

Manejo de Água de Irrigação para Alfafa (*Medicago sativa* L.)¹

Joaquim Bartolomeu Rassini¹

RESUMO - Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a metodologia do balanço da demanda climática (ECA = evaporação do tanque classe A e PRP = precipitação pluvial) com as condições edáficas (CAD – capacidade de armazenamento de água do solo) de um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), a fim de manejar a irrigação suplementar para alfafa cv. Crioula, em condições de campo. Com base nessa tecnologia, procurou-se aumentar a eficiência do uso de água pela alfafa, avaliando-se o comportamento de alfafa em três condições hídricas (H_1 = testemunha sem irrigação; H_2 = uso mais eficiente da água, a partir do estágio vegetativo pleno da planta, quando $ECA - PRP \geq 30$ mm; H_3 = uso pleno da água, durante todo ciclo da planta quando $ECA - PRP \geq 20$ mm). Verificou-se que a tecnologia empregada é eficiente para manejar a irrigação suplementar, no LVA, bem como podem-se aumentar os lucros com alfafa, por meio do uso mais eficiente da água ($H_2 = ECA - PRP \geq 30$ mm).

Palavras-chave: alfafa, condições climáticas, condições edáficas, irrigação, rendimento de forragem

Management of Water for Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Irrigation

ABSTRACT - This study was conducted to evaluate methods of balancing climatic demand (ECA = class A tank evaporation and PRP = rainfall) with soil conditions (CAD = water storage capacity) of na Hapludox soil, in order to manage supplementary water of alfalfa cultivar Crioula on field conditions. Therefore, the behavior of alfalfa under three soil water conditions (H_1 = no irrigation; H_2 = efficient water use at plants full vegetative stage when $ECA - PRP \geq 30$ mm; H_3 = full use of water during the entire plant cycle when $ECA - PRP \geq 20$ mm) were evaluated based on these methods, looking of efficient water use by alfalfa. Results indicated that the technology employed is very efficient in managing supplementary water, in the Hapludox, and that increasing not economic returns with alfalfa, by way of efficient water use ($H_2 = ECA - PRP \geq 30$ mm), can be achieved.

Key Words: alfalfa, climatic conditions, soil conditions, irrigation, forage yield

Introdução

O clima é o fator abiótico nos agroecossistemas que mais afeta a perda de água dos vegetais. De maneira mais amena, condições do solo (textura, estrutura) e da própria planta (morfologia, fisiologia) também influenciam a transferência de água no sistema solo-planta-atmosfera.

Na região Sudeste do Brasil, em média, a evapotranspiração potencial anual é maior que a precipitação, provocando déficit hídrico na entressafra (outono-inverno). Esta característica de distribuição de chuvas, associada às oscilações climáticas e aos sistemas de cultivo de plantas forrageiras com diferente época de produção ao longo do ano, permitem que períodos de deficiência hídrica resulte em redução na produtividade, bem como provoquem um dos maiores problemas à nossa bovinocultura, que é a estacionalidade de produção de carne e/ou leite. Esse fato, tem levado várias instituições de pesquisa desenvolver técnicas para a irrigação de plantas forrageiras.

A FAO indica que as necessidades hídricas da alfafa estão entre 800 a 1600 mm por período de crescimento, dependendo do clima e duração do ciclo fenológico da cultura (DOORENBOS e KASSAM, 1994). Segundo HEICHEL (1983), a quantidade de água utilizada por essa forrageira é elevada, mesmo em comparação com espécies C_4 como o milho e sorgo, variando de 600 a 900 kg de água. kg^{-1} de matéria seca de forragem.

Nos Estados Unidos, SMEAL et al. (1991), no Estado do Novo México, verificaram que 90% da variação do rendimento de matéria seca da alfafa era função das condições ambientais do ano, sendo que o mesmo variou de 0,83 a 18,10 toneladas e a transpiração de 186 a 1298 mm. Na Itália, GHEORGIÚ (1993) mostrou que o consumo de água em alfafa foi de $5873 m^3 \cdot ha^{-1}$ no primeiro ano e de $6292 m^3 \cdot ha^{-1}$ no segundo, sendo que nos meses de junho e julho ocorreram os maiores consumos de água pela cultura. BOSNJAK (1992), na Iugoslávia, entre 1986-89, concluiu que a exigência anual de água variou de 545

¹Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, São Carlos, SP. 13560-970. E.mail:rassini@cnpse.embrapa.br

a 730 mm e que a irrigação suplementar proporcionou aumentos de 50 a 55% no rendimento de feno de alfafa. No Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul, CUNHA et al. (1994), estudando exigências de irrigação pela cultivar Crioula em um ano de experimentação, observaram que a evapotranspiração máxima diária variou de 1,7 a 7,1 mm e a eficiência de uso de água entre 3,71 a 9,59 kg de matéria seca.ha⁻¹.mm⁻¹.

