

# Capítulo 7

## *Qualidade de um latossolo cultivado com algodão sob plantio convencional e sistema plantio direto no Cerrado brasileiro*

*Diony Alves Reis*

*Marla Oliveira Fagundes*

*Francisco Rubens Feitosa Júnior*

*Roberto Bagattini Portella*

*Fabiano José Perina*

*Júlio Cesar Bogiani*

**Resumo:** O monitoramento da qualidade dos solos manejados contribui para a definição e adoção de práticas de manejo sustentáveis nos sistemas agropecuários. Este trabalho objetivou avaliar em diferentes profundidades a qualidade de um Latossolo arenoso cultivado com Algodão sob Plantio Convencional (PC) e Sistema Plantio Direto (SPD) utilizando parâmetros físicos, da matéria orgânica e hídricos como indicadores de qualidade. Em delineamento de casualização por blocos com quatro repetições, o estudo foi desenvolvido no município de Luiz Eduardo Magalhães, bioma Cerrado, oeste da Bahia, Brasil. O cultivo de Algodão sob SPD favoreceu os valores de Ds, GF, COT, retenção e AD; bem como diminuiu os teores de ADA, Pt e Ma, contrastantes com os observados no solo sob PC. O SPD favoreceu retenção, a disponibilidade de água e o carbono, certamente promovendo agregação e a estruturação do solo, permitindo concluir que o SPD é um sistema que melhora a qualidade do solo cultivado com Algodão.

**Palavras-Chave:** Uso e ocupação da terra; conservação ambiental; funções ecossistêmicas do solo; disponibilidade de água no solo; Cerrado brasileiro

## 1. INTRODUÇÃO

No Cerrado brasileiro, historicamente, o cultivo do Algodão (*Gossypium hirsutum* L.) tem obtido sucesso devido às condições climáticas e à topografia favoráveis (Zonta et al., 2014). O Algodão, após a Soja, é a segunda cultura mais cultivada na região oeste da Bahia. Na safra de 2020/21, em 266 mil hectares (ha), o oeste baiano produziu 724 mil toneladas (t) de caroço e 482 mil t de pluma, evidenciando uma redução de 15% na área plantada e de 19% na produção total (Abrapa, 2021), quando comparados com o ano agrícola anterior. As razões para estas reduções têm apontado para as estiagens, menores preços, redução de 19% na produção têxtil, aumento de 3% nos estoques mundiais de pluma, associados, inequivocadamente, à pandemia mundial de COVID-19.

No oeste baiano, o Algodão tem sido cultivado principalmente sob o Plantio Convencional (PC), pautado na intensa e frequente mobilização do solo por arados e grades. Estas práticas têm resultado na degradação física, química, biológica do solo, na sua exposição à ação erosiva das chuvas e vento, causando perdas de solo, matéria orgânica, água, insumos agrícolas, sementes, reduzindo o potencial produtivo e as funções ecossistêmicas do solo (Ferreira e Lamas, 2010; Oliveira et al., 2012).

Por outro lado, em menor proporção na região, o Sistema Plantio Direto (SPD), tem sido incentivado como alternativa ao PC, sobretudo pelas suas características conservacionista. Solos manejados sob SPD têm a mobilização restrita à linha de semeadura, o que favorece a manutenção dos resíduos culturais na superfície, garantindo a proteção do solo, a diversificação de espécies via rotação de culturas, maiores teores de Carbono e matéria orgânica, o que resulta em melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo e em menores custos de produção (Corbeels et al., 2016).

Apesar da consolidação da agricultura em larga escala no Cerrado do oeste da Bahia ter sido iniciada na década de 1980 (Santos et al., 2018), informações sobre o impacto dos sistemas de manejo sobre a qualidade dos solos, predominantemente arenosos, ainda são escassas. Nesse sentido, este trabalho objetivou avaliar a Porosidade total (Pt), a Macroporosidade (Ma), a Microporosidade (Mi), a Densidade do solo (Ds) a Argila dispersa em água (ADA), o Grau de floculação (GF), os teores de Carbono orgânico total (COT), as Curva de retenção de água (CRA) e o volume de Água disponível (AD) de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura franco-arenosa, cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no Cerrado da região oeste da Bahia, Brasil.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área experimental (12°5'36.52"S e 45°42'40.30"O) no município Luís Eduardo Magalhães, no bioma Cerrado, oeste da Bahia, Brasil, onde o solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura franca-arenosa (804 g kg<sup>-1</sup> de areia, 74 g kg<sup>-1</sup> de silte, e 125 g kg<sup>-1</sup> de argila) até a profundidade de 0,20 m e encontrado em toda porção ocidental do oeste baiano.

A região possui uma estação climática chuvosa entre os meses de outubro e março, com precipitação média de 1500 mm, e uma estação seca, sem precipitações nos demais meses. A temperatura média anual varia de 22° a 27°C, sendo o clima do tipo Aw, conforme a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013).

