DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

HIDROGEL DE POLIACRILAMIDA MODIFICADO COMO HIDRORETENTOR EM SOLO ARENOSO E ARGILOSO

HENRIQUE FREDERICO GIROTTO; MARIA LUIZA SILVA GONÇALVES; ANDRESSA RENATTA SIMÃO; MICHELLY CRISTINA GALDIOLI PELLÁ; RAFAEL DA SILVA; VAGNER ROBERTO BATISTELA; FERNANDO RODRIGUES DE CARVALHO;

RESUMO

A produtividade agrícola tem reduzido devido à estiagem. Hidrogeis, substancias que retém água no solo, a base de poliacrilamida (PAAm) tem demostrado bons resultados para algumas culturas. Este trabalho tem como objetivo preparar um hidrogel a base de PAAm modificado e verificar sua eficácia no solo arenoso e argiloso em diferentes dosagens, na forma sólida misturada ao solo. O hidrogel fabricado foi avaliado juntamente com um hidrogel comercial. Realizou-se uma caracterização físico-química do hidrogel fabricado para avaliar sua capacidade de absorver água. Os hidrogeis, juntamente com o solo, foram dispostos em tubetes de PVC na seguinte forma: solo/solo + hidrogel/solo, sendo 0,50 ou 1,50 g de hidrogel. A análise do intumescimento do hidrogel fabricado sugere que o mesmo é um superabsorvente. O hidrogel fabricado entumeceu duas vezes mais do que o hidrogel comercial. O hidrogel fabricado chegou a reter 150% a mais do que o controle para o solo arenoso. Comparando com o hidrogel comercial, o hidrogel fabricado demostrou uma maior retenção de água, principalmente em solo arenoso, de 115% e 110% superior ao hidrogel comercial no início e no final do experimento, respectivamente. O hidrogel fabricado teve sua eficiência menor em solo argiloso. A dosagem de 1,50 g de hidrogel fabricado reteve 56% a mais de água do que a dosagem de 0,50 g, em solo arenoso. O efeito da dosagem não foi muito significativo em solo argiloso. O hidrogel fabricado manteve sua capacidade de reter água por mais tempo do que o hidrogel comercial. O modelo experimental mimetizou relativamente bem as condições reais dos solos para estudar a capacidade de absorção e retenção de água pelos solos na presença e ausência de hidrogel.

Palavras-chave: Seca; Retenção; Água; Solo.

ABSTRACT

Agricultural productivity has reduced due to the drought. Hydrogels, substances that retain water in the soil, based on polyacrylamide (PAAm) have shown good results for some crops. This work aims to prepare a modified PAAm-based hydrogel and verify its effectiveness in sandy and clay soils at different dosages, in solid form mixed with the soil. The manufactured hydrogel was evaluated together with a commercial hydrogel. A physicochemical characterization of the manufactured hydrogel was performed to assess its ability to absorb water. The hydrogels, together with the soil, were introduced in PVC tubes in the following way: soil/soil + hydrogel/soil, with 0.50 or 1.50 g of hydrogel. Swelling analysis of the manufactured hydrogel suggests that it is a superabsorbent. The manufactured hydrogel swelled twice as much as the commercial hydrogel. The manufactured hydrogel was able to retain 150% more than the control for sandy soil. Compared with the commercial hydrogel,

DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

the manufactured hydrogel showed a higher water retention, mainly in sandy soil, 115% and 110% higher than the commercial hydrogel at the begin and end of the experiment, respectively. The manufactured hydrogel had its lowest efficiency in clay soil. The 1.50 g dosage of manufactured hydrogel retained 56% more water than the 0.50 g dosage in sandy soil. The effect of dosage was not very significant in clay soil. The manufactured hydrogel maintained its ability to retain water longer than the commercial hydrogel. The experimental model mimicked relatively well the real conditions of the soils to study the water absorption and retention capacity by the soils in the presence and absence of hydrogel.

Key Words: Drought; Retention; Water; Soil.

