

RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO SOB DIFERENTES ADUBOS VERDES COMO COBERTURA VEGETAL EM NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO

Vanessa de Fátima Grah Ponciano^{1*}, Isaac de Matos Ponciano², Romano Roberto Valichesi³, Silvia Sanielle Costa de Oliveira¹, Sihelio Julio Silva Cruz³, Walber Cesar Vieira Filho⁴

¹Professora Doutora, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Av. Oeste, 350 - Parque União, Iporá - GO, Brasil, CEP 76200-000

²Professor Doutor, Faculdade de Iporá, R. Serra Cana Brava, 512 - Boa Vista, Iporá - GO, Brasil, CEP 76200-000

³Professor Doutor, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Av. Oeste, 350 - Parque União, Iporá - GO, Brasil, CEP 76200-000

⁴Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Av. Oeste, 350 - Parque União, Iporá - GO, Brasil, CEP 76200-000

*Corresponding author: vanessa.grah@ifgoiano.edu.br, 64-981692818

RESUMO: A adoção de práticas de manejo conservacionistas, constituem importante alternativa para assegurar o uso sustentável do solo na região do Cerrado. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes adubos verdes, como cobertura vegetal do solo, na retenção da água em um Neossolo Litólico distrófico do Cerrado Brasileiro. O estudo foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola do IF Goiano, Goiás, Brasil. O delineamento experimental foi fatorial 3 x 8, com três repetições, sendo três coberturas do solo: crotalária, *Crotalaria spectabilis*; Capim Mavuno, híbrido de *Urochloa brizantha* e *Urochloa Ruziziensis* e solo descoberto; e oito eventos de leitura. Foram instaladas duas baterias de tensiômetros em cada tratamento, cada bateria consistia em um conjunto de três tensiômetros em duas profundidades (0,20 e 0,40 m). A biomassa das raízes e da parte aérea do capim Mavuno proporcionou maior retenção de água na camada mais superficial, já na camada mais profunda em condições de pouca precipitação, maior retenção de água foi observado para a crotalária. O capim Mavuno demonstrou ser é uma excelente cobertura vegetal, principalmente em áreas que são cultivadas culturas com sistema radicular superficial.

PALAVRA CHAVE: Cerrado, umidade do solo, conservação do solo, mavuno, crotalária

SOIL WATER RETENTION UNDER DIFFERENT GREEN MANURES AS VEGETATION COVER IN DYSTROPHIC LITHOLIC SOIL

ABSTRACT: The adoption of conservationist soil management practices constitutes an important alternative to ensure the sustainable use of the soil in the Cerrado region. The objective of the study was to evaluate the effect of different green manures, as a vegetal covering of the soil, under the water content in Dystrophic Litholic Soil in the Brazilian Savanna. The study was conducted in the experimental field of IF Goiano School Farm, Goiás, Brazil. The experimental design was a 3 x 8 factorial scheme, with three replications, being three soil covers: showy crotalaria, *Crotalaria spectabilis*; Mavuno grass, híbrido de *Urochloa brizantha* e *Urochloa Ruziziensis* and uncoverd soil; and eight readings. Two tensiometer batteries were installed in each treatment, each battery consisted of a set of three tensiometers at two depths (0.20 and 0.40 m). The biomass of root and leaves of the Mavuno grass provided greater water retention in the most superficial layer, whereas in the deeper layer, under low rainfall conditions, greater water retention was observed for crotalaria. Mavuno grass is an excellent vegetation cover, particularly in areas that are cultivated with a superficial root system.