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos a partir da década de 70, evidenciaram que a viabilização econômica da irrigação poderia ser obtida com a racionalização da água aplicada durante o ciclo da cultura. Trabalho clássico nessa linha foi desenvolvido por GILLEY et al. (1981), onde mostraram que o maior potencial para economia de energia pode ser obtido com a redução da água bombeada, o que se conseguiria por meio da diminuição ou mesmo eliminação de irrigação em alguns estádios da cultura, sem queda substancial de produção. De acordo com essa informação, resultados de RASSINI e LEME (2000) no Brasil, evidenciaram que a água aplicada no início do estádio vegetativo da alfafa reduziu o rendimento de forragem da planta, pelo baixo desenvolvimento de seu sistema radicular.

A programação ou o manejo da irrigação, também é um recurso disponível para racionalizar a aplicação de água às culturas, e requer certos procedimentos para determinar o turno (frequência), bem como métodos fáceis e aplicáveis para medir a quantidade de água da próxima irrigação (lâmina). Esse requisito passa a ser viável, se houver aplicação de água na quantidade certa e em estádios da cultura com maior potencial de resposta e não com aplicação da máxima lâmina de água durante todo o ciclo, ou seja, maximizar os lucros e não a produtividade.

No Brasil, ainda, o manejo mais utilizado para aplicação de água na agricultura esta baseado em frequências e lâminas de irrigação pré-estabelecidas, ou seja: 5, 10, 15 ou 20 mm de água em 5, 6, 7, 8 ou 10 dias, na ausência de chuvas. Esse fato decorre principalmente, da dificuldade de utilizar inúmeras fórmulas para determinar a perda de água por evapotranspiração, como os métodos hidrológicos ou de balanço de água, os que envolvem correções turbulentas, os de balanço de energia, alguns combinados que conjugam partes do balanço de energia e do transporte de massa, os aerodinâmicos, os empíricos (Thornthwaite, Blaney – Criddle) e a utilização de evaporímetros tanque classe A (KLAR, 1991). Esse último apesar de prático, envolve um complexo de

fatores ligados à posição do tanque (K_p = temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, tamanho de bordadura, tipo de cobertura vegetal, e outros) e a própria planta (K_c = morfologia, estômatos, fisiologia, refletividade, turbulência do ar envolvendo a planta, entre outros).

Com base nessas constatações, esse trabalho teve como objetivo detectar duas informações básicas: verificar se dados climáticos (ECA, precipitações pluviais) e edáficos (CAD – capacidade de armazenamento de água do solo) permitem utilizar a metodologia do balanço entre a evaporação do tanque classe A e as precipitações durante determinado período, para se manejar irrigação em Latossolos e, com base nessa técnica, aumentar a eficiência do uso de água pela alfafa.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido entre 07/06/99 a 06/06/00 num Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) que já vinha sendo cultivado com alfafa por três anos, com as seguintes características físico-químicas na profundidade de 0 a 20 cm: argila = 279 g.kg⁻¹, macroporos = 15%, condutividade = 3,8 m.dia⁻¹, taxa de infiltração = 273 mm.hora⁻¹, pH em H₂O = 6,6, pH CaCl₂ = 6,2, M.O. = 17 g/dm³, P = 13 mg/dm³, K⁺ = 3,4 mmol/dm³, Ca⁺⁺ = 40 mmol/dm³, Mg⁺⁺ = 18 mmol/dm³, Al⁺⁺⁺ mmol/dm³, CTC = 80 mmol/dm³ e V = 77%.

