silva et al., 2022). Os sistemas agroflorestais (SAFs) vêm sendo reconhecidos como alternativas sustentáveis para recuperar e conservar a fertilidade do solo, pois favorecem o aumento dos teores de matéria orgânica, da biodiversidade de microrganismos decompositores, na ciclagem de nutrientes e promovem maior proteção contra a erosão, quando comparados a sistemas agrícolas manejados de forma extensiva (Silva et al., 2022; Feltz et al., 2024).

Estudos realizados na região Agreste da Paraíba demonstram que a conversão de áreas de floresta nativa para sistemas de produção agrícola intensivo tem resultado em significativa redução nos teores de carbono orgânico, fósforo disponível e bases trocáveis, além de acidificação e empobrecimento da camada superficial do solo (Silva et al., 2023). Em contrapartida, as SAF's têm mostrado potencial para recuperar parte desses atributos, devido ao aporte constante de resíduos vegetais e à diversificação de espécies atuando na rizosfera, que contribuem para maior biomassa e fixação biológica (Feltz et al., 2024).

Autores como Schembergue et al. (2017) e Singh et al. (2019), enfatizam em seus trabalhos, apesar de poucas evidências na literatura, que os sistemas agroflorestais (SAF's) podem proporcionar soluções para diversos problemas ambientais, satisfazendo todas essas reivindicações nos atributos químicos. A agrossilvicultura é uma das vertentes associadas às SAF's que podem contribuir para serviços ecossistêmicos como sequestro de carbono, conservação da biodiversidade e melhoria da saúde do solo (Garima et al., 2021). Além de proporcionar viabilidade econômica, principalmente, à pequenos produtores.

Miccolis et al. (2016) e Lucena et al. (2023), ressaltam em seus trabalhos que os sistemas agroflorestais podem contribuir para sanar problemas, tanto de ordem ambiental como socioeconômica, isso porque o mesmo age protegendo e nutrindo a biodiversidade, trabalhando na mitigação das alterações climáticas, ajudando na ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo. Além disso, melhora a renda e a qualidade de vida dos produtores rurais.

As agroflorestas podem ser consideradas uma alternativa viável para os diferentes ecossistemas do semiárido brasileiro, proporcionando dinâmicas distintas em benefício ao meio ambiente (Korting et al., 2013; Lucena et al., 2023). O uso de manejos mais sustentáveis, como os sistemas agroflorestais, é uma tática que pode contribuir para a melhoria das qualidades químicas e biológicas dos solos, podendo garantir condições equilibradas a longo prazo (Lima et al., 2020).

O manejo intensivo em pastagens tem efeitos significativamente prejudiciais sobre a conservação ambiental e os atributos químicos do solo (Hanisch et al., 2021; Silva et al., 2023). A contínua ocupação e pastejo intenso reduzem a matéria orgânica, responsável por fornecer nutrientes essenciais e melhorar a capacidade de troca catiônica (CTC). Além disso, o pisoteio do gado compacta o solo, diminuindo a aeração e a infiltração de água, o que compromete a solubilidade e disponibilidade de nutrientes como P, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. A acidificação do solo e o aumento da saturação por alumínio (m%) são consequências recorrentes, tornando o solo menos fértil e aumentando a necessidade de corretivos e fertilizantes químicos para manter a produtividade das pastagens. Esse cenário evidencia que a intensificação sem manejo adequado leva à degradação física, química e biológica do solo, comprometendo sua sustentabilidade a curto e longo prazo (Amorim, 2020).

Em contraste, ambientes de floresta em regiões com precipitação elevada apresentam fragilidades próprias nos atributos do solo, embora naturalmente mais resilientes que áreas cultivadas. Nesses ecossistemas, a matéria orgânica do solo é geralmente mais alta, sustentando uma elevada CTC e mantendo nutrientes disponíveis para as plantas (Lima, 2020). Entretanto, a alta pluviosidade pode promover a lixiviação de nutrientes solúveis, como nitrato e potássio, especialmente em solos arenosos, reduzindo temporariamente a fertilidade química do perfil superficial. Além disso, solos de floresta dependem da ciclagem contínua de matéria orgânica para repor os nutrientes removidos pela vegetação; qualquer perturbação significativa, como desmatamento ou extração seletiva de madeira, compromete rapidamente a capacidade de retenção de nutrientes e a estabilidade química do solo, mostrando que mesmo ambientes naturalmente férteis podem ser vulneráveis a mudanças externas (Enck et al., 2020).

Dessa forma, a comparação entre áreas sob sistemas agroflorestais, pastagens e áreas remanescentes florestais permite identificar estratégias de

manejo mais eficientes para restaurar os atributos químicos do solo, visando práticas agrícolas sustentáveis e a conservação da biodiversidade (Souza et al., 2024), além da sustentabilidade produtiva e à preservação dos recursos naturais na região do Agreste paraibano.

2.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os atributos químicos do solo estão associados com a disposição em que o solo tem de liberar elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, potencializando seus desempenhos fisiológicos, que influencia na falta ou excesso destes elementos, o que acarreta na contaminação ou relações antagônicas, em alguns casos. Dentre esses elementos, destacam-se o pH, capacidade de troca de cátions (CTC), macronutrientes (NH_4^+ , NO_2^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , P e K^+) e micronutrientes (Zn^{2+} , Cl, $\text{B}(\text{HO})_3$, Mn^{2+} , MoO_4^{2-} , Cu^{2+} , Ni^{2+} e Fe^{3+}), saturação por alumínio (m%) e saturação por bases (V%).

Costa et al. (2019) destacam que os atributos químicos do solo são bons indicadores para sistemas agrícolas, isso porque estão fortemente relacionados aos nutrientes, ao desenvolvimento das plantas e aos organismos que nela habitam. A escolha dos atributos a serem avaliados dependem de fatores como ecossistema, o manejo usado nas culturas empregadas e o clima de região, podendo ser afetado de formas diferente.

Para a determinação de fertilidade, Silva et al. (2020) enfatizam que os indicadores mais utilizados são os teores nutrientes de P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al e as variáveis obtidas através dos cálculos destes.

A matéria orgânica (MO) dentro dos indicados biológicos, destaca-se como sendo a mais importante para avaliar qualidade do solo, isso por que de acordo com Conceição et al. (2005), está diretamente relacionada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Sendo assim o seu teor no solo pode influenciar diretamente na estrutura e na dinâmica de outros atributos.

2.3 MESOREGIÃO DO AGRESTE PARAIBANO

A Paraíba tem seu território dividido em quatro mesorregiões de acordo com a classificação do IBGE (2017), sendo elas: Zona da Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano. A região do Agreste é composta por 48

municípios que estão reunidos nas microrregiões: Esperança, Brejo Paraibano, Guarabira, Campina Grande, Itabaiana e Umbuzeiro (Aesa - PB, 2006).

O Agreste distingue-se por ser a área de transição entre a zona da mata e a zona das caatingas interioranas, com trechos úmidos como no litoral e outros secos como no sertão (Andrade, 1980; Andrade, 1989; Pereira et al., 2002). Essa zona intermediária conta com áreas planas e superfícies elevadas da porção oriental do planalto da Borborema, onde se vê a transição entre os brejos úmidos e o sertão das caatingas (Pontes-Lins & Medeiros, 1994; Pereira et al., 2002).

Ribeiro et al. (2007), descreveram que a geologia da região é proveniente do período terciário, sendo a formação geológica proveniente da era pré-cambriana e caracteriza-se pela presença de gnaisses e migmatitos. O clima pela classificação de Köppen enquadra-se no tipo As' (quente úmido com chuva de outono inverno), com período de estiagem de 5 a 6 meses (Alvares et al., 2013).

