

Elementos da Natureza e Propriedades do Solo Vol. 2

Atena Editora



Atena Editora

**ELEMENTOS DA NATUREZA E PROPRIEDADES DO
SOLO - Vol. 2**

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Profª Drª Adriana Regina Redivo – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Pesquisador da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez – Universidad Distrital de Bogotá-Colombia
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª. Drª. Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª. Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª. Drª. Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Atena Editora.
A864e Elementos da natureza e propriedades do solo – Vol. 2 [recurso eletrônico] / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
6.009 kbytes – (Ciências Agrárias; v.2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-85-93243-66-0
DOI 10.22533/at.ed.660182302

1. Agricultura. 2. Ciências agrárias. 3. Solos. 4. Sustentabilidade.
I. Título. II. Série.

CDD 631.44

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Sumário

CAPÍTULO I

ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Maria do Carmo Silva Barreto, André Luís de França Dias, Márcia do Vale Barreto Figueiredo, Carlos Henrique Azevedo Farias, Marta Ribeiro Barbosa, Alexandra de Andrade Santos e Arnóbio Gonçalves de Andrade..... 8

CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO COM BIOFERTILIZANTE E COMPOSTO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DA BATATA-DOCE

Marivaldo Vieira Gonçalves, João Paulo Ferreira de Oliveira, Jéssyca Dellinhares Lopes Martins, Marcos de Oliveira e Mácio Farias de Moura 17

CAPÍTULO III

ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO COENTRO NO OESTE DA BAHIA

Luciano Nascimento de Almeida, Weslei dos Santos Cunha, Charles Cardoso Santana, Letícia da Silva Menezes, Erlane Souza de Jesus e Adilson Alves Costa.. 27

CAPÍTULO IV

AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NA PRODUÇÃO FAMILIAR DO JURUÁ, ACRE

Falberni de Souza Costa, Marcelo André Klein, Manoel Delson Campos Filho, Francisco de Assis Correa Silva, Nilson Gomes Bardales e Antônio Clebson Cameli Santiago 36

CAPÍTULO V

ANÁLISE DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM UM SISTEMA DE CULTIVO EM ALÉIAS PARA A CULTURA DO MILHO NO TRÓPICO ÚMIDO

Djanira Rubim dos Santos, Georgiana Eurides de Carvalho Marques, Jhuliana Monteiro de Matos, Andrey Luan Marques Melo e Emanuel Gomes de Moura 48

CAPÍTULO VI

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO CULTIVADO COM CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADO COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO

Aline Azevedo Nazário, Edson Eiji Matsura, Ivo Zution Gonçalves, Eduardo Augusto Agnellos Barbosa e Leonardo Nazário Silva dos Santos 57

CAPÍTULO VII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DEGRADADO EM FUNÇÃO DA ADOÇÃO DE BIOCHAR, CULTURAS DE COBERTURA E RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO

Eduardo Pradi Vendruscolo, Aguinaldo José Freitas Leal, Marlene Cristina Alves, Epitácio José de Souza e Sebastião Nilce Souto Filho 68

CAPÍTULO VIII

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO ARROZ EM SUCESSÃO A CULTIVOS DE PLANTAS DE COBERTURA E DESCOMPACTAÇÃO MECÂNICA

Vagner do Nascimento, Marlene Cristina Alves, Orivaldo Arf, Epitácio José de Souza, Paulo Ricardo Teodoro da Silva, Michelle Traete Sabundjian, João Paulo Ferreira e Flávio Hiroshi Kaneko..... 83

CAPÍTULO IX

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA DE UM SOLO AGRICULTÁVEL DE CANA DE AÇÚCAR NO NORDESTE DO AMAZONAS

Fabíola Esquerdo de Souza e Gilvan Coimbra Martins..... 98

CAPÍTULO X

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS EM SOLOS COM BARRAGEM SUBTERRÂNEA EM AGROECOSSISTEMAS DO SEMIÁRIDO

Wanderson Benerval de Lucena, Gizelia Barbosa Ferreira, Maria Sonia Lopes da Silva, Márcia Moura Moreira, Maria José Sipriano da Silva e Mauricio da Silva Souza 109

CAPÍTULO XI

AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE CHERNOSSOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COLÔNIA – BA

Monna Lysa Teixeira Santana, Marina Oliveira Paraíso Martins e Ana Maria Souza dos Santos Moreau 117

CAPÍTULO XII

BIOMASSA DE LEGUMINOSAS EM SOLO SALINO-SÓDICO SUBMETIDO A DIFERENTES CORRETIVOS

Rennan Salviano Terto, Josias Divino Silva de Lucena, Sebastiana Renata Vilela Azevedo, Geovana Gomes de Sousa, José Aminthas de Farias Júnior e Rivaldo Vital dos Santos 125

CAPÍTULO XIII

BIOPOLÍMEROS SINTETIZADOS POR DUAS ESTIRPES DE *Rhizobium tropici* SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

Alexandra de Andrade Santos, Maria Vanilda dos Santos Santana, Josemir Ferreira da Silva Junior, Adália Cavalcanti do Espírito Santo Mergulhão, José de Paula Oliveira e Márcia do Vale Barreto Figueiredo 132

CAPÍTULO XIV

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E RESISTÊNCIA À METAIS PESADOS DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE PLANTAS DE BRACHIARIA DECUMBENS CRESCIDAS EM SOLO CONTAMINADO

Camila Feder do Valle, Sael Sánchez Elias, Vera Lúcia Divan Baldani e Ricardo Luiz Louro Berbara 140

CAPÍTULO XV

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO NO MUNICÍPIO DE AREIA, PARAÍBA

Ian Victor de Almeida, Roseilton Fernandes dos Santos, Diego Alves Monteiro da Silva, Galileu Medeiros da Silva e Denizard Oresca 152

CAPÍTULO XVI

COMPARAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO APÓS QUINTO E SEXTO CORTES EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

Danyllo Denner de Almeida Costa, José Luiz Rodrigues Torres, Venâncio Rodrigues e Silva, Adriano Silva Araújo, Matheus Duarte da Silva Cravo e Gabriel Valeriano Alves Borges 159

CAPÍTULO XVII

COMPORTAMENTO DO CARBONO ORGÂNICO NO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

Karla Nascimento Sena, Kátia Luciene Maltoni, Glaucia Amorim Faria, Adriana Avelino dos Santos, Thaís Soto Boni e Maria Júlia Betíolo Troleis..... 168

CAPÍTULO XVIII

DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-MARANDU COM O USO DE NP

Marianne Nascimento, Rafael Renan dos Santos, Osvaldo Henrique Gunther Campos e Suzana Pereira de Melo 178

CAPÍTULO XIX

DIVERSIDADE METABÓLICA DA COMUNIDADE BACTERIANA DA RIZOSFERA DE PLANTAS DE MILHO INOCULADAS COM *AZOSPIRILLUM* SP

Denise Pacheco dos Reis, Lívia Maria Ferraz da Fonseca, Talita Coeli D'Angelis de Aparecida Ramos, Christiane Abreu de Oliveira Paiva, Lauro José Moreira Guimarães e Ivanildo Evódio Marriel 191