O delineamento experimental foi o de casualização por blocos com quatro repetições sendo os tratamentos, A\_PC1: Algodão sob Plantio Convencional; A\_PC2: Algodão sob Plantio Convencional em consórcio com Milheto; A\_SPD1: Algodão sob Sistema Plantio Direto em sucessão à Soja e Sorgo; A\_SPD2: Algodão sob Sistema Plantio Direto em sucessão à Soja, Crotalária, Milho e Braquiária. Sendo o histórico de cultivo na área experimental nos cinco anos anteriores à coleta das amostras de solo apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição histórica de culturas dos tratamentos

Tratamentos	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18
A_PC1	A	A	A	A	A	A
A_PC2	Mt + A	Mt + A	Mt + A	Mt + A	Mt + A	Mt + A
A_SPD1	S + So	A	S + So	A	S + So	A
A_SPD2	S + C	M + B	A	S + C	M + B	A

A\_PC1: Algodão (A) sob Plantio Convencional (PC); A\_PC2: A sob PC em consórcio com Milheto (Mt); A\_SPD1: A sob Sistema Plantio Direto (SPD) em sucessão à Soja (S) e Sorgo (So); A\_SPD2: A sob SPD em sucessão à Soja (S), Crotalária (C), Milho (M) e Braquiária (B).

A amostragem de solo com estrutura preservada e não preservada foi realizada em fevereiro de 2018 nas camadas de 0,00 a 0,05; 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Para tanto, amostras com estrutura preservada foram coletadas em anéis volumétricos, com dimensões de aproximadamente 0,05 m de altura e 0,05 m de diâmetro, totalizando 144 amostras (4 tratamentos x 3 anéis x 3 camadas x 4 repetições) e as amostras de solo com estrutura não preservada foram coletadas utilizando pá de corte, totalizando 48 amostras (4 tratamentos x 1 amostra x 3 camadas x 4 repetições).

Amostras de solo com estrutura preservada foram saturadas por capilaridade durante 48 horas para a determinação da Porosidade total do solo ( $P_t$ ,  $m^3 m^{-3}$ ), da Macroporosidade ( $M_a$ ,  $m^3 m^{-3}$ ), da Microporosidade ( $M_i$ ,  $m^3 m^{-3}$ ) pelo método da mesa de tensão, utilizando uma sucção de coluna de água de 60 cm, que posteriormente foram secas em estufa a 105°C por 24 h, até estabelecimento de massa constante, para determinação da Densidade do solo ( $D_s$ ,  $g cm^{-3}$ ) (Teixeira et al., 2017).

As amostras com estrutura não preservada foram utilizadas para determinar as frações granulométricas (% de Areia, Silte e Argila) e a Argila dispersa em água (% de ADA) pelo Método da Pipeta, no qual 10 g de terra fina seca em estufa (TFSE) foram dispersas utilizando NaOH a 1 N e mesa de agitação por 24 h. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em provetas de 1000 ml, calculando-se o tempo de sedimentação das partículas para posterior extração de uma alíquota de 25 ml, quantificando-se a ADA sem o dispersante (Teixeira et al., 2017).

O Grau de floculação (GF) foi determinado conforme a Equação 1:

$$GF = \left( \frac{Arg_{dt} - Arg_{da}}{Arg_{dt}} \right) 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde,  $Arg_{dt}$ , é a argila obtida com dispersante (total) e  $Arg_{da}$ , é a argila dispersa em água.

O Carbono orgânico total (COT) foi determinado em amostras com estrutura não preservada, por meio da oxidação da matéria orgânica via úmida com  $K_2Cr_2O_7$  a 0,0667 mol  $L^{-1}$  em meio sulfúrico, empregando-se o calor como fonte de energia, titulando-se o excesso de dicromato após a oxidação com solução padrão de  $Fe(NH_4)2(SO_4)2 \cdot 6H_2O$  a 0,1 mol  $L^{-1}$  (Teixeira et al., 2017; Ferreira et al., 2021).

Para a determinação das Curvas de retenção de água no solo (CRA), os pontos nas condições de saturação, 10 e 60 cm  $H_2O$  foram quantificados em mesa de tensão, enquanto os pontos mais secos foram obtidos em amostras com estrutura não preservada (porção de terra fina seca ao ar) utilizando o equipamento Dewpoint Potential Meter (WP4c) (Klute, 1986; Reis 2018).

O umedecimento das amostras com estrutura não preservada para a leitura do Potencial matricial ( $\Psi_m$ ) utilizando o WP4c foi determinado previamente pela obtenção dos conteúdos de água através da relação volume de água destilada (0,00; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07 e 0,08 mL) x 5 g de solo, obtendo-se os conteúdos 0,00; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,35 mL de água destilada adicionados a cada 5 g de solo. Como cada amostra de solo foi inserida em um recipiente metálico de amostragem (40 mm de diâmetro e 11,5 mm de altura), a massa de solo (5 g) foi definida de tal forma que o nível de solo fosse mantido abaixo da metade deste recipiente, evitando erro de leitura (Reis 2018).

Após a leitura do  $\Psi_m$  (MPa) no WP4c, as amostras foram pesadas, secas em estufa por 24h à 105°C, determinando-se o conteúdo volumétrico de água ( $\theta$ ,  $m^3 m^{-3}$ ) (Teixeira et al., 2017), e ajustando-se os dados experimentais da CRA pelo modelo de van Genuchten (1980) (Equação 2) utilizando o *software* MATHCAD 2000.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha |\Psi_m|)^n]^m} \quad \text{Eq.2}$$

Onde  $\theta$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) é o volume de água no  $\Psi_m$  (MPa);  $\theta_r$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) é o volume de água residual;  $\theta_s$  ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) é o volume de água na saturação;  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$  são parâmetros empíricos, adimensionais que dependem da forma da curva de retenção. Considerando a relação de dependência entre os parâmetros  $m$  e  $n$  ( $m=1-1/n$ ) (Mualem, 1976) e adotando os valores iniciais dos parâmetros da equação de van Genuchten,  $\theta_r$ ,  $\theta_s$ ,  $\alpha$ , e  $n$  conforme o sugerido por Carsel e Parrish, (1988).