INTRODUÇÃO

A seca é um fator climático que tem afetado diretamente a produtividade de diversas culturas brasileiras (LEITE; FEDERIZZI; BERGAMASCHI, 2012). Regiões onde o solo é arenoso, como é o caso da região noroeste do Paraná, a capacidade de retenção de água pelo solo é reduzida ao extremo. O solo arenoso tem alta porosidade, o que implica numa maior capacidade de lixiviação. Portanto, culturas neste tipo de solo sofrem com estresse hídrico constantemente (LEE *et al*., 2012). Dentre as várias alternativas que têm sido empregadas na agricultura para melhorar a capacidade de retenção de água no solo, destaca-se os hidrogeis. Hidrogéis são materiais poliméricos que podem possuir a capacidade de absorver centenas de vezes o seu próprio peso em água na sua matriz polimérica. Essa elevada capacidade de absorção de água é explicada pela estrutura tridimensional apresentada por esse tipo de material. (AOUADA *et al*., 2008). Os hidrogeis tem demostrado excelentes resultados em diversos tipos de culturas. Por exemplo, na cultura de tomate, WILLINGHAM & COFFEY (1981) e WOFFORD JR. (1989) mostram que a adição do hidrogel não somente resultou na redução de semanas necessárias para que as mudas fossem transplantadas, mas também houve um aumento significativo na produtividade, de 27 ton ha^{1} para 40 ton ha^{-1}.

Um dos hidrogeis mais populares é produzido a partir da poliacrilamida (PAAm). O baixo custo de produção aliada ao elevado grau de intumescimento torna a PAAm um excelente candidato na aplicação deste hidrogel na agricultura. A PAAm é formada por unidades de acrilamida (AAm), cuja estrutura consiste de uma ligação dupla de carbono e do grupo –CONH2 (amida). Apesar de a PAAm ser oriunda de um polímero sintético, ela tende a ser degradada relativamente bem no solo.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo estudar, metodicamente, a capacidade de absorção e retenção de água em solo argiloso e arenoso de um novo hidrogel a base de PAAm, assim como validar um modelo experimental que imite as condições do solo com chuvas regulares.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os solos argilosos e arenosos foram coletados nas cidades de Maringá e Umuarama, respectivamente. A água empregada foi destilada. O hidrogel de PAAm utilizado foi fabricado e fornecido pelo Grupo de Pesquisa de Materiais Poliméricos e Compósitos da UEM Campus Sede. Um hidrogel comercial a base de PAAm (FORTH) foi empregado como controle. Para imitar a condição de solo, tubetes de PVC foram utilizados. Tecido de TNT e fita adesiva crepe foi usado para vedar a parte inferior dos tubetes. Frascos coletores de plástico foram empregados como coletores de água lixiviada. Estes foram anexados na parte inferior dos tubetes. Para a síntese do hidrogel, foram empregados os seguintes reagentes: N,N'- metilenobisacrilamida, (ACROS Organics, 96% MW=154,17 g/mol, CAS 110- 26-9), acrilamida (Sigma, 99% MW 71,08 g/mol, CAS 79-06-1), persulfato de amônio

DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

(Sigma, 98%
MW 228,20, CAS 7727-0) e hidróxido de sódio (Sigma, 99% MW: 40,00 g/mol, CAS 1310-
73-2).

Síntese do hidrogel

Para a formação do hidrogel a base de PAAm, pesou-se 2,0006 g de acrilamida e 1,5 mg de N,N'-metilenobisacrilamida. Esses precursores foram solubilizados em 20 mL de água deionizada (condutividade ~ 1.3; feita especificamente para essa reação) por 24 horas. Após homogeneização da solução, acrescentou-se 0,01 g de persulfato de amônia como iniciador radicalar da formação do hidrogel de PAAm. A reação foi mantida sob agitação por 30 minutos a 60,0 ºC. O hidrogel formado foi submetido a uma etapa de hidrólise básica utilizando-se 200 mL de NaOH 1 mol L^{-1}. Ao final do processo, o hidrogel foi lavado em água destilada por 5 dias (a água destilada foi trocada todos os dias da lavagem) até que a água da lavagem atingisse pH 7. Após o período de lavagem, o hidrogel foi seco a 60,0 ºC na estufa por 24 horas.