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

Romário Pimenta Gomes, Anderson Cristian Bergamin, Milton César Costa Campos, Laércio Santos Silva, Vinicius Augusto Filla e Anderson Prates Coelho 201

CAPÍTULO XXI

EFEITO DO MANEJO CONSERVACIONISTA DO SOLO SOBRE A RIQUEZA E COMPOSIÇÃO DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE NA CULTURA DO EUCALIPTO

Milany Cristina Barbosa Alencar, Isabel Carolina de Lima Santos, Vanesca Korasaki e Alexandre dos Santos 220

CAPÍTULO XXII

ESTABILIDADE DE AGREGADOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA EM UM LATOSSOLO VERMELHO SOB *UROCHLOA BRIZANTHA* APÓS A APLICAÇÃO DE CAMA DE PERU

Maria Julia Betiolo Troleis, Cassiano Garcia Roque, Monica Cristina Rezende Zuffo Borges, Kenio Batista Nogueira, Andrisley Joaquim da Silva e Karla Nascimento Sena..... 235

CAPÍTULO XXIII

FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO EM ÁREA DE RESERVA LEGAL LOCALIZADO NO BREJO PARAIBANO

Kalline de Almeida Alves Carneiro, Auriléia Pereira da Silva, Lucina Rocha Sousa, Roseilton Fernandes dos Santos, Vânia da Silva Fraga e Vegner Hizau dos Santos Utuni 244

CAPÍTULO XXIV

INFLUÊNCIA DE RENQUES DE MOGNO AFRICANO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Arystides Resende Silva, Agust Sales, Carlos Alberto Costa Veloso, Eduardo Jorge Maklouf Carvalho, Austrelino Silveira Filho e Bárbara Maia Miranda 255

CAPÍTULO XXV

PRODUÇÃO DE VERMICOMPOSTO ASSOCIADO A *Trichoderma* spp

Marília Boff de Oliveira, Cleudson José Michelin, Emanuele Junges, Lethícia Rosa Neto, Pâmela Oruoski e Caroline Castilhos Vieira..... 2656

CAPÍTULO XXVI

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ABASTECIMENTO E TRATAMENTO DE ÁGUA: RELAÇÃO OFERTA/DEMANDA, QUALIDADE E CAMPANHA DE CONSCIENTIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CARANGOLA, MINAS GERAIS

Michel Barros Faria e Marianna Catta Preta Tona Gomes Cardoso.....282

CAPÍTULO XXVII

TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VEGETAÇÃO NATIVA NO CERRADO PIAUIENSE

Wesley dos Santos Souza, Jenilton Gomes da Cunha, Manoel Ribeiro Holanda Neto, Taiwan Carlos Alves Menezes, Patricia Carvalho da Silva, Ericka Paloma Viana Maia,

Mireia Ferreira Alves e Jessica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda 2954

CAPÍTULO XXVIII

UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SOLOS BRASILEIROS PARA
VALIDAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA ORDEM DOS LATOSSOLOS

Eliane de Paula Clemente, Humberto Gonçalves dos Santos e Jeronimo Guedes
Pares..... 303

Sobre os autores.....311

CAPÍTULO XX

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

**Romário Pimenta Gomes
Anderson Cristian Bergamin
Milton César Costa Campos
Laércio Santos Silva
Vinicius Augusto Filla
Anderson Prates Coelho**

EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE FÍSICA DO SOLO APÓS O DESENVOLVIMENTO DE CULTURAS DE COBERTURA NO SUL DO AMAZONAS

Romário Pimenta Gomes

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Solos e Adubos
Jaboticabal – São Paulo

Anderson Cristian Bergamin

Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Departamento de Agronomia
Porto Velho – Rondônia

Milton César Costa Campos

Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Departamento de Agronomia
Humaitá – Amazonas

Laércio Santos Silva

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Solos e Adubos
Jaboticabal – São Paulo

Vinicius Augusto Filla

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pós-graduação em Produção Vegetal
Jaboticabal – São Paulo

Anderson Prates Coelho

Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Pós-graduação em Produção Vegetal
Jaboticabal – São Paulo

RESUMO: Os problemas de compactação em solos intensamente manejados têm sido comumente mitigados com uso de plantas de cobertura. Com o propósito de avaliar os efeitos da compactação nos atributos físicos de um Cambissolo Háplico Alítico plântico, após o desenvolvimento de diferentes culturas de cobertura, foi realizado um delineamento experimental em blocos casualizados, com esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de duas espécies de leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea* L.), estilosantes Campo Grande (*Estilosantes capitata* + *Estilosantes macrocephala*) e uma gramínea, braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), submetidos à compactação: PC - Preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8 - preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas. O preparo convencional com compactação adicional não afeta significativamente os atributos físicos na profundidade 0,10 - 0,20 m, e apenas a umidade do solo não difere com preparo do solo, independente da profundidade e da planta de cobertura. Níveis de tráfego a partir de quatro passadas resultam no aumento da densidade do solo e macroporosidade na camada 0,0 - 0,05 m, e resistência do solo à penetração e a porosidade total na camada até 0,10 m. O cultivo do estilosantes Campo Grande como planta de

cobertura proporciona maior proteção do solo no sistema sem e com adição da compactação.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização; resistência mecânica à penetração; fitomassa aérea; multivariada.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da agricultura no estado de Rondônia, a nova fronteira agrícola poderá ser o sul do estado do Amazonas (GAMA-RODRIGUES, 2004). Considerando que a Amazônia tem clima e solos bastante específicos, existe a preocupação de que o uso das mesmas máquinas e tecnologias agrícolas seja usado nessa área, sem conhecimento suficiente para prever as consequências. Ainda pouco se sabe sobre os problemas relacionados à compactação do solo resultante das operações mecanizadas, realizadas em condições de umidade elevadas (BERGAMIN et al. 2010).

A caracterização dos efeitos dos sistemas de uso e manejo sobre a degradação e qualidade física do solo é de suma importância (MARTINKOSKI et al., 2017), podendo ser avaliada pela estabilidade de agregados (GOMES et al., 2017), densidade do solo, macro e microporosidade, resistência à penetração e infiltração da água no solo (VASCONCELOS et al., 2012; 2014). A maior parte dos estudos sobre degradação na Amazônia se refere apenas à retirada da cobertura florestal (desflorestamento), não computando as alterações oriundas dos cultivos agrícolas, principalmente quando se observa as áreas de fisionomia savânica (cerrados), que apresentam grandes extensões na região do município de Humaitá-AM.

Estudos como os de Rosa et al. (2017), conduzidos em diferentes coberturas vegetais, têm demonstrado os efeitos benéficos proporcionados pelos diferentes tipos de cobertura e de seus resíduos deixados sobre o solo. Esses efeitos ocorrem nos atributos químicos e físicos do solo e no rendimento das culturas que posteriormente são cultivadas. Isto, porque, as plantas de cobertura alteram a agregação do solo pela ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante e, indiretamente, fornecendo nutrientes à fauna do solo (SOUZA NETO et al., 2008). Teodoro et al. (2011) consideram primordial estudar a resposta das leguminosas às condições edafoclimáticas em regiões escassas de informação, para escolha da planta de cobertura usada, aumentando as chances de êxito de sua implantação.