O preparo do solo consistiu de uma aração e duas gradagens. Entre as gradagens, aplicaram-se 350kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico, 250kg de P₂O₅, 150kg de K₂O e 30 kg de FTE BR-12. Ainda, após cada corte, foram aplicados 80 kg K₂O.ha⁻¹ em cobertura. Utilizou-se a alfafa cv Crioula e a semeadura foi realizada em 07/06/99, observando-se espaçamento de 25 cm entre linhas e densidade de 20 kg.ha⁻¹ de sementes. As sementes foram inoculadas com estirpe SEMIA-116 de *Rhizobium meliloti* (RASSINI, 2000).

As avaliações de produção de forragem de alfafa foram obtidas em unidades experimentais de 6 m² de área útil, com três condições de umidade do solo: H₁ = testemunha sem irrigação complementar; H₂ = irrigação complementar quando a diferença entre os valores acumulados do tanque classe A (ECA) e da precipitação pluviométrica (PRP), a partir da emissão do primeiro afilho secundário de alfafa, em um período, fosse igual ou maior que 30 mm (ECA – PRP ≥ 30 mm); H₃ = irrigação complementar durante todo ciclo da cultura, quando em um

período, ECA – PRP \geq 20 mm. A produtividade da alfafa foi avaliada por meio de cortes manuais, a uma altura de 8 cm da superfície do solo, quando a planta encontrava – se com 10% de florescimento. Desse material, retirou-se uma amostra que, após pesagem, foi conduzida à estufa com ventilação forçada, para secagem a 70°C, por 72 horas, para determinação da matéria seca (MS). As raízes de cinco plantas na profundidade de 0 a 30 cm, onde concentra-se de 80 a 90% do sistema radicular de alfafa, também foram avaliadas com base no peso de matéria seca, utilizando-se a mesma metodologia.

A irrigação foi realizada por meio de um aspersor de giro completo, Modelo ZED 30 da Asbrasil, dotado de um tubo de subida com 50 cm de comprimento, com um espaçamento de 7 m. O solo da área experimental, segundo PRIMAVESI et al. (1999), tem capacidade de armazenamento de água (CAD) variando de 16 a 25 mm, considerando uma CAD de 49 mm.m⁻¹. O ponto de murcha permanente (PMP) por sua vez, com pressão de 1,5 Mpa, que é considerado o limite inferior para se planejar irrigação é de 11 até 9 mm. Antes de aplicar o tratamento com irrigação, o sistema foi calibrado por meio de quatro pluviômetros instalados nas parcelas, retirando três amostras do solo de 0 a 10 cm para verificar o teor de umidade, antes e após aplicação da água.

O balanço hídrico por meio da metodologia utilizada no trabalho, baseou-se em valores coletados diariamente da evaporação do tanque classe A e de pluviômetro, instalados na área experimental. Quando esses dados eram coerentes com as condições previamente estabelecidas em H₂ e H₃, era realizada a irrigação suplementar.

Utilizou-se um delineamento experimental em blocos completos ao acaso com três repetições, e a análise de variância para rendimento de forragem e peso radicular de alfafa, seguiu as recomendações de PIMENTEL GOMES (1978). Economicamente, as informações foram analisadas de acordo com coeficientes estabelecidos por HONDA e HONDA (1999), utilizando-se um preço médio da água de R\$ 0,20 por mm aplicado, informado pelo INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (1994).

Resultados e Discussão

A precipitação pluvial acumulada durante o período experimental, de 1585,0 mm, foi superior em 226,6 mm a evaporação registrada nesse mesmo período. Por

outro lado, sua distribuição foi muito desuniforme, concentrando-se nos meses de dezembro/99, janeiro, fevereiro e março/00. Nos demais, ou seja, julho, agosto, setembro, outubro, novembro/99, abril, maio e junho/00 foi inferior, com um déficit de 628,6 mm em relação à evaporação. Para a região, estes resultados estão de acordo com informações de PRIMAVESI et al. (1999).

Na Tabela 1 encontram-se os valores das condições hídricas, expressos pelos manejos de irrigação avaliados no trabalho. Não houve grandes diferenças entre as lâminas de irrigação (LAI), sendo em média de 19,0 mm no tratamento H₃ e de 17,7 mm no H₂. Todavia, com uso pleno da água em todo ciclo da alfafa (H₃), ocorreu menor intervalo entre duas irrigações sucessivas, sendo em média de 8 dias, com maior frequência (FRQ). Já, usando-se a água de irrigação de maneira mais eficiente, a partir do estágio vegetativo pleno (H₂), houve menor frequência, com 11 dias de intervalo entre duas irrigações. Como consequência, adotando-se o manejo H₃, aplicou-se uma lâmina total de 472,1 mm de água. Com o manejo H₂, utilizou-se 301,3 mm de água de irrigação suplementar, promovendo uma diferença de 170,8 mm, ou 36,2% de água a menos.

