

## **FUNÇÃO DE PRODUÇÃO DA CULTURA DO MELÃO PARA NÍVEIS DE ÁGUA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO VALE DO CURU-CE**

**Viviane da Silva Barros**  
**Raimundo Nonato Távora Costa**  
**José Vanglésio de Aguiar**

*Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 804, CEP 60455-760, Fortaleza – CE.*

### **1 RESUMO**

Na presente pesquisa avaliaram-se os efeitos dos níveis de água, da adubação nitrogenada e da interação destes fatores sobre o rendimento econômico da cultura do melão, variedade AF-682. O experimento foi conduzido na área irrigada da Fazenda Experimental Vale do Curu, Pentecoste - CE, no período de agosto a dezembro de 1998. O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de seis lâminas de irrigação (233,8, 221,4, 204,4, 183,5, 158,9 e 132,2mm) e quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>). A aplicação de água foi realizada através de um sistema de irrigação por sulcos retos e abertos ao final. As irrigações foram controladas por tensiômetros, utilizando-se um potencial mátrico crítico e indicativo de quando irrigar, equivalente a -30kPa. O rendimento máximo de 30574 kg.ha<sup>-1</sup> foi obtido com uma lâmina total de água de 222,4mm e uma dose de nitrogênio de 209,2kg.ha<sup>-1</sup>. Constatou-se não apresentar vantagem econômica a substituição do fator lâminas de água pelo fator doses de nitrogênio. Nas parcelas que receberam o maior nível de adubação nitrogenada (300kg.ha<sup>-1</sup>), a eficiência de uso da água decresceu com o aumento da lâmina total de água. Quanto à eficiência ótima econômica do uso de água, de 13,77 kg.m<sup>-3</sup> ou 137,7 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>, correspondeu a uma adubação nitrogenada de 195,24 kg.ha<sup>-1</sup>.

**UNITERMOS:** irrigação por sulcos, adubação nitrogenada, rendimento.

### **BARROS, V.S., COSTA, R. N. T., AGUIAR, J. V. IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION EFFECT ON MELON CROP YIELD**

### **2 ABSTRACT**

This experiment aimed to determine the irrigation and nitrogen fertilization effect on melon crop yield. This experiment was carried out from August to December 1998 in Curu Valley Experimental Station at Pentecoste-CE. The experimental design was split plot randomized blocks and treatments consisted of six irrigation water levels (233.8, 221.4, 204.4, 183.5, 158.9 e 132.2mm) and four nitrogen fertilization levels (0, 75, 150 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>). The crop was irrigated by tensiometer monitoring set at 0.15 m deep. Water was applied every time the tensiometers reached -30 kPa. Maximum economic yield (30574 kg.ha<sup>-1</sup>) was obtained through the production function using 222.4 mm of water and 209.2 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. It could be concluded that there has been no advantage on

the water depth substitution for nitrogen fertilization The optimum economical water using was 13.8 kg.m<sup>3</sup> or 138 kg.ha<sup>-1</sup>.mm<sup>-1</sup>, corresponding to 195.2 kg.ha<sup>-1</sup> of nitrogen.

**KEYWORDS:** furrow irrigation, nitrogen fertilization, yield.

### 3 INTRODUÇÃO

O melão é uma das espécies olerícolas de maior expressão econômica e social para a região Nordeste do Brasil. Atualmente destacam-se como maiores produtores brasileiros os Estados de Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia, que contribuem com mais de 90% da produção nacional. No aspecto social, a cultura representa para a região nordeste a geração de 20.000 a 30.000 empregos diretos, sem contar com aqueles relacionados com transporte, comercialização e venda de insumos (Pedrosa, 1995).

O método de irrigação por superfície constitui, sem dúvida, o processo de aplicação de água mais conhecido e mais usado em todo o mundo, sendo inclusive um método tradicional de irrigação no Brasil, principalmente nas regiões Sul e Nordeste. Devido às dificuldades para obtenção de energia elétrica, a escassez de recursos técnicos e financeiros e a qualidade da água de irrigação, dentre outros fatores limitantes, uma boa parte dos produtores nordestinos utilizam a irrigação por superfície para desenvolver suas atividades olerícolas e frutícolas, especialmente no Vale do Curu, Ceará. O método de irrigação por superfície, representa 61,2% da área irrigada do Estado do Ceará (Girão et al., 2001).

A relação entre o rendimento da cultura e o suprimento de água pode ser determinada quando se puder quantificar, de um lado, as necessidades hídricas da cultura e os efeitos do déficit hídrico e de outro, os rendimentos máximo e real da cultura. Quando as necessidades são atendidas plenamente pelo suprimento de água disponível, então a evapotranspiração real ( $E_t$ ) é igual a evapotranspiração máxima ( $E_{t_{max}}$ ), quando o suprimento de água é insuficiente tem-se  $E_t < E_{t_{max}}$ . Quando as necessidades hídricas da cultura não são atendidas plenamente, o déficit hídrico na planta pode ser desenvolvido até um

ponto em que o crescimento e o rendimento da cultura tornam-se afetados. A forma em que o déficit hídrico afeta o crescimento e o rendimento da cultura varia de acordo com a espécie e o seu estágio fisiológico (Doorenbos & Kassan, 1994).

Segundo Aguiar (1989), apesar da relação produção - evapotranspiração ser a mais adequada para prever rendimentos, uma vez que nela é considerada a água realmente consumida pela planta, o rendimento como função da lâmina de água aplicada desperta mais interesse nos agricultores, pela possibilidade do controle exercido sobre a lâmina de água aplicada.

Quando a quantidade de água disponível é adequada e atende plenamente às necessidades hídricas do cultivo, o rendimento é máximo, dependendo do fornecimento necessário ao cultivo e a duração do ciclo agrônomico. Quando o fornecimento é limitado, o rendimento é determinado à medida que se pode atender às necessidades hídricas totais durante todo o ciclo (Martin & Valero, 1993).

Sabe-se que, para se obter um maior retorno econômico, satisfazer às necessidades hídricas das culturas não é suficiente, sendo necessário também observar outros fatores, tais como clima, solo e adubação. O fornecimento de água e nutrientes às culturas são fatores que limitam mais frequentemente o seu rendimento, reduzindo assim a eficiência do sistema de produção agrícola.

A relação física entre as quantidades utilizadas de um conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que se pode obter de um determinado produto é um conceito básico de função de produção. A função de produção serve como um indicador para a tomada de decisão em função de se obter uma maior produção por menor custo em determinadas condições de clima, solo, irrigação, adubação etc, dando assim condições de se decidir o quê e como plantar para se obter máximo retorno econômico.

O objetivo desse experimento foi estudar o efeito da lâmina total de água e da adubação nitrogenada sobre o rendimento econômico da cultura do melão, utilizando-se sistema de irrigação por sulcos.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de agosto a novembro de 1998, na área irrigada da Fazenda Experimental Vale do Curu – Pentecoste, CE, em solo de textura franco-siltosa, clima do tipo Aw', ou seja, clima quente e úmido, com chuvas máximas no outono. A precipitação média anual é de 806,5 mm com distribuição irregular e umidade relativa média do ar de 73,8 %.

Estabeleceu-se no experimento a cultura do melão, híbrido AF-682 do tipo amarelo, no espaçamento 1,60 m x 0,80 m. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas em quadro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de seis lâminas de água (233,8, 221,4, 204,4, 183,5, 158,9 e 132,2 mm) e quatro níveis de nitrogênio (0, 75, 150 e 300 kg.ha<sup>-1</sup>), ministrados 20% no plantio e 80% fracionados em quatro adubações de cobertura, com frequência de 10 dias após o plantio.

O sistema de aplicação de água foi por sulcos retos e abertos em declive, com 120 m de comprimento, carga hidráulica de 0,62 m e vazão de 0,72 L s<sup>-1</sup>, em sifões corrugados com diâmetro de 0,025 m e 4,0 m de comprimento. No controle das irrigações utilizou-se tensiometria, procedendo-se as irrigações sempre que o potencial mátrico do solo atingia 30 kPa, em tensiômetros instalados a 0,15 m de profundidade. O tempo de oportunidade de infiltração no ponto médio de cada parcela experimental era calculado com base na equação de infiltração obtida através do método dos dois pontos. Com a finalidade de obter-se parcelas com excesso e parcelas com déficit de umidade, a aplicação de água restringiu-se apenas à fase de avanço, em sulcos com 125,0 m de comprimento, conforme preconizado por Scaloppi, (1983). Na estimativa da infiltração

ajustou-se uma equação do tipo Kostiakov-Lewis modificado, tendo em vista aproximar-se melhor da infiltração em muitos tipos de solos (Walker, 1989).

O custo da irrigação (CI) foi composto pelo custo da tarifa d'água (C<sub>tar.</sub>) obtida junto ao DNOCS, correspondendo a R\$11,40/1000 m<sup>3</sup> (nov, 1998) acrescido dos custos de aplicação (C<sub>ap.</sub>), amortização (C<sub>am.</sub>) e manutenção (C<sub>man.</sub>), conforme a seguinte equação:

$$CI = \frac{C_{ap} + C_{am} + C_{man}}{L_{req.}} + C_{tar.} \quad (1)$$

sendo:

CI - custo da irrigação, R\$/mm aplicado

C<sub>ap.</sub> - custo de aplicação, R\$

C<sub>am.</sub> - custo da amortização, R\$

C<sub>man.</sub> - custo de manutenção, R\$

C<sub>tar.</sub> - custo da tarifa d'água, R\$/mm

L<sub>req.</sub> - lâmina de irrigação requerida no ciclo da cultura, mm

Na estimativa do custo de aplicação considerou-se o custo com mão-de-obra relativa a aplicação de água durante o ciclo da cultura e a lâmina de irrigação requerida ou necessária durante o ciclo, conforme Oliveira Júnior, (1998). No custo de amortização considerou-se o valor estabelecido pelo DNOCS (K<sub>1</sub>), no valor de R\$111,06, para fins de amortização da infra-estrutura de uso comum. Porém, em situações em que referido valor não seja estabelecido, sugere-se estimar com base no princípio de recuperação do capital, que consiste em determinar o pagamento (amortização) a partir do valor do investimento e de um fator de recuperação do capital. No custo de manutenção considerou-se o custo equivalente a 3% do custo de implantação do sistema (Leitch, 1983), citado por Duarte (1997).

Na definição da função de produção que estima o rendimento em função das lâminas de água (I) e doses de nitrogênio (N), testaram-se oito modelos estatísticos que se têm mostrado adequados em estudos anteriores no Brasil e no mundo, conforme Aguiar, (1989). A escolha do modelo que melhor representasse a função y = y(I,N), baseou-se na análise do coeficiente de

determinação, coeficiente de determinação ajustado, teste F para análise de variância, teste t para os coeficientes das variáveis e coerência dos sinais das variáveis no modelo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Superfície de resposta

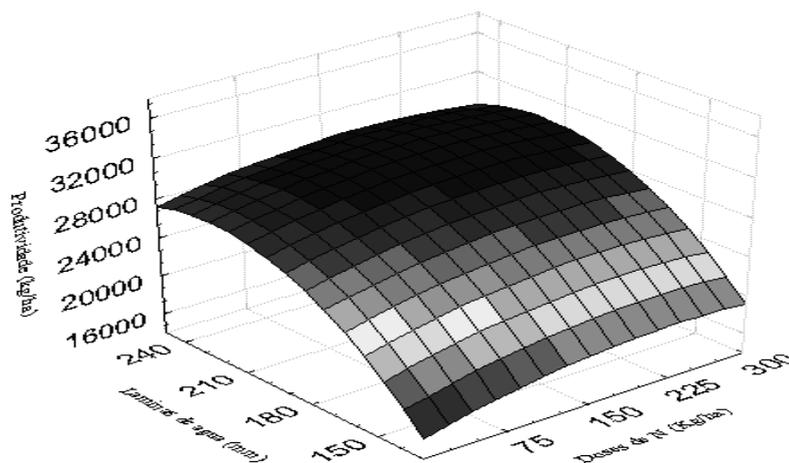
Em base aos critérios estabelecidos para definição do modelo matemático que melhor descrevesse o comportamento entre a estimativa do rendimento do melão em função dos níveis de água e nitrogênio, optou-se pelo modelo descrito na seguinte equação:

$$\hat{Y} = -37941 + 591,3988I + 26,2627N - 1,3293I^2 - 0,06276N^2 \quad (2)$$

O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,8161 indicou um bom ajustamento do modelo. Conforme Hoffmann et al. (1987), o coeficiente de determinação constitui uma unidade descritiva da qualidade do ajustamento obtido, indicando a proporção de variação de Y (variável dependente) que é explicada pela

regressão. Os resultados do teste t demonstraram efeitos altamente significativos para os parâmetros das variáveis I (Prob.>|T| = 0,0014) e  $I^2$  (Prob.>|T| = 0,0060); significativos para a variável N (Prob.>|T| = 0,0801). Embora o parâmetro da variável  $N^2$  (Prob.>|T| = 0,1692) não tenha evidenciado efeito significativo, o erro ao se incorporar tal parâmetro na equação encontra-se dentro dos padrões aceitáveis.

A função de produção encontra-se representada graficamente na Figura 1. A máxima produtividade de 30574 kg.ha<sup>-1</sup> foi obtida com uma lâmina total de água de 222,4 mm e uma dose de nitrogênio de 209,2 kg.ha<sup>-1</sup>. Visualiza-se um efeito altamente significativo do fator lâminas totais de água sobre o rendimento da cultura do melão, o mesmo não ocorrendo com o fator doses de nitrogênio, indicando dessa forma que o fator lâminas totais de água foi mais limitante no rendimento da cultura que o fator doses de nitrogênio. Evidencia-se a análise tendo em vista os gradientes de declive das linhas que compõem a superfície de resposta serem mais acentuadas para o fator lâminas totais de água que para o fator doses de nitrogênio.



**Figura 1.** Rendimento do melão em função de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.

### 5.2 Produto físico marginal

Os valores dos produtos físicos marginais foram obtidos a partir da derivação da equação da superfície de resposta em função das lâminas totais de água e doses de nitrogênio. Os produtos físicos marginais da água, para diferentes lâminas totais de água (valor superior) e do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio (valor inferior), encontram-se descritos no Quadro 1.

Verifica-se que para lâminas totais de água, o produto físico marginal diminui com o aumento da mesma, sendo que no intervalo de 221,4 a 233,8 mm encontra-se o ponto, a partir do qual é antieconômico o aumento nas lâminas

totais de água. Referido ponto é aquele em que o produto físico marginal é igual a zero, correspondendo a uma lâmina de 222,4 mm, na qual proporciona a maior produtividade. De forma semelhante para doses de nitrogênio, o produto físico marginal diminui à medida que os valores das doses aumentam, sendo que no intervalo de 150 e 300 kg.ha<sup>-1</sup> encontra-se o ponto a partir do qual não é indicado o aumento nas doses de nitrogênio. Referido ponto é aquele em que o produto físico marginal é igual a zero, correspondendo à dose de 210,0 kg.ha<sup>-1</sup>, pois esse valor proporciona a maior produtividade.

**Quadro 1.** Produtos físicos marginais da água, para diferentes lâminas totais de água(valor superior) e do nitrogênio para as diferentes doses de nitrogênio (valor inferior).

Lâminas totais de água (mm)	Doses de nitrogênio (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	0	75