De acordo com Valadão et al. (2015) as gramíneas parecem ter suas características afetadas com maior intensidade, quando sujeitas a compactação. Entretanto Salton et al. (2008) mencionam que estas, por apresentarem sistema radicular fasciculado, têm tendências a serem eficientes em melhorar e manter a estrutura do solo em relação às espécies vegetais com sistema radicular pivotante, mesmo em sistemas de cultivos anuais com revolvimento do solo, onde o sistema radicular é renovado constantemente. Desse modo, são necessárias maiores observações em diferentes condições regionais, a fim de se obter respostas mais completas e sólidas, para melhor tomada de decisão na sua aplicação.

Tentativas empíricas e científicas para execução do sistema de plantio direto na região amazônica, com espécies anteriormente utilizadas em outras regiões brasileiras enfrentaram baixa produção de resíduos de culturas e baixa qualidade de resíduos como obstáculos principais (TEIXEIRA et al., 2014). Assim, o sucesso na implementação depende inteiramente da identificação de culturas de cobertura com potencial para produzir grande quantidade de resíduos duráveis e capaz de suportar altas temperaturas e umidade desta região (SILVA & ROSOLEM, 2008; TEIXEIRA et al., 2014).

As alterações nos atributos físicos do solo em virtude do seu não revolvimento e tráfego contínuo de máquinas pesadas em solo com umidade elevada são frequentes (FREDDI et al., 2007; BERGAMIN et al., 2010). No entanto, processos que envolvem o manejo de plantas de cobertura submetidas às variações ambientais, especificamente a compactação do solo, devem ser mais abordados, principalmente seus efeitos e suas relações com os atributos físicos do solo, buscando um entendimento da dinâmica solo-planta em áreas estruturalmente alteradas. Diante disso, o propósito do estudo é avaliar o efeito dos diferentes estados de compactação induzida por tráfego de trator nos atributos físicos de um Cambissolo Háplico após o desenvolvimento de diferentes culturas de cobertura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal do Amazonas, no município de Humaitá, AM (7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W), no ano agrícola de 2011/2012. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso, apresentando um período seco de pequena duração (Am) com umidade relativa do ar entre 85 e 90%. Os dados de temperatura e precipitação pluvial no período de realização do experimento se encontram na Figura 1.

O experimento foi instalado em um Cambissolo Háplico Alítico plíntico (CAMPOS, 2009), de textura franco – argilo – siltosa, com 320 g kg⁻¹ de argila, 600 g kg⁻¹ de silte e 80 g kg⁻¹ de areia, obtidos pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

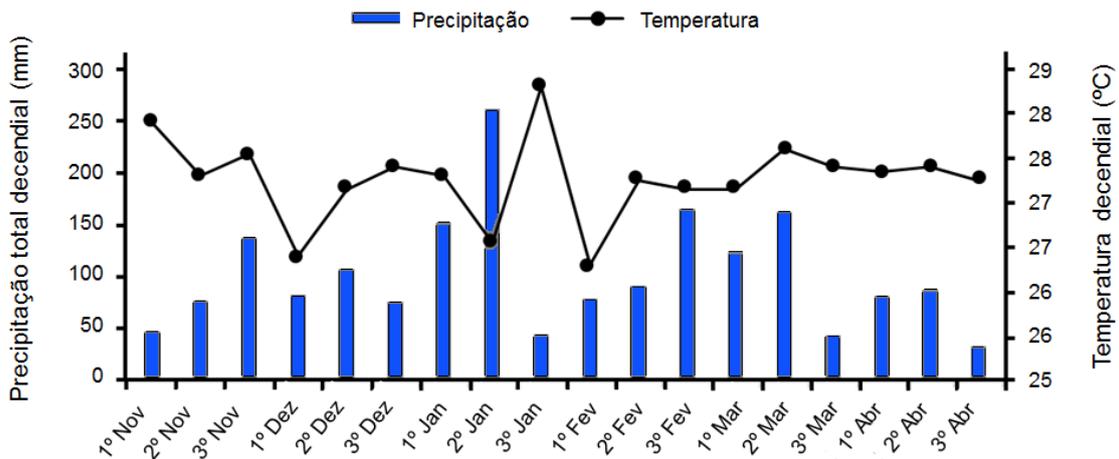


Figura 1. Precipitação pluvial total e temperatura média do ar em cada decêndio na área experimental, no período de novembro de 2011 a abril de 2012.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliados três estados de compactação: PC - Preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8 - preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente (Figura 2). A indução à compactação do solo foi realizada em novembro de 2011, dois dias após intensa precipitação pluvial, quando o solo possuía um conteúdo de água de $0,28 \text{ kg kg}^{-1}$ na camada de 0,0-0,20 m. Foi utilizado um trator agrícola BX 6150 (140 cv), com rodado de pneus diagonais e massa total de 6 Mg, com pressão de inflação de 124 kPa nos pneus dianteiros (14.9-28 R1) e 137 kPa nos pneus traseiros (23.1-30 R1).

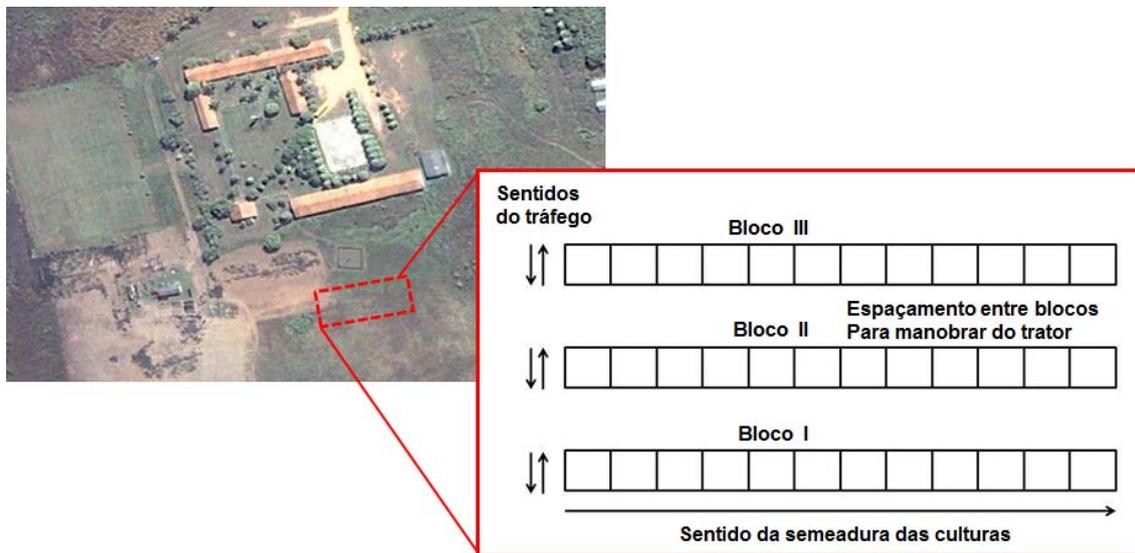


Figura 2. Croqui dos blocos da área experimental ilustrando o sentido do tráfego do trator.

