

# PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume XI

Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
org.



2022



**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizadores

**Pesquisas agrárias e ambientais**  
**Volume XI**



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. Msc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto  
Prof. Msc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
Msc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Mun. Rio de Janeiro  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
Mun. de Chap. do Sul  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P472 Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume XI / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 239p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-81460-41-9

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460419>

1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente.  
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.  
CDD 630

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XI” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: fatores físico-químicos que interferem no processo de compostagem; ácido húmico e microrganismos promotores de crescimento na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de pepineiro; bioatividade de extratos de laranja e alho no desempenho germinativo de sementes de cenoura; paradigmas associados ao cultivo do eucalipto no cerrado; accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests as parameters to analyze wheat seed vigor; germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção: uma revisão; desempenho agrônomo de híbridos de milho em segunda safra no Mato Grosso do Sul; agricultura 4.0: desenvolvimento, aplicações e impactos sociais; uso do biofóssido como substrato para a produção de mudas; atributos físicos de uma topossequência de Luvisolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano; três espécies de *Senecio* (Asteraceae) proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil; censo de roedores por consumo de alimentos no município de Paranaguá; uso da programação linear para estimar ganhos econômicos em sistemas de integração lavoura-pecuária: o caso da combinação da ovinocultura com atividades agrícolas no estado do Paraná, Brasil; comparação da presença de *Cryptococcus* spp. em área verde urbana antes e após processo de revitalização; dificuldades e estratégias na comercialização de produtos da feira livre da Quatorze de Março em Capanema, Pará; análise dos impactos ambientais causados pela urbanização no Igarapé Sajope no município de Igarapé-Açu – Pará; aspectos Sobre a Produção e Comercialização de Tomate Orgânico; produção de Brássicas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XI, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

## Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>7</b>
Fatores físico-químicos que interferem no processo de compostagem	7
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>18</b>
Ácido húmico e microrganismos promotores de crescimento na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plantas de pepineiro	18
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>27</b>
Bioatividade de extratos de laranja e alho no desempenho germinativo de sementes de cenoura	27
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>38</b>
Ainda, sobre os paradigmas associados ao cultivo do eucalipto no cerrado	38
<b>Capítulo 5</b> .....	<b>55</b>
Accelerated aging, cold, and electrical conductivity tests as parameters to analyze wheat seed vigor	55
<b>Capítulo 6</b> .....	<b>66</b>
Germinação de sementes de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção: uma revisão	66
<b>Capítulo 7</b> .....	<b>81</b>
Desempenho agrônômico de híbridos de milho em segunda safra no Mato Grosso do Sul	81
<b>Capítulo 8</b> .....	<b>91</b>
Agricultura 4.0: desenvolvimento, aplicações e impactos sociais	91
<b>Capítulo 9</b> .....	<b>103</b>
Uso do biossólido como substrato para a produção de mudas	103
<b>Capítulo 10</b> .....	<b>115</b>
Atributos físicos de uma topossequência de Luvisolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano	115
<b>Capítulo 11</b> .....	<b>133</b>
Três espécies de <i>Senecio</i> (Asteraceae) proibidas na composição de produtos tradicionais fitoterápicos no Brasil	133
<b>Capítulo 12</b> .....	<b>141</b>
Censo de roedores por consumo de alimentos no município de Paranaguá	141
<b>Capítulo 13</b> .....	<b>158</b>
Uso da programação linear para estimar ganhos econômicos em sistemas de integração lavoura-pecuária: o caso da combinação da ovinocultura com atividades agrícolas no estado do Paraná, Brasil	158
<b>Capítulo 14</b> .....	<b>177</b>
Comparação da presença de <i>Cryptococcus</i> <i>ssp.</i> em área verde urbana antes e após processo de revitalização	177

<b>Capítulo 15</b> .....	<b>186</b>
Dificuldades e estratégias na comercialização de produtos da feira livre da Quatorze de Março em Capanema, Pará	186
<b>Capítulo 16</b> .....	<b>195</b>
Análise dos impactos ambientais causados pela urbanização no Igarapé Sajope no município de Igarapé-Açu – Pará	195
<b>Capítulo 17</b> .....	<b>206</b>
Aspectos Sobre a Produção e Comercialização de Tomate Orgânico	206
<b>Capítulo 18</b> .....	<b>221</b>
Produção de Brássicas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro	221
<b>Índice Remissivo</b> .....	<b>235</b>
<b>Sobre os organizadores</b> .....	<b>236</b>

## Atributos físicos de uma topossequência de Luvisolos Crômicos (TC) no Semiárido paraibano

Recebido em: 10/06/2022

Aceito em: 16/06/2022

 10.46420/9786581460419cap10

Cristiano dos Santos Souza<sup>1</sup> 

Rodrigo Santana Macedo<sup>2</sup> 

Vanessa dos Santos Gomes<sup>2</sup> 

Victor Félix de Lima Júnior<sup>3</sup> 

Letícia Moro<sup>2\*</sup> 

Alexandre Pereira de Bakker<sup>2</sup> 

### INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro (SAB) abrange mais de 89% da região Nordeste do país e é caracterizado por apresentar média de precipitação anual inferior a 800 mm, índice de aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50 e déficit hídrico maior que 60% durante maior parte do ano (IBGE, 2018).

Salvo os solos desenvolvidos de rochas sedimentares e de cobertura pedimentar, a maioria das manchas de solo dessa região são tidos como rasos (< 50 cm) a pouco profundos (50 a 100 cm), com presença de frações grosseiras, em superfície ou no volume de solo, principalmente nos ambientes onde o clima seco é mais agravante (CREA-PE, 2017; Araújo Filho et al., 2019).

Nesse caso, destacam-se como mais representativas desta região as ordens dos Neossolos, Planossolos e Luvisolos (CREA-PE, 2017), as quais são expostas aos fatores erosivos, principalmente nas áreas do Nordeste brasileiro onde a susceptibilidade à desertificação é mais acentuada (Ribeiro Filho et al., 2016).

Dentre estes, os Luvisolos têm sofrido intensa erosão em maior frequência, por apresentar elevada importância agrícola e serem utilizados para atividades extensivas devido à sua considerável fertilidade quando comparado aos demais. Por vezes chega a ser totalmente removido ou alterado a ponto de não pertencer mais a ordem (CREA-PE, 2017).

Para desenvolver técnicas de recuperação e/ou conservação de solos adequadas e de custo acessível é necessário realizar estudos comparativos que possam estimar o grau de degradação em que os solos se encontram.