Procurando monitorar essas informações, determinou-se o teor de umidade do solo durante as irrigações, conforme pode-se observar na Tabela 1. Verificou-se que apresentaram valores muito semelhantes aos de PRIMAVESI et al. (1999), detectados em um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), sendo em média de 7,1% antes de realizar a irrigação (A_i), e de 16,9% depois da irrigação (D_i), nos primeiros 10 cm de profundidade do solo. Deve-se salientar também, que em 2 horas de irrigação por aspersão, atingiu-se a CAD do solo da área experimental. Dados obtidos por HUKKERI et al. (1977), GIL e MALIK (1983) e LAL (1987) na Índia, e por FRIZZONE et al. (1995) no Brasil, sobre manejo de irrigação suplementar em aveia forrageira (*Avena sativa* L.), com base na evaporação do tanque classe A e umidade do solo, confirmam as informações do presente trabalho com alfafa.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios da produtividade de matéria seca da alfafa em 10 cortes e do total no ano, bem como os do peso radicular inicial (C₁) e final (C₁₀) da planta, em função de três condições hídricas do solo. Conforme análise de variância, essas características foram afetadas significativamente pelas condições hídricas

Tabela 1 - Manejo de irrigação em alfafa, por meio da evaporação do tanque classe A (ECA) e da precipitação pluviométrica (PRP), em três condições de umidade do solo

Table 1 - Alfalfa irrigation management according to class A evaporation tank (ECA) and rain (PRP), in three conditions of soil humidity

Data Date	DAT	H ₃ (ECA-PRP ≥ 20 mm)			H ₂ ¹ (ECA-PRP ≥ 30 mm)			Umidade do solo (%) Soil moisture (%)		
		Dias Days	ECA-PRP (mm) days	FRQ (dias)	LAI (mm)	ECA-FRP (mm)	FRQ (dias) (days)	LAI (mm)	H ₁	Ai
01/07/99	0	-	-	14,0	-	-	-	6,0	7,8	19,6
12/07	12	24,6	12	23,8	-	-	-	6,2	8,3	20,5
20/07	20	30,0	8	20,8	30,0	20	19,6	6,3	6,2	19,1
28/07	28	29,3	8	20,4	-	-	-	5,1	8,2	20,7
30/07	30	-	-	-	35,8	10	20,0	5,1	7,8	17,4
05/08	36	26,6	8	19,7	-	-	-	5,2	7,4	17,9
07/08	38	-	-	-	35,6	10	18,8	5,1	5,9	18,2
11/08	42	29,9	6	18,9	-	-	-	5,8	6,8	17,2
15/08	46	-	-	-	36,3	8	22,9	3,6	5,6	20,2
17/08	48	26,5	6	23,8	-	-	-	4,0	8,5	18,7
23/08	54	26,8	6	16,8	35,8	8	16,3	3,5	7,0	15,2
28/08	59	28,8	5	19,6	-	-	-	4,7	6,6	16,6
30/08	61	-	-	-	39,1	7	18,2	4,0	6,0	15,3
02/09	64	32,1	5	15,6	-	-	-	4,4	6,9	16,0
05/09	67	-	-	-	41,0	6	13,6	3,4	4,4	15,8
06/09	68	26,0	4	15,4	-	-	-	4,6	7,0	17,4
05/10	97	20,0	28	26,0	-	-	-	5,1	6,6	17,3
06/10	98	-	-	-	30,0	30	25,0	5,5	5,8	17,2
11/10	103	20,5	5	20,1	-	-	-	6,2	9,5	17,0
14/10	106	-	-	-	33,1	9	18,7	5,1	6,8	17,6
15/10	107	24,8	4	21,9	-	-	-	5,2	9,0	19,2
25/10	117	26,1	10	19,0	33,1	11	18,9	5,7	6,7	16,4
02/11	125	24,6	8	20,2	-	-	-	5,6	5,8	17,2
04/11	127	-	-	-	37,2	10	15,0	5,1	6,2	15,3
02/12	155	20,3	28	22,0	-	-	-	7,2	8,1	15,0
10/04/00	253	-	98	11,1	-	126	11,0	5,7	6,5	15,5
15/04	258	28,9	5	17,3	-	-	-	5,8	7,4	16,0
17/04	260	-	-	-	33,8	7	19,7	4,8	5,8	15,2
20/04	263	20,2	5	19,7	-	-	-	6,1	7,8	16,8
25/04	268	-	-	-	31,1	8	10,2	5,3	5,9	13,1
26/04	269	26,0	6	12,6	-	-	-	4,8	6,2	14,4
02/05	275	25,7	6	17,8	30,7	7	18,3	5,2	6,8	14,9
11/05	284	22,6	9	22,9	-	-	-	5,9	7,9	18,2
15/05	288	-	-	-	37,0	13	19,0	5,6	6,0	14,5
17/05	290	21,6	6	16,0	-	-	-	5,5	9,3	17,8
25/05	298	22,9	8	17,5	-	-	-	6,0	9,8	16,8
25/05	298	-	-	-	30,1	10	16,1	6,0	7,7	15,9
Média Mean		25,4	8	19,0	34,4	11	17,7	5,2	7,1	16,9