A compactação foi realizada por meio da passagem dos rodados deste trator, perfazendo toda a superfície da parcela de forma que os pneus comprimissem áreas paralelas entre si. O número de vezes que o trator trafegou,

variou conforme o tratamento, sendo que o tráfego foi sobreposto ao anterior de forma que toda área de cada parcela fosse trafegada com número igual de vezes.

A semeadura das culturas cobertura foi efetuada no dia 2 de fevereiro de 2012, sendo estas: crotalária (*Crotalaria juncea*, L.), estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e braquiária (*Urochloa brizantha*). As leguminosas e gramíneas foram cultivadas em parcelas de 5 m de comprimento e 4 m de largura, perfazendo uma área total de 20 m², semeadas com auxílio de semeadora na densidade indicada para cada espécie (crotalária = 30 kg ha⁻¹, estilosantes Campo Grande = 3,0 kg ha⁻¹ e braquiária = 6,0 kg ha⁻¹), com espaçamento nas entrelinhas de 0,33 m. O sulcador do solo da semeadora foi retirado para não eliminar os possíveis efeitos negativos da compactação, utilizando somente o disco de corte do dosador de sementes. As culturas foram mantidas livres de competição por meio de aplicação de herbicidas e não receberam adubação mineral.

Para a avaliação da emergência, foram feitas contagens de emergência de plântulas normais diariamente, até a estabilização de todas as repetições, que no caso foram 17 dias após a emergência. A altura das plantas de cobertura foi feita no período de florescimento, medindo desde a superfície do solo até a extremidade da planta, de forma representativa e aleatória na parcela. Para a determinação da massa fresca e seca das plantas de cobertura coletou-se toda a parte aérea das plantas no início do florescimento em uma área de 0,5 m² (1,0 m x 0,5 m), amostrando-se de forma aleatória. O material foi pesado e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante para determinação da massa seca da parte aérea. Os resultados foram extrapolados para um hectare e apresentados em Mg ha⁻¹.

Foram realizadas duas amostragens na área experimental, a primeira no ano de 2011 (Tabela 1) e a segunda no ano de 2012, quando as culturas de cobertura estavam em pleno florescimento. Foram coletadas duas amostras por camada para as determinações da densidade do solo (Ds), umidade do solo (Us), resistência do solo à penetração (RP) e porosidade do solo (macro, micro e total). Foram coletadas amostras com estrutura preservada em cilindros metálicos com 4,0 cm de altura e 4,05 cm de diâmetro, nas camadas de: 0,0 - 0,05 m, 0,05 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m. Em seguida, as amostras foram saturadas gradativamente até atingir aproximadamente 2/3 da altura do anel. Após a saturação ter sido estabelecida, as amostras foram submetidas à tensão de -6 kPa, para a determinação da microporosidade, macroporosidade e porosidade total pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997).

Tratamento ⁽¹⁾	Ds	RSP	Uv	Pt	Macro	Micro
	Mg m ⁻³	MPa			m ³ m ⁻³	
Braquiária						
PC	1,29	0,88	0,34	0,53	0,12	0,42
PCc4	1,41	1,87	0,30	0,50	0,09	0,42
PCc8	1,49	1,68	0,31	0,50	0,07	0,43
Crotalária						

PC	1,40	0,84	0,29	0,49	0,09	0,40
PCc4	1,43	1,60	0,30	0,49	0,08	0,42
PCc8	1,44	1,73	0,30	0,51	0,08	0,42
Estilosantes						
PC	1,34	0,92	0,32	0,52	0,10	0,42
PCc4	1,44	1,52	0,29	0,50	0,08	0,41
PCc8	1,43	1,71	0,31	0,51	0,08	0,43

Ds = densidade do solo, RSP = resistência do solo à penetração, Uv = umidade volumétrica do solo, Pt = porosidade total, Macro = macroporosidade e Micro = microporosidade. ⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização física da área experimental no município de Humaitá/AM no período de 2011, na camada de 0,0 m - 0,20 m, antes do cultivo das culturas de cobertura.

Quando as amostras atingiram o equilíbrio na referida tensão foi medida a resistência do solo à penetração, utilizando um penetrômetro eletrônico com velocidade constante de penetração de 1 cm min⁻¹ com diâmetro de base de 4 mm e semi-ângulo de 30° desenvolvido por Serafim et al. (2008). No centro geométrico de cada amostra foi introduzida a haste de penetração. As leituras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra. A frequência de leituras de resistência à penetração correspondeu à coleta de um valor a cada 0,25 segundos, obtendo-se um total de 800 leituras por amostra, das quais um valor médio foi utilizado. Após a determinação da resistência do solo à penetração, as amostras foram levadas à estufa a 105 - 110 °C por 48 h, obtendo-se umidade volumétrica e a densidade do solo pelo método do anel volumétrico.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Após a padronização das variáveis com média nula e variância unitária ($\mu = 0$, $\sigma = 1$), os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). O critério adotado para a escolha do número de componentes foi pela seleção daquelas que apresentaram autovalores acima de 1,00, de acordo com critério proposto por Kaiser (1958) e que conseguiram sintetizar uma variância acumulada acima de 70% (HAIR et al., 2009). Esta análise foi processada com auxílio do programa Statistica 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compactação do solo exercida pelo trator aumentou a densidade (Ds) e resistência do solo à penetração (RSP), resultando na redução do conteúdo de umidade (U), macroporosidade (Macro) e porosidade total do solo (Pt) (Tabela 2 e 3). A umidade do solo foi o único atributo que não apresentou diferença de médias entre as passadas de trator, camadas e plantas de cobertura (Tabela 2). Por outro lado, os atributos Ds e RSP revelaram comportamento mais variável, diferindo estatisticamente a depender das passadas, profundidades e cobertura. Destacou-

se a camada de 0,10 m - 0,20 m, onde o manejo não influenciou significativamente os atributos físicos avaliados.

De modo geral, a camada 0,0 - 0,05 m sofreu maior influência em relação às camadas 0,05 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m (Tabela 2). Essa mesma observação foi apontada no estudo de Andrade et al. (2009), na determinação do efeito de culturas de cobertura crotalária e estilosantes na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em plantio direto. As plantas de coberturas, em razão do hábito de crescimento de cada uma, participaram diferentemente na redução da Ds, sendo a braquiária e crotalária as coberturas responsáveis pelos menores valores de Ds 1,15 e 1,16 Mg m⁻³ respectivamente na camada 0,0 - 0,05 m, sem adição da compactação adicional. Por outro lado, a agressividade de exploração e uniformidade do sistema radicular do estilosantes, tipo fasciculada densa, minimizou o efeito negativo da compactação com PCc4 e PCc8. O comportamento mecânico do estilosantes aqui constado, valida sua contribuição de descompactante biológico do solo (NEGREIROS NETO et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2013).