É sabido que os processos degradativos do solo podem ocorrer tanto em áreas com vegetação preservada quanto em áreas com ausência ou pouca cobertura vegetal (Vendruscolo, 2017), entretanto,

<sup>1</sup> Universidade Estadual da Paraíba.

<sup>2</sup> Instituto Nacional do Semiárido.

<sup>3</sup> Associação Potiguara Paraíbamel.

\* Autora correspondente: leticia.moro@insa.gov.br

são escassos os estudos que se dedicam a nível de horizontes do solo ou de camadas diferentes da superficial, não respondendo adequadamente aos impactos ocorrentes em subsuperfície, informações de grande importância para a compreensão dos processos evolutivos (Santos-Francés et al., 2019).

Deste modo, para definir parâmetros comparativos é fundamental a obtenção de informações das condições naturais e/ou iniciais dos solos. Segundo a USDA (2017), o termo solos referência (SR) corresponde a solos que apresentam características taxonômicas chave, tais como: representatividade de uma dada região; significativa importância ecológica; são solos sob vegetação natural e/ou com o mínimo de intervenção antrópica. No SAB, o agravante remete à dificuldade de encontrar solos nestas condições devido à remoção da vegetação nativa e sua localização que, muitas vezes, está em áreas de difícil acesso.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar os atributos físicos de solos de referência de uma topossequência de Luvisolos Crômicos (TC), sob vegetação regenerada, no município de Sumé-PB, no Semiárido brasileiro.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Seleção da área de estudo***

A reserva experimental está localizada em Sumé-PB (Figura 1), pertencente ao Laboratório de Ecologia e Botânica, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé-LAEB/CDSA/UFCG. Trata-se de uma área demarcada e controladamente preservada, com vegetação predominante do tipo Caatinga hipoxerófila, em estágio considerável de regeneração, estimado em mais 30 anos.

Conforme Koeppen-Geiger (1928), o clima predominante é o do tipo Bsh-semiárido quente, com precipitação média anual de 538 mm. O relevo da área foi classificado como suave ondulado (Santos et al., 2015).

Na área, foram determinados 3 pontos de coleta que podem ser observados na Figura 2. Onde P1 localiza-se no terço superior, P2 no terço médio e P3 no terço inferior da vertente.

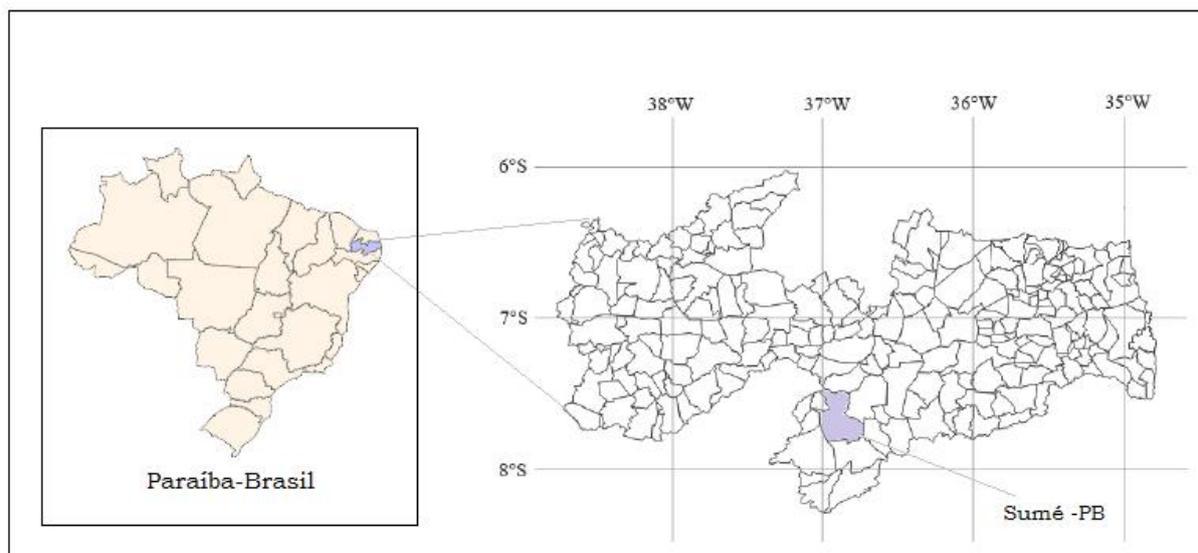
### ***Elaboração das trincheiras pedológicas e coleta de amostras***

Em cada ponto foi elaborada uma trincheira pedológica (Santos et al., 2015), compondo uma topossequência, para a caracterização morfológica e identificação parcial da classe de solo até o segundo nível categórico.

Os solos da área foram classificados como Luvisolos Crômicos, segundo os critérios descritos no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) e conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (EMBRAPA, 2018).

Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas nos horizontes diagnósticos de cada perfil pedológico, devidamente acondicionadas em sacos plásticos identificados e encaminhadas ao Laboratório

de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural-DSER, do Centro de Ciências Agrárias-CCA/UFPB.



**Figura 1.** Localização geográfica do município de Sumé-PB, Brasil. Fonte: adaptada do Google Imagens, 2020.



**Figura 2.** Localização dos pontos de coleta na área regenerada/preservada da UFCG, Campus Sumé-PB. O ponto vermelho representa o portão de entrada do Campus e os pontos em amarelo marcam os locais onde as trincheiras foram elaboradas. Fonte: Google Earth©, 2020.

### ***Resistência mecânica do solo a penetração (RMP)***

Simultaneamente à seleção dos pontos, foram realizadas as determinações de resistência do solo à penetração (RP) com o auxílio de um penetrômetro de impacto de Stolf modelo IAA/Planasulcar-Stolf (Stolf et al., 1983).

O equipamento apresenta as seguintes características: êmbolo com massa de 4,0 kg; curso de queda livre de 0,40 m; cone com ângulo sólido de 30°, área de base de 0,2 pol<sup>2</sup> (0,0128 m de diâmetro); e diâmetro da haste em torno de 0,0095 m.

O método analítico empregado foi semelhante ao usado por Vogel et al. (2018), em seus estudos de resistência mecânica à penetração do solo.

O penetrômetro de impacto foi posicionado próximo do ponto georreferenciado e feita uma leitura da régua a cada cinco impactos causados ao soltar o êmbolo, até chegar uma profundidade de aproximadamente 50,0 cm, sendo realizada cinco avaliações por ponto. Os dados obtidos foram submetidos a seguinte fórmula (Stolf et al., 1983; Stolf, 1991; Stolf et al., 2014; Vogel et al., 2018):

$$RMP = \left( 5,6 + 6,89 * \left( \frac{N}{D - A} \right) * 10 \right) * 0,0981$$

Onde: RMP é a resistência mecânica do solo à penetração, dado em MPa; N é o número de impactos efetuados para obtenção da leitura; e D e A são, respectivamente as leituras posteriores e anteriores, dadas em cm.