Secagem do solo

A secagem dos solos foi realizada numa estufa. A massa de solos a ser usada foi colocada na estufa sob temperatura de 105,0 C por um período de 24 horas. Depois de secos, os solos foram deixados em repouso até atingirem temperatura ambiente e, em seguida, foram acondicionados nos tubetes, com e sem hidrogel (controle).

Caracterização dos solos

Análises físicas (granulometria e densidade) e químicas (pH, determinação do teor de Ca^{2+} e Mg^{2+}) foram realizadas. Esta caracterização será realizada para os solos sem a presença do hidrogel e para os solos na presença de hidrogel, contudo, neste último caso, ao final do experimento.

Preparo do hidrogel para introdução no tubete

Aproximadamente 300 g de solo foram adicionados em um béquer de 500 mL e as quantidades de hidrogel adicionados aos tubetes foram 0,50 e 1,50g, em sua forma sólida. Sobre este solo, foi adicionado hidrogel sólido e misturado ao solo, buscando-se uma distribuição homogênea do hidrogel no solo. Com a mistura solo + hidrogel pronta, o modelo experimental para avaliação do hidrogel foi construído de acordo com a descrição abaixo.

Construção do modelo experimental

Tubetes com dimensão de 30,5 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro foram utilizados para acondicionar os solos (controles) e solos com hidrogel. A fim de mimetizar melhor o comportamento do solo, furos de 0,6 mm de diâmetro foram feitos de modo randômico por todo o tubete. Desta forma, possibilitou-se a perda de água não somente pela parte superior e inferior dos tubetes, mas também por toda lateral dos mesmos. A parte inferior de cada tubete foi coberto com TNT. Amostras de solos e solos + hidrogeis foram adicionadas nos tubetes na seguinte ordem: solo/solo + hidrogel/solo.

Medidas retenção da água nos solos

Após o preparo dos tubetes, o experimento iniciou-se com adição de 39,25 mL de água em cada tubete a cada 15 dias. Depois da adição da água, os tubetes foram pesados (massa inicial) e acondicionados sob uma cobertura de plástico para proteger da chuva. As

DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

pesagens foram feitas três vezes na semana (as segundas, quartas e sextas-feiras). Com os valores das pesagens, em massa, foi construído um gráfico de quantidade de água versus tempo para avaliar a perda de água dos solos com e sem hidrogel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Síntese do hidrogel

No mecanismo proposto, o persulfato de amônio é utilizado como o iniciador radicalar. O iniciador promove a formação de um radical que, por sua vez, ataca a ligação π do alceno causando a propagação da reação para formação da rede tridimensional (GUILHERME *et al*., 2004). Após a formação do hidrogel de PAAm, o material foi submerso em solução de NaOH 1,0 mol L^{-1}, para a etapa da hidrolise básica, com intuito de aumentar a capacidade de absorção de água comparado com o hidrogel pós formado.

Caracterização dos solos

A Tabela 1 mostra a caracterização física e química do solo argiloso e arenoso. Como era de se esperar, o solo arenoso apresenta uma alta porcentagem de areia, enquanto que o solo argiloso apresenta uma alta quantidade de argila, Tabela 1.

Tabela 1. Análise física e química dos solos argiloso e arenoso.

Análise Física e Química	**Solo Arenoso**	**Solo Argiloso**
Argila (%)	13,35	66,55
Silte (%)	1,50	20,75
Areia (%)	85,15	12,7
pH- CaCl2 (mol/dm^3)	6,08	4,50
PO_4^- (mol/dm^3)	5,90	4,60
K^+ (mol/dm^3)	0,15	0,10
Al^{3+} (mol/dm^3)	1,50	0,30
Ca^{2+} (mol/dm^3)	2,13	1,75
Mg^{2+} (mol/dm^3)	1,25	1,00

Na análise química dos solos, verifica-se o maior caráter iônico do solo arenoso, ou seja, o mesmo contém maiores quantidades de íons ($PO4^-$, K^+, Al^{3+}, Ca^{2+} e Mg^{2+}). Além disso, observa-se que o solo argiloso é mais ácido do que o solo arenoso. Isto significa que o solo argiloso tem quantidade maior de íons H^+ em sua matriz. A maior acidez do solo argiloso pode contribuir para neutralização das cargas negativas, formadas pela hidrólise básica, na matriz do hidrogel. Tal neutralização pode afetar na performance do hidrogel fabricado em solo argiloso.