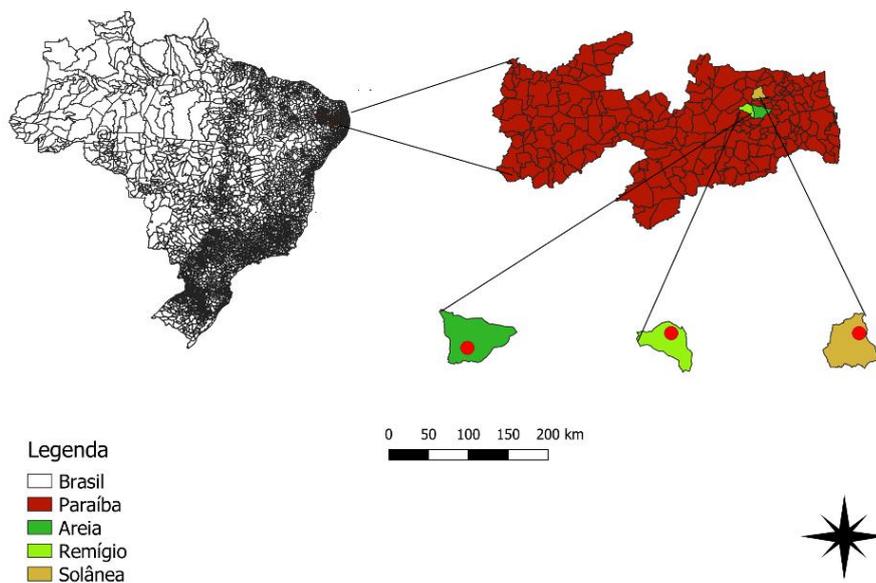
A vegetação primitiva do Agreste foi quase substituída e o solo foi fortemente ocupado pelas culturas agrícolas e pastagens. As formações arbóreas foram reduzidas a pequenos fragmentos isolados (Duque, 1980; Pereira et al., 2002). Apesar desse ocorrido, Pereira et al. (2002), relatam que há indícios onde a região tenha sido coberta por uma floresta tropical densa parecida às chamadas “matas secas” e o desaparecimento de boa parte da cobertura vegetal se deu por ações do homem. Moura et al. (2024), estudando sobre a composição florística de alguns municípios da mesorregião, encontrou o que chamou de “flora rupestre”, rica e diversificada. Mostrando que apesar da mesma mesorregião, a diferença no ambiente pode ser diversa.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na mesorregião do Agreste do estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, com gradiente de umidade partindo da Zona da Mata (zona úmida), sob coordenadas geográficas (7°7'28,007" S e 35°50'43,547" W) para o Agreste (zona mais seca), sob coordenadas geográficas (7°4'7,248" S e 35°42'39,253" W), nos municípios de Remígio, Solânea e Areia. As regiões apresentam distinções climáticas de leste a oeste, na qual, a região leste é observada sob maior pluviosidade com clima tropical úmido com chuvas durante o outono e inverno; a região oeste do estado, que engloba principalmente o Sertão e a Borborema, com clima semiárido (Alvares et al., 2013).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Silva, (2025).

Em relação a vegetação e relevo, o Agreste apresenta relevos compostos, formados, principalmente, por planaltos com destaque para o planalto da Borborema (Corrêa et al., 2010), que influencia a vegetação marcada pelo bioma Caatinga, constituído por vegetação caducifólia, destacam-se espécies como, cactos, bromélias e algumas leguminosas, que são encontradas em grandes quantidades nessa mesorregião, nas partes mais altas da paisagem, encontram-se maior teor de

umidade, que contribui para a presença de Mata Atlântica (Pereira et al., 2002). Enquanto a Zona da Mata localiza-se na parte litorânea do estado e apresenta relevo composto por planícies (Santos e Salcedo, 2010), predomina vegetação composta de forma majoritária por Mata Atlântica, podendo, assim, ser encontrada árvores de médio e grande porte. A região encontra-se distribuída em uma superfície geomórfica caracterizada por material arenítico, rochas vulcânicas, argilitos e um porção de pegmatitos que incluem feldspatos, micas entre outros minerais (Brito Neves et al., 2009), algumas áreas são constituídas por sedimentos, os quais apresentam idades geológicas antigas, variando do Arqueano, Paleoproterozóicos e materiais recentes (quaternários) do Holoceno, sendo observada como principais classes de solos da região os Argissolos, Luvisolos, Neossolos e Planossolos (Francisco et al., 2017). Quanto aos atributos químicos verifica-se baixa fertilidade, além de acidez elevada, baixa saturação por bases, baixa capacidade de troca catiônica e alta saturação por alumínio (m%) (Arruda et al., 2019).

Os solos da área de estudos foram classificados em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico nas áreas de pastagem e floresta e Neossolo Regolítico nos sistemas agroflorestais de acordo com o Sistema Brasileira de Classificação do Solo (Santos et al., 2018).

3.2 METODOLOGIA DE CAMPO

As áreas foram selecionadas conforme os sistemas de uso: a) Silvicultural b) Agrossilvicultural c) Pastagem intensiva; d) Floresta natural. Foi estabelecido um transecto na região de estudo passando por todos os ambientes avaliados, nesses locais os solos foram amostrados em quinze pontos equidistantes em duas camadas distintas, de 0,0-0,10 m e 0,10-0,20 m por ambiente, perfazendo 60 pontos e 120 amostras.

3.3 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

O solo foi seco a sombra por 48 horas e peneirado com abertura de malha de 2 mm, caracterizando a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Após o preparo inicial do solo foram realizadas as análises química, segundo a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017), onde foram determinados o pH em água (H₂O), acidez potencial (H+Al),

acidez trocável (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), fósforo (P), potássio (K^+) e carbono orgânico (CO).

O pH em H_2O foi determinado potenciométricamente, utilizando pHmetro de bancada para as leituras. O cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e a acidez trocável (Al^{3+}) foram extraídas por solução de KCl 1 mol L^{-1} . Os teores de Al^{3+} foram determinados por titulometria, utilizando NaOH a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ e azul de bromotimol como indicador colorimétrico. Os índices de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por espectrometria de absorção atômica.

A acidez potencial (H+Al) foi extraída com acetato de cálcio tamponado a pH 7,00 e determinada por titulometria utilizando NaOH a $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ e fenolftaleína como solução indicadora. O sódio (Na^+), potássio (K^+) e o fósforo (P) disponível, foram extraídos por Mehlich-1. Os teores de P foram quantificados por espectrofotômetro – UV – Vis (modelo DR 6000 Hach), os teores de K^+ e Na^+ por espectrofotometria de chama (modelo BWB XP).

A análise do carbono orgânico (CO) foi avaliada pelo método de Walkley-Black (1934), modificado por Yeomans e Bremner (1988). Em seguida estimou-se os teores de matéria orgânica, ajustando os valores com o fator de conversão de Benmelen (1,724).

Posteriormente, calculando-se capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva (t) e potencial (T); soma de bases (SB), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à teste de normalidade de Shapiro Wilk, também a uma análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Em seguida, foi realizado uma análise estatística descritiva para determinação dos parâmetros determinantes.

A hipótese testada foi que houve efeito significativo entre os ambientes sobre o conjunto de atributos observados, ou seja: H_0 : Silvicultural = Agrossilvicultural = Área florestal natural = Área de pastagem intensiva. Com o objetivo de avaliar a ação conjunta dos atributos químicos na discriminação dos ambientes estudados.

Para as análises multivariadas, foi realizada análise fatorial dos componentes principais (ACP), a fim de encontrar significância estatística dos conjuntos dos

atributos que mais discriminam os ambientes, com relação as diferentes áreas em estudo, obtendo como resposta de quais são os ambientes cujos atributos sofrem maior influência pela ação antrópica (Ferreira, 2019).