KEYWORDS: Brazilian Savanna, soil moisture, soil conservation, Mavuno, crotalaria

INTRODUÇÃO

A adoção de práticas de manejo conservacionistas do solo, constituem importante alternativa para assegurar o uso sustentável do solo na região do Cerrado. O comportamento da

umidade do solo influencia os mais diversos fatores ligados as culturas agrícolas e sua produtividade (Stefanoski et al., 2013). Em sistemas de cultivo com depósito de palhada sobre o solo, ocorre o aumento da retenção de água do solo devido à elevação do

teor de matéria orgânica (Dalmago et al., 2009), possibilitando maior agregação e coesão entre as partículas minerais do solo, tornando-o mais poroso o que favorece maior infiltração e retenção de água (Kelin, 2015)

O sistema de plantio direto foi projetado para se utilizar boas práticas de uso da terra, o que inclui o solo coberto com plantas de cobertura em períodos sem cultivo comercial (Araújo et al., 2021). Contudo, um dos fatores limitantes da adoção do plantio direto é a cobertura eficiente do solo com palhada. Principalmente pela baixa produção de fitomassa na entressafra e decomposição acelerada dos resíduos proporcionada pelas condições edafoclimáticas na região do Cerrado (Menezes e Leandro, 2004). De acordo com Silva et al. (2009), a palhada produzida para cobertura do solo, nas condições do Centro-Oeste, é fundamental para a proteção do solo contra erosão e para a manutenção da umidade do solo em períodos de menor ocorrência de precipitação. Esta limitação pode ser suprida pelo uso de adubos verdes em conjunto com o plantio direto (Andrade et al., 2021).

Com a introdução da cobertura vegetal obtêm-se a melhoria nos atributos físicos e químicos do solo (Finney e Kaye, 2017) contribuindo para a manutenção da umidade do solo (Lima et al., 2020), o que possibilita um melhor desempenho das culturas e redução da frequência de irrigação (Campiglia et al., 2010). Assim sendo esta é uma prática fundamental para o estabelecimento de sistemas conservacionistas do solo e da água (Ponciano et al., 2021).

O solo e a água são recursos essenciais para o desenvolvimento da agricultura e, portanto, é de fundamental importância saber explorá-los com eficácia (Azevedo et al., 2017). Neste cenário, diversos equipamentos como sonda FDR, sonda TDR, sonda de nêutrons e tensiômetros, têm sido utilizados para o monitoramento da umidade ou da energia com que a água se encontra no solo. Dentre eles, o tensiômetro é o dispositivo mais utilizado e determina o potencial matricial da água no solo para se estabelecer a reposição hídrica (Gordin et al., 2019) ou se realizar o balanço hídrico no solo (Brito et al., 2009). É um equipamento prático e de baixo custo, além de ser o mais sensível e preciso para a determinação do potencial hídrico no solo *in situ* (Kandelous et al., 2015; Montesano et al., 2015).

O uso dos recursos hídricos na agricultura irrigada é cada vez mais preocupante, considerando-se que as previsões de disponibilidade de água indicam crescente escassez e baixa qualidade deste recurso, uma vez que em países desenvolvidos, utiliza-se 60% dos recursos hídricos disponíveis para irrigação, podendo em países em desenvolvimento, chegar a 90% (Adeyemi et al., 2017). Para atender a esses critérios, as preocupações com o monitoramento da água no solo são indispensáveis. Desta maneira o conhecimento de como um solo se comporta, na retenção da água, quando se utilizam diferentes espécies como plantas de cobertura é de grande importância para o entendimento das relações existentes entre solo-planta, pois permitirá o uso de técnicas de cultivo mais adequadas, (Vieira et al., 2020).

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes adubos verdes, como cobertura vegetal do solo, na retenção da água em um Neossolo Litólico distrófico do Cerrado Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola do IF Goiano (16° 25' 29" S, 51° 09' 04" W, 584 m acima do mar), em Iporá, Goiás, Brasil. O experimento foi realizado em outubro de 2020. O clima local é classificado com Tropical de Savana, com uma média anual de temperatura e precipitação de 25,9 °C e 1617 mm, respectivamente; caracterizado por duas estações ao longo do ano bem definidas: estação seca (maio -setembro) e estação chuvosa (outubro - abril). A área experimental é localizada no domínio Cerrado em um solo classificado como Neossolo Litólico Distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2018), com predominância de cascalho de quartzo (20,0 - 2,00 mm) em sua fração mineral (Tabela 1).

Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m e foram enviadas para laboratório para a elaboração da curva de retenção da água no solo. A fim de correlacionar a tensão de água (mBar) com o conteúdo de água no solo (cm³ cm⁻³) foi empregado o modelo proposto por Van Genuchten (1980), sendo o algoritmo de Levenberg-Marquardt utilizado para o ajuste dos parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Composição granulométrica do solo nas profundidades de 0,0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m antes da instalação do experimento. TFSA: Terra fina seca ao ar.

Profundidade	Granulometria			TFSA	Cascalho
	Areia	Silte	Argila	(< 2,00 mm)	(2,0 - 20,0 mm)
---m---	----- g Kg ⁻¹ -----				
0,0 - 0,20	560	150	290	489	511
0,20 - 0,40	360	250	390	510	490

Tabela 2. Parametrização do modelo de retenção de água do solo para as duas camadas consideradas

Profundidade	Parâmetros de ajuste da equação (Van Genuchten, 1980)				
	Umidade		α	n	R ²
	Residual	Saturação			
		(cm ³ .cm ⁻³)			
0,0 - 0,20	0,185	0,293	0,0739	1,368	0,985
0,20 - 0,40	0,280	0,376	0,1215	1,216	0,992

Próximo à área experimental estava instalada uma estação meteorológica automática, modelo Plugfield, localizada a 16°25'29" S, 51°09'04" W, 584 m acima do mar. Assim, as principais informações meteorológicas

consideradas no período da condução do experimento foram precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência, ETo (calculada por Penman-Monteith), cujos valores estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Precipitação pluviométrica (chuva/Irrigação) e evapotranspiração de referência (ET₀ acumulada) durante o período de leituras da retenção da água no solo.

Leituras	Data das leituras	Chuva/Irrigação	ET ₀ acumulada	Déficit/Excesso
		-----mm-----		
1	05/out ^a	3,67 ^b	6,70 ^b	- 3,30
2	12/out ^a	3,67	38,70	- 35,03
3	16/out ^a	1,84	18,30	- 16,46
4	21/out	28,50	18,20	10,30
5	22/out	0,00	3,80	- 3,80
6	26/out	15,00	13,40	1,60
7	28/out	37,50	6,00	31,50
8	29/out	0,00	4,30	4,30

a dias que ocorreram a irrigação, depois desse dia a irrigação foi interrompida. b valores das últimas 12 h

O delineamento experimental foi fatorial 3 x 8, com três repetições, sendo três coberturas do solo: crotalaria, *Crotalaria spectabilis*, Capim Mavuno (Híbrido de *Urochloa brizantha* e *Urochloa Ruziziensis*) e solo descoberto; e oito eventos de leitura para diferentes condições de umidade do solo. As leituras de retenção da água no solo foram realizadas durante o período de 05 de outubro a 29 de outubro de 2020.

As dimensões de cada parcela experimental foram de 5 m de comprimento e 8 m de largura, o que

totalizava uma área útil total de 120 m². No ano de 2019, o solo foi preparado pelo método convencional com aração e gradagem, em janeiro fez-se a semeadura manual dos adubos verdes, em abril foi cultivado em plantio direto o feijão comum e em agosto foi cultivado em plantio direto o milho para silagem. Já no ano de 2020, no mês de março foi realizada a semeadura direta dos adubos verdes e, em agosto, foi cultivada em sistema de plantio direto a cultura da melancia (cv. Crimson Sweet).

Aos 40 dias após o transplante das mudas de melancia foram instaladas duas baterias de tensiômetros em cada tratamento. Cada bateria consistia em um conjunto de três tensiômetros em duas profundidades (0,20 e 0,40 m). Os tensiômetros foram instalados nas linhas de plantio da melancia e foram realizadas 8 leituras com um tensiômetro digital (Solotest®). As leituras entre os dias 5 a 26 foram realizadas às 8h da manhã e as leituras dos dias 28 e 29 foram realizadas às 17h. Os tensiômetros foram preparados seguindo a metodologia da Embrapa (Azevedo e Silva, 1999).