### ***Tratamento inicial das amostras e metodologia aplicada***

Procederam-se a metodologia descritas no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa (Teixeira et al., 2017).

As amostras deformadas foram secas à sombra, destorroadas e tamisadas em peneira de malha de 2,00 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA) e foram submetidas à análise de granulométrica (textura do solo) e argila dispersa em água e densidade de partículas e estabilidade de agregados do solo.

### ***Análise granulométrica e textura do solo***

Foram tomadas 20 g de TFSA e expostas a uma solução dispersante de NaOH 1,0 mol L<sup>-1</sup> somada a água destilada, numa proporção de 2:1:10 (solo: dispersante: água destilada). A mistura foi agitada posta para descansar por uma noite. Após, foi tamisada em uma peneira de 0,053 mm com jatos de água destilada para remover as frações menores.

O produto retido na peneira foi levado a estufa com temperatura pré-ajustada de 105 ± 1 °C para secagem e a massa determinada em balança de precisão de 2 casas decimais para obtenção da fração areia total (AT). Esse material ainda foi tamisado por uma peneira de 0,250 mm, na qual separou a fração areia em areia grossa e fina (simultaneamente, AG e AF), através da fórmula (Klein, 2014):

$$AT = \frac{m_A}{m_i} \times 1000$$

Em que: AT é a areia total, em g kg<sup>-1</sup>; m<sub>A</sub> representa a massa de areia seca em estufa, em g e m<sub>i</sub> representa a massa inicial de solo, dada em g.

A mistura transpassada foi despejada em uma proveta de 1000 mL, aferida ao volume total com água destilada e agitada. Após 3:30h (segundo a lei de Stokes, em temperatura média de  $25 \pm 2$  °C), foi retirada uma alíquota de 25 mL, dentro de 5,0 cm de profundidade e colocada em um béquer de 25 mL de massa conhecida. Esse foi levado a uma estufa com temperatura pré-ajustada de  $105 \pm 1$  °C para secagem. A massa total foi determinada em balança de precisão de 4 casas decimais. A diferença entre a massa total e a massa do béquer favoreceu a determinação da fração argila total, através das fórmulas adaptadas de Klein (2014):

$$A = \frac{1000 \times A_p}{25} \quad [1]$$

$$a_{total} = \frac{1000 \times A}{m_i} \quad [2]$$

Em [1]: A representa a argila contida na proveta de 1000 mL, dada em g; e  $A_p$  é a massa da argila pipetada contida no béquer seco em estufa, em g.

Em [2]:  $a_{total}$  representa a concentração de argila total, dada em  $g\ kg^{-1}$ ; A é a argila contida na proveta de 1000 mL, obtida pela fórmula [1], em g; e  $m_i$  é a massa inicial de solo usada na análise, em g

A fração silte foi determinada pela diferença entre soma da areia total e argila total e 1000 g de solo, dada em  $g\ kg^{-1}$ .

O triângulo textural (Klein, 2014; Santos et al., 2015; Embrapa 2018) auxiliou na determinação da classe textural para cada horizonte do perfil de solo através da relação dos teores totais de areia e argila.

### ***Argila dispersa em água***

A argila natural ou argila dispersa em água (ADA) foi obtida pelo mesmo procedimento da etapa de determinação da argila total na análise granulométrica, entretanto, sem a utilização de solução dispersante e levando em consideração apenas a fração argila das amostras de TFSA.

### ***Densidade de partículas (Dp)***

A densidade de partículas foi verificada pelo método do balão volumétrico. Balões volumétricos de 50 mL foram aferidos com água deionizada desaerada. Após, foram tomadas 20 g de TFSA e colocadas em recipiente de massa conhecida para ser levada à estufa a  $105 \pm 1$  °C por uma noite.

No dia seguinte, as amostras foram transferidas para os balões aferidos e foi adicionado álcool etílico até cobrir as amostras. Foram deixadas em repouso por cerca de 30 minutos e aferidas com álcool etílico. O volume de álcool gasto foi devidamente registrado e a densidade de partículas obtida através da fórmula:

$$Dp = \frac{m}{(Vt - Vu)}$$

Em que:  $D_p$  é a densidade de partículas, dada em  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ;  $m$  corresponde a massa de solo seco;  $V_t$  é o volume total aferido do balão, em mL e  $V_u$  é o volume gasto para completar o balão junto com a amostra.

As amostras indeformadas foram submetidas às análises de densidade do solo ( $D_s$ ) e as determinações do diâmetro médio ponderado de agregados secos (DMPAs) e diâmetro médio ponderado de agregados úmidos (DMPAu), que compõem o índice de estabilidade de agregados (IEA).

### ***Densidade do solo ( $D_s$ )***

Para a determinação da  $D_s$  as amostras indeformadas ou torrões de solo foram fragmentadas em subamostras menores, executando o procedimento nos pontos de fraqueza. Foram selecionadas 4 subamostras com aproximadamente o mesmo tamanho (cerca de 5,0 cm) e mesma conformidade. As subamostras tiveram sua massa terminada em balança analítica e uma de cada subamostra levada a estufa pré-aquecida a  $105 \pm 1$  °C para determinação da umidade. As demais foram ligeiramente imersas, com o auxílio de um barbante, a parafina liquefeita a aproximadamente  $65 \pm 1$  °C e deixadas para esfriar.

As subamostras impermeabilizadas com parafina foram suspensas pelo barbante e mergulhadas em um bquer de 250 mL, cheio com água destilada até a marca máxima. A massa e temperatura da água foram previamente medidas. A diferença entre a massa de água inicial e a massa deslocada refletem o volume da subamostra. A razão entre a massa da subamostra e seu respectivo volume determinaram a densidade do solo.

### ***Porosidade total***

Foi determinada pelo método indireto através da fórmula:

$$Pt = \frac{D_s - D_p}{D_p}$$

Em que:  $P_t$  é a porosidade total, dada em  $\text{m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ ;  $D_p$  representa a densidade de partículas, em  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  e  $D_s$  trata-se da densidade do solo, dada também em  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

### ***Índice de estabilidade dos agregados (IEA)***

As amostras indeformadas foram fragmentadas e tamisadas em uma peneira de 9,56 mm de espessura de malha. As amostras foram misturadas uniformemente, para evitar favorecimento para qualquer tamanho de fração, com o auxílio de um forro plástico, onde as amostras eram espalhadas e misturadas com movimentos em “x”, alternadamente.

