



Morethson Resende

## **Introdução**

Normalmente, as alternativas de métodos de manejo de irrigação, são baseadas em dois princípios: a – monitoramento do solo e /ou da planta, que consiste em medir o potencial ou o teor de umidade no solo e na planta, o potencial de água ou temperatura do dossel da folha; b – balanço de água no solo, feito com base na capacidade do solo em armazenar água, da profundidade do sistema radicular, do nível de esgotamento permissível, da evapotranspiração e das características da cultura

Uma das principais causas do insucesso de muitos projetos de irrigação tem sido a falta de um manejo adequado da água. Geralmente, por desconhecimento, por falta de assistência técnica, ou ambos. O produtor irrigante, geralmente não dá muita importância a essa prática, embora o manejo de irrigação se constitua em uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola. Através de um manejo adequado da irrigação pode-se economizar água, energia, aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade do produto. O déficit de água pode reduzir a produção e/ou a qualidade do produto. Enquanto seu excesso, além das perdas de água e energia, pode contribuir para a lixiviação dos nutrientes e outros agro-químicos para camadas mais profundas do solo, podendo atingir o lençol freático e consequentemente aumentando o potencial de contaminação de fontes de água. Essa lixiviação contribui também para transportar nutrientes para camada abaixo da zona de absorção das raízes reduzindo assim a eficiência da adubação.

A orientação técnica em manejo de irrigação, significa estabelecer lâminas de água a serem aplicadas, bem como o momento de efetuar as irrigações ou estipular a data, o início e o fim de cada irrigação, ao longo do ciclo da cultura. Um manejo racional das irrigações procura evitar que o teor de umidade do solo, na zona radicular, fique abaixo do nível de esgotamento permissível, utilizando ao máximo a capacidade do solo em armazenar água a ser gasta no período entre duas irrigações e que se tenha o mínimo de perdas de água possível.

Uma das formas mais práticas de se manejar irrigação é através do balanço de água no solo, sendo o quanto irrigar, uma função das características físicas do solo, obtidas em laboratório, e da profundidade do sistema radicular e o quando ou o intervalo entre duas irrigações dependente da taxa de consumo de água pela cultura. Essa taxa pode ser estimada através da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária, que é sem dúvida o parâmetro mais difícil de ser conseguido pelo produtor irrigante. Essa dificuldade em obter dados climáticos, bem como, o custo e a dificuldade de uso de equipamentos de estimar a umidade do solo, com certeza, colaboram para a não adoção, pela grande maioria dos produtores irrigantes, de um critério tecnicamente recomendado para se manejar as irrigações.

É muito comum o uso de médias diárias, decendiais ou mensais de ET<sub>o</sub>, de uma série histórica de dados climáticos para elaboração de projetos de irrigação e às vezes para manejo de irrigação, pelo método do balanço de água no solo. É possível elaborar um calendário das irrigações a serem aplicadas ao longo do ciclo da cultura, com base nas condições médias de clima de anos anteriores, dados do solo e da cultura. Esse é o método mais simples de ser utilizado pelos produtores, uma vez que o calendário das irrigações pode ser elaborado antes mesmo do plantio, contendo datas e lâminas de água a serem aplicadas ou tempo de funcionamento do equipamento. A principal fonte de erro nesse método é que se considera a média histórica de dados climáticos como sendo semelhante às condições climáticas do período em que a lavoura estiver sendo conduzida pois tem a tendência de subestimar a necessidade de água da cultura, principalmente nos cultivos conduzidos no período do verão.