A adequabilidade da análise fatorial foi feita pela medida de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), avaliando as correlações lineares e parciais das variáveis, e pelo teste de esfericidade de Bartlett, ao qual se pretende rejeitar a igualdade entre a matriz correlação com a identidade. A extração dos fatores foi realizada pela análise de componente principal (ACP), incorporando as variáveis que apresentaram comunalidades igual ou superior a cinco (5,0). A escolha do número de fatores utilizado foi feita pelo critério de Kaiser (fatores que apresentam autovalores superiores a 1,0). A fim de simplificar a análise fatorial, foi feita a rotação ortogonal (varimax) e representada em um plano fatorial das variáveis e dos escores para os componentes principais.

Nos gráficos de dispersão da ACP após rotação varimax, os escores foram construídos com valores padronizados, de tal forma que a média é zero e a distância entre os escores é medida em termos do desvio padrão. Dessa forma, as variáveis em um mesmo quadrante (1°, 2°, 3° e 4°) e mais próximas no gráfico de dispersão das ACP são mais bem correlacionadas. Da mesma forma, escores atribuídos às amostras que se encontram próximos e em um mesmo quadrante, estão relacionadas com as variáveis daquele quadrante (Burak et al., 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após contextualizar os objetivos e os métodos validados para o desenvolvimento desse trabalho, podemos observar os resultados a seguir, nas tabelas 1 e 2. Na tabela 1, é possível verificar que o pH não diferiu significativamente ao comparar os diferentes ambientes, com exceção da área de floresta natural, influenciado pelas características do ambiente, corroborando na redução de disponibilidade de macronutrientes essenciais como N, P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e demais formas elementares (Silva et al., 2023). Esse aspecto compromete diretamente os níveis de fertilidade do solo. O pH indica a quantidade de íons de hidrogênio (H^+) que existem dispersos na solução do solo e fornece indícios das condições químicas gerais, assim os solos que apresentam acidez elevada, geralmente tem pobreza em bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+); alto teor de alumínio tóxico (Al^{3+}), o qual inibi o desenvolvimento radicular das plantas, excesso de manganês (Mn^{2+}) e alta fixação de fósforo (P) nos coloides do solo (nos óxidos de Fe e Al^{3+}) (Ronquim, 2010).

De modo semelhante, ocorreu com o pH-SMP, sendo que este consiste em um método de análise e correção de acidez do solo que se baseia no poder tampão do solo (Tabela 1). A sigla que identifica o método se refere aos criadores do método: Shoemaker, Mac lean e Pratt (Santiago et al., 2013).

Ao avaliar as bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) foi possível verificar que na camada superficial (0,00-0,10 m) ocorreu a seguinte sequência decrescente (em função das variáveis) das áreas Silvicultural, Agrossilvicultural, Pastagem intensiva e Floresta natural (Tabela 1). Por outro lado, o Mg^{2+} encontrado no ambiente de Floresta natural, foi superior ao da Pastagem intensiva e similar ao encontrado no sistema Silvicultural e Agrossilvicultural, isso pode estar associado ao manejo inadequado desses ambientes visto que a relação $Ca^{2+} : Mg^{2+}$ ideal no solo, para a maioria das culturas, varia de 3:1 a 5:1, requisito não alcançado pela área de Floresta natural (Lange et al., 2021).

Tabela 1. Atributos químicos e de fertilidade do solo na camada superficial em áreas sob Sistemas Agroflorestais na mesorregião do Agreste, Paraíba.

Estadística	pH	SMP	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	H+Al	t	T	K ⁺	P	V	m	M.O	Argila	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg
Descritiva	-----cmol _c dm ⁻³ -----								--mg dm ⁻³ --			-----%-----			-----cmol _c dm ⁻³ -----			
Profund.	0,00-0,10 m																	
Silvicultural																		
Média	5,99a	6,45a	6,33a	2,02a	0,00b	8,82a	2,71c	8,82a	11,60a	180,53a	4,49b	76,46a	0,00c	2,82a	16,66ab	15,82ab	4,98b	3,07a
CV%	4,43	4,21	21,58	23,55	0,00	20,69	32,09	20,70	16,88	17,67	31,11	9,58	0,00	22,59	21,59	50	34,15	16,19
Curtose	1,63	1,96	1,47	1,99	0,00	1,49	2,33	1,49	2,14	2,38	2,17	2,83	0,00	1,67	2,55	6,21	3,54	3,93
SW	0,04	0,28	0,06	0,11	1,00	0,06	0,19	0,06	0,71	0,92	0,29	0,11	1,00	0,03	0,26	0,001	0,02	0,003
Agrossilvicultural																		
Média	5,27a	6,34a	3,82b	1,68a	0,00b	5,87bc	3,01c	5,87ab	8,91ab	143,15b	12,84a	65,40a	0,00c	2,20ab	12,26b	17,54a	8,15a	2,41a
CV%	9,78	3,61	23,16	31,68	0,00	24,92	21,90	24,94	16,28	162,17	107,55	12,84	0,00	15,71	17,82	37,79	43,61	33,21
Curtose	5,22	5,60	2,02	1,76	0,00	2,41	3,84	2,41	2,41	12,77	3,20	3,64	0,00	2,12	2,59	3,46	2,57	4,69
SW	0,004	0,018	0,31	0,34	1,00	0,88	0,26	0,88	0,98	0,00	0,00	0,63	1,00	0,30	0,67	0,85	0,59	0,001
Área de pastagem intensiva																		
Média	5,31a	6,28a	1,58c	0,77b	0,01b	2,67c	3,28bc	2,68bc	5,95bc	121,25bc	2,42bc	44,60bc	0,78bc	1,88ab	18,13ab	6,19c	2,93c	2,06ab
CV%	3,47	4,13	39,42	31,47	387,29	34,05	26,38	33,53	22,96	59,42	36,00	21,20	387,29	39,04	42,04	44,92	37,04	18,69
Curtose	2,46	3,24	4,22	2,14	13,07	2,95	2,43	3,02	2,85	4,69	6,12	2,16	13,07	3,10	2,23	1,81	2,23	2,90
SW	0,15	0,35	0,02	0,50	0,00	0,47	0,88	0,55	0,91	0,017	0,01	0,22	0,00	0,77	0,87	0,63	0,85	0,46
Área de floresta natural																		
Média	4,58ab	5,50b	1,26c	1,68a	0,90a	3,18c	8,46a	4,08b	10,31a	92,63c	2,30bc	25,66c	26,71a	3,22a	24,73a	7,22bc	4,66b	1,31b
CV%	7,29	7,77	49,08	155,33	83,67	88,11	41,33	68,47	39,49	49,04	31,31	50,03	84,91	30,64	34,49	107,93	40,02	57,33
Curtose	2,58	2,92	2,17	12,23	1,91	9,64	2,07	11,01	2,94	2,98	5,89	1,66	1,86	3,41	1,64	10,06	3,46	7,92
SW	0,55	0,20	0,31	0,00	0,25	0,00	0,96	0,00	0,33	0,13	0,01	0,21	0,12	0,74	0,40	0,00	0,17	0,00

CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. *Significativo a 5%de probabilidade; SB: soma de bases; MO: matéria orgânica; médias acompanhadas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O Al^{3+} foi verificado o oposto do supracitado, maiores teores nas Área de Floresta natural, Pastagem intensiva, Agrossilvicultural e Silvicultural, respectivamente. Este processo de acidificação do solo é intensificado por práticas agrícolas como resíduos de plantas e uso de fertilizantes nitrogenados indevidamente (Wendling, 2012). Quanto maior a presença de argila 1:1, maior a presença do alumínio no solo, que irá ter as suas cargas dependentes de pH. Além disso, sua presença no solo é mais nociva por sua toxicidade, a inibição do crescimento da raiz, reduz a disponibilidade de P e cátions. De modo similar, a acidez potencial é caracterizada pela soma da acidez trocável (íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos coloides por forças eletrostáticas) com a acidez não trocável, que corresponde àquela acidez neutralizada até um determinado valor de pH. Esta se destacou no ambiente de área de floresta natural a nível de $8,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A Soma de Bases (SB), que indica o número de cargas negativas dos coloides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis, apresenta-se na ordem decrescente nos ambientes: Silvicultural, Agrossilvicultural, Floresta natural e Pastagem intensiva. Com destaque para os extremos de $8,82 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o ambiente Silvicultural e $2,67 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na pastagem intensiva, fato que pode estar associado ao manejo implementado

A CTC efetiva (t), é uma variável que indica a quantidade de cargas negativas ocupadas com os cátions trocáveis, enquanto a CTC pH 7,0 (T), também chamada de potencial, indica a quantidade total de cargas negativas que o solo poderia apresentar se o seu pH estiver em 7,0. Essas variáveis demonstraram resultados positivos nos ambientes ocupados com Saf's (Tabela 1), possivelmente, isso esteja associado à influência na estabilidade do solo, disponibilidade e ciclagem de nutrientes, o pH do solo e a reação do solo com fertilizantes (Aoki, 2023).

Ao destacar o P, no solo ocorre principalmente em formas orgânicas e inorgânicas, mas a planta só absorve o P na forma de íons ortofosfato (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), diácido e monoácido, cuja disponibilidade é fortemente influenciada pelo pH, matéria orgânica e presença de ferro, alumínio ou cálcio, que podem fixá-lo em compostos insolúveis. Ao observar o valores, apenas o manejo Agrossilvicultural demonstrou um índice alto ($12,84 \text{ mg dm}^{-3}$) de P, os demais manejos apresentaram essa deficiência. Por ser pouco móvel no solo, o fósforo tende a se acumular na camada superficial, exigindo manejo adequado da adubação e práticas de

conservação para garantir sua eficiência, evitando perdas por fixação ou erosão (Franco Júnior et al., 2024). Na planta é um nutriente fundamental para a formação de ATP, ácidos nucleicos e membranas celulares, sendo vital para processos de energia, divisão celular e enraizamento (Costa et al., 2024).

A saturação por bases (V%), demonstra que solos com % maior que 50 seriam chamados de "eutróficos" ou férteis, como é observado nos solos dos ambientes Silvicultural e Agrossilvicultural (Tabela 1). São solos ricos em nutrientes, especialmente em Ca^{2+} . Os solos com V% menor que 50, seriam os solos chamados de "distróficos" ou pouco férteis, como ocorreu nos solos nas áreas de pastagem intensiva e de floresta natural. Os solos distróficos podem apresentar pobreza de bases trocáveis e um alto teor de Al^{3+} trocável ou uma percentagem de m% maior que 50%, o que os caracterizariam como solos "álidos" ou muito pobres (Silva et al., 2023).

Na tabela 2, é possível verificar que não houve diferença significativa ao avaliar o pH, salve exceção da Floresta natural, onde houve um leve decréscimo nos teores médios, em sentido oposto foi observado o comportamento do pH-SMP, demonstrando seu ápice médio, justamente na Floresta natural.

Tabela 2. Atributos químicos e de fertilidade do solo na camada subsuperficial em áreas sob Sistemas Agroflorestais na mesorregião do Agreste, Paraíba.

Estadística	pH	SMP	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	H+Al	t	T	K ⁺	P	V	m	M.O	Argila	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg
Descritiva	-----cmol _c dm ⁻³ -----								--mg dm ⁻³ --			-----%-----			-----cmol _c dm ⁻³ -----			
Profund.	0,10-0,20 m																	
Silvicultural																		
Média	5,95a	6,43ab	5,10a	1,96a	0,00c	7,34a	2,81c	4,21a	10,16a	110,41a	1,71c	63,06a	0,00c	1,88a	18,38b	23,11a	7,96ab	2,69a
CV%	3,69	4,53	28,43	39,55	0,00	40,74	41,66	40,74	22,10	55,65	25,23	38,62	0,00	35,49	38,23	77,53	51,78	29,48
Curtose	2,42	5,48	2,54	3,22	0,00	3,92	8,46	3,92	1,54	1,81	2,08	4,30	0,00	2,99	3,32	5,31	2,77	3,15
SW	0,67	0,02	0,30	0,09	1,00	0,40	0,00	0,40	0,21	0,62	0,44	0,00	1,00	0,79	0,67	0,00	0,01	0,11
Agrossilvicultural																		
Média	5,59a	6,00ab	2,90ab	1,48a	0,04c	4,58b	4,57b	4,26a	9,09a	57,52c	11,66 ^a	49,93ab	1,25bc	1,48a	16,33b	23,89a	12,22a	2,15a
CV%	6,94	5,15	28,31	37,69	212,23	40,74	28,41	40,67	18,50	51,64	138,16	22,07	233,68	23,57	22,86	47,77	52,77	40,32
Curtose	2,42	5,88	2,53	2,49	4,20	3,92	3,17	3,96	2,27	3,90	5,75	3,18	7,24	2,59	3,28	1,90	1,83	5,15
SW	0,90	0,01	0,47	0,85	0,00	0,40	0,82	0,32	0,21	0,004	0,00	0,58	0,00	0,18	0,85	0,58	0,59	0,00
Área de pastagem intensiva																		
Média	5,59a	6,08ab	1,22b	0,56ab	0,12b	2,01c	4,20b	4,33a	6,18b	87,00ab	2,33c	33,40b	6,14bc	1,66a	21,33a	7,81bc	3,21c	2,34a
CV%	6,87	5,20	37,07	37,45	138,01	40,74	38,50	37,90	24,58	84,23	66,78	36,84	145,10	29,36	26,19	53,91	38,50	31,51
Curtose	2,58	3,05	3,23	2,06	3,03	3,92	4,70	3,69	3,43	5,48	11,62	1,87	4,16	2,02	3,27	2,61	1,60	1,76
SW	0,93	0,89	0,27	0,05	0,00	0,40	0,11	0,46	0,51	0,00	0,00	0,48	0,00	0,87	0,37	0,47	0,24	0,04
Área de floresta natural																		
Média	4,86ab	8,75a	0,52c	0,51ab	1,21a	1,08c	8,67a	5,42a	9,88a	73,77bc	1,77c	13,80c	99,16a	2,00a	23,26a	4,69bc	3,52c	1,26ab
CV%	10,37	146,21	72,64	42,84	66,36	40,74	34,17	39,49	28,13	56,40	52,44	55,40	219,61	32,29	31,68	156,66	65,43	97,60
Curtose	1,64	13,05	3,16	1,85	2,04	3,92	2,27	2,96	2,29	2,25	2,80	2,41	12,78	1,80	2,26	11,11	2,97	4,98
SW	0,18	0,00	0,05	0,47	0,66	0,40	0,91	0,92	0,89	0,05	0,00	0,07	0,00	0,47	0,29	0,00	0,08	0,00

CV: coeficiente de variação (%); SW: teste de normalidade de Shapiro Wilk. *Significativo a 5%de probabilidade; SB: soma de bases; MO: matéria orgânica; médias acompanhadas por letras minúsculas na coluna são extensas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi possível observar predomínio médio da presença das bases trocáveis no ambiente agroflorestal ocupado com o manejo Silvicultural, o que reflete diretamente na soma de bases (SB) (Tabela 2). O Al^{3+} por ser um componente antagônico a esses elementos, não apresenta presença significativa, sendo esse dominante apenas no ambiente de Floresta natural, possivelmente por algo associado as reações distintas das condições ambientais nessa área, além da forma de manejo utilizada.