O conteúdo de água na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) e no ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ) foi considerado como sendo os valores ajustados de conteúdo volumétrico de água em equilíbrio a  $\Psi_m = 0,0102$  e  $1,5$  MPa, respectivamente e a Água disponível (AD) foi calculada pela diferença do conteúdo de água volumétrico entre o ponto de murcha e a capacidade de campo, conforme adotado por Reynolds et al. (2007) e Reis et al. (2018).

Cada propriedade do solo foi submetida à análise de variancia (ANOVA), sendo as medias comparadas pelo teste de ( $p < 0.05$ ). Além disso, utilizando modelos regressivos e o teste de correlação de Pearson ( $r$ ) ( $p < 0.05$ ), a relação entre os parâmetros do solo foi analisada, utilizando respectivamente, o PROC ANOVA, PROC NLIN e PROC CORR no SAS (Statistical Analyses System Institute, versão 9.2).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Menores valores de Pt no solo sob SPD (A\_SPD1 e A\_SPD2) diferiram estatisticamente na camada de 0,10 a 0,20 m quando comparados com o solo sob PC (A\_PC1) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média e Desvio da Porosidade Total (Pt), da Macroporosidade (Ma), da Microporosidade (Mi) e da Densidade (Ds) de um Latossolo cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no Cerrado do oeste da Bahia.

Tratamentos	Pt	Ma	Mi	Ds
	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$			
0,00 – 0,05 m				
A_PC1	0,35 ± 0,02 a	0,14 ± 0,02 a	0,21 ± 0,02 b	1,49 ± 0,10 b
A_PC2	0,36 ± 0,03 a	0,13 ± 0,01 a	0,22 ± 0,01 b	1,50 ± 0,06 b
A_SPD1	0,34 ± 0,02 a	0,09 ± 0,01 b	0,26 ± 0,02 a	1,55 ± 0,06 a
A_SPD2	0,35 ± 0,06 a	0,09 ± 0,02 b	0,26 ± 0,06 a	1,56 ± 0,11 a
0,05 – 0,10 m				
A_PC1	0,34 ± 0,02 a	0,12 ± 0,03 a	0,22 ± 0,02 b	1,58 ± 0,11 b
A_PC2	0,33 ± 0,02 a	0,11 ± 0,01 a	0,22 ± 0,02 b	1,60 ± 0,06 b
A_SPD1	0,32 ± 0,01 a	0,07 ± 0,01 b	0,25 ± 0,03 a	1,68 ± 0,05 a
A_SPD2	0,32 ± 0,04 a	0,07 ± 0,02 b	0,25 ± 0,02 a	1,69 ± 0,06 a
0,10 – 0,20 m				
A_PC1	0,34 ± 0,03 a	0,11 ± 0,03 a	0,23 ± 0,02 a	1,60 ± 0,09 b
A_PC2	0,33 ± 0,01 ab	0,10 ± 0,01 a	0,23 ± 0,02 a	1,61 ± 0,06 b
A_SPD1	0,31 ± 0,02 b	0,07 ± 0,02 b	0,24 ± 0,02 a	1,68 ± 0,06 a
A_SPD2	0,31 ± 0,01 b	0,07 ± 0,02 b	0,21 ± 0,02 a	1,71 ± 0,04 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada parâmetro e camada de solo avaliada não diferem pelo teste de Duncan a 5 %. A\_PC1: Algodão (A) sob Plantio Convencional (PC);

A\_PC2: A sob PC em consórcio com Milheto; A\_SPD1: A sob Sistema Plantio Direto (SPD) em sucessão à Soja e Sorgo e A\_SPD2: A sob SPD em sucessão à Soja, Crotalária, Milho e Braquiária.

Anghinoni et al. (2019) encontraram maiores valores da Pt em solo sob PC ( $0,57 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) contrastando com o solo sob SPD ( $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) na camada de 0,00 a 0,10 m ao avaliarem um Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa cultivado com Algodão. Similarmente, Ngolo et al. (2019), ao avaliarem um Latossolo Vermelho de textura argilosa verificaram valor de Pt de  $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  sob SPD e de 0,53 e  $0,51 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  sob dois tratamentos de PC assim como Gozubuyuk et al. (2014).

Menores valores de Ma observados nos tratamentos sob SPD foram estatisticamente diferentes dos observados nos tratamentos sob PC (Tabela 2). Galdos et al. (2019), Pires et al. (2017) e Moraes et al. (2016) encontraram maiores valores de Ma em um Latossolo argiloso sob PC contrastando com os valores observados sob SPD. Por outro lado, menores valores de Ma em solos sob SPD têm sido reportados e atribuídos ao tempo de implantação. Nesse sentido, tem-se sugerido que os resultados positivos do SPD se manifestam após, no mínimo, cinco anos de implantação do sistema (Reis et al., 2019; Gao et al., 2019; Souza et al., 2018).