O efeito benéfico do estilosantes na promoção dos menores valores de Ds, em relação às demais plantas de cobertura e, em todas camadas avaliadas, corroboram com as investigações de Negreiros Neto et al. (2010). Os autores afirmam que a contribuição do estilosantes na descompactação do solo, conseqüentemente, na redução da Ds, deve-se ao seu hábito de crescimento vigoroso e sistema radicular profundo, podendo atingir até 1,5 m (CASTAGNARA et al., 2013). Os valores de Ds no preparo PCc4 e PCc8 corroboram os resultados de Bergamin et al. (2010), em que os autores não obtiveram diferença significativa nas camadas 0,10 - 0,15 m e 0,15 - 0,20 m do solo sob pressão de duas, quatro e seis passadas de trator.

Tratamento ⁽¹⁾	Densidade do solo (Mg m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	1,15 bB	1,16 bB	1,23 bB	1,38	1,35	1,36
PCc4	1,49 aA	1,48 aA	1,29 abB	1,44	1,39	1,37
PCc8	1,48 aA	1,49 aA	1,33 aB	1,44	1,40	1,38
CV (%)	2,87			1,00		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		
PC	1,43		1,41	1,41		
PCc4	1,41		1,41	1,41		
PCc8	1,42		1,42	1,40		
CV (%)	2,81					
	Umidade volumétrica (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,30	0,28	0,28	0,30	0,29	0,28
PCc4	0,25	0,26	0,29	0,29	0,28	0,28
PCc8	0,28	0,21	0,29	0,29	0,29	0,28
CV (%)	10,31			7,38		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária		Crotalária	Estilosante		

PC	0,28	0,28	0,28
PCc4	0,27	0,30	0,28
PCc8	0,29	0,30	0,34
CV (%)	8,45		
Resistência do solo à penetração (MPa)			
	Braquiária	Crotalária	Estilosante
	0,0-0,05 m		0,05-0,10 m
PC	0,96 bB	0,94 bB	1,06 bB
PCc4	2,60 aA	2,64 aA	1,35 abC
PCc8	2,53 aA	2,70 aA	1,53 aC
CV (%)	8,52		7,79
	0,10-0,20 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	1,87	1,77	1,76
PCc4	1,89	1,90	1,75
PCc8	1,96	1,90	1,80
CV (%)	12,20		

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma e minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Densidade do solo, Umidade volumétrica e resistência do solo á penetração em diferentes camadas e estados de compactação após o florescimento de três culturas de cobertura.

Os valores de RSP variaram de 0,94 – 3,26 Mpa, aumentando com o incremento da densidade do solo, condizente com os resultados de Reinert et al. (2008), ao avaliar a qualidade física de um Argissolo Vermelho cultivado sob plantio direto, após o cultivo de plantas de cobertura. Os valores de RSP registrados nas camadas de 0,0 – 0,05 m e 0,05 – 0,10 m aumentaram significativamente com a pressão exercida pelo tráfego do trator, nos tratamentos com PCc4 e PCc8, assumindo valores superiores a 3 Mpa na camada 0,05 – 0,10 m e, unicamente no solo sob braquiária (Tabela 2). Assim, os valores encontrados ligeiramente acima de 2 Mpa para crotalária e estilosantes e acima de 3 Mpa braquiária sinalizam condições limitantes ao crescimento radicular (COUTO et al., 2013; DEPERON JÚNIOR et al., 2016).

Na camada 0,10 – 0,20 m, indiferente do tipo de cobertura, os tratamentos (PC, PCc4 e PCc8) não diferiram entre si, e apresentou menores valores de RSP (1,75 e 1,96 Mpa) (Tabela 2). No estudo de Tavares Filho et al. (2001), foram encontrados valores de RSP superiores ao limite crítico, contudo, sem restrições ao desenvolvimento radicular (TAVARES FILHO et al., 2001). Já Andrade et al. (2013) consideraram valores de RSP $\geq 1,9$ Mpa indicadores de solos compactados, limitantes ao crescimento vegetativo. Esses conflitos permitem afirmar que a inferência da qualidade física do solo requer informações múltiplas das principais propriedades sensíveis ao manejo, por exemplo, espaço poroso do solo. Evitando, assim, conclusões equivocadas e manejo inadequado do solo.

Assim como não fora encontrada diferença significativa para os atributos Ds, U e RSP, na camada 0,10 - 0,20 m, o mesmo foi observado para os atributos Pt, Macro e Micro (Tabela 3). A Pt e Macro pouco foram afetadas na camada 0,0 – 0,05 m e 0,10 – 0,20 m no tratamento PC, comportamento condizente com os de

Bergamin et al. (2010) e que pode ser explicado na investigação de Camargo e Alleoni (2006). Para eles, a passagem do rodado à pressão de até 110 kPa não é suficiente para alterar a Pt e Macro na superfície do solo, considerando que a pressão do rodado exercida na superfície do solo é aproximadamente igual a pressão interna dos pneus. Kondo e Dias Junior (1999) verificaram que 183 kPa não foram capazes de compactar um Latossolo Vermelho muito argiloso, por essas pressões não excederem a capacidade de suporte do solo.

A compactação exercida pelos rodados do trator nos tratamentos PCc4 e PCc8 acarretou redução no volume total de poros nas camadas 0,0 – 0,05 m e 0,05 – 0,10 m, repercutindo abruptamente na redução da Macro (Tabela 3). Observa-se para Macro nos solos com quatro e oito passas não houve diferença estatística, indicando que o solo já conseguiu o máximo de redução dos macroporos. Contudo, a diferença apenas ocorreu entre as coberturas, evidenciando que estilosantes, braquiária e crotalária apresentam características biológicas específicas na qualidade física do solo (ANDRADE et al., 2009). Em termos quantitativos, exceto para o tratamento PC na camada 0,0 – 0,05 m e independente das plantas de cobertura, os valores de Macro induzidos pela compactação estão bem abaixo do valor considerado como crítico, isto é valor mínimo de aeração de 0,10 m³ m⁻³ necessário ao desenvolvimento radicular, preconizado por Gupta e Allmaras (1987).