Com o auxílio de uma concha adaptada foram retiradas três subamostras, pesadas e destinadas: uma para secagem em estufa a  $105 \pm 1$  °C e determinação da umidade relativa. A outra subamostra foi

destinada ao peneiramento a seco, em um jogo de tamis nas malhas de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,106 e 0,053 mm, sobre um peneirador magnético operando em carga máxima durante 60 segundos.

As massas dos materiais retidos foram medidas em uma balança de precisão com 4 casas decimais e seus valores contribuíram para determinar o diâmetro médio ponderado de agregados por via seca através da fórmula:

$$DMPAs = \Sigma(x_{is} * w_{is})$$

Em que: DMPAs compreende o diâmetro médio ponderado de agregados, por via seca, em mm;  $w_{is}$  proporção de agregados em cada peneira (i), por via seca, em % e  $x_{is}$  corresponde ao diâmetro médio de cada classe, por via seca, em mm.

A terceira subamostra foi destinada ao peneiramento úmido. Inicialmente as subamostras foram colocadas em recipientes furados e forrados por um papel-filtro, imersos numa lâmina de água de 0,6-1,0 cm de altura, para saturarem por capilaridade, durante uma noite.

No dia seguinte, as subamostras saturadas foram lavadas para um recipiente de aproximadamente 1000 mL contendo um volume de água destilada correspondente a cerca de metade de sua capacidade. O recipiente foi acoplado a um agitador orbital-vertical e processado por 2 min programado a 20 oscilações  $\text{min}^{-1}$ . A mistura foi despejada em um jogo de peneiras de malhas 2,00, 1,00 e 0,25 mm, submerso em um béquer plástico de 4000 mL e acoplado a um agitador de peneiras vertical, programada com 30 oscilações  $\text{min}^{-1}$ .

Após 15 min de agitação, o jogo de peneiras foi removido do equipamento e as frações retidas passadas para placas de Petri e levadas à estufa a  $105 \pm 1$  °C. A mistura contida no béquer de 4000 mL foi tamisada nas peneiras de 0,106 e 0,053 mm para obtenção das frações menores. Essas foram colocadas em placas de Petri e levadas à mesma estufa.

As frações de agregados menores que 0,053 mm (tamanho silte e argila) foram estimadas por diferença da massa inicial da subamostra. As massas foram medidas e obteve-se o diâmetro médio ponderado dos agregados, por via úmida, pela fórmula:

$$DMPAu = \Sigma(x_{iu} * w_{iu})$$

Em que: DMPAu é o diâmetro médio ponderado de agregados, por via úmida, em mm;  $w_{iu}$  proporção de agregados em cada peneira (i), por via úmida, em % e  $x_{iu}$  corresponde ao diâmetro médio de cada classe, por via úmida, dado em mm.

A razão percentual entre o DMPAu e DMPAs determinou o índice de estabilidade dos agregados (IEA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das características morfológicas, foram identificadas as sequências de horizontes A1, A2, Bt e CB para o perfil 1 (P1); A, Bt e CB para o perfil 2 (P2) e A, Bt e CB para o perfil 3 (P3). Os resultados

referentes às análises granulométricas, argila dispersa em água (ADA), grau ou índice de floculação (IF), relação silte/argila (S/A) e classe textural estão representados na Tabela 1.

Foi verificada predominância da fração areia total (AT), nos horizontes superficiais (horizontes A) e nos horizontes próximos do material de origem (CB), no entanto, os maiores teores de argila foram somente encontrados nos horizontes Bt, em todos os perfis de solo analisados.

Na natureza, o incremento de argila nos horizontes subsuperficiais pode ser por produção *in situ*, ou seja, oriunda diretamente do material de origem, por processos de argiluviação, que consistem na migração de argila dos horizontes superficiais (eluviais) para o subsuperficiais (iluviais) ou por elutriação, que consiste na remoção das partículas mais finas das camadas mais próximas da superfície (Ker et al. 2015), consolidando o gradiente textural que também é uma das características que podem ser identificadas na ordem dos Luvisolos (FAO, 2015; CREA-PE, 2017; EMBRAPA, 2018).

No P2 a pouca distinção do gradiente textural entre os horizontes diagnósticos pode ser uma evidência dos processos de remoção e/ou transporte de partículas finas na formação do solo. O material fino dos horizontes superficiais localizados no terço superior da vertente, pode ter sido transportado pela ação água e depositado gradativamente no horizonte A do P2. Gonçalves e colaboradores (2019) relatam que, em condições de semiárido, processos de translocação lateral de argila podem ser predominantes na aquisição de gradiente textural e conseqüentemente na formação de Luvisolos.

**Tabela 1.** Análises físicas dos perfis de Luvisolos Crômicos, Sumé-PB. Fonte: os autores.

Perfis e Horizontes	Camada cm	Análise granulométrica						IF		Classe Textural
		Areia			Silte	Argila		S/A	%	
		AG	AF	AT	Total	ADA				
		g.kg <sup>-1</sup>								
P1 A1	0-12	281	273	554	312	134	25	81	2,3	Franca arenosa
P1 A2	12-26	275	249	524	307	169	51	70	1,8	Franca arenosa
P1 Bt	26-46	250	119	369	261	370	79	79	0,7	Franca argilosa
P1 CB	46-80	402	180	582	314	105	26	75	3,0	Franca arenosa
P2 A	0-11	261	222	483	325	192	51	73	1,7	Franca
P2 Bt	11-25	311	131	442	343	215	52	76	1,6	Franca
P2 CB	25-52	412	123	535	341	124	39	69	2,8	Franca arenosa
P3 A	0-11	212	228	440	327	233	77	67	1,4	Franca
P3 Bt	10-32	182	208	390	284	326	91	72	0,9	Franca argilosa
P3 CB	32-50	292	191	483	327	190	65	66	1,7	Franca

AG – Areia grossa; AF – Areia fina; AT – Areia total; ADA – Argila dispersa em água; S/A – Relação silte/argila; IF – Índice de floculação.

Os teores de silte foram menores nos horizontes Bt dos perfis P1 e P3 (respectivamente, 261 e 284 g kg<sup>-1</sup>) e P2 demonstrando pouco mais de 34% da massa de solo, porém, com comportamento aparentemente uniforme do decorrer desse perfil (325, 343 e 341 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente em A, Bt e CB).