O experimento foi conduzido na estação seca e adotou-se o sistema de irrigação localizada por gotejamento (sistema Kifnet da Netafim). Após a instalação do sistema de irrigação procedeu-se ao teste de uniformidade, nos quais foram obtidos os coeficientes de: Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Wilcox-Swales (CUE) e a Uniformidade de Distribuição (UD). Os resultados obtidos para os testes foram de 96,84%, 96,12% e 94,94%; para o CUC, CUE e UD, respectivamente.

A lâmina de irrigação foi determinada diariamente por meio da evapotranspiração de referência - ETo, com a metodologia de Penman-Monteith FAO-56, com a equação proposta por Allen et al. (1998). A estação meteorológica utilizada disponibilizava os valores de ETo, via sinal de celular

para um aplicativo (PlugField), onde ficavam disponíveis na nuvem de dados. Posteriormente, foi calculada a evapotranspiração da cultura (ETc), determinada pela multiplicação da ETo pelo coeficiente da cultura (Kc) nas diferentes fases de desenvolvimento da melancia, segundo o boletim 56 da FAO (Allen et al., 2006). As irrigações foram realizadas diariamente às 6 h e 18 h, em substituição à evapotranspiração diária da cultura da melancia. A umidade do solo permaneceu entre a saturação e a capacidade de campo durante todo o experimento.

Os resultados de umidade do solo foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizou-se o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se analisar o resumo da análise de variância (Tabela 4), observa-se que na profundidade de 0,0 - 0,20 m, tanto os tratamentos com diferentes coberturas do solo, quanto as leituras realizadas ao longo dos 25 dias (em diferentes condições de umidade do solo), tiveram influência significativa na retenção da água no solo e, conseqüentemente, sobre os teores da umidade do solo. Contudo, nesta profundidade não houve interação entre tratamentos e as leituras.

Tabela 4. Valores de F, nível de significância e coeficiente de variação nas profundidades de 0 – 0,20 e 0,20 – 0,40 em função dos adubos verdes (Crotalaria e capim Mavuno), do solo descoberto e das 8 leituras realizadas com tensiômetro digital.

	GL	Profundidades	
		0 – 0,20	0,20 – 0,40
		-----m-----	
Adubo verde (A)	2	3.01 **	3.89 ns
Leitura (L)	7	1.33 **	3.62 **
A x L	14	3.79 ns	2.21 **
Repetição	2	1.51	9.72
Resíduo	46	2.38	7.20
Total	71		
CV (%)		0.02	0.02
Média		0.29	0.38

GL = grau de liberdade; significativo a 0,01 (**) de probabilidade; não significativo (ns); CV = coeficiente de variação.

Para a profundidade de 0,20-0,40 m as coberturas do solo não apresentaram influência significativa, diferentemente das leituras do teor de umidade do solo

que apresentaram diferença significativa ao longo do experimento. Ainda nesta profundidade, houve interação entre as coberturas vegetais testadas e as leituras.

A caracterização da profundidade de armazenamento da água nas culturas agrícolas é intimamente dependente da profundidade de raízes da cultura em questão. Desta forma, em projetos de irrigação a lâmina da água a ser aplicada deve ser a necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, na camada que corresponde à profundidade efetiva das raízes, onde ocorre maior absorção de água. Quanto a melancia, seu sistema radicular é pivotante e extenso, porém superficial; sendo determinado para esta cultura nas principais regiões produtoras no Brasil, profundidade efetiva entre 0,30 m e 0,40 m (Marouelli et al., 2012).

Considerando as diferentes coberturas do solo, observa-se que na camada de 0,0 - 0,20 m o capim Mavuno proporcionou maior retenção de água no solo (Tabela 5). Quando comparado com os outros tratamentos, nas parcelas em que se utilizou esta gramínea como cobertura vegetal, houve em média um armazenamento de água de 142 litros a mais, quando comparado com o solo descoberto, e 74 litros a mais quando comparado com a crotalária (valores para 1 hectare na profundidade de 0,0 - 0,20 m). Esse volume adicional no armazenamento reduz a frequência de irrigação, diminuindo gastos com água e energia (Silva e Neves, 2020).