DAT - Dias após tratamento (Days after treatment).

Ai - Umidade do solo antes da irrigação (Soil moisture before irrigation).

FRQ - Frequência de irrigação (Irrigation frequency).

Di - Umidade do solo depois da irrigação (Soil moisture after irrigation).

LAI - Lâmina de irrigação (Irrigation level).

H₂ - Lâmina total de irrigação (LAI) = 301,3 mm (Total irrigation level (LAI) = 301.3 mm).

1 - Início da irrigação após emissão do 1º afixo (Beginning of irrigation after the first tiller).

H₃ - Lâmina total de irrigação (LAI) = 472,1 mm (Total irrigation level (LAI) = 472.1 mm).

Tabela 2 - Produtividade de forragem e peso radicular de alfafa, sob três condições de umidade do solo
 Table 2 - Alfalfa forage yield and root weight, under three conditions of soil moisture

Corte Cut	Data Date	Intervalo de cortes (dias) Cut intervals (days)	Época (estação) Period (seasons)	Rendimento de forragem (t ha ⁻¹ MS) Forage yield (t ha ⁻¹ DM ¹)						Peso radicular (g MS planta ⁻¹) Root weight (g DM ¹ plant ⁻¹)			
				Por época Per season			Por corte Per cut			Período Time			
				H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	
1	15/09/99	100	Inverno (%) Winter (%)	0 (0)	1,5 (9)	1,8 (12)	-2	1,5	1,8	1,8	2,89 ^{a3}	2,91 ^a	2,16 ^b
2	19/10/99	34					0,7	1,3	1,4				
3	09/11/99	21					0,0	1,1	1,3				
4	06/12/99	27	Primavera (%) Spring (%)	1,8 (16)	4,9 (28)	4,9 (32)		1,1	2,5				
5	03/01/00	28						3,4	3,6				
6	27/01/00	24						2,1	2,0				
7	23/02/00	27	Verão (%) Summer (%)	7,0 (61)	7,3 (42)	5,1 (34)		1,5	1,7				
8	21/03/00	27						1,3	1,1				
9	26/04/00	36						1,3	1,4				
10	06/06/00	41	Outono (%) Fall (%)	2,6 (23)	3,8 (21)	3,3 (22)		-	1,3				
Total									11,4 ^b	17,5 ^a			

¹ MS (MD).

² A planta não atingiu estágio para corte (florecimento inicial).

The plant did not reach cut stage (early flowering).

³ Médias de rendimento de forragem por ano e peso radicular, seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Turkey (P<0,01).

Average forage yield and root weight, followed by different letters are different according to Tukey test (P<0.01).

estabelecidas, a 1% de probabilidade.

Apesar do manejo mais eficiente da água de irrigação (H₂) com produtividade de 17,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS, superior à do manejo H₃, de uso pleno da água, com 15,1 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS, não houve diferença estatística entre essas produtividades, que foram superiores à da testemunha sem irrigação (H₁), com 11,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS. Esses níveis de produção de alfafa, bem como a distribuição estacional dessa produção no ano, vêm corroborar informações de SANTOS (1990), FONTES et al. (1993), RASSINI e FREITAS (1995), RASSINI e FREITAS (1998) e de RASSINI (1998), obtidas em condições ecológicas similares.