Com base no observado anteriormente, ao se tratar da H+Al, houve o comportamento semelhante ao observado no Al^{3+} na floresta natural, sendo esse um aspecto de dinâmica similar no solo (Tabela 2). A CTC efetiva (t) não apresentou diferenças significativas, ao contrário da CTC pH 7,0 (T), no qual, o ambiente de Pastagem intensiva demonstrou comportamento inferior aos demais.

Quanto a saturação por base (V%) apenas o ambiente com manejo silvipastoril apresentou-se como sendo um solo Eutrófico, ou seja, valor superior a 50%. Devido a maior presença de íons de Al^{3+} dispersos na solução do solo, a m% foi dominante no ambiente de floresta natural.

Ao se tratar da MO, foi possível observar que não houve diferença significativa entre as propriedades dos ambientes agroflorestais (Tabela 2), vale salientar que esse fator exerce função fundamental na sustentabilidade ecossistêmicas dos ambientes (Braga et al., 2022). No mesmo sentido, a argila não mostrou diferença significativa ao ser comparada, ao mesmo tempo em que apresentou níveis de solos com textura média (15-35 %), segundo classificação de Santos et al. (2018).

A argila, é fundamental na fertilidade do solo devido à sua alta CTC, retenção de nutrientes e água, influenciando a disponibilidade de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e outros elementos essenciais. Ela modula a resposta do solo à correção química, como a calagem, exigindo maiores doses em solos argilosos para ajustar o pH e a saturação por bases, enquanto solos arenosos respondem mais rapidamente. Para solos agrícolas equilibrados, recomenda-se um teor de argila em torno de 30–40%, garantindo bom armazenamento de nutrientes e condições físicas adequadas para o desenvolvimento das plantas (Silva et al., 2022).

Quanto as relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg, em ambas profundidades e diferentes sistemas (Tabelas 1 e 2), foram semelhantes, exceto da relação Ca/Mg no ambiente de floresta natural que se mostrou abaixo em ambas as profundidades, as

demais demonstraram relações variando de boas a adequadas (Santos et al., 2018). De modo geral, essa avaliação é de suma importância para caracterizar os níveis de adequação dos nutrientes fundamentais na manutenção do ecossistema com visão voltada a sustentabilidade e manejo dos sistemas produtivos.

Na tabela 3 é possível verificar a análise fatorial desses resultados para as camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m (KMO = 0,79 e 0,75) com as variáveis nas áreas avaliadas mostrando adequação à construção dos Componentes Principais (CPs), organizando em dois fatores (Figura 2 e 3).

Tabela 3: Componentes principais dos atributos químicos em diferentes usos na mesoregião do Agreste Paraibano

Variáveis	0,00 - 0,10 m		0,10 - 0,20 m	
	CP1	CP2	CP1	CP2
pH	-0,35*	0,13	-0,38*	-0,06
H+Al	0,40*	0,10	0,38*	0,10
Al ³⁺	0,39*	0,10	0,40*	0,14
K ⁺	-0,14	0,32*	-0,07	0,33*
Ca ²⁺	-0,30*	0,33*	-0,34*	0,29
Mg ²⁺	-0,25	0,35*	-0,30*	0,32*
CTC	0,13	0,47*	0,07	0,44*
V%	-0,38*	0,17	-0,39*	0,18
m%	0,39*	0,09	0,40*	0,11
P	-0,12	0,04	-0,09	-0,08
MO	0,20	0,43*	0,09	0,46*
Variância explicada %	48,00	31,00	44,00	31,00
Autovalores	5,28	3,41	4,84	3,41

*valores significantes.

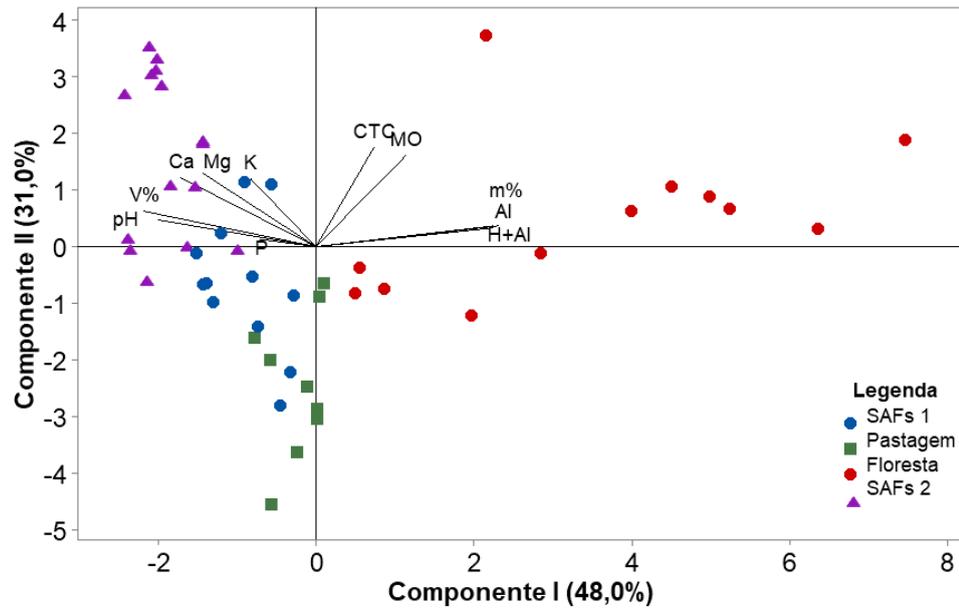
Fonte: Silva, (2025).

Para determinar a significância, foram usados os valores apresentados por Coelho (2005) e Santos et al. (2021) que classifica a significância de valores absolutos obtidos em análises de ACP em: <0,30, classificado como pouco significativo; 0,30 - 0,40, considerado medianamente significativo; e > 0,50, tido como altamente significativo. Sendo assim os valores vistos para a significância no presente trabalho foi a partir de 0,30.

Na figura 2, é possível verificar que na camada de 0,00-0,10 m os dois fatores foram responsáveis por explicar 79,0% da oscilação das variáveis com autovalores

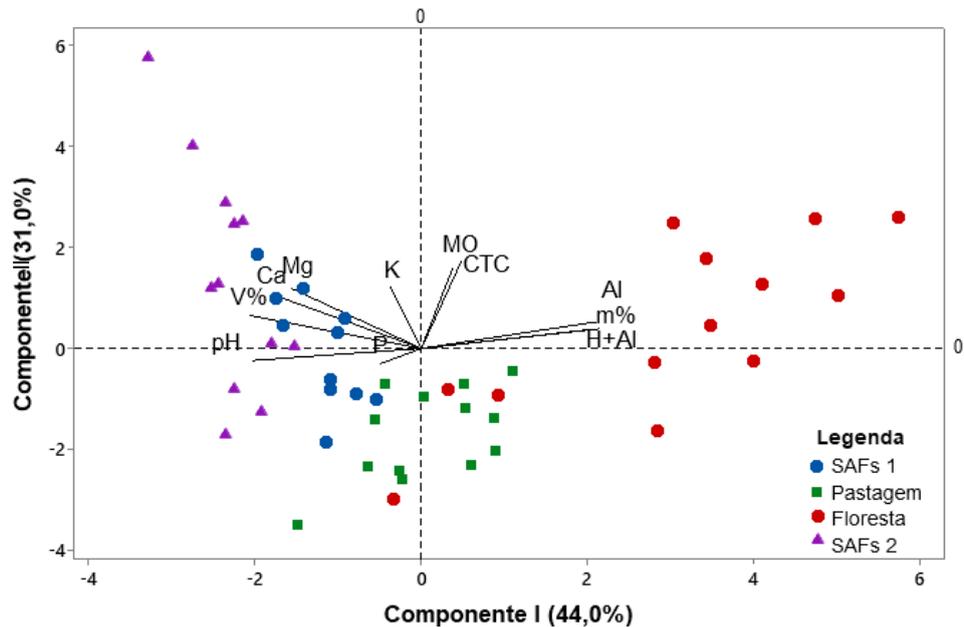
maiores que 1 (critério de Kaiser). Sendo que a CP1 explica 48,00%, responsável pelas variáveis pH, Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , V%, m%.