Tabela 5. Média da umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na camada de 0,0 - 0,20 m de profundidade para as diferentes coberturas do solo (solo descoberto, crotalária e capim Mavuno) e para as 8 leituras realizadas ao longo do período de avaliação.

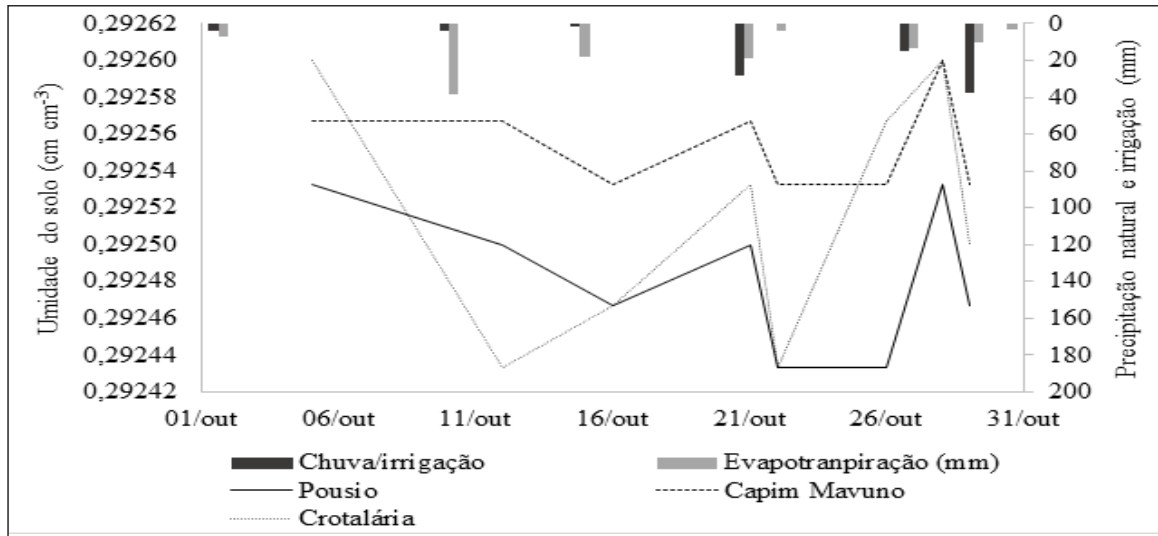
Adubo verdes	Umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)
Solo descoberto	0.292483 b
Crotalária	0.292517 b
Capim Mavuno	0.292554 a
Leitura	
1	0.292567 ab
2	0.292500 bc
3	0.292489 c
4	0.292533 abc
5	0.292467 c
6	0.292511 abc
7	0.292578 a
8	0.292500 bc
"F" Adubo (A)	3.01 **
"F" leitura (L)	1.33 **
"F" (A x L)	3.79 ns
CV (%)	0.02

(**) de probabilidade; não significativo (ns); médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na Figura 1, observa-se os eventos de irrigação e precipitação natural ao longo do experimento, bem como os teores de umidade do solo para as diferentes coberturas do solo (solo descoberto, crotalária e capim Mavuno) na profundidade de 0,0 - 0,20 m. Houve diferença significativa entre as leituras realizadas, em que, no dia com maior precipitação (leitura 7: com 37.5 mm de chuva), observou-se maior umidade no solo. Já na leitura 5 (dia com menor evapotranspiração), os

teores de umidades médias para o solo descoberto e a crotalária foram iguais, porém inferior a umidade do solo observada nas parcelas nas quais se utilizou o capim Mavuno como cobertura vegetal. Ao se converter esta umidade do solo em volume de água armazenado, a cobertura com o capim Mavuno proporcionou um armazenamento de 200 litros de água a mais por hectare na camada de 0,0 - 0,20 m, quando comparado com o solo descoberto e a cobertura com crotalária.

Figura 1. Irrigação, precipitação e teores de umidade do solo na profundidade de 0-0,20 m para o solo descoberto, crotalária e capim Mavuno nas leituras efetuadas no decorrer do período experimental.