Assumindo-se que as irrigações são realizadas após um período de estiagem, ou alguns dias após uma irrigação, os dados de ET<sub>o</sub> de dias chuvosos, de uma série histórica, não representam as condições reais do período que antecede o momento em que as irrigações estão sendo requeridas. Valores médios de ET<sub>o</sub> de períodos de 10, 20 ou 30 dias, de meses como novembro, dezembro ou janeiro poderão ser inferiores aos valores de ET<sub>o</sub> de meses sabidamente com menor demanda atmosférica, como maio, junho e julho, devido a baixos valores de ET<sub>o</sub> obtidos em dias chuvosos de verão, e que contribuem para redução da média. Portanto, os valores de ET<sub>o</sub> de dias chuvosos são geralmente baixos devido a nebulosidade e alta umidade relativa, e por isso reduzem a média de determinado dias de uma série histórica. A grande variabilidade dos valores diários de ET<sub>o</sub>, principalmente na época de verão, deve-se à ocorrência de dias chuvosos, enquanto que, em dias ensolarados, os valores das ET<sub>o</sub> são menos variáveis e mais representativos dos requerimentos de água pelas culturas, no momento da necessidade de irrigação, num determinado mês.

A proposta desse método é aliar à praticidade do uso da média de ET<sub>o</sub> na elaboração de um calendário de irrigação, a precisão requerida para evitar queda na produção de determinado cultivo sob irrigação.

## **O Método Resende**

O Método Resende, consiste em ajustar e predizer os valores de ET<sub>o</sub> diárias, utilizando dados climáticos de uma série histórica de dados superior a 20 anos, através de metodologia desenvolvida para esse fim, com utilização de Redes Neurais Artificiais (RNA's).

O desenvolvimento desse método consistiu de duas etapas: na primeira foi feita a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) diária, pelo método de Penman-Monteith, utilizando um banco com de dados climáticos de Sete Lagoas, de uma série histórica de 43 anos (de 1958 ao ano 2000). Para os dia em que ocorreu chuvas, estipulou-se 0,50 como limite máximo de insolação ( $n/N$ - numero de horas de luz solar ocorrido em relação ao máximo que poderia ocorrer), para se considerar o valor de ET<sub>o</sub> daquele dia como não representativo dos valores de ET<sub>o</sub> dos dias que antecedem as irrigações. Portanto os ajustes de ET<sub>o</sub> foram feito para dias chuvosos da série com nebulosidade acima de 50%. Para isso, foi criado um algoritmo para analisar a ocorrência de precipitação e  $n/N$  menor que 0,5 para cada dia de toda série. Toda vez que as duas condições, citadas anteriormente, foram satisfeitas, a RNA foi acionada para substituir o valor de ET<sub>o</sub> pelo valor obtido através da análise dos dados passados. Para proceder esse ajuste de ET<sub>o</sub> foi utilizado um conjunto de treinamento da RNA com os dados dos 15 dias anteriores ao dia que necessitava fazer o ajuste. A RNA utilizada foi uma rede MLP de 5 entradas com 7 neurônios na camada escondida e 1 saída, as funções de transferência dos neurônios por camada foram purelin para a primeira, tansig para a camada escondida e purelin para a saída. Para treiná-la foi utilizado o método Gradient descent backpropagation com 100 épocas de treinamento. A segunda etapa consistiu em fazer a predição das taxas de ET<sub>o</sub> para o ano 2001, com base na série histórica de dados de ET<sub>o</sub>, anteriormente ajustados por RNAs. Para tal foi utilizada uma rede MLP idêntica a anterior treinada pelo método Gradient descent backpropagation com conjunto de treinamento de 43 dados e com 100 épocas de treinamento. Para predição de ET<sub>o</sub> de cada dia do ano 2001 utilizou-se os dados de ET<sub>o</sub> ajustados, do mesmo dia dos 43 anos passados para treinar a rede, obtendo-se assim os dados de ET<sub>o</sub> de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2001.