Conforme Resende et al. (2014), esta situação pode representar o grau de evolução do solo, bem como do seu potencial em conter minerais primários facilmente intemperizáveis. Algo que compreende o relatado por CREA-PE (2017) e Embrapa (2018), por se tratar de um solo com fertilidade química considerável, com alta saturação por bases e alta capacidade de troca de cátions (CTC). Entretanto, segundo a World Reference Base for Soil Resources-WRB (FAO, 2015), Luvisolos quando apresentam teores consideráveis de silte predizem elevada susceptibilidade à deterioração da estrutura quando sujeitos à umidade.

Os resultados referentes aos teores de silte e argila total influenciaram diretamente na relação silte/argila (S/A). Com exceção de P2, onde os maiores valores da relação silte/argila foram observados mais próximos à superfície e próximos ao material de origem.

Conforme Teixeira, et al. (2017), a relação S/A do solo corresponde também ao grau de evolução do solo, tão como a ocorrência de processos de argiluviação. Comportamento semelhante foi identificado por Câmara (2016) em perfis de Luvisolos, associando a maior S/A em superfície a possível remoção e/ou destruição de argila.

Assim sendo, estes solos apresentam alta sensibilidade a processos erosivos, principalmente, quando desprovidos de proteção vegetal. Durante enxurradas oriundas de chuvas torrenciais, devido à irregularidade de precipitação pluviométrica característica da região semiárida nordestina (Barboza et al., 2020), pode ocorrer redução na velocidade de infiltração de água, resultante do acúmulo de finos em subsuperfície, gerando lençóis suspensos que podem transportar partículas maiores e acarretar perdas de solo consideráveis por erosão hídrica.

Em geral, os teores de argila dispersa em água (ADA) foram baixos sendo o menor observado no horizonte A do P1 (25 g kg<sup>-1</sup>) e o maior no Bt do P3 (91 g kg<sup>-1</sup>). Mesmo assim, nos perfis P1 e P3, foram levemente mais elevados em Bt (na ordem, 79 e 91 g kg<sup>-1</sup>) quando comparados aos demais horizontes.

Em P2 os teores de ADA do horizonte Bt foram bem próximos aos do A (52 e 51 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente), sendo ambos maiores que CB (39 g kg<sup>-1</sup>). Pelas condições semiáridas as quais foi descrito, os valores diferem dos encontrados por Gonçalves et al. (2019).

Segundo Klein (2014), valores baixos de ADA conferem ao solo maior estabilidade de agregados e baixa erodibilidade. Tal comportamento promoveu um elevado índice de floculação (IF), que se estimou entre 66 e 81% nos perfis, sendo levemente maiores nos horizontes identificados como Bt. Esse comportamento pode estar relacionado aos teores de matéria orgânica, Fe e Al, que, quando em concentrações elevadas suscitam propriedades que causam floculação.

Quanto à classificação textural, o perfil P1, variou entre os horizontes, de franca arenosa (A1, A2 e CB) e franca argilosa (Bt). Há incremento considerável de argila no horizonte Bt (B textural), contrastando aos horizontes superficiais e compreendendo a presença de gradiente, corroborou a mudança de classe textural do horizonte superficial para o subsuperficial (Santos et al., 2015; IBGE, 2015; EMBRAPA, 2018). No perfil P3 o comportamento foi semelhante ao P1, sendo que a textura variou de franca (A e CB) a franca argilosa (Bt).

No perfil P2, no entanto, a pouca variação granulométrica entre os horizontes A e Bt e os teores elevados de areia e silte determinaram a classe textural como franca nos respectivos horizontes pedogenéticos, e como franca arenosa em CB. Os valores são próximos (respectivamente, 192 e 215 g.kg<sup>-1</sup>, em A e Bt), não sendo verificado gradiente textural. Provavelmente, o acúmulo de argila neste horizonte superficial é resultante de um processo iluvial, proveniente dos horizontes superficiais de solos da parte superior da vertente.

Os resultados referentes à densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp), assim como a estimativa de porosidade total (Pt), estão representadas na Tabela 2.

Nas condições naturais, foram encontrados valores de densidade do solo (Ds) entre 1,56 e 1,75 g cm<sup>-3</sup> na toposequência. Em P1 e P2 os valores foram ligeiramente maiores nos horizontes subsuperficiais. Em P3 a densidade do solo foi levemente maior no horizonte A (1,61 g cm<sup>-3</sup>), porém, não muito distante do valor encontrado no horizonte Bt (1,56 g cm<sup>-3</sup>).

**Tabela 2.** Densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total dos perfis analisados. Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	Densidade		Porosidade total (Pt)
	Solo (Ds)	Partícula (Dp)	
	----- g cm <sup>-3</sup> -----		m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
P1 A1	1,67	2,66	0,37
P1 A2	1,65	2,56	0,36
P1 Bt	1,75	2,68	0,35
P2 A	1,61	2,80	0,43
P2 Bt	1,66	2,70	0,39
P3 A	1,61	2,61	0,38
P3 Bt	1,56	2,53	0,38

A proximidade dos valores pode estar relacionada com a granulometria evidenciada nos perfis, tendo concentrações consideráveis de frações primárias e finas (Silte) presentes nos horizontes subsuperficiais. Os valores encontrados foram pouco maiores aos descritos por Arcoverde et al. (2018), em superfície, sob vegetação de Caatinga. Suszek et al. (2019) observaram valores semelhantes de Ds na

superfície de um Luvissole Crômico e constataram que o solo apresenta maior sensibilidade à variação de densidade quando relacionado com a condutividade hidráulica do solo.

Um dos problemas decorrentes dessa variação pode ser o identificado por CREA-PE (2017), em sistemas irrigados a variabilidade espacial destes solos pode promover o desenvolvimento de bolsões de água em camadas mais profundas que podem reagir a minerais primários facilmente intemperizáveis do solo e, liberando compostos (sais) que ascenderem por capilaridade e podem gerar salinidade aos solos.

A densidade de partículas ( $D_p$ ) apresentou o mesmo comportamento que a  $D_s$ , entretanto, variando entre 2,53 e 2,80  $\text{g cm}^{-3}$ . Os maiores valores foram encontrados em P2, nos horizontes avaliados (2,80 e 2,70  $\text{g cm}^{-3}$ , correspondendo a A e Bt).

Os valores de porosidade total ( $P_t$ ) variaram de 0,35 a 0,43  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , sendo esses valores observados no horizonte Bt do P1 e A do P2, respectivamente. Estes valores foram próximos aos relatados por Arcoverde et al. (2018) e Volungevicius et al. (2019) na caracterização de Luvissoles.