Figura 2- Análise de componentes principais dos atributos químicos em áreas sob diferentes usos no Agreste da Paraíba na camada de 0,00 – 0,10 m.



A camada de 0,10-0,20 m é responsável por 75% de variância (Figura 3), com o CP2 explicando 31% da variância, responsável pelos escores de CTC, P, COT e MO. Através do plano fatorial (Figura 2 e 3) observamos que a Área de floresta ficou discrepantes frente as demais áreas.

Figura 3- Análise de componentes principais dos atributos químicos em áreas sob diferentes usos no Agreste da Paraíba na camada de 0,10 – 0,20 m



Fonte: Silva, (2025).

Analisando os resultados obtidos, foram evidentes que as áreas tiveram diferenças nas propriedades químicas do solo. Os solos sob florestas e pastagens, comumente, apresentam fertilidade mais baixa (quanto a pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e V%) do que as de sistemas agroflorestais. As diferenças podem ser encontradas nas comparações mostrando um alto grau de separação entre as áreas, principalmente na área de floresta em relação as demais.

Os Saf's ainda apresentam escores de P e CTC quando comparados as pastagens, uma maior fertilidade geral do solo. Matos et al. (2020), estudando áreas semelhantes, encontrou a mesma tendência de valores atribuindo a maior disponibilidade de nutrientes e pH ao manejo dos produtores da área e a diversificação de espécies de árvores e a melhoria da qualidade da serapilheira nesses sistemas agroflorestais. Corroborando com os dados de acidez ativa (pH), Fiel et al. (2022) também levanta a hipótese dos maiores valores de pH serem devido a manejos prévio a implantação do mesmo sistemas.

Nesse sentido, a acidez do solo afeta principalmente a disponibilidade de nutriente, com o pH sendo o principal responsável pela acidez ativa, atuando como regulador dessa dinâmica. Autores como Barbieri (2020) e Bamboriya et al. (2022), indicaram que a faixa de pH entre 6,0 e 6,8 apresenta impacto positivo na dinâmica nutricional, equilíbrio da acidez ativa e no desenvolvimento das culturas. Com isso,

os valores obtidos nos sistemas de agroflorestas são considerados ideais, levando as características das áreas em consideração. Ribeiro Filho et al. (2024), abordam que valores de pH menores que 5,5 diminuem a decomposição da matéria orgânica e aumenta a solubilidade dos compostos de ferro e alumínio, podendo ser comprovado essas informações nas áreas estudadas, onde as áreas de florestas e pastagem, que ficaram inferior a esses valores, identificando teores de Al^{3+} que pode afetar no desenvolvimento radicular das plantas.

Ao destacar o P, Pavan et al. (2018) estudando sistemas agrofloretais, encontraram uma dinâmica semelhante a observada nesse estudo, demonstrando que os níveis de P decaem em profundidade da camada e que o manejo influencia na sua disponibilidade, fatos que corroboram com os apresentados.

Os teores de nutrientes (cátions trocáveis) foram altos nos SAFs, indicando que a fertilidade dessas áreas, podem ser produtivas quando atreladas a outros aspectos de produção, dados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2023) em seu trabalho com sistema agroflorestral, sugerindo que esses sistemas são favoráveis para esses indicadores de qualidade química.

Macedo et al. (2023), estudando áreas semelhantes do Nordeste brasileiro, identificou maiores valores dos teores de nutrientes e baixa acidez na área de agrofloresta, quando comparada a floresta e pastagem, corroborando com os dados encontrados. Os autores relacionam o aumento dos teores a devida mudança na diversidade microbiana funcional do solo.

Em geral, a CTC dos agrossistemas não teve uma deficiência significativa entre as camadas, essa baixa variação indica que esses sistemas têm maior potencial de liberação de nutrientes em camadas mais profundas do solo podendo favorecer, de acordo com Silva et al (2024).

Os SAFs podem reduzir o risco de degradação e aumentar a produtividade, pois, matérias vegetais como raízes mortas e folhas velhas que são renovadas e facilmente decompostas por microrganismos, adicionam nutrientes ao solo (Cerri et al., 2017). Esse fator contribui para o aumento de CTC, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , tendo resultado semelhante ao encontrados por Silva et al. (2024).

Na interação dos atributos, corroborando com os dados obtidos Costa Neto et al. (2023), abordam que a MO influencia diretamente na CTC, aumentando os sítios de trocas, fator observado na camada de 0,0-0,10 m (Tabela 1).

Na estatística multivariada, obtém-se os valores de KMO (Kaiser-Meyer-

Olkin), em que Reis (2001) e Silva et al., (2022), atrelam índices aceitáveis de 0,5 a 1,0 em seus estudos, o que corrobora com os dados obtidos através de análise de componentes principais. Essa análise mostrou como as áreas são ordenadas, usando a relação entre Principal Componente 1 (PC1) e Componente Principal 2 (PC2). A área de pastagem foi posicionada esquerda (vetores próprios negativos) de PC1, podendo indicar uma maior variabilidade dos resultados, tendo como intermediário as agrofloresta (Saf's I e II), que possui uma distribuição mais centrada das componentes principais, enquanto a floresta foi posicionada na extrema direita de PC1 (vetores próprios positivos), tendo esta a maior dispersão. Os vetores H+Al, Al³⁺, m%, correlacionam-se para a área nativa, mostrando maior afinidade desses atributos, enquanto as variáveis relacionadas aos cátions trocáveis, o P disponível e pH, explicaram melhor as agrofloresta, essa afinidade foi observada por Camara et al. (2023) em seus estudos.

Silva et al., (2020) e Costa Neto et al. (2023) alegam que o acompanhamento dos atributos de qualidade do solo (pH, SB, V%, m%, t e T) pode convir como critério para determinar modificações mais impactantes. Essas informações, por sua vez, podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas de manejos mais sustentáveis.

5 CONCLUSÕES

Foi possível observar que as áreas com sistemas agroflorestais apresentaram uma condição mais favorável ao serem comparadas com as áreas de pastagem intensiva e utilizando a floresta natural como referencial.

Os atributos químicos do solo se mostraram regulares em todo o estudo, com algumas exceções particulares em função do manejo adotado e as influências ambiental.

As relações intra e interespecíficas dos sistemas de usos em áreas sob os sistemas agroflorestais mostraram estabilidade.

É essencial avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos do solo para um diagnóstico ecossistêmico mais eficiente, visando a manutenção ambiental sustentável.

REFERÊNCIAS

AESAPB – Agência Executiva de Gestão de Águas. *Mesorregião da Paraíba*. 2006. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_07.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, 2013.

AMORIM, Danielle. O manejo intensivo de pastagens e as tendências da irrigação. Blog Agromove, publicado em 25 de maio de 2020. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/irrigacao-pastagens/>. Acesso em: 16 de Agosto de 2025.

ANDRADE, M. C. de. *A terra e o homem no Nordeste*. São Paulo: Ciências Humanas, 1980.