Em relação à Mi, de maneira geral, os maiores valores foram observados nos tratamentos sob SPD, entretanto, as diferenças estatísticas somente foram evidenciadas nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m (Tabela 2). Jemai et al. (2013) que ao avaliarem um Neossolo de textura argilosa, observaram maiores valores de Mi nos tratamentos sob SPD, quando comparado com PC e atribuíram seus resultados à melhoria da qualidade estrutural promovida processo de agregação do solo sob SPD.

Os resultados de Ds observados nos tratamentos sob PC foram menores e estatisticamente diferentes dos observados nos tratamentos sob SPD (Tabela 2). Lewis et al. (2018), López-Garrido et al. (2014) e Çelik, (2011) verificaram maiores valores de Ds em solo sob SPD e segundo Souza et al., (2018), este fato se deve à ausência de revolvimento, ao adensamento natural, à acomodação e estruturação das partículas minerais de solos com o maior tempo de implantação.

Solos arenosos, característicos pelo predomínio de minerais de quartzo, possuem menos carga líquida nas suas superfícies quando comparados com solos argilosos, sendo, portanto, mais soltos e propícios à dispersão de suas partículas. Como resultado, possuem maior volume de Pt e Ma e devido à natureza do quartzo, têm maior Ds do que solos argilosos, evidenciando sua suscetibilidade à degradação e necessidade de sistemas de manejo que aumentem a sua agregação e por meio do aporte de matéria orgânica.

Os maiores valores de Pt e Ma, bem como os menores valores de Mi e Ds observados no solo sob PC justificam-se também pelas práticas de aração e gradagens sucessivas, que além de reduzirem os efeitos das pressões no solo pelo trânsito de máquinas, fracionam os agregados; promovem as perdas de solo, água, insumos e matéria orgânica, potencializando negativamente os efeitos da degradação desses solos.

Maiores valores de Argila dispersa em água (ADA); menores valores de Grau de floculação (GF) e de Carbono orgânico total (COT) foram estatisticamente diferentes nos tratamentos sob PC quando comparado com os tratamentos sob SPD (Tabela 3).

Valores de ADA nos tratamentos sob PC foram maiores e estatisticamente diferentes dos observados nos tratamentos sob SPD, especificamente nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m. Por outro os valores de GF e COT foram maiores e estatisticamente diferentes dos valores observados nos tratamentos sob SPD em todas as camadas avaliadas (Tabela 3).

Tavares Filho et al. (2010) analisando os valores de GF em um Latossolo Vermelho distrófico sob SPD e PC, na camada de 0 a 0,20 m, afirmam que a ação mecânica das práticas de aração e gradagem, resulta na liberação da argila para o meio, reduzindo o GF e diminuição dos teores do carbono (Liu et al., 2017). Ademais, a dispersão da argila em água é um fenômeno que pode ocorrer naturalmente. Porém, a resistência do solo à ação dos agentes desagregantes varia conforme as suas características químicas, físicas e mineralógicas.

**Tabela 3.** Média e Desvio da Argila Dispersa em Água (ADA), do Grau de Floculação (GF) e de Carbono Orgânico Total (COT) de um Latossolo cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no Cerrado do oeste da Bahia

Tratamentos	ADA	GF	COT
	(% )		(g kg <sup>-1</sup> )
	0,00 – 0,05 m		
A_PC1	10,94 ± 1,77 a	18,01 ± 5,56 b	7,81 ± 0,78 b
A_PC2	9,92 ± 0,08 a	20,88 ± 4,90 b	9,12 ± 0,25 b
A_SPD1	5,43 ± 0,90 b	47,06 ± 8,49 a	13,06 ± 0,15 a
A_SPD2	5,30 ± 0,28 b	49,05 ± 8,14 a	15,15 ± 0,10 a
0,05 – 0,10 m			
A_PC1	10,38 ± 0,31 a	20,57 ± 5,18 b	7,29 ± 0,16 b
A_PC2	9,21 ± 1,30 a	22,46 ± 4,01 b	8,38 ± 0,23 b
A_SPD1	6,95 ± 0,61 b	43,91 ± 8,10 a	11,32 ± 0,15 a
A_SPD2	6,01 ± 0,47 b	48,17 ± 5,74 a	12,01 ± 0,66 a
0,10 – 0,20 m			
A_PC1	9,44 ± 1,18 a	31,6 ± 9,63 a	7,17 ± 0,83 b
A_PC2	8,90 ± 0,48 a	32,66 ± 0,98 a	8,05 ± 0,81 b
A_SPD1	7,02 ± 0,45 a	44,29 ± 4,82 b	11,14 ± 0,34 a
A_SPD2	7,95 ± 0,30 a	45,89 ± 7,23 b	11,88 ± 0,74 a

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada parâmetro e camada de solo avaliada não diferem pelo teste de Duncan a 5 %. A\_PC1: Algodão (A) sob Plantio Convencional (PC); A\_PC2: A sob PC em consórcio com Milheto; A\_SPD1: A sob Sistema Plantio Direto (SPD) em sucessão à Soja e Sorgo; A\_SPD2: A sob SPD em sucessão à Soja, Crotalária, Milho e Braquiária.