Andrade et al. (2021), ao avaliar os teores de água no solo em feijão cultivado no plantio direto em sucessão de diferentes adubos verdes, obtiveram maiores teores de água na cobertura com gramíneas. Vieira Filho et al. (2020) observaram que o Mavuno conferiu resultados positivos sobre a morfologia da cultura do milho, quando comparado com outros adubos verdes e solo descoberto.

A maior retenção de água no solo, observada nas parcelas com capim Mavuno, pode estar associada ao fato desta gramínea ter uma vasta quantidade de radicelas na camada mais superficial do solo. As quais ao se decompor, ocasionam incremento da microporosidade do solo, aumentando assim a retenção de água. Barbosa et al. (2022) ao estudarem diferentes manejos do solo observaram que o manejo com o uso recente de gramíneas (consórcio entre

Brachiaria e milho) apresentou maior microporosidade, demonstrando que a Brachiaria se destaca como uma espécie capaz de recuperar a estrutura do solo.

Soares et al. (2021), ao avaliar o impacto do cultivo sucessivo de plantas de cobertura por três anos na qualidade física de um Latossolo Amarelo distrófico da região sul da Amazônia, obtiveram maior retenção de água no solo após o cultivo de *Uruchloa ruziziensis* e *Uruchloa brizantha*. Os quais também verificaram para estas espécies, maiores densidades de microporos na camada de 0,0 - 0,10 m de profundidade e maior acúmulo de matéria seca na superfície do solo.

Para a profundidade de 0,20 – 0,40 m as coberturas do solo, separadamente, não influenciaram na retenção da água do solo. Contudo, analisando a interação do fator leitura com a cobertura vegetal, houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) para as condições de solo descoberto e de cobertura vegetal com Crotalária ou Capim Mavuno, na profundidade de 0,20 – 0,40 m.

Leituras	Umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)		
	Solo descoberto	Crotalária s.	Capim Mavuno
1	0.375267 A a	0.375133 A c	0.375233 A abc
2	0.375300 A a	0.375233 A bc	0.375233 A abc
3	0.375200 B a	0.375400 A ab	0.375200 B bc
4	0.375367 A a	0.375467 A a	0.375400 A ab
5	0.375233 B a	0.375233 B bc	0.375433 A a
6	0.375200 A a	0.375300 A abc	0.375200 A bc
7	0.375267 A a	0.375233 A bc	0.375167 A c
8	0.375233 AB a	0.375200 B bc	0.375400 A ab
"F" Adubo (A)			3.89 ^{ns}
"F" leitura (L)			3.62 ^{**}
"F" (A x L)			2.21 ^{**}
CV (%)			0.02

Valores seguidos de mesma letra maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nota-se que em solo descoberto, não houve diferença significativa nas leituras de umidade ao longo dos dias em que se efetuou as leituras. No entanto, no solo com cobertura vegetal de crotalária, somente após a ocorrência de chuvas é que a umidade do solo alcançou uma média com diferença significativa dos outros tratamentos.

Já para o capim Mavuno foi necessário mais um dia, leitura 5, para que ocorresse maior umidade na profundidade de 0,20 – 0,40 m. Gramíneas possuem sistema radicular provido de alta densidade de raízes, o que contribui para o incremento de microporos na camada mais superficial do solo (Soares et al., 2021). O que ocasionou maior retenção da água nas camadas superficiais com o uso do Capim Mavuno, e que conseqüentemente demandou mais tempo para que a umidade se distribuisse nas camadas mais profundas no perfil do solo.

Em relação a influência das coberturas durante as leituras, destaca-se a leitura 5, feita logo após as primeiras chuvas, na qual por motivos já mencionados, o capim Mavuno foi a cobertura que proporcionou maior umidade do solo. Por outro lado, na leitura 3 as parcelas com crotalária apresentaram maior umidade do solo na camada de 0,20 - 0,40 m.