ANDRADE, M. C. *Ecossistemas e potencialidades dos recursos naturais do Nordeste*. Recife: SUDENE/UFPE, v. 2, p. 348, 1989.

AOKI, R. B. *Influência da calagem, adubação orgânica e mineral no crescimento inicial de pau-rosa (Aniba rosaeodora Ducke) em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central*. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2023. Disponível em: Repositório do INPA. Acesso em: 15 ago. 2025.

ARRUDA, R. V. de; ARAÚJO, V. P. D.; CAMPOS, S. B.; REMPTO, K. K.; SANTOS, G. O. Contribuição da matéria orgânica na fertilidade do solo. *Multidisciplinary Reviews*, v. 2, 2019.

BAMBORIYA, J. S.; PUROHIT, H. S.; JAT, G.; DEVI, S.; BAMBORIYA, B.; MEENA, A. K. Impacto do manejo integrado de nutrientes no milho nas propriedades físico-químicas do solo. *A Inovação Farmacêutica*, v. 11, n. 2, p. 475-478, 2022.

BARBIERI, R. S. Distribuição espacial de atributos do solo na região de El Oro, Equador. *Colóquio Agrariae*, v. 16, n. 4, p. 46–60, 2020.

BRAGA, R. M.; BRAGA, F. de A.; VENTURIN, N. Carbono orgânico no solo sob mata nativa e florestas plantadas em longo prazo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 42, 2022. DOI: 10.4336/2022.pfb.42e202002121. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2121>. Acesso em: 27 jun. 2024.

BRITO NEVES, B. B.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; COUTINHO, J. M. V.; BEZERRA, F. H. R. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Subacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). *Geologia USP: Série Científica*, v. 9, n. 2, p. 63-87, 2009.

- BURAK, D. L.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob cafeeiro Conilon: relação com textura, matéria orgânica e relevo. *Bragantia*, v. 71, n. 4, p. 538-547, 2012.
- CAMARA, R.; SILVA, L. M.; FRADE JUNIOR, E. F.; MATTAR, E. P. L.; SILVA, S. B. D.; SILVA NETO, E. C. D.; PEREIRA, M. G. Impact of land use on the chemical attributes of the soil, Cruzeiro do Sul, in the Brazilian Amazon. *Revista Ciência Agronômica*, v. 54, p. e20228450, 2023.
- CERRI, C. C.; MOREIRA, C. S.; ALVES, P. A.; TOLEDO, F. H. R. B.; CASTIGIONI, B. D. A.; RODRIGUES, G. A. D. A. Estoques de carbono e nitrogênio no solo devido a mudança do uso da terra em áreas de cultivo de café em Minas Gerais. *Coffee Science*, v. 12, n. 1, p. 30–41, 2017.
- COELHO, A. M. *Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas*. 2005.
- CORRÊA, A. C. de B.; TAVARES, B. de A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. de S.; LIRA, D. R. de. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, n. 31 (1/2), p. 35-52, 2010.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, n. 5, out. 2005. DOI: 10.1590/S0100-06832005000500013.
- COSTA, J. J. F. et al. Atributos químicos relacionados à acidez e capacidade de troca de cátions de solos do Rio Grande do Sul com diferentes graus de intemperização. *Acta Iguazu*, v. 8, n. 2, p. 81-100, 2019.
- COSTA, K. S. Q.; OLIVEIRA, C. F.; MELO, M. P.; VAZ, C. F.; MELO, N. C.; MORAES, F. K. C. Fósforo no sistema solo-planta: uma revisão. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n6-184>.
- COSTA NETO, B. P.; DA COSTA, T. P.; DE JESUS SANTOS, A. Atributos químicos iniciais de diferentes solos cultivados com agroflorestas em formação no norte da Bahia. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 19, n. 1, p. 18-23, 2023.
- CRUZ, N. B.; JESUS, J. G.; BACHA, C. J. C.; COSTA, E. M. Acesso da agricultura familiar ao crédito e à assistência técnica no Brasil. *Revista de Economia Rural*, v. 59, n. 3, 2021.
- DUQUE, J. G. *Solo e água no polígono das secas*. Fortaleza: DNOCS, 220 p., 1980.
- ENCK, B. F.; RODRIGUES, J. C. W.; HASSANE, A. L.; TEMBO, R. A.; CAMPOS, M. C. C.; SANTOS, L. A. C.; BRITO, W. B. M. Impacto nos atributos do solo sob conversão de floresta para áreas cultivadas na região sul do Amazonas, Brasil.

Geografia Ensino & Pesquisa, Santa Maria, v. 24, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.5902/2236499443591>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: 10.28951/rbb.v37i4.450.

FIEL, L. G.; MARQUES, J. D.; DIAS, V. H. R.; SAMPAIO, I. M. G.; DE CARVALHO RODRIGUES, S. J. S.; DE MELO, V. S.; DA SILVA JÚNIOR, M. L. Atributos químicos do solo sob diferentes usos e coberturas no contexto da agricultura familiar. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 13, n. 4, p. 24-35, 2022.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; LIMA, E. R. V. de. *Potencial pedológico das terras do estado da Paraíba para as principais culturas agrícolas*. 1. ed. Campina Grande: EDUFCG, 2017.

FRANCO JÚNIOR, K. S.; DIAS, M. S.; RIBEIRO, V. M. Availability of phosphorus in the soil in weeks under different sources. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 10, p. e87131047154, out. 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i10.47154.

FROUFE, L. C. M.; SCHWIDERKE, D. K.; CASTILHANO, A. C.; CEZAR, R. M.; STEENBOCK, W.; SEOANE, C. E. S.; BOGNOLA, A. I.; VEZZANI, F. M. Nutrient cycling from leaf litter in multistrata successional agroforestry systems and natural regeneration at Brazilian Atlantic rainforest biome. *Agroforestry Systems*, v. 94, n. 1, p. 159-171, 2020.

GARIMA, BHARDWAJ, D. R.; THAKUR, C. L.; KAUSHAL, R.; SHARMA, P.; KUMAR, D.; KUMARI, Y. Ginger performance in the bamboo subcanopy in the Himalayas (India). *Agronomy Journal*, v. 113, n. 3, p. 2832-2845, 2021.

HANISCH, A. L.; PINOTTI, L. C. A.; DE LACERDA, A. E. B.; RADOMSKI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B. Impactos do pastejo do gado e do manejo da pastagem sobre a regeneração arbórea em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. —, jul.–set. 2021

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil: mesorregiões e microrregiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 ago. 2025.

KORTING, M.; GERHARDT, C.; ANJOS, J. C. G. O indisciplinável na disciplinarização ambiental: uma etnografia sobre o 'fortalecimento das agroflorestas'. *X Jornadas de Sociología*. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2013.

LANGE, A.; CAVALLI, E.; SPAZIANI PEREIRA, C.; VINICIUS CHAPLA, M.; DA SILVA FREDDI, O. Relações cálcio:magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. *Nativa*, v. 9, n. 3, p. 294-301, 2023. DOI: 10.31413/nativa.v9i3.11526.

LIMA, J. F.; DE SOUZA, J. B.; DA SILVA, B. A. Sustentabilidade em sistemas produtivos no município de Serraria, Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 1, p. 105-110, 2020.

LIMA, A. F. L. Influência do manejo nos atributos do solo em áreas sob conversão floresta/pastagens numa topossequência em Rondônia, Brasil. 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Faculdade de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7923>

LUCENA, R. J.; LIMA, J. R.; BAKKE, I. A. Dynamic organization of two agroforestry systems in the semi-arid region of Paraíba and their contribution to improving the socio-economic conditions of farming families. *Ciência Rural*, v. 53, n. 4, e20200512, 2023.