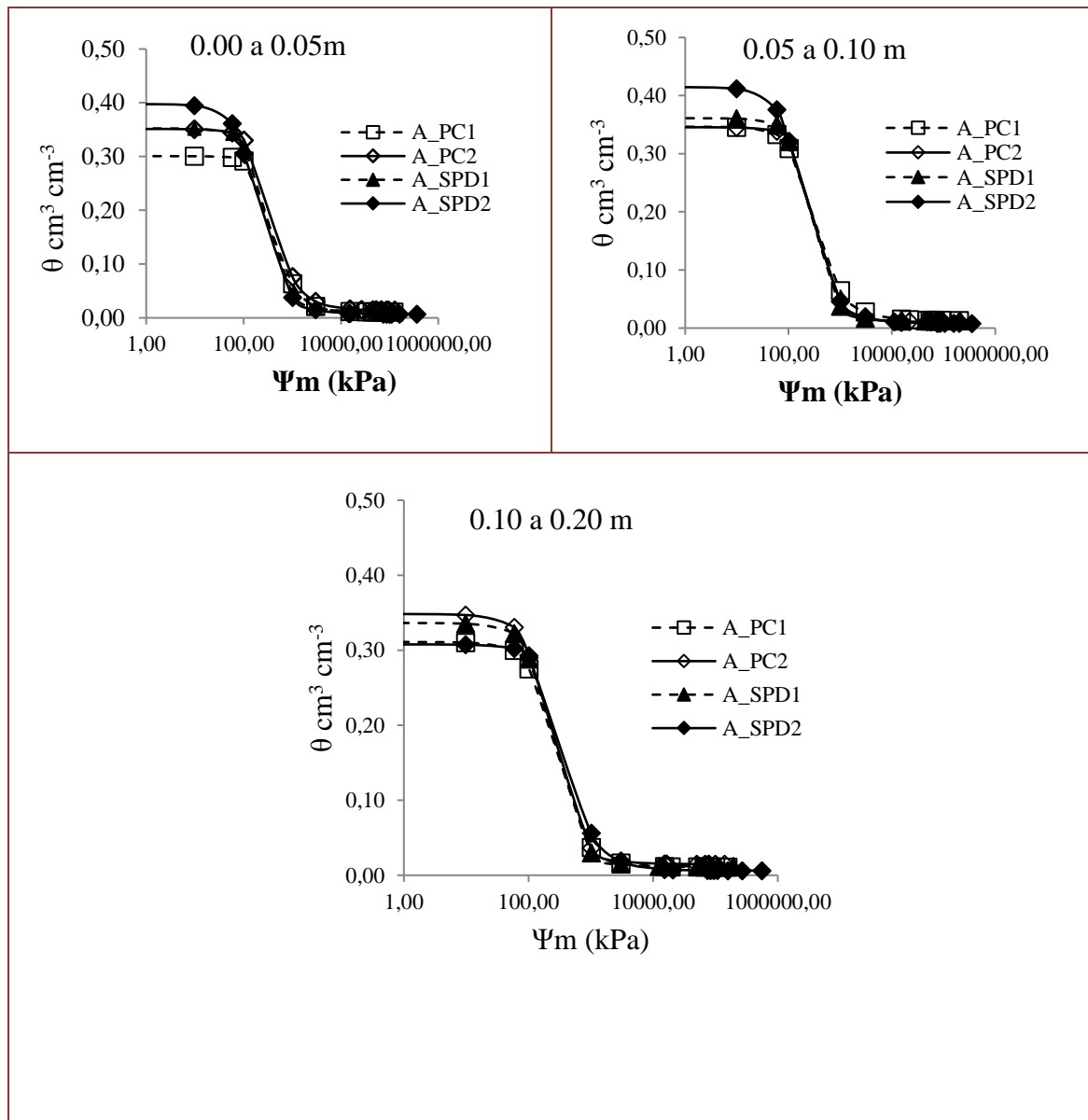
A dispersão das partículas do solo relaciona-se com a interação das cargas elétricas na superfície dos coloides, gerada por substituição isomórfica (permanentes) ou por dissociação de radicais (variáveis e dependentes de pH), gerando um ambiente floculado ou disperso, respectivamente, que afetam diretamente a estrutura e agregação do solo (Yu et al., 2020; Churchman, and Lowe, 2012; Churchman, 2010; Diamantis et al., 2017).

Os menores valores de COT nos tratamentos sob PC (Tabela 3), relacionam-se ao revolvimento do solo, que ao expor a matéria orgânica protegida no interior dos agregados ou em interação com os argilominerais, favorece tanto a oxidação pelas intempéries climáticas, na forma de gases de efeito estufa, quanto o ataque microbiano, reduzindo assim os teores de carbono no solo. Ademais, maiores valores de COT em solos sob SPD são devidos, também, à maior possibilidade de exploração de área, lateral ou verticalmente, pelo sistema radicular das plantas (Silva et al., 2018; Singh et al., 2014).

Os tratamentos sob SPD reduziram a dispersão (ADA), aumentaram a floculação (GF) e o teor de carbono (COT), evidenciando os efeitos negativos do PC. A reatividade dos argilominerais, devido às cargas predominantemente negativas expressas nas suas superfícies, interage com componentes da matéria orgânica e os cátions do solo, formando um ambiente em equilíbrio dinâmico, que reduz a dispersão, aumenta a floculação sobretudo devido ao aporte de carbono nos solos sob SPD.