## **Validação do método**

Foi feita uma simulação de irrigações, através do balanço de água no solo, para cinco épocas de plantio de milho ( 1 de janeiro, 1 de abril, 1 de junho, 1 de setembro e 1 de novembro), para 12 anos (de 1990 a 2001), utilizando dados reais do solo, da cultura, de chuva e de ET<sub>o</sub>, com base nos dados climáticos da série histórica de dados de 43 anos. Nessa simulação utilizou-se o método de Penman-Monteith para estimar os valores diário de ET<sub>o</sub> de toda série. Comparou-se com isso, o numero de irrigações e o total de água aplicado durante o ciclo do milho em cada época de plantio, utilizando-se quatro diferentes estratégias para estimar a ET<sub>o</sub>, sendo: I – ET<sub>o</sub> Real, valores de ET<sub>o</sub> diária que realmente ocorreram durante o ciclo do milho, estimadas segundo os dados climáticos da série histórica e considerada neste teste como padrão; II – ET<sub>o</sub> ajustada e predita, valores de ET<sub>o</sub> diária, ajustada e predita utilizando RNAs, para o ano de cada plantio considerado, com base nos dados climáticos dos anos anteriores. III - ET<sub>o</sub> real predita, valores de ET<sub>o</sub> apenas predita utilizando RNAs, mas não ajustada, utilizando para isso os valores de ET<sub>o</sub> reais de toda série considerada; IV – ET<sub>o</sub> real média, valores de ET<sub>o</sub> médias dos anos anteriores ao ano testado;. O quadro 1, mostra o resultado das lâminas totais de água aplicadas durante o ciclo da cultura, bem como o numero de irrigações em cada época de plantio em todos os anos testados. Não houve diferença estatística ao nível de 1% entre as médias do numero total de irrigações e dos totais de água aplicados quando se usou ET<sub>o</sub> ajustada e predita utilizando as RNAs em relação ao uso de ET<sub>o</sub> que realmente ocorreu (padrão). Estas no entanto diferiram estatisticamente dos valores

obtidos quando se utilizou a ETo média ou a ETo predita pelas RNAs sem ajuste. O comportamento semelhante entre as diferentes estratégias para o plantio de junho, se deve ao fato de poucas necessidades de ajuste da ETo nessa época do ano. Com exceção dos plantios de abril e novembro a utilização da ETo média ou a ETo predita pelas RNAs foram estatisticamente iguais e subestimaram tanto as lâminas totais de água aplicadas como o número de irrigações realizadas.

Quadro 1 – Comparação entre os lâminas totais de água aplicadas e número de irrigações nos diferentes estratégias para estimar ETo

Lâmina total de água aplicada (mm)					
Estratégia para estimativa de ETo	Épocas de plantio				
	Janeiro	Abril	Junho	Setembro	Novembro
ETo - Real	246,8*	318,8ab	370,2a	194,1a	150,0a
ETo - Ajustada e predita	243,4a	324,5a	374,5a	193,1a	151,7a
ETo - Real predita	213,9b	314,1b	349,0a	146,6b	121,9b
ETo - Real média	205,5b	312,4c	352,7a	140,5b	100,8c
Número total de irrigações					
ETo - Real	12,9a	13,2b	14,4a	12,5a	7,8a
ETo - Ajustada e predita	12,5a	14,4a	14,6a	12,3a	7,8a
ETo - Real predita	10,8b	12,8c	14,0a	10,3b	7,3b
ETo - Real média	10,4b	12,8c	14,2a	9,8b	5,5c

\* - Números acompanhados da mesma letra não diferem estatisticamente, ao nível de 1%, segundo teste LSD

Dois experimentos, visando comparar seis estratégias de manejo de irrigação na cultura do milho, em sistema de plantio direto, foram conduzidos na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG correspondendo a duas épocas de plantio, 27 de janeiro de 2003 e 02 de setembro de 2003. O delineamento experimental dos dois experimentos foi o de blocos inteiramente casualizados com três repetições e seis tratamentos. Nos cinco primeiros tratamentos, as irrigações foram feitas segundo o método do balanço de água no solo, sendo a estimativa da ETo estimada pelo uso do método de Penman-Monteith, o diferencial de cada tratamento, sendo: T1- ETo ajustada e predita com uso de RNAs utilizando a série histórica de dados climáticos (desde 1958) de Sete Lagoas MG; T2- ETo diária média, obtida da mesma série; T3- ETo diária predita, utilizando RNAs e valores de ETo diária de toda a série sem ajuste; T4- ETo diária, utilizando dados climáticos diários de uma estação climatológica próxima da área experimental, para estimativa da ETo, considerado como padrão e T5- evaporação diária do Tanque Classe A para estimativa da ETo utilizando coeficientes do tanque segundo Dorenbos & Pruitt. O último tratamento T6, foi irrigado toda vez que a média das leituras de três tensiômetros instalados a 20cm de profundidade indicavam tensões entre 5 e 6 MPa. Em todos os tratamentos as lâminas aplicadas foram estimadas para elevar o teor de umidade do solo até ao valor correspondente a 1,0MPa (capacidade de campo), sendo usado quatro aspersores setoriais, instalados nos cantos de cada parcela de 12m x 12m, previamente calibrados. O volume de água aplicada em cada parcela foi determinado como sendo a média do volume coletado em quatro coletores instalados no centro de cada parcela, distanciados de 4m um do outro. As produções médias de grãos, são apresentadas no quadro 2. Observa-se que o tratamento T4, foi o primeiro e segundo mais produtivo nos experimentos de janeiro e setembro respectivamente, e foi estatisticamente igual aos tratamentos T1 e T5 em ambos os plantios. Observa-se também

que o T2 e T3 foram estatisticamente iguais em ambos os plantios e com menores produtividades do que o tratamento T4 (padrão) no plantio de janeiro e menores que o T1 no plantio de setembro. O aumento do número de irrigações bem como, da lâmina total de água aplicada em cada tratamento, tendem a se relacionarem com o aumento da produtividade de grãos dos respectivos tratamentos. Esses resultados indicam que a programação de irrigação pelo método de balanço de água no solo utilizando a média da ETo ou a previsão da ETo sem ajuste, utilizando RNAs, de uma série de dados climáticos, afetou negativamente a produtividade do milho, quando comparado com o uso da ETo estimada diariamente pelo método de Penman-Monteith, pelos dados de ETo ajustados e preditos ou pelo uso da evaporação do tanque classe A. Dados de matéria seca total no final de cada cultivo, bem como o acúmulo de matéria seca ao longo do ciclo dos cultivos, tiveram comportamento semelhantes aos dados de produtividade do milho e de uso de água pela cultura.

Quadro 1 - Produção média de grãos de milho (kg/ha), total de água aplicado (mm) e número de irrigações, em cada tratamento.

Tratamentos	Plantio de janeiro			Plantio de setembro		
	Produção de grãos	Água aplicada	Número irrigações	Produção de grãos	Água aplicada	Número irrigações
T4	5688.9a <sup>*</sup>	232,1	6	7026.7ab	180,9	5
T1	5612.7ab	245,9	7	7194.0a	167,4	5
T6	5561.7ab	232,3	6	6037.7c	73,9	2
T5	5272.9ab	229,1	7	6830.0ab	176,5	5
T2	4801.6bc	178,2	5	6485.0abc	121,4	3
T3	4259.3c	205,1	5	6266.7bc	125,5	3
C.V.	8,76			6,31		

\* - Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste LSD

## Conclusões

O manejo das irrigações, pelo balanço de água no solo, utilizando a ETo estimada diariamente pelo método de Penman-Monteith, considerado como padrão, proporcionou as maiores produtividades de milho para plantios em setembro e janeiro, nas condições de Sete Lagoas, MG, enquanto utilizando valores médios de ETo calculados pelo método de Penman-Monteith, de uma série histórica de dados climáticos de 45 anos, causou redução de produtividades de milho.

O método do balanço de água no solo, utilizando-se valores de ETo ajustados e preditos por Redes Neurais Artificiais, com base em uma série histórica de dados climáticos (desde 1958) de Sete Lagoas MG, proporcionou produtividades igual ao método considerado padrão e estatisticamente superior ao uso da ETo média.

Considerando que a estratégia de estimar a ETo diariamente, demanda a coleta diária de vários dados climáticos e que o método Resende, utiliza banco de dados climáticos existentes, esse último se torna uma opção para se programar as irrigações de forma simples e com alta precisão, permitindo estabelecer um calendário das irrigações mesmo antes do plantio, contendo datas para se efetuar as irrigações, bem como, as respectivas lâminas de água a serem aplicadas, faltando computar somente as chuvas que venham ocorrer durante o ciclo da cultura.



---

XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 29/08 a 02/09 de 2004 - Cuiabá - Mato C

---