MACEDO, R. S.; MORO, L.; DOS SANTOS SOUSA, C.; DE ALMEIDA ALVES CARNEIRO, K.; CAMPOS, M. C. C.; DE BAKKER, A. P.; BEIRIGO, R. M. Agroforestry can improve soil fertility and aggregate-associated carbon in highland soils in the Brazilian northeast. *Agroforestry Systems*, 2023, p. 1-13.

MACHADO, D. D. P.; CORREIA, M. E. F. Sistemas agroflorestais como alternativa para agricultura sustentável no entorno de unidades de conservação. *Cadernos de Geografia*, v. 48, 2023. DOI: https://doi.org/10.14195/0871-1623_48_3.

MATOS, P. S.; FONTE, S. J.; LIMA, S. S.; PEREIRA, M. G.; KELLY, C.; DAMIAN, J. M.; ZONTA, E. Linkages among soil properties and litter quality in agroforestry systems of southeastern Brazil. *Sustainability*, v. 12, n. 22, p. 9752, 2020.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. M.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção. *Opções para Cerrado e Caatinga*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza - ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal - ICRAF, 2016.

MOURA, D. C.; DE SOUZA, B. H.; DE LIMA MASQUES, A.; GOMES, A. S. Composição florística em afloramentos rochosos no Agreste Paraibano. *Revista Geotemas*, v. 14, p. e02409-e02409, 2024.

PAVAN, B. S.; MELLONI, R.; ALVARENGA, M. I. N.; FERREIRA, G. Sistema agroflorestal cafeeiro-abacateiro e seus efeitos na qualidade do solo. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, n. 5, p. 1917-1925, 2018.

PEREIRA, G.; FERREIRA, J.; PINTO, R.; MORAIS, R.; TRINDADE, R.; BARBOSA, R. de C. Fertilidade do solo na camada superficial em diferentes agroecossistemas no Sudeste paraense. *Peer Review*, v. 5, n. 21, p. 455-468, 2023. DOI: 10.53660/1114.prw2653.

PEREIRA SCHEIDT FELTZ, L.; SHANIUK GUSE, T.; LEITE TORRES, A.; PESSENTI, I. L.; CANAVARRO MAIA, A. A.; COUTO, M.; OLIVEIRA DE FRANCISCO, A. L. Avaliação dos atributos do solo em diferentes sistemas de manejo e uso: uma análise comparativa. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável*, v. 14, n. 01, p. 10–19, 2024. DOI: 10.21206/rbas.v14i01.18152.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. de; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no Agreste Paraibano. *Acta Botânica Brasilica*, v. 16, n. 3, p. 357-369, 2002.

PONTES-LINS, J. R.; MEDEIROS, A. N. Mapeamento da cobertura florestal nativa lenhosa do Estado da Paraíba. João Pessoa: PNUD/FAO/IBAMA/ Governo da Paraíba, 1994. 44 p.

REIS, E. *Estatística multivariada aplicada*. 2. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2001. RIBEIRO FILHO, R. B.; OLIVEIRA, C. H. R. D.; OLIVEIRA, F. B. D.; DAN, M. L.; BURAK, D. L.; ANGELOS, J. S.; MARQUES, J. D. A. Evaluation of chemical attributes of soils: definition of management zones in silvipastoral system. *Revista Ambiente & Água*, v. 19, p. e2957, 2024.

RIBEIRO, G. do N.; GUIMARÃES, C. L.; TEOTIA, H. S.; MARACAJÁ, V. P. B. B.; BARROS, D. F. Estudo dos solos e vegetação no Agreste Paraibano através de tecnologias de sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 1, n. 1, p. 58–63, 2009. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/364>. Acesso em: 6 jul. 2025.

RONQUIM, C. C. *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Campinas: EMBRAPA, 2010. 26 p. SANTIAGO, C. M.; BRESEGHELLO, H. D. P.; FERREIRA, C. M. *Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 2013.

SANTOS, A. L. P. dos; DINIZ NETO, M. A.; MELO, T. de S.; VITAL, M. J. L.; BANDEIRA, L. B.; CRUZ, G. R. B. da; SILVA, J. C. A. da. Atributos químicos do solo em áreas de produção de banana (*Musa spp.*). *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 10, p. e233101018727, 2021.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBERAS, 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*. 4. ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2018. 353 p.

SANTOS, K. C.; MONTAGNOLLI, G. P.; SANTOS JUNIOR, N. R. F. dos; FULAN, J. A.; CAVALHEIRO, W. C. S.; SILVA, G. N. da; VENDRUSCOLO, J. Características hidrogeomorfométricas e dinâmica temporal e espacial da ocupação do solo na microbacia do rio Jacarandá, município de Cabixi, Rondônia. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 9, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i9.1892.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia-PB. *Revista Árvore*, v. 34, n. 2, p. 277-285, 2010.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A.; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 55, n. 1, p. 9-30, 2017. DOI: 10.1590/1234-56781806-94790550101.

SILVA, J. B.; CAMPOS, M. C. C.; FILHO, E. G. B.; CAVALCANTE, E. da C.; OLIVEIRA, F. P. de; JÚNIOR, A. F. de M. Influência dos segmentos de vertente nos atributos físicos do solo em duas topossequências em áreas de brejo de altitude, Areia, PB. *Scientia Plena*, v. 18, n. 7, 2022. DOI: 10.14808/sci.plena.2022.070201.

SILVA, M. O. et al. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, 2020.

SILVA, J. B.; MELO, J. H.; SANTOS, L. F. S.; CAVALCANTE, E. C.; SANTOS, R. V.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, A. L.; OLIVEIRA, A. P. Impacto nos atributos do solo sob conversão de floresta para áreas de pastagem em áreas de Mata Atlântica, Areia, PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 3, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbqf.v16.3.p1407-1418>.

SILVA, G. A.; DE BRITO FILHO, E. G.; DA CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; SALES, M. C. G.; BELLO, O. C.; DE LIMA, J. M. G. Aspectos dos atributos físicos e químicos do solo em ambientes naturais e áreas com sistema agroflorestral no sul do Amazonas. *Scientia Plena*, v. 18, n. 7, 2022.

SILVA, G. C.; OLIVEIRA, T. K. D.; AMARAL, E. F. D.; BERKEMBROCK, J.; SILVA, D. V. D. Atributos do solo e desempenho do cupuaçuzeiro consorciado com espécies florestais sob duas densidades de pupunheira. *Ciência Florestal*, v. 33, p. e68207, 2023.

SILVA, B. O.; MOITINHO, M. R.; PANOSSO, A. R.; DA SILVA OLIVEIRA, D. M.; MONTANARI, R.; DE MORAES, M. L. T.; LA SCALA Jr, N. Implications of converting native forest areas to agricultural systems on the dynamics of CO₂ emission and carbon stock in a Cerrado soil, Brazil. *Journal of Environmental Management*, v. 358, p. 120796, 2024.

SINGH, R.; BHARDWAJ, D. R.; PALA, N. A.; RAJPUT, B. S. Biomass production and carbon stock potential of natural vegetation, agroforestry and cultivated land use systems along altitudinal gradient in north western Himalaya. *Range Management and Agroforestry*, v. 40, n. 1, p. 94-103, 2019.

SOUZA, P. A. R. de; SILVA, M. A. P. da; BRANDÃO, F. J. B.; SOUSA, M. C.; SOUZA, R. M. de; ORMOND, A. T. S. Manejo de sistemas agroflorestais utilizando métodos de transição agroecológica em propriedades de Tomé-Açu/PA. *Brazilian Journal of Business*, v. 6, n. 4, e74921, 2024. DOI: 10.34140/bjbv6n4-033.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. revista e ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2017. 573 p.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38, 1934.

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

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 19, p. 1467-1476, 1988.