Retenção de água no solo

Todos os tubetes foram preparados em triplicata. Na Tabela 2, encontram-se as médias das massas da triplicata e os dias de pesagens. A cor verde representa tubetes que estão com a massa acima do tubete controle e a cor vermelha, massas inferiores à do tubete controle. Já nas primeiras pesagens, observa-se uma maior retenção de água nos solos contendo hidrogeis, comprovando a eficácia do material polimérico como um hidroretentor (AOUADA *et al*., 2008). A retenção de água no solo arenoso no início (23 de fevereiro) chegou a 136% a mais do que o controle (CONT), para o hidrogel fabricado na quantidade de 1,50 g. A pesagem do

DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

dia 15 de junho mostra que esta porcentagem aumentou para 150% a mais de retenção de água em relação ao controle (CONT), nas mesmas condições. Este resultado é interessante, pois mostra que em 4 meses de experimento o hidrogel fabricado não perdeu sua eficiência, Tabela 2.

Tabela 2. Valores de quantidade de água presente nos tubetes com e sem hidrogel (controle). CONT = controle, ARG = solo argiloso, ARE = solo arenoso, F = hidrogel fabricado e C = hidrogel comercial.

TUBOS	CONT /ARG	CONT /ARE	ARG 0,5F	ARG 1,5F	ARE 0,5F	ARE 1,5F	ARG 0,5C	ARG 1,5C	ARE 0,5C	ARE 1,5C
10/fev	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25	39,25
11/fev	32,62	31,07	34,41	33,87	30,48	30,19	33,17	33,02	29,87	30,62
23/fev	9,77	3,96	12,88	12,7	9,3	9,37	12,26	10,52	4,36	4,21
23/fev	49,12	43,42	52,58	51,99	48,67	48,71	51,83	50,04	43,68	43,76
25/fev	37	26,76	41,74	40,38	30,72	29,49	40,09	38,24	25,95	29,88
08/mar	21,37	6,41	26,31	25,79	14,76	16,9	26,25	23,02	7,75	8,83
08/mar	60,45	45,75	65,87	65,4	54,19	56,51	65,9	62,7	47,08	48,55
11/mar	44,34	24,49	50,95	50,42	32,81	34,27	51,16	46,63	25,35	27,88
22/mar	31,37	9,26	38,28	37,65	18,71	23,01	38,55	32,17	11,23	13,09
22/mar	70,2	48,29	77,47	77,19	57,95	62,49	77,87	71,67	50,96	52,35
25/mar	57,98	35,51	66,55	65,78	43,93	48,51	66,68	60,18	37,95	38,45
06/abr	41,63	10,98	50,1	49,45	21,69	31,02	50,63	42,87	14,83	18,93
06/abr	80,86	50,65	89,54	88,67	60,7	70,29	89,98	82,29	54,21	58,29
08/abr	68,79	38,91	78,21	77,61	48,56	57,73	79,16	71,92	42,28	45,77
19/abr	48,81	15,92	57,6	57,25	23,78	40,73	59,21	51,05	15,96	20,6
19/abr	87,81	55,08	96,77	95,28	62,98	80,35	98,48	90,39	55,67	60,13
22/abr	70,7	37,87	81,34	80,68	44,74	61,48	82,76	75,55	37,7	42,32
04/mai	50,92	16,06	61,3	61,65	23,79	48,19	62,93	53,94	14,17	16,6
04/mai	89,87	55,49	100,83	101,43	63,02	87,74	102,18	92,95	53,88	55,66
06/mai	86,43	52,02	97,55	98,16	59,65	83,78	98,57	89,36	50,33	51,88
18/mai	63,6	22,83	75,17	75,62	33,24	57,05	77,12	67,63	21,45	22,55
18/mai	102,42	62,2	114,45	115,16	73,24	96,33	116,3	106,87	61,29	61,81
20/mai	95,14	55,01	107,02	107,04	66,06	88,1	109,75	100,08	53,98	53,33
01/jun	68,87	23,36	77,52	76,1	41,75	71	83,07	73,15	20,48	29,75
01/jun	107,9	63,11	117,48	115,63	81,28	110,53	122,97	112,95	60,02	68,83
03/jun	107,31	62,53	116,92	115,01	80,66	109,7	122,33	112,23	59,37	68,02
15/jun	82,05	33,51	92,22	90,9	53,7	83,81	97,3	87,87	30,86	39,84
15/jun	121,05	72,84	131,37	130,34	93,09	123,06	137	127,26	70,16	78,82