Tratamento ⁽¹⁾	Porosidade total (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,51 aB	0,48 aC	0,56 aA	0,50 aA	0,48 aB	0,50 aAB
PCc4	0,39 cC	0,44 bB	0,43 bB	0,46 bB	0,46 bB	0,49 abA
PCc8	0,41 bC	0,44 bB	0,41 cC	0,46 bCB	0,45 bC	0,47 bB
CV (%)	1,92			1,56		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária	Crotalária	Estilosante			
PC	0,46	0,47	0,47			
PCc4	0,47	0,48	0,47			
PCc8	0,48	0,49	0,49			
CV (%)	2,79					
	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,17 aB	0,13 aC	0,22 aA	0,09	0,08	0,10
PCc4	0,5 bC	0,8 bB	0,7 bBC	0,06	0,07	0,09
PCc8	0,6 bBC	0,8 bB	0,5 bC	0,05	0,06	0,09
CV (%)	7,12			11,34		
	0,10-0,20 m					
	Braquiária	Crotalária	Estilosante			
PC	0,07	0,07	0,07			
PCc4	0,07	0,08	0,08			
PCc8	0,08	0,08	0,08			
CV (%)	21,47					
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)					
	0,0-0,05 m			0,05-0,10 m		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	0,33	0,34	0,33	1,38	1,40	1,35

PCc4	0,34	0,36	0,36	1,44	1,43	1,39
PCc8	0,34	0,36	0,35	1,44	1,44	1,40
CV (%)	2,25			1,00		
0,10-0,20 m						
	Braquiária	Crotalária		Estilosante		
PC	0,40	0,38		0,38		
PCc4	0,39	0,40		0,39		
PCc8	0,39	0,40		0,45		
CV (%)	3,02					

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma e minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Porosidade total (Pt), Macroporosidade (Macro), Microporosidade (Micro) em diferentes camadas e estados de compactação após o florescimento de três culturas de cobertura.

Verifica-se que, a partir de PCc8 os baixos valores de Macro tenderam a ser o mesmo, uniformem nas camadas 0,05 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, em que não diferiram significativamente (Tabela 3). Esse comportamento coincidindo com os maiores valores de Ds e RSP indicam que a pressão exercida a partir de PCc8 levou a novo rearranjo das partículas do solo, atingindo a máxima compactação do solo. Os resultados permitem a interpretação que, sob essas condições mecânicas impostas pelo tráfego, as plantas de coberturas apresentam dificuldades de se desenvolver e perdem seu potencial de escarificadoras biológicas do solo (ANDRADE NETO et al., 2010; VILLA et al., 2017).

Nos diferentes tratamentos (PC, PCc4, PCc8 e coberturas) e camadas, a Micro não sofreu influência significativa da tensão exercida pelo tráfego do trator, mesmo com alterações na camada superficial da Pt e Macro (Tabela 3). O mesmo ocorreu no estudo de Valadão et al. (2015) no qual a aplicação de tráfego sobre Latossolo Vermelho amarelo distrófico, respectivamente, aumentou a RSP e a Ds, reduziu a Macro e não afetou a Micro, os autores explicam que isso é devido ao fato dos poros de menor tamanho manterem-se resistentes as mudanças impostas pelas tensões aplicadas acima da capacidade de suporte do solo.

No geral, a melhoria ou resiliência dos atributos físicos do solo as forças compactantes impostas pelos passadas dos rodados, ocorreu no solo sob as plantas de coberturas na seguinte ordem crescente: braquiária < crotalária < estilosantes. Todavia, a melhoria na qualidade física do solo imposta pelo estilosantes merece cautela, uma vez que muito depende da textura do solo. Os resultados de Negreiros Neto et al. (2010), ao avaliarem o potencial do estilosantes às forças compactantes, em um Neossolo Quartzarênico Órtico (9% de argila e 87% de areia) e um Argissolo Vermelho Escuro eutroférico (31% de argila e 61% de areia), concluíram que a *Stylosanthes* cv. Campo Grande contribuiu para redução da compactação em solo arenoso, como é caso do Neossolo. Comportamento esperado, já que a espécie é nativa de ambientes de Cerrado, predominado em solos arenosos e bem drenados (ANDRADE et al., 2010).

A compactação do solo exerceu influência sobre os parâmetros avaliados das culturas (Tabela 4). Segundo Modolo et al. (2011) isso ocorre porque a

compactação reduz a infiltração de água, temperatura e aeração do solo e, conseqüentemente, a emergência e o crescimento das plantas. A emergência das plantas sofreu uma redução de 16, 12 e 11% para a braquiária, crotalária e estilosantes, respectivamente no PCc4 em relação ao PC. Já com o PCc8 esse decréscimo foi de 23%, 39% e 12% para a braquiária, crotalária e estilosantes, respectivamente. Por sua vez, as culturas de cobertura não diferiram significativamente entre si na taxa de emergência de plantas. Considerando o maior porcentual de emergência, em média de 85% no stand do estilosantes, 82% da crotalária e 80% para braquiária, confirma o hábito de crescimento preferível em solo de textura mais arenosa (ANDRADE et al., 2010; CASTAGNARA et al., 2013), a exemplo do Cambissolo Háplico Alítico plíntico do presente estudo, classificado como textura franco – argilo – siltosa.

Estudos de Modolo et al. (2008) observaram menores índices de emergência de soja sob cargas de 0 e 50 N, dificultando o contato entre o solo e a semente, assim como absorção de água retardando o processo de germinação, contudo os menores índices de emergência observados foram sob cargas de 140 N devido ao selamento superficial, pouca entrada de oxigênio, ocasionando maior consumo de energia pela plântula para emergir.

Analisando a produção de massa seca da parte aérea (MSPA) da crotalária nos diferentes preparos do solo (Tabela 4). É possível observar que não apresentou diferença significativa, mesmo assim produziu menor quantidade de MSPA (1,70 a 1,41 Mg ha⁻¹) dentre as culturas de cobertura avaliadas. Já nas parcelas com braquiária sob Ds média de 1,4 Mg m⁻³, houve redução significativa somente no PCc8 em relação ao PCc4 e PC. Estudos de Medeiros et al. (2005) explicam que a redução na MSPA ocorre devido as alterações das propriedades físico-hídricas do solo, ocasionada pela compressão do solo, reduzindo a absorção de nutrientes e o acúmulo de carbono pela fotossíntese que, sequencialmente diminui o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

Tratamento ⁽¹⁾	Emergência de plantas (%)			Altura (cm)		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	92,6 aA	98,6 aA	92,0 aA	85 aA	80 aA	43 aB
PCc4	78,3 bA	87,3 bA	82,0 bA	75 aA	65 bA	36 aB
PCc8	71,6 bA	60,3 cB	81,0 bA	60 bA	61 bA	35 aB
CV (%)	5,61			8,00		
	MFPA (Mg ha ⁻¹)			MSPA (Mg ha ⁻¹)		
	Braquiária	Crotalária	Estilosante	Braquiária	Crotalária	Estilosante
PC	11,41 aA	5,06 aB	13,00 aA	3,17 aB	1,70 aC	4,04 aA
PCc4	9,09 bB	4,50 aC	12,43 aA	3,04 aA	1,54 aB	3,21 bA
PCc8	6,58 cB	3,81 aC	10,52 bA	2,25 bB	1,41 aC	2,77 cA
CV (%)	10,40			5,85		

⁽¹⁾ PC: preparo convencional do solo sem compactação adicional; PCc4 e PCc8: correspondem a preparo convencional do solo com compactação adicional por tráfego de trator de 6 Mg em quatro e oito passadas, respectivamente. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Tabela 4. Emergência de plantas, altura, massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de três culturas de cobertura do solo submetidas a diferentes estágios de compactação do solo.