Em tese, a matéria orgânica, composta principalmente por restos vegetais e animais em variados estágios de decomposição, normalmente presente em superfície tende a alterar propriedades físicas dos solos. Estudos referentes ao incremento de materiais orgânicos no solo relatam que há resposta direta com os atributos físicos do solo (Cunha et al. 2015; Oliveira et al., 2016).

Neste caso, conforme observações semelhantes feitas por Carmo et al. (2018) e Volungevicius et al. (2019), a proporção de matéria orgânica em horizontes superficiais pode afetar a densidade do solo e influenciar diretamente à porosidade total. Deste modo, os menores valores de densidade do solo em superfície, supostamente, estão relacionados ao efeito do acúmulo de matéria orgânica nestes horizontes, por se tratar de uma área com vegetação em considerável estágio de regeneração e conservação.

Em todos os horizontes observados, a proporção de macroagregados por tamisação seca foi maior que 90%, sendo ligeiramente destacada nos horizontes subsuperficiais. Isto pode estar relacionado ao incremento de argila *in situ*, derivado provavelmente do intemperismo do material de origem próximo do horizonte diagnóstico e das forças de coesão e adesão que favorecem a agregação das partículas de argila (Klein, 2014; Ker et al., 2015). Os valores de diâmetro médio ponderado de agregado seco (DMPAs) foram bem próximos em todos os perfis observados, exceto nos horizontes A2 do P1 e Bt do P3 (3,726 e 4,604 mm, respectivamente).

Ao submeter os agregados à tamisação úmida houve uma grande redução nas proporções dos macroagregados em todos os perfis avaliados reduzindo a percentagens entre 27,7 e 50,2%. Além disso, o efeito foi bem mais evidente nas camadas superficiais do solo, principalmente em P1, podendo estar relacionado com os menores teores de argila em superfície e, conseqüentemente, maior relação S/A, somado à suposta predominância de matéria orgânica não complexada nos macroagregados (Roscoe e Machado, 2002), que favorece a desagregação das partículas e o esboroamento das unidades estruturais.

Os valores referentes ao diâmetro médio ponderado de agregados por via úmida (DMPAu) foram inferiores aos observados em DMPAs. Assim sendo, a fragmentação do tamanho dos macroagregados

pela ação da água promoveu o aumento na proporção de microagregados, quando sujeitos ao peneiramento em via úmida.

**Tabela 3.** Representação das proporções de macro e microagregados; DMP e índice de estabilidade dos agregados (IEA). Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	MaS.	MiS.	DMPAs	MaU.	MiU.	DMPAu	IEA
	----- % -----	----- % -----	mm	----- % -----	----- % -----	mm	%
P1 A1	92,9	7,1	4,193	27,7	72,3	0,685	16,3
P1 A2	90,4	9,6	3,726	41,0	59,0	0,524	14,1
P1 Bt	98,1	1,9	4,288	50,2	49,8	0,799	18,6
P2 A	92,8	7,2	4,049	40,6	59,4	0,576	14,2
P2 Bt	97,5	2,5	4,406	39,2	60,8	0,716	16,3
P3 A	94,9	5,1	4,251	32,0	68,0	0,541	12,7
P3 Bt	97,5	2,5	4,604	43,3	56,7	0,525	11,4

MaS. – Macroagregado seco; MiS. – Microagregado seco; MaU. – Macroagregado úmido; MiU. – Microagregado úmido; DMPAs – Diâmetro médio ponderado de agregado seco; DMPAu – Diâmetro médio ponderado de agregado úmido; IEA – Índice de estabilidade de agregados.

De acordo com Soares et al. (2018), a estabilidade dos agregados do solo está diretamente relacionada à areação e infiltração de água no solo e à resistência do solo a erosão hídrica. Rossi et al. (2016) observaram comportamento oposto na superfície de Argissolos sob diferentes culturas, o que ressalta a sensibilidade deste solo quando exposto a erosão hídrica.

A estimativa do DMPAs variou entre 3,726 e 4,604 mm e do DMPAu entre 0,524 e 0,799 mm. O IEAs dos horizontes apresentaram índices menores que 20%. Isto indica que os solos dos perfis avaliados apresentam baixa estabilidade de agregados, ou seja, elevada susceptibilidade à erosão.

Assim, ainda que o solo tenha demonstrado grau de flocculação superior a 70%, sendo evidenciado nos resultados de ADA e IF e unidades estruturais fortemente agregadas quando secas, os perfis avaliados apresentam, muita sensibilidade à deterioração estrutural quando sujeitas à ação e movimento da água, sendo assim, muito susceptíveis a erosão hídrica (FAO, 2015; CREA-PE, 2017).

Devido à remoção da proteção vegetal nativa para implantação de atividades agropecuárias, ocorre o aumento da intensidade dos efeitos decorrentes da erosão em solos que apresentam tais

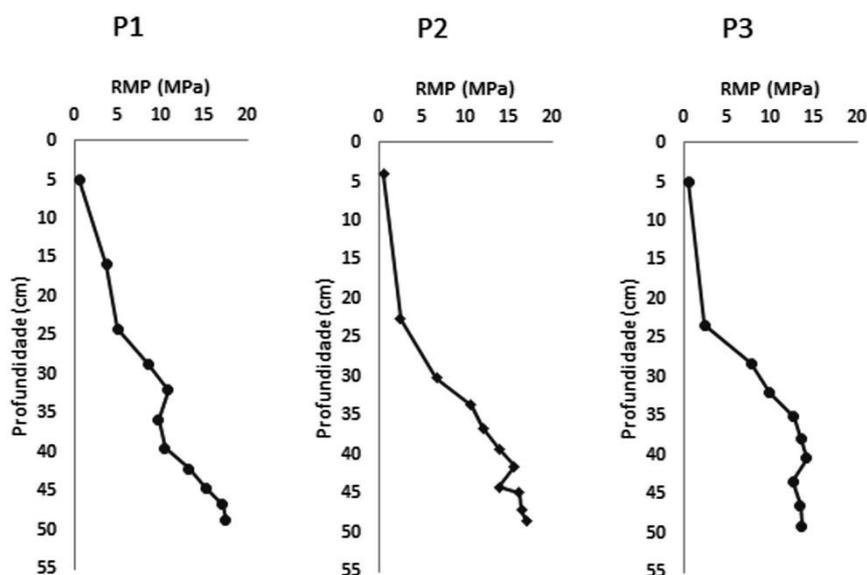
características, principalmente em áreas irrigadas. Há evidências de erosão laminar com remoção parcial a total da camada superficial, em sulcos ou até voçorocas, selamento subsuperficial e outros problemas oriundos do uso acima da capacidade de suporte (CREA-PE, 2017).