Comparando o hidrogel fabricado (HF) com o hidrogel comercial (HC), é evidente a maior capacidade de reter água do HF. No dia 23 de fevereiro, o HF chegou a reter 115% a mais de água do que o HC em solo arenoso. Tal porcentagem diminuiu para 110% no dia 15 de junho, nas mesmas condições. Este resultado está de acordo com os dados de intumescimento, onde o HF apresentou o dobro da eficiência na absorção de água. Tais resultados sugerem que, em termos de retenção de água, o HF é muito superior ao HC.

Comparando o solo argiloso (ARG) com o arenoso (ARE), observou-se um efeito

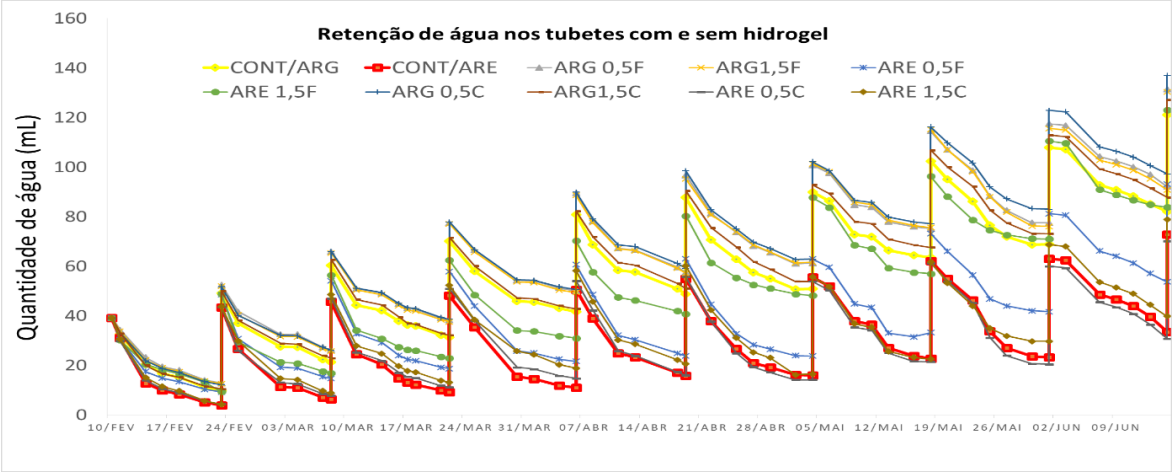
DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

maior na retenção de água para o ARE. No ARE, o HF apresentou a melhor performance, atingindo 150% de retenção a mais do que o controle. Por outro lado, no ARG o HC foi o que obteve melhor performance, obtendo 19% de retenção a mais do que o controle. O HF aparenta ter sua capacidade de absorver água prejudicada em solo argiloso. Este resultado sugere que o desempenho do hidrogel é dependente do tipo de solo e hidrogel.

O efeito da quantidade de hidrogel na retenção de água é extremamente significativo para o ARE, principalmente para o HF. A dosagem de 1,50 g de HF chegou a reter 56% a mais do que a dosagem de 0,50 g, Tabela 2. O efeito da quantidade para o HC chegou a apenas 29% a mais para a dosagem de 1,50 g em relação a 0,50 g. Contudo, para o ARG, o efeito da quantidade foi menos pronunciado, principalmente para o HF que durante praticamente todas as pesagens os valores de água retida foram muito parecidos (Tabela 2) para as duas dosagens (0,50 e 1,50 g).