O cultivo do estilosantes apresentou diferença estatística entre os preparos do solo na quantidade de MSPA, produzindo maior volume de massa seca por hectare dentre as culturas anteriormente citadas, mesmo com o aumento da compactação. Castagnara et al. (2013) em cultivo protegido o estilosantes Campo Grande com Ds abaixo de $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$ a MSPA não teve diferença significativa, mesmo com o aumento do volume produzido. Assim, os resultados revelam o potencial do uso das plantas de cobertura como um importante bioindicador natural da qualidade física do solo (FREDDI et al., 2007; ANDRADE et al., 2010; VILLA et al., 2017).

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada no intuito de verificar a relação entre os atributos do solo e os sistemas de usos estudados. Na ACP utilizaram-se o conjunto dos atributos físicos do solo e parâmetros das culturas, considerando apenas os dois primeiros eixos fatoriais (Figura 3a, b). Quanto ao percentual de variância explicado pelas componentes principais, verifica-se que para os atributos físicos do solo o CP1 e CP2 são responsáveis por 92,36% da variância total (72,76 % na CP1 e 19,60 % na CP2) (Figura 3a) e nas variáveis das culturas por 92,93% dos dados (69,77% na CP1 e 23,16% na CP2), respectivamente (Figura 3b). Valores este acima dos encontrados por Campos et al. (2013) em áreas de Terra Firme e Oliveira et al. (2015) em diferentes ambientes no sul do Amazonas.

O PC foi caracterizado, por apresentar maior relação com a Pt e a macro, o PCc8 com a micro e a RSP e Ds ficaram do mesmo lado que os preparos com compactação adicional: PCc4 e PCc8 (Figura 3a). O que corrobora com Valadão et al. (2015) observando maior efeito da compactação na Ds e RSP na camada 0,0 – 0,10 m. Na figura 3b a todos os parâmetros das culturas avaliados ficaram do mesmo lado que os preparos com compactação adicional: PCc4 e PCc8, sendo a taxa de emergência das culturas relacionada ao PCc4, e os demais atributos (MFPA, MSPA e altura) foram associadas ao PCc8 (Figura 3b).

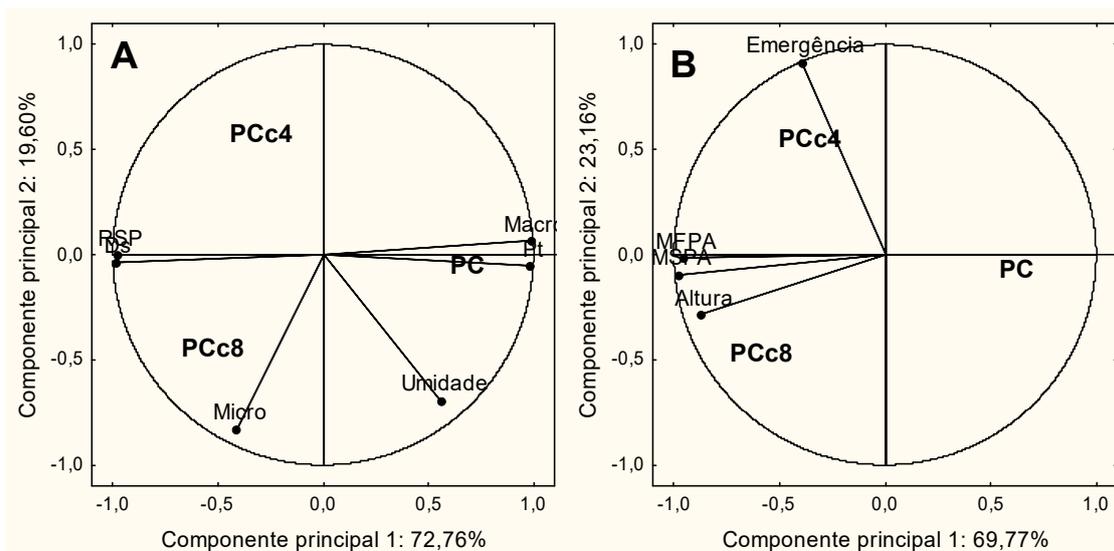


Figura 3. a) Análise de componentes principais dos parâmetros físicos do solo e b) das plantas de cobertura (braquiária, crotalária e estilósante) indicadores da maior resiliência da planta à compactação do solo.

A partir da análise de componentes principais (CP) foi possível identificar as variáveis com maior potencial discriminatório para cada tratamento (Tabela 5). Os autovetores podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável, em relação às componentes principais, sendo os sinais, positivos ou negativos, indicações de relações diretamente ou inversamente proporcionais, respectivamente. Assim sendo, quase todas as variáveis físicas do solo, melhor explicaram ou contribuíram para a variância total dos dados na CP1 com exceção da microporosidade (micro) que somente contribuiu na CP2. Devido a uma grande relação de causa e efeito dentre esses atributos avaliados, causando influência simultânea em grande parte dos atributos físicos avaliados e conseqüentemente a qualidade física do solo, podendo ser considerados fortes indicadores do começo do processo de compactação do solo. Em relação às culturas os parâmetros altura, MFPA e MSPA melhor colaboraram na CP1, enquanto que somente a emergência contribuiu para a CP2.

	Componente principal 1	Componente principal 2
Atributos do solo		
RSP	-0,998991*	0,044908
Ds	-0,997505*	0,070599
Umidade	0,984684*	-0,174349
Pt	0,987389*	-0,158315
Macro	0,998430*	-0,056016
Micro	-0,686961	-0,726695*
Atributos das culturas		
Emergência	-0,392107	0,913817*
Altura	-0,871793*	-0,286848
MFPA	-0,958218*	-0,016525
MSPA	-0,979161*	-0,094374

* Valores mais discriminatórios.

Tabela 5. Correlação entre cada componente principal e os atributos físicos do solo e das culturas.

De modo geral, os parâmetros MFPA e MSPA ocorrendo isoladamente no quadrante um, indicam que quando avaliados sozinhos não são bons indicadores da compactação do solo. Sumarizando, as informações obtidas na análise univariada e multivariada revelam maior eficiência ou resiliência do estilosantes a compressão exercida sobre o solo. Esta característica se deve ao potencial de emergência e maior volume de MFPA e MSPA depositada no solo, amortecendo os efeitos negativos do tráfego intensivo.

4. CONCLUSÕES

O preparo convencional com compactação adicional não afeta significativamente os atributos físicos na profundidade 0,10 – 0,20 m, e apenas a umidade do solo não difere com preparo do solo, independente da profundidade e da planta de cobertura.

Na camada superficial (0,0 – 0,05 m) os níveis de tráfego a partir de quatro passadas resultam no aumento da densidade do solo e macroporosidade, e até a camada 0,10 m no aumento da resistência do solo à penetração e porosidade total.