A resistência à penetração mecânica do solo dos perfis avaliados está representada na Figura 3. Observa-se que os solos dos perfis apresentam comportamento semelhante, com valores na faixa entre 0,56 e 17,47 MPa; 0,56 e 16,50 MPa; e 0,56 e 13,58 MPa, respectivamente, em P1, P2 e P3, da superfície até aproximadamente 50 cm de profundidade.

Os resultados, conforme as classes descritas no Soil Survey Manual (USDA, 2017), determinaram que a resistência do solo variou de baixa (0,1 a 1,0 MPa) a extremamente alta ( $> 8,0$  MPa), mostrando maior resistência à penetração conforme aumenta a profundidade, respectivamente, da superfície às camadas subsuperficiais, em todos os pontos próximos aos perfis.

A pouca resistência em superfície é resultante do aporte de material orgânico associado a minerais, identificado no perfil pela melanização (escurecimento) do horizonte superficial menos espesso e contribuindo na formação de agregados menos estáveis (Cunha et al, 2015). Além disso, a matéria orgânica também favorece a aeração e infiltração de água no solo pelo aumento da porosidade (Klein e Klein, 2015). Fato corroborado por Cruz et al. (2017), que verificaram que, ao adicionar alguns compostos orgânicos em Luvisolos, ocorre o aumento de agregados maiores e menos estáveis que, no entanto, favorecem a condutividade hidráulica no solo e, conseqüentemente, a permeabilidade da água em superfície.

Nota-se também que conforme se aproxima dos horizontes subsuperficiais a resistência à penetração também aumenta, acompanhando, provavelmente, o incremento de argila que está de acordo com os dados granulométricos supracitados e a classe textural dos horizontes deste solo.



**Figura 3.** Resistência mecânica do solo à penetração (RMP), até os primeiros 50 cm de profundidade, para os respectivos perfis P1, P2 e P3 de Luvisolos Crômicos, Sumé-PB. Fonte: os autores.

Neste solo, a RMP pode também estar diretamente relacionada ao teor de umidade no solo. Segundo Ker et al. (2015) a variação na disponibilidade de água no solo está diretamente ligada à textura do solo, mais precisamente, aos teores de argila. Assim sendo, a velocidade de infiltração de água ocorre com menor intensidade devido à maior concentração de argila proveniente da translocação em profundidade ou pelo processo natural de expansão dos minerais de argila, reduzindo os poros e os espaços vazios do solo retendo mais água por mais tempo.

A pressão aplicada para que haja penetração no solo aumenta consideravelmente conforme aumenta a profundidade de leitura (Tabela 4). Simultaneamente, os teores de argila e de umidade relativa do solo (U) também aumentam com a proximidade dos horizontes mais argilosos (Bt). Desta forma, a resistência a penetração mecânica do solo tende a aumentar consideravelmente nas camadas subsuperficiais, após eventos de precipitação pluviométrica, mesmo em situações próximas às condições naturais.

Normalmente, em ambientes onde esse solo desenvolve horizonte A com pouca espessura (Embrapa, 2018), essa resistência pode também retardar ou desfavorecer o desenvolvimento de culturas dependendo do tipo de manejo aplicado sobre esses solos.

Outro problema físico passível de ocorrer neste solo é a compactação, tendo em vista que a grande maioria desses solos são rasos a moderadamente profundos e podem, ocasionalmente, desenvolver problemas de drenagem (Embrapa, 2018).

**Tabela 4.** Valores médios da resistência mecânica do solo à penetração (RMP) e umidade relativa do solo (U) de acordo com as camadas dos horizontes diagnósticos. Fonte: os autores.

Perfil e Horizonte	Camada cm	U %	Argila Total g kg <sup>-1</sup>	RMP MPa
P1 A1	0-12	2,13	134	2,15
P1 A2	13-26	2,72	169	4,37
P1 Bt	26-44	5,65	370	11,26
P2 A	0-11	2,82	192	1,53
P2 Bt	11-25	4,57	215	4,56
P3 A	0-11	3,73	233	1,50
P3 Bt	11-32	5,89	326	6,72

Souza et al. (2015) constataram em seu estudo que a resistência à penetração elevada de sua área com Luvisolos Crômicos derivava do manejo indevido, com utilização de máquinas e implementos

agrícolas. Do mesmo modo, Vogel e Fey (2016) encontraram comportamento semelhante em Argissolo, sob manejo silvipastoril, atribuindo a resistência a possível compactação do solo em subsuperfície.

## CONCLUSÕES

Os Luvisolos Crômicos nas condições de vegetação regenerada de Sumé-PB podem apresentar problemas físicos sérios caso não sejam manejados corretamente.

Apresentaram classes texturais que variaram de franco arenosa a franco argilosa, respectivamente nos horizontes superficiais e subsuperficiais, podendo ou não apresentar gradiente textural com transição abrupta ou gradual, sendo determinado pela concentração das frações granulométricas de cada horizonte.

Os resultados de ADA compreenderam características de solos com baixa dispersão de argila natural, denotando argilas floculadas.

Os solos apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica, demonstrando desestruturação de macroagregados e o favorecimento de microagregados do solo, e compreendendo valores relativamente baixos no índice estabilidade de agregados do solo.

Além disso, os solos estudados apresentaram resistência mecânica à penetração mais evidente nas camadas subsuperficiais, nas quais, naturalmente, foi evidenciado maiores teores de umidade gravimétrica, provavelmente relacionados aos teores de argila total encontrados no horizonte.

Os resultados servirão de base referencial para outros estudos relativos ao comportamento físico de Luvisolos Crômicos, tão como relacionar ao impacto do manejo e uso de solo em ordens de solo semelhantes, nas mesmas condições encontradas em Sumé-PB.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo Filho, J. C., Correia, R. C., Cunha, T. J. F., Oliveira Neto, M. B. de, Araújo, J. L. P., & Silva, M. M. de L. (2019). Ambientes e solos do semiárido. In: L. F. Ximenes, M. S. L. da Silva, & L. T. de L. Brito (Orgs.). *Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil.
- Arcoverde, S. N. S., Cortez, J. W., & Pereira, J. S. (2018). Atributos físicos de solos em áreas sob diferentes usos no Semiárido baiano. *Holos*, 4, 65-77.
- Barboza, E. N., Bezerra Neto, F. C., Maia, A. G., Sampaio, M. R. L., Crisostomo, N. C., Pinto, N. A., & Beserra, M. N. dos S. (2020). Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na cidade de Fortaleza (CE), Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 14, 105-113.
- Câmara, E. R. G. (2016). *Caracterização e Pedogênese de Luvisolo e Planossolos no núcleo de desertificação de Cabrobó, Pernambuco*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Carmo, M. C. do, Cunico, J. M., & Santos, M. R. G. (2018). Densidade e porosidade do solo em pastagem recuperada e degradada na Amazônia Ocidental. *Agrarian Academy*, 5, 153-159.