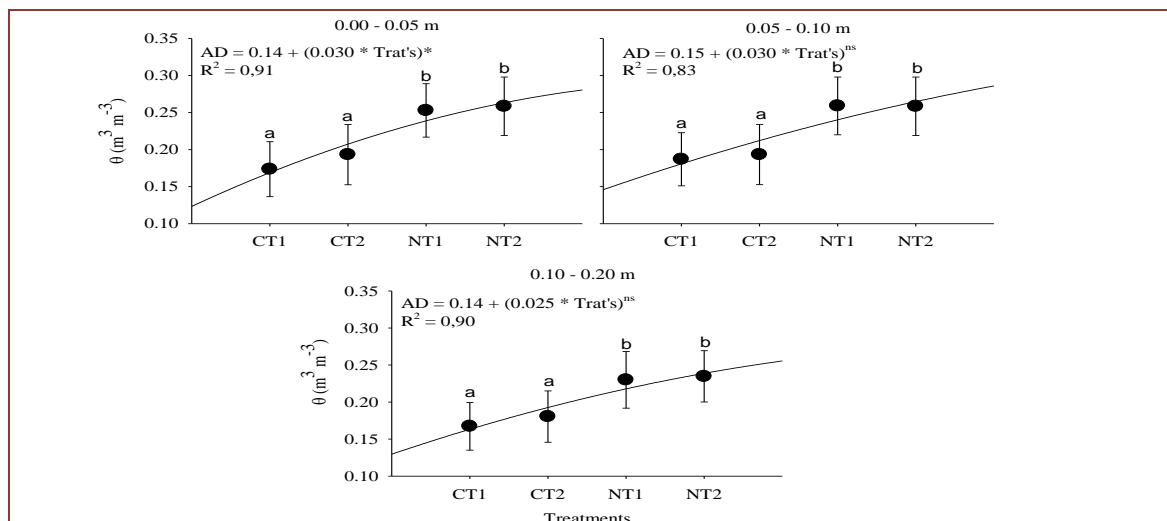
Os sistemas de manejo modificaram as Curva de Retenção de Água no solo sobretudo nas camadas mais superficiais (Figura 2).

**Figura 2.** Curvas de Retenção de Água (CRA) de um Latossolo cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no oeste da Bahia, Brasil, nas camadas de a) 0,00 a 0,05 m, b) 0,05 a 0,10 m e c) 0,10 a 0,20 m. A\_PC1: Algodão (A) sob Plantio Convencional (PC); A\_PC2: A sob PC em consórcio com Milheto; A\_SPD1: A sob Sistema Plantio Direto (SPD) em sucessão à Soja e Sorgo; A\_SPD2: A sob SPD em sucessão à Soja, Crotalária, Milho e Braquiária



Segundo Kool et al., (2019) os sistemas de manejo alteram as propriedades hidráulicas do solo, porque alteram o arranjo poroso e aqueles sistemas que reduzem os teores de MOS, têm menor capacidade de retenção de água (Mady & Shein, 2020; Dłapa et al., 2020), corroborando assim os resultados obtidos neste estudo.

**Figura 3.** Conteúdo de Água disponível (AD) de um Latossolo cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no oeste da Bahia, Brasil. Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Duncan a 5 %. Barras verticais indicam os desvios em relação à média. A\_PC1: Algodão (A) sob Plantio Convencional (PC); A\_PC2: A sob PC em consórcio com Milheto; A\_SPD1: A sob Sistema Plantio Direto (SPD) em sucessão à Soja e Sorgo; A\_SPD2: A sob SPD em sucessão à Soja, Crotalária, Milho e Braquiária



Os sistemas de manejo modificaram o conteúdo de água disponível (AD) no solo nas camadas avaliadas, evidenciando que o SPD aumenta a disponibilidade de água às plantas em contraste com o PC (Figura 3). Ademais, verifica-se, que o maior teor de ADA, afeta negativamente o conteúdo de AD no solo, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Tabela 4).

**Tabela 4.** Correlação dos atributos de Latossolo cultivado com Algodão sob plantio convencional (PC) e sistema plantio direto (SPD) no Cerrado do oeste da Bahia

Atributos*	Ma	Mi	Ds	ADA	GF	COT	AD
Pt	0.61**	0.51**	-0.60**	0.08 <sup>ns</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	-0.04 <sup>ns</sup>
Ma		-0.36**	-0.79**	0.30**	-0.47**	-0.26 <sup>ns</sup>	-0.34**
Mi			0.14 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	0.39**	0.33*	0.34**
Ds				-0.16 <sup>ns</sup>	0.39**	-0.06 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>
ADA					-0.72**	-0.48**	-0.42**
GF						0.44**	0.34**
COT							0.38**

n = 48; \*Pt: Porosidade total (m³ m⁻³); Ma: Macroporosidade (m³ m⁻³); Mi: Microporosidade (m³ m⁻³); Ds: Densidade do solo (g cm⁻³); ADA: Argila dispersa em água (%); GF: Grau de floculação (%); COT: carbono orgânico total (g kg⁻¹); AD: Água disponível (m³ m⁻³). ns: Não significativa; \*: Significativa ao nível de 5%; \*\*: Significativa ao nível de 1%.

Ademais, considerando o cenário de escassez hídrica apontado por diferentes órgãos governamentais, buscar alternativas de manejo que favoreçam os teores de COT e o GF em solos manejados e a AD, como o SPD, constitui-se alternativas para a sustentabilidade agrícola, ambiental e econômica.