O cultivo do estilosantes Campo Grande obteve maior produção de massa na parte aérea, proporcionando maior proteção do solo no sistema sem e com adição da compactação.

A análise multivariada mostrou eficiência na distinção do manejo convencional com e sem compactação adicional, demonstrando o efeito simultâneo do preparo mecanizado nos atributos físicos do solo e conseqüentemente na planta, sendo também uma importante ferramenta no estudo de indicadores de qualidade física do solo e da planta, agrupando os atributos físicos e da planta relacionados a cada tratamento estudado.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. R.; SOARES, T. G.; FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. S. **Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil**. Acta Amazônica, Manaus. v.44, n.4, p.411-418, 2014.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. **Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 124-130, 2010.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; GODOY, S. G. **Estimativa da resistência do solo à penetração baseada no índice S e no estresse efetivo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 932-937, 2013.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; SALES, M. F. L. **Estilosantes Campo Grande: Leguminosa Forrageira Recomendada para Solos Arenosos do Acre**. EMBRAPA. Circular técnica, 55: 1-12, 2010.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. **Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo sob plantio direto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.13, n.4, p.411-418, 2009.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. **Compactação em um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n. 3, p.681-691, 2010.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Reconhecimento e medida da compactação do solo**. http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/C6/Index.htm. 12 Jul. 2009.

CAMPOS, M. C. C. **Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; CASTRO, A. M. C.; ZOZ, A.; OLIVEIRA, P. S. R. **Crescimento de Stylosanthes cv. Campo Grande em diferentes níveis de densidade de um Latossolo Vermelho**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 260-266, 2013.

COUTO, R. F.; REIS, E. F.; VIANA, P. M. F.; HOLTZ, V.; OLIVEIRA, L. A.; ALVES, S. M. F. **Compactação e recalque superficial de um Latossolo Vermelho em condição de campo e laboratório**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.17, n.11, p.1239-1245, 2013.

DEPERON JÚNIOR, M. A.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J. W.; SOUZA, E. B. **Influência de implementos de preparo e de níveis de compactação sobre atributos físicos do solo e aspectos agronômicos da cultura do milho**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 367-376, 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, Brasília: Embrapa, SPI, 1997. 212 p.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. **Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 627-636, 2007.

GOMES, R. P.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SILVA, D. M. P.; CUNHA, J. M.; FRANCISCON, U.; SILVA, L. S.; OLIVEIRA, I. A.; BRITO, W. B. M. **Spatial variability of aggregates and organic carbon under three different uses of indian black earth in southern Amazonas.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 33, n. 6, p.1513-1522, 2017.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. **Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction.** Advances in Soil Sciences, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados.** 5. ed. São Paulo: Bookman, 2005. 593 p.

KAISER, H. F. **The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis.** Psychometrika, Williangsburg, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.

KONDO, M.K. & DIAS JUNIOR, M.S. **Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, p.211-218, 1999.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G. F.; JADOSKI, S.O.; WATZLAWICK, L. F. **Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária.** Floresta e ambiente, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-9, 2017.

MEDEIROS, R. D.; SOARES, A. A.; GUIMARÃES, R. M. **Compactação do solo e manejo de água I: efeitos sobre a absorção de N, P, K, massa seca de raízes e parte aérea de plantas de arroz.** Ciência Agrotécnica, Lavras, v. 29, n. 5, p. 940-7, 2005.

MODOLO, A. J.; FERNANDES, A. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SILVEIRA, J. C. M. **Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema plantio direto.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1259-1265, 2008.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L.; MODERNEL, J. C. **Efeito da compactação do solo sobre a semente no desenvolvimento da cultura do feijão.** Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-95, 2011.

NEGREIROS NETO, J. V.; SANTOS, A. C.; SANTOS, P. M.; SANTOS, T. M.; FARIA, A. F. G. **Atributos físicos de solos sob a consorciação gramíneas-leguminosas no norte do estado do Tocantins.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 140-150, 2010.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. **Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas.** Acta Amazônica, v.45, n.1, p.1-12, 2015.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.1805-1816, 2008.

ROSA, D. M.; LIMA, G. P. **Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em rotação com milho e soja.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. **Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SERAFIM, M. E.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; PRADO, E. D.; VENTURIN, J. C.; YAMAMOTO, N. T. **Desenvolvimento de um penetrógrafo eletromecânico de bancada.** Revista Ciências Técnicas Agropecuárias, La Habana, v.17, n.1, p.61-65, 2008.

SILVA, H. R.; ROSOLEM, C. A. **Crescimento radicular de espécies utilizadas como cobertura decorrente da compactação do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, p.1399-1407, 2008.

SOUZA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. **Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, 2008.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. **Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, n.3, p. 725-730, 2001.

TEODORO, R. B.; OLIVIERA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. **Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira.** Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.42, n.2, p.292-300, 2011.

VALADÃO, F. C. A., WEBER, O. L. S., VALADÃO JÚNIOR, D. D., SCAPINELLI, A., DEINA, F. R. E BIANCHINI, A. **Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.39, n.1, p. 245-255, 2015.

VASCONCELOS, R. F. B.; CANTALICE, J. R. B.; MOURA, G. B. A.; ROLIM, M. M.; MONTENEGRO, C. E. V. **Compressibilidade de um Latossolo Amarelo distrocoeso**

não saturado sob diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.36, n.2, p.525-536, 2012.

VASCONCELOS, R. F. B.; SOUZA, E. R.; CANTALICE, J. R.; SILVA, L. S. Qualidade física de um Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 4, p. 381-386, 2014.

VILLA, B.; SECCO, D.; TOKURA, L. K.; PILATTI, M. A. Impacto do uso de espécies de cobertura na estrutura de um Latossolo Argiloso e seus reflexos no rendimento de grãos de soja. Acta Iguazu, Cascavel, v. 6, n. 2, p. 1-12, 2017.

ABSTRACT: Compaction problems in intensively managed soils have been commonly mitigated by the use of hedge plants. In order to evaluate the effects of compaction on the physical attributes of a plinthic Haplic Alloic Hapludox after the development of different cover crops, a randomized block design with a 3 x 3 factorial scheme with four replications was carried out. The treatments consisted of two legume species: crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), stylosanthes Campo Grande (*Estilosante capitata* + *Estilosantes macrocephala*) and one grass, brachiaria (*Urochloa brizantha*), submitted to compaction: PC - Conventional soil preparation without additional compaction; PCc4 and PCc8 - conventional soil preparation with additional compaction by tractor traffic of 6 Mg in four and eight passes. Conventional preparation with additional compaction does not significantly affect the physical attributes at depth 0.10 - 0.20 m, and only the soil moisture does not differ with soil tillage, regardless of the depth and cover plan. Traffic levels from four passes result in increased soil density and macroporosity in the 0.0 - 0.05 m layer, and soil penetration resistance and total porosity in the layer up to 0.10 m. The cultivation of stylosanthes Campo Grande as cover plant provides greater protection of the soil in the system without and with the addition of the compaction.

KEY WORDS: mechanization; mechanical penetration resistance; aerial biomass; multivariate.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-66-0



9 788593 243660