Ainda pela Tabela 2, observa-se que o sistema radicular da alfafa é bastante responsivo à água do solo. Sem irrigação suplementar no início do desenvolvimento da planta (H₁ e H₂), o peso de matéria seca das raízes foi respectivamente de 2,89 e 2,91 g.planta⁻¹ no primeiro corte (C₁), sendo superiores estatisticamente ao do manejo H₃, com 2,16 g.planta⁻¹. Essa condição também foi observada no último corte (C₁₀), ocorrendo menor peso do sistema radicular em H₃, com 30,53 g.planta⁻¹, valor inferior estatisticamente aos da testemunha (H₁) e de H₂ que não diferiram entre si, sendo respectivamente de 44,47 e 41,56 g.planta⁻¹.

Uma análise da produtividade de forragem de

Tabela 3 - Custo de implantação da cultura de alfafa, em um solo de média a alta fertilidade (Latossolo Vermelho Amarelo)
Table 3 - Alfalfa establishment cost in a medium to high soil fertility (Hapludox) level

Insumo ou operação <i>Input or operation</i>	Equipamento <i>Equipment</i>	Custo (R\$) <i>Cost (R\$)</i>	Coefficiente <i>Coefficient</i>	Custo ha ⁻¹ (R\$) <i>Cost ha⁻¹ (R\$)</i>
Análise de solo <i>Soil analysis</i>	-----	10,00	1	10,00
Aração (1 vez) <i>Plowing (1 time)</i>	Trator 90 cv <i>Farm tractor 90 cv</i>	15,00	2,78 hora ha ⁻¹	41,70
Gradagem (2 vezes) <i>Disking (2 times)</i>	Trator 90 cv <i>Farm tractor 90 cv</i>	15,00	0,63 hora ha ⁻¹	18,90
Calagem – calcário <i>Limestone</i>	-----	22,00	0,35 t ha ⁻¹	7,70
Calagem – aplicação (1 vez) <i>Liming (1 time)</i>	Trator 70 cv <i>Farm tractor 70 cv</i>	10,00	0,36 hora ha ⁻¹	3,60
Herbicida – trifluralina ¹ <i>Herbicide – trifluraline</i>	-----	8,40	2 l ha ⁻¹	16,80
Herbicida – aplicação (1 vez) <i>Herbicide – applying (1 time)</i>	Trator 70 cv <i>Farm tractor 70 cv</i>	10,00	0,36 hora ha ⁻¹	3,60
Sementes – cv Crioula <i>Seed – Crioula cultivar</i>	-----	13,00	20 kg ha ⁻¹	260,00
Superfosfato simples <i>SuperPhosphate</i>	-----	1250,00	0,29 t ha ⁻¹	262,50
Cloreto de potássio <i>Potassium chloride</i>	-----	250,00	0,42 t ha ⁻¹	105,00
FTEBR-12 <i>Fritted Trace Elements</i>	-----	3,00	30 kg ha ⁻¹	90,00
Adubo -aplicação a lanço (1 vez) <i>Broadcast (1 time)</i>	Trator 70 cv <i>Farm tractor 70 cv</i>	10,00	0,36 hora ha ⁻¹	3,60
Inoculante <i>Inoculant</i>	-----	10,00	0,80 kg ha ⁻¹	8,00
Semeadura (1 vez) <i>Sowing (1 time)</i>	Trator 70 cv <i>Farm tractor 70 cv</i>	10,00	0,95 hora ha ⁻¹	9,50
Herbicida – metribuzin ² (2 vezes) <i>Herbicide – metribuzin (2 times)</i>	-----	47,00	1,24 l ha ⁻¹	116,56
Herbicida – aplicação (2 vezes) <i>Herbicide – applying (2 times)</i>	Trator 70 cv <i>Farm tractor 70 cv</i>	10,00	0,36 hora ha ⁻¹	7,20
Implantação da cultura <i>Crop establishment</i>			Custo total ha ⁻¹ <i>Total cost ha⁻¹</i>	1064,66 ha ⁻¹

¹Herbicida aplicado e incorporado 10 dias antes da semeadura.