- CREA-PE - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. (2017). *Cadernos do Semiárido: Riquezas & oportunidades*. Recife: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco.
- Cruz, O. B. H. de la, Hernández, R. S., Chaparro, V. M. O., Noverola, U. L., Botello, M. A. E., & Méndez, M. A. P. (2017). Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1273-1285.
- Cunha, T. J. F., Mendes, A. M. S., & Giongo, V. (2015). Matéria orgânica do solo. In: Nunes, R. R & Rezende, M. O. O. (Orgs.), *Recurso solo: propriedades e usos*. São Carlos: Cubo.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos* (6a ed). Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *World reference base for soil resources: International soil classification system for naming and creating legends for soil maps 106*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gonçalves, M. G. M., Ker, J. C., Oliveira, F. S. de, Ramos, L. O. S., Pacheco, A. A., & Curi, N. (2019). Lateral loss of clay in the genesis of Luvisols in the Semi-Arid Depression of the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais-Brazil. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 43, 1-17.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). *Manual Técnico de Pedologia* (3a ed). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018). *Semiárido brasileiro*. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Ker, J. C., Curi, N., Schaefer, C. E. G. R., & Vidal-Torrado, P. (2015). *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
- Klein, C., & Klein, V. A. (2015). Estratégias para potencializar a retenção de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19, 21-29.
- Klein, V. A. (2014). *Física do Solo*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo.
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200 cm.
- Oliveira, J. G. R., Tavares Filho, J., & Barbosa, G. M. de C. (2016). Alterações na física do solo com a aplicação de dejetos animais. *Geographia Opportuno Tempore*, 2, 66-80.
- Resende, M., Curi, N., Rezende, S. B., Corrêa, G. F., & Ker, J. C. (2014). *Pedologia: Base para a distinção de ambientes*. Lavras: Editora UFLA.
- Ribeiro Filho, M. R., Barros, G. M., & Ribeiro, M. R. (2016). Manejo, uso e conservação dos solos do bioma Caatinga. In Kiill, L. H. P., & Porto, D. D. (Orgs.), *Anais do I simpósio do bioma Caatinga*. Petrolina: EMBRAPA Semiárido.
- Roscoe, R., & Machado, P. L. O. A. (2002). *Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica* (1a ed). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste.

- Rossi, Q. C., Pereira, M. G., Moura, O. V. T. de, & Almeida, A. P. C. (2016). Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51, 1677-1685.
- Santos, R. D., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., & Shimizu, H. S. (2015). *Manual de descrição e coleta de solos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Santos-Francés, F., Martínez-Graña, A., Ávila-Zarza, C., Criado, M., & Sánchez, Y. (2019). Comparison of methods for evaluating soil quality of semiarid ecosystem and evaluation of the effects of physico-chemical properties and factor soil erodibility (Northern Plateau, Spain). *Geoderma*, 354, 113872.
- Soares, R., Maddock, J. E. L., Campos, D. V. B., Madari, B. E., Machado, P. L. O. A., & Santelli, R. E. (2018). Avaliação da estabilidade de agregados em marcadores ambientais terrestres do Antropoceno submetidos a diferentes períodos de pousio. *Revista virtual de química*, 10, 1693-1718.
- Souza, R. M. S., Souza, E. S. de, Antonino, A. C. D., & Lima, J. R. de S. (2015). Balanço hídrico em área de pastagem no Semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 449-455.
- Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmula de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15, 229-235.
- Stolf, R., Fernandes, J., & Furlani Neto, V. L. (1983). *Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: Recomendação para seu uso*. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR.
- Stolf, R., Murakami, J. H., Brugnaro, C., Silva, L. G., Silva, L. C. F., & Margarido, L. A. C. (2014). Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 774-782.
- Suszek, F. L., Sampaio, S. C., & Lima, V. L. A. de. (2019). Controle estatístico de qualidade da condutividade hidráulica em Luvisolo e Neossolo com variação da densidade do solo. *Irriga*, 24, 16-24.
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos análise de solo* (3a ed). Brasília: EMBRAPA.
- Tinôco, I. C. M., Bezerra, B. G., Lucio, P. S., & Barbosa, L. de M. (2018). Characterization of rainfall patterns in the semiarid Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41, 397-409.
- USDA - United States Department of Agriculture (2017). *Soil survey manual 18*. Washington: Soil science division staff.
- Vendruscolo, J. (2017). *Índices biofísicos para avaliação da desertificação no Semiárido*. Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil.

- Vogel, G. F., Martinkoski, L., Grillo, J. F., Michalovicz, L., & Fey, R. (2018). Avaliação dos penetrômetros de impacto eletrônico na determinação da resistência mecânica a penetração do solo. *Revista Ciência Agrária*, 18, 30-36.
- Volungevičius, J., Feiza, V., Amalevičiūtė-Volungė, K., Liaudanskienė, I., Šlepetienė, A., Vengalis, R., Vėlius, G., Prapiestienė, R., & Poškienė, J. (2019). Transformations of different soils under natural and anthropogenized land management. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106, 3-14.

## Índice Remissivo

- A**
- Agricultura 4.0, 91, 92  
 Altura de plantas, 83  
 Asteraceae, 134  
*Azospirillum brasilense*, 19, 20, 21
- B**
- Bacillus subtilis*, 19, 20, 22, 23, 24  
 Boca a Boca, 192, 195  
 Bosque, 179, 180, 181, 183, 185, 186  
 Brassicaceae, 223, 226
- C**
- CNC Flora, 69, 70  
 Compostagem, 8  
*Cryptococcus*, 179, 180, 183, 185, 186
- D**
- Densidade do solo, 120, 124
- G**
- Germinação, 66  
 Gestão Ambiental, 197
- I**
- Infraestrutura, 193
- L**
- Londrina, 179, 180, 183, 186
- M**
- Meio Ambiente, 200, 202  
 Microrganismos promotores de crescimento,  
 21, 23
- N**
- Nordeste brasileiro, 115
- P**
- pH, 8, 11, 12  
 Preço, 193
- S**
- Senecio*, 134, 135, 136, 137, 138, 139  
*Senecio brasiliensis*, 136, 137, 138, 139  
 Solanaceae, 211, 216
- T**
- Toxicidade, 138  
 Transporte, 193, 194, 196  
*Triticum aestivum* L., 55

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 74 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 49 organizações de e-books, 37 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com), [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br).



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)