Não é possível negligenciar os efeitos negativo das práticas de manejo sobre o solo, considerando a sua importância para as atuais e futuras gerações, as suas funções ecossistêmicas, as emissões de gases de efeito estufa, as mudanças climáticas globais e atual pandemia de COVID-19.



#### 4. CONCLUSÃO

- O solo do Cerrado é sensível às mudanças do seu uso e aos sistemas de manejo.
- O cultivo de Algodão sob Sistema Plantio Direto (SPD) apresentou maiores valores de COT, GF e AD, evidenciando melhorias na estruturação e agregação do solo, em contraste com o Plantio Convencional (PC);
- O cultivo de Algodão sob PC reduz a qualidade do solo, favorecendo as perdas de solo, matéria orgânica e água.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABRAPA – Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. Algodão no Brasil. Safra. Disponível no link: <https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>. Acesso em 26/04/2021
- [2] ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 711-728, 2013.
- [3] ANGHINONI, G.; TORMENA, C.A.; LAL, R.; ZANCANARO, L.; KAPPES, C. Enhancing soil physical quality and cotton yields through diversification of agricultural practices in central Brazil. *Land Degradation & Development*, 30: 788-798, 2019.
- [4] CARSEL, R.F.; PARRISH, R.S. Developing Joint Probability Distributions of Soil Water Retention Characteristics. *Water Resources Research*, 24: 755-769, 1988.
- [5] ÇELIK I. Effects of tillage methods on penetration resistance, bulk density and saturated hydraulic conductivity in a clayey soil condition. *Journal of Agricultural Sciences*, 17: 43-156, 2011.
- [6] CHURCHMAN, G.J. Is the geological concept of clay minerals appropriate for soil science? *Physics and Chemistry of the Earth*. 35:922-940, 2010.
- [7] CHURCHMAN, G.J.; LOWE, D.J. 2012. Alteration, formation and occurrence of minerals in soils. In Huang, P.M.; Li, Y.; Summer, M.E. (Editors) "Handbook of soil science 2<sup>nd</sup> edition. Vol.1: Properties and processes". CRC Press (Taylor & Francis), Boca Raton, Fl., pp 20.1 – 20.72
- [8] CORBEELS, M.; MARCHÃO, R.L.; SIQUEIRA NETO, M.; FERREIRA, E.G.; MADARI, B.E.; SCOPEL, E.; BRITO, O.R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. *Scientific Reports*, 6, 2016.
- [9] DIAMANTIS, V.; PAGOROGON, L.; GAZANI, E.; GKIOUGKIS, I.; PECHTELIDIS, A.; PLIAKAS, F.; ELSEN, E. van den; DOERR, S. H.; RITSEMA, C.J. Use of Clay Dispersed in Water for Decreasing Soil Water Repellency. *Land Degradation and Development*. 28 (1): 328-334, 2017.
- [10] DLAPA, P.; HRINÍK, D.; HRABOVSKÝ, A.; ŠIMKOVIC, I.; ŽARNOVICAN, H.; SEKUCIA, F.; KOLLÁR, J. The Impact of Land-Use on the Hierarchical Pore Size Distribution and Water Retention Properties in Loamy Soils. *Water* 12, 339, 2020.
- [11] FERREIRA, A.C. de B.; LAMAS, F.M. Espécies vegetais para cobertura do solo: influência sobre plantas daninhas e a produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto. *Revista Ceres*, v.57, p.778-786, 2010.
- [12] FERREIRA, G.W.; BENEDET, L.; TRAPP, T.; LIMA, A.P.; JUNIOR, V.M.; LOSS, A.; LOURENZI, C.R.; COMIN, J.J. Soil aggregation indexes and chemical and physical attributes of aggregates in a Typic Hapludult fertilized with swine manure and mineral fertilizer. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, v. 10, p. 1 – 17, 2021.
- [13] GALDOS, M.V.; PIRES, L.F.; COOPER, H.V.; CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A.; MOONEY, S.J. Assessing the long-term effects of zero-tillage on the macroporosity of Brazilian soils using X-ray Computed Tomography. *Geoderma*, 337: 1126-1135, 2019.
- [14] GAO, L.; WANG, B.; LI, S.; WU, H.; WU, X.; LIANG, G.; GONG, D.; ZHANG, X.; CAI, D.; DEGRÉ, A. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau of China. *Catena*, 173: 38-47, 2019.
- [15] GENUCHTEN, M.Th. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-898, 1980.
- [15] GOZUBUYUK, Z.; SAHIN, U.; OZTURK, I.; CELIK, A.; ADIGUZEL, M.C. Tillage effects on certain physical and hydraulic properties of a loamy soil under a crop rotation in a semi-arid region with a cool climate. *Catena*, 118: 195-205, 2014.