Herbicide applied and incorporated in ten days before sowing.

²Herbicida aplicado de 6 a 7 dias após o corte, no controle de plantas daninhas de folha larga.

Herbicide applied six or seven days after control broadleaf.

Tabela 4 - Custo de produção de alfafa, em três condições de irrigação suplementar
 Table 4 - Alfalfa yield cost in three conditions of supplemental irrigation

Irrigação Irrigation	Custo da cultura (R\$).ha ⁻¹ Culture cost (R\$).ha ⁻¹	Produtividade (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) Yield (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)		Custo (kg ha ⁻¹) Cost (kg ha ⁻¹)	
		Matéria seca (MS) Dry matter (DM)	Forragem verde (FV) ¹ Green forage (GF)	MS DM	FV GF
H ₁ = 0 mm	1064,66+475,68=1540,34	11400	51818	R\$0,14	R\$0,03
H ₂ = 301,3 mm	1064,66+654,86=1719,52	17500	79545	R\$0,10	R\$0,02
H ₃ = 472,1 mm	1064,66+689,02=1753,68	15100	68636	R\$0,12	R\$0,04

¹Forragem verde com 22% de matéria seca.

¹ Green forage with 22% of dry matter.

alfafa durante o ciclo da cultura também pode explicar a responsividade dessa planta à água no solo. Observa-se, na Tabela 2, que durante a primavera-verão, com a ocorrência de chuvas, o rendimento dos cortes 5, 6, 7, 8 e 9 nos tratamentos H₁ e H₂, foram superiores ao do tratamento H₃. Informações de SMEAL et al. (1992), em estudos de níveis de aplicação de água em alfafa nos Estados Unidos, são confirmadas pelos dados do presente trabalho, pois observaram que o rendimento aumentava em média 0,5 t.ha⁻¹ com 27,5 mm de água, sendo que o crescimento de raiz e a ET (evapotranspiração potencial) foram os principais condicionantes desse incremento de produção. Em nossas condições, RASSINI e LEME (2000) verificaram que a água aplicada no início do desenvolvimento da alfafa, prejudicava o desenvolvimento radicular da planta, refletindo em menor rendimento de forragem.

Na Tabela 3 está o custo de implantação de um alfafal. Trata-se de um solo onde já havia sido cultivado essa forrageira e, portanto, de média a alta fertilidade. Não considerando os gastos com irrigação, esse custo foi de R\$ 1064,66.ha⁻¹. Na Tabela 4, estão incluídas as três condições de uso de água do trabalho, podendo-se observar que os custos de produção de feno, considerando 22% de matéria seca, são diferentes dos de matéria verde. Aplicando-se a água de maneira mais eficiente (H₂), o custo de produção de feno de alfafa foi de R\$ 0,10. kg⁻¹ de MS e de R\$ 0,02.kg⁻¹ de matéria verde, sendo inferior aos custos de produção do manejo H₃ de água, que foram de R\$ 0,12 kg⁻¹ de MS e de R\$ 0,03.kg⁻¹ de matéria verde de alfafa. Não utilizando irrigação suplementar (H₁), ocorreram maiores custos, sendo R\$ 0,14 kg⁻¹ de MS e de R\$ 0,04.kg⁻¹ de matéria verde, em decorrência da menor produtividade de forragem.

Conclusões

Pode-se aumentar a eficiência da irrigação na cultura de alfafa por meio de um manejo de água mais fácil e aplicável, que considera as condições climáticas (evaporação do tanque classe A = ECA e precipitação pluvial = PRP) de uma região e edáficas (capacidade de água disponível do solo = CAD) de um Latossolo Vermelho Amarelo. Essa premissa é válida quando em determinado período, a diferença entre os valores acumulados de evaporação do tanque classe A e precipitação pluvial for maior ou igual a 30 mm.

Aos preços considerados para insumos, serviços e produtos, bem como empregando o manejo de água que se baseia no balanço ECA - PRP ≥ 30 mm, o custo do feno de alfafa e de matéria verde foi de R\$ 0,10 kg⁻¹ e R\$ 0,02 kg⁻¹, respectivamente, correspondendo a produtividades de 17,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de MS e de 79,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ de matéria verde.