Considerando que desde o início do experimento até o dia em que se realizou a leitura 3 houve apenas pequenos eventos pluviométricos, a maior umidade do solo observada para a crotalária pode estar associado a capacidade desta espécie apresentar um desenvolvimento radicular mais acentuado em camadas mais profundas do solo, que ao se decomporem, modificam a distribuição do tamanho dos poros do solo (Soares et al., 2021), e que favorece maior retenção de água.

Klein e Klein (2014) evidenciam que a presença de coberturas vegetais aumenta o conteúdo de água no solo, pela redução da evaporação e pelo aumento da infiltração de água o que induz incremento na capacidade de retenção de água. O solo do local do experimento tem como características: ser raso, com predomínio de cascalho, suscetibilidade à erosão e com baixa aptidão agrícola. Nesta situação, a adoção de formas de manejo conservacionistas do solo, associado ao uso de plantas de cobertura proporcionam a incorporação de matéria orgânica, o que é fundamental para que se tenha um maior conteúdo de água no solo (Santos e Pereira, 2013).

A biomassa das raízes e da parte aérea do capim Mavuno proporcionou maior retenção de água na camada mais superficial em Neossolo Litólico Distrófico, favorecendo a maior disponibilidade de água para as plantas. Já na camada mais profunda (0,20 - 0,40 m), em condições de pouca precipitação, maior retenção de água foi observado para a crotalária.

O capim Mavuno demonstrou ser uma excelente cobertura vegetal, principalmente em áreas que são cultivadas culturas com sistema radicular superficial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IF Goiano pelo auxílio técnico e financeiro para a condução desse experimento, a Fundação de Amparo a Pesquisa de Goiás – FAPEG pelo auxílio financeiro na aquisição da estação meteorológica e ao Grupo de Pesquisa Cerrado Verde pelo auxílio técnico e recursos humanos disponibilizados para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, V. D.; Vieira Filho, W. C.; Peres, M. S.; Ponciano, V. F. G.; Cruz, S. J. S. & Ponciano, I. M.; Retenção de água no solo no feijão-comum em sucessão de diferentes adubos verdes. *Brazilian Journal of Development*, **2021**, 7, 1, 933-942. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-062>
- Adeyemi, O.; Grove, I.; Peets, S. & Norton, T. Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation. *Sustainability*, **2017**, 9, 353, 2-29. <http://dx.doi.org/10.3390/su9030353>
- Araújo, F.C.; Nascente, A. S.; Guimarães, J. L. N.; Sousa, V. S.; Freitas, M. A. M. & Santos, F. L. S. Cover crops in the off - season in the weed management at no - tillage area. *Revista Caatinga*, **2021**, 34, 1, 50 – 57. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n106rc>
- Azevedo, J.; Freire, A. G.; Alencar, T. L.; Santos, C. L. A.; Assis Júnior, R. N.; Bezerra, F. M. L. & Mota, J. C. A. Desempenho de sistemas de leitura de tensiômetro em condições de temperatura controlada. *Irriga*, **2017**, 22, 4, 735-756. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p735-756>

- Azevedo, J. A. & Silva, E.M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. EMBRAPA: Cerrados, (Circular técnica, 01), **1999**, 33 p.
- Barbosa, L. R.; Souza, H. A.; Oliveira, F. P.; Nunes, L. A. P. L.; Leite, L. F. C. Physical-hydraulic properties of an Ultisol under no-tillage and crop-livestock integration in the Cerrado. *Revista Caatinga*, **2022**, 35, 2, 460-469. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n221rc>
- Brito, A. S.; Libardi, P. L.; Mota, J. C. A. & Moraes, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, **2009**, 33, 1, 17-24.
- Campiglia, E.; Mancinelli, R.; Radicetti, E. & Caporali, F. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Crop Protection*, **2010**, 29, 4, 354-363. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.001>
- Dalmago. G. A.; Bergamaschi, H.; Bergonci, J. I.; Krüger, C. A. M. B.; Comiran, F. & Heckler, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **2009**, 13, 1, 855-864.
- Finney, D. M. & Kaye, J. P. Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. *Journal of Applied Ecology*, **2017**, 54, 509-517. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12765>
- Gordin, L. C.; Almeida, C. D. G. C.; Santo Junior, J. A.; França E Silva, E. F.; Almeida, A. C. S. & Silva, G. S. N. Irrigation scheduling techniques and irrigation frequency on capsicum growth and yield. *Revista DYNA*, **2019**, 86, 211, 42-48. <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.77678>
- Kandelous, M.M.; Moradi, B.A. & Hopmans, J.W. An alternative tensiometer design for deep vadose zone monitoring. *Soil Science Society of America Journal*, **2015**, 79, 5, 1293-1296. <https://doi.org/10.2136/sssaj2015.03.0121>
- Kelin, C. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, **2015**, 19, 1, 21-29. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117014990>
- Klein, C. & Klein, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. *REMOA*, **2014**, 13, 5, 3915-3925. <https://doi.org/10.5902/2236130814989>
- Lima, C. A.; Montenegro, A. A. S.; Lima, J. L. M. P.; Almeida, T. A. B. & Santos, J. C. N. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **2020**, 25, 3, 531-542. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020193900>
- Marouelli, W.A.; Braga, M.B. & Andrade Junior, A.S. Irrigação na cultura da melancia. Brasília: Embrapa Hortaliças. (Circular Técnica, 108.). **2012**.
- Menezes, L. A. S. & Leandro, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, **2004**, 34, 3, 173-180. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2311>.
- Montesano, F.F.; Serio, F.; Mininni, C.; Signore, A.; Parente, A. & Santamaria, P. Tensiometer-Based Irrigation Management of Subirrigated Soilless Tomato: Effects of Substrate Matric Potential Control on Crop Performance. *Frontier Plant Science*, **2015**, 6, 1150, 1-11. <https://doi:10.3389/fpls.2015.01150>
- Ponciano, V.F.G.; Gama, L. M. S. G.; Silva, M; R. K. S.; Cruz, S. J. S.; Ponciano, I. M. & Oliveira, S. S. C. Sistema Santa Fé auxilia na redução do escoamento superficial e melhoria da qualidade da água? *Colloquium Agrariae*, **2021**, 17, 1, 1-9. <http://journal.unoeste.br/index.php/cal/article/view/3859>
- Santos, J. N. & Pereira, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. *Cadernos de Pesquisa*, **2013**, 20.
- Silva, S.N. & Neves, E. Importância do manejo da irrigação. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer*, **2020**, 17, 34, 271- 288. https://10.18677/EnciBio_2020D21
- Silva, P. L. F.; Oliveira, F. P.; Pereira, W. E.; Borba, J. O. M.; Tavares, D. D.; Santos, T. E. D. & Martins, F. Estoques de carbono e retenção hídrica em biomassa de gramíneas no agreste da Paraíba. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, **2019**, 13, 2, 155-167. <https://doi.org/10.18011/bioeng2019v13n2p155-167>

Soares, M.B.; Tavanti, R.F.R.; Rigotti, A.R.; De Lima, J.P.; Freddi, O.S. & Petter, F.A. Use of cover crops in the southern Amazon region: What is the impact on soil physical quality? *Geoderma*, **2021**, 384. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114796>

Stefanoski, D.C.; Santos, G.G.; Marchão, R.L.; Petter, F.A. & Pacheco, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **2013**, 17, 12, 1301-1309. <https://10.1590/S1415-43662013001200008>

Vieira, F. F.; Dellacort, R.; Barbieri, J. D.; Dalchiavon, F. C. & Daniel, D. F. Temperatura e umidade do solo

em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. *Científica*, **2020**, 48, 3, 188-199. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2020v48n3p188-199>

Vieira Filho, W. C.; Grah Ponciano, V. F.; Cruz, S. J. S.; Ponciano, I. M.; Oliveira, S. S. C. & Ferreira, U. S. Efeitos dos adubos verdes no milho irrigado sob plantio direto. *Irriga*, **2020**, 25, 4, 670–676. <http://10.15809/irriga.2020v25n4p670-676>.

Van Genuchten, M. T. A closed-form equation for predicting the conductivity of unsaturated soil. *Soil Science Society of America Journal*, **1980**, 44, 892-897.