É interessante notar na Tabela 2 que, depois de aproximadamente três meses, o HC começou a perder a capacidade de retenção de água em ARE, ficando até mesmo abaixo do controle, ilustrado pela cor vermelha na Tabela 2. Este resultado mostra que o HC perde sua eficiência em ARE após três meses. Neste sentido, o HF aparenta ser superior também no tempo de eficácia do mesmo no solo, especialmente em ARE.

Para melhor visualizar os dados expostos na Tabela 2, construiu-se um gráfico (Figura 2) de quantidade de água retida *versus* dia de pesagem.



DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

Figura 1. Quantidade de água (valor médio) nos tubetes *versus* dia de pesagem.

Na Figura 1 verifica-se claramente o perfil de perda de água exponencial em todos os sistemas, começando no dia 10 de fevereiro, com os solos secos. No início todos os sistemas apresentaram capacidades de retenção de água superiores à dos controles, porém, relativamente próximos. A partir da segunda adição de água, a capacidade de retenção de água para cada sistema começou a mudar, destacando-se o HF em ARE, como já discutido. Os picos apresentados no gráfico representam as adições de água. À medida que o experimento avançou, observou- se que os picos do dia da adição de água ficaram cada vez maiores, mostrando que, apesar da perda de água por evapotranspiração, a quantidade de água no tubete aumentou. Este aumento constante deveria continuar acontecendo até a capacidade de campo do solo ser atingido. Como ainda não se observou água lixiviada, supostamente a capacidade de campo ainda não foi atingida. Com relação a água retida, parte da água é retida pelo polímero hidroretentor e parte pelo próprio solo. O modelo experimental utilizado foi relativamente eficiente para estudar a capacidade de absorção e retenção de água pelo solo contendo hidrogel, pois foi possível mimetizar chuvas regulares e a perda de água pelo sistema de tubetes de PVC com furos nas laterais.

CONCLUSÃO

Em solo, o HF demostrou-se muito eficiente, principalmente para o ARE, em comparação ao HC. Para o ARE, o HF demostrou alta resistência na retenção de água no solo. O HF aparenta perder significativamente sua capacidade de absorção de água em ARG. O efeito da dosagem foi muito significativo para o HF em ARE, enquanto que em solo argiloso o efeito da dosagem não mudou a capacidade de retenção de água neste solo. O HF conservou-se eficiente por mais tempo do que o HC, que tem sua capacidade de reter água reduzida mais rapidamente. O modelo experimental empregado se mostrou relativamente eficiente para mimetizar as condições reais do solo, como chuvas frequentes e evaporação da água pelos solos com e sem hidrogel.

REFERÊNCIAS

AOUADA, F. A.; DE MOURA, M. R.; GIROTTO, E. M.; RUBIRA, A. F.; MUNIZ, E. C.; CAMPESE, G. M. Caracterização de hidrogéis condutores constituídos por PAAm e PEDOT/PSS por meio de planejamento fatorial. **Polimeros**, v. 18, n. 2, p. 126–131, 2008.

GUILHERME, M. R.; DA SILVA, R.; RUBIRA, A. F.; GEUSKENS, G.; MUNIZ, E. C. Thermo-sensitive hydrogels membranes from PAAm networks and entangled PNIPAAm: effect of temperature, cross-linking and PNIPAAm contents on the water uptake and permeability. **Reactive and Functional Polymers**, v. 61, n. 2, p. 233- 243, 2004.

LEE, S.; HAHN, C.; RHEE, M.; OH, J. E.; SONG, J.; CHEN, Y.; LU, G.; PERDANA; FALLIS, A. **Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production, v. 53, 2012.**

LEITE, J. G. D. B.; FEDERIZZI, L. C.; BERGAMASCHI, H. Mudanças climáticas e seus possíveis impactos aos sistemas agrícolas no Sul do Brasil. **Revista Brasileirade Ciencias Agrarias**, v. 7, n. 2, p. 337–343, 2012.

WILLINGHAM, Jr.; COFFEY, D. L. Influence of hydrophilic amended soil on growth of tomato transplants. **Hortculture Science**, v. 16, n. 3, p. 289, 1981.

DOI: 10.51189/iii-coninters/10350

WOFFORD Jr., D. J. Use of cross-linked polyacrylamide in agriculture for increasing yield or reducing irrigation (on line). **Frenso (Calif.)**, nov. 1989.