Referências Bibliográficas

- BOSNJAK, D. 1992. Water requirements of lucerne under the climatic conditions of Vojvodina. *Savremena Poljo priveda*, 40(5):39-45.
- CUNHA, G.R., PAULA, J.R.F., BERGAMASCHI, M. et al. 1994. Evapotranspiração e eficiência no uso da água em alfafa. *R. Bras. Agrometeorologia*, 2:23-27.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. 1994. *Efeito da água no rendimento das culturas*. FAO 33, traduzido pela UFPB, Campina Grande. 306p.
- FONTES, P.C.R., MARTINS, C.E., COSER, A.C. et al. 1993. Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo, na Zona da Mata de MG. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 22(2):205-211.
- FRIZZONE, J.A., TEODORO, R.E.F., PEREIRA, A.S. et al.

1995. Lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (*Avena sativa* L.) para forragem. *Sci. Agric.*, 52(3):578-586.
- GHEORGHIÚ, T. 1993. Studies on the water consumption of irrigated lucerne under the conditions at Secunieni – Roman. *Cercetaria Agronomică în Moldova*, 26 (3-4):103-108.
- GILL, P.S., MALIK, B.S. 1983. Response of oat varieties to soil moisture regimes and nitrogen levels. *Forage Research*, 9(2):151-154.
- GILLEY, J.R., HEERMANN, D.F., STETSON, L.E. Irrigation management energy. In: ASAE NATIONAL IRRIGATION SYMPOSIUM, 2., 1981, Lincoln, Nebraska, *Proceedings*...Lincoln, 1981. p.127-140.
- HEICHEL, G.H. 1983. *Alfalfa crop water relation*. In: TEARE, I.D., PEET, M.M. (Eds.) New York: John Wiley and Sons. p.127-155.
- HONDA, C.S., HONDA, A.M. 1999. *Cultura da alfafa*. 2.ed. Cambará/PR: IARA Artes Gráficas. 245p.
- HUKKERI, S.B., SHUKLA, N.P., RAJPUT, R.K. 1977. Effects of levels of soil moisture and nitrogen on the fodder yield of oat on two types of soil. *Ind. J. Agric. Sci.*, 47(4):204-209.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1994. *Racionalização do uso da água de irrigação nos municípios de Guaira e Casa Branca, SP*. São Paulo, v.2, 27p. (IPT, Relatório Técnico, 30254).
- KLAR, A.E. 1991. *Irrigação - Frequência e quantidade de aplicação*. São Paulo/SP: Nobel. 156p.
- LAL, M. 1987. Studies on irrigation scheduling in united stands of forage oat and legumes. *Ind. Agron. J.*, 32(1):21-23.
- PIMENTEL GOMES, F. 1978. *Curso de estatística experimental*. 8.ed. Piracicaba/SP: ESALQ-USP. 430p.
- PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A.C.P.A., PEDROSO, A.F. et al. 1999. *Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Canchim: Um modelo real de laboratório ambiental*. São Carlos/SP: Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste. 133p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 5).
- RASSINI, J.B., FREITAS, A.R. 1995. Efeitos da interferência de plantas daninhas no rendimento da cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.) *R. Soc. Bras. Zootec.*, 24(4):502-509.
- RASSINI, J.B., FREITAS, A.R. 1998. Desenvolvimento da alfafa (*Medicago sativa* L.) sob diferentes doses de adubação potássica. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 27(3):487-490.
- RASSINI, J.B., 1998. *Alfafa (Medicago sativa L.): Estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo/SP*. 22p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 15).
- RASSINI, J.B. 2000. Inoculação de alfafa (*Medicago sativa* L.) - Fixação biológica do nitrogênio. São Carlos/SP: Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste. 5p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Comunicado Técnico, 23).
- RASSINI, J.B., LEME, E.J.A. Eficiência do uso de água pela cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.). In: SEMANA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, 1, 2000, São Carlos. *Anais*... São Carlos: SMCTDE, 2000. p.47.
- SANTOS, J.A. 1993. Alfafa é mais proteína e energia a custo menor. *Balde Branco*, p.30-34.
- SMEAL, D., KALLSEN, C.E., SAMMIS, T.W. 1992. Alfalfa yield as related to transpiration, growth stage and environment. *Irrigation Science*, 12(2):79-86.

Recebido em: 17/11/00

Aceito em: 04/07/01