- [16] JEMAI, I.; BEN AISSA, N.; BEN GUIRAT, S.; BEN-HAMMOUDA, M.; GALLALI, T. Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant root zone, under a dry subhumid Tunisian climate. *Soil and Tillage Research*, 126: 26–33, 2013.
- [17] KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: part 1: physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p.635-660, 1986.
- [18] KOOL, D.; TONG, B.; TIAN, Z.; HEITMAN, J.L.; SAUER, T.J.; HORTON, R. Soil water retention and hydraulic conductivity dynamics following tillage. *Soil and Tillage Research*. 193: 95–100, 2019.
- [19] LEWIS, K.L.; BURKE, J.A.; KEELING, W.S.; MCCALLISTER, D.M.; DELAUNE, P.B.; KEELING, J.W. Soil Benefits and Yield Limitations of Cover Crop Use in Texas High Plains Cotton. *Agronomy Journal*, 110: 1616-1623, 2018.
- [20] LIU, J.; JING, F.; JIANG, G.; LIU, J. Effects of Straw Incorporation on Soil Organic Carbon Density and the Carbon Pool Management Index under Long-Term Continuous Cotton. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48: 412-422, 2017.
- [21] LÓPEZ-GARRIDO, R.; MADEJÓN, E.; LEÓN-CAMACHO, M.; GIRÓN, I.; MORENO, F.; MURILLO, J.M. Reduced tillage as an alternative to no-tillage under Mediterranean conditions: A case study. *Soil and Tillage Research*, 140: 40–47, 2014.
- [22] MADY, A.Y.; SHEIN, E.V. Assessment of pore space changes during drying and wetting cycles in hysteresis of soil water retention curve in Russia using X-ray computed tomography. *Geoderma Regional* 21 (2020) e00259
- [23] MORAES, M.T. de; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; CEZAR FRANCHINI, J.; RODRIGUES DA SILVA, V.; BONINI DA LUZ, F. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. *Soil and Tillage Research*, 155: 351–362, 2016.
- [24] MUALEM, Y. A New Model for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Porous Media. *Water Resources Research*, 12: 513 – 522, 1976.
- [25] NGOLO, A.O.; OLIVEIRA, M.F.; ASSIS, I.R.; ROCHA, G.C.; FERNANDES, R.B.A. Soil Physical Quality After 21 Years of Cultivation in a Brazilian Cerrado Latosol. *Journal of Agricultural Science*, 11: 124-136, 2019.
- [26] OLIVEIRA, J.G.R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; BARBOSA, G.M.C.; FILHO, J.T. Erosão no plantio direto: Perda de solo, água e nutrientes. *Boletim Geografia*, 30: 91-98, 2012.
- [27] PIRES, L.F.; BORGES, J.A.R.; ROSA, J.A.; COOPER, M.; HECK, R.J.; PASSONI, S.; ROQUE, W.L. Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 165: 66–79, 2017.
- [28] REIS, D.A.; LIMA, C.L.R. de; BAMBERG, A.L. Qualidade física e frações da matéria orgânica de um Planossolo sob sistema plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 51(9): 1623-1632, 2016.
- [29] REIS, D.A.; LIMA, C.L.R. de; BAMBERG, A.L. Developing a Soil Physical Quality Index (SPQi) for lowlands under different deployment times of no-tillage. *Scientia Agricola*, 76(2): 157-164, 2019
- [30] REIS, D.A.; LIMA, C.L.R. de; BAMBERG, A.L.; RIBEIRO, P.L. Compressibility and water availability in Albaqualf soils under different deployment times in no-tillage. *Scientia Agricola*, 75(5): 393-399, 2018
- [31] REYNOLDS, W.D.; DRURY, C.F.; YANG, X.M.; FOX, C.A.; TAN, C.S.; ZHANG, T.Q. Land management effects on the near-surface Physical quality of a clay loam soil. *Soil and Tillage Research*, 96: 316-330, 2007.
- [32] SANTOS, C.A.P. dos; SANO, E.E.; SANTOS, P.S. Fronteira agrícola e a dinâmica de uso e ocupação dos solos no Oeste da Bahia. *ACTA Geográfica*, 12: 17-32, 2018.
- [33] SILVA, R.F. da; SANTOS, G.G.; NÓBREGA, J.C.A.; SANTOS, D.P.; SILVA JÚNIOR, J.P. da; LUSTOSA FILHO, J.F.; OLIVEIRA, G.C. de; DIAS, B. de O. Soil use and management systems, time since adoption, and their impacts over aggregation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13: 1-9, 2018.
- [34] SINGH, A.; PHOGAT, V.K.; DAHIYA, R.; BATRA, S.D. Impact of long-term zero till wheat on soil physical properties and wheat productivity under rice–wheat cropping system. *Soil and Tillage Research*, 140: 98–105, 2014.
- [35] SOUZA, L.H.C.; MATOS, E. da S.; MAGALHÃES, C.A. de S.; DE LA TORRE, É.R.; LAMAS, F. M.; LAL, R. Soil carbon and nitrogen stocks and physical properties under no-till and conventional tillage cotton-based systems in the Brazilian Cerrado. *Land Degradation & Development*, 29: 3405-3412, 2018.
- [36] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, SAS/STAT, Procedure guide for personal computers; version 9, Cary: SAS Institute, 1999.
- [37] TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.D.; RIBON, A. Physical properties of dystrophic red latosol (oxisol) under diferente agriculture uses. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 925-933, 2010.
- [38] TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. *Embrapa Solos*, 3ed, 573p, Brasília, 2017.

[39] YU, Z.; ZHENG, Y.; ZHANG, J.; ZHANG, C.; MA, D.; CHEN, L.; CAI, T. Importance of soil interparticle forces and organic matter for aggregate stability in a temperate soil and a subtropical soil. *Geoderma*, 362 (15), 114088, 2020.

[40] ZONTA, J.H.; BRANDÃO, Z.N.; MEDEIROS, J. da C.; SANA, R.S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18: 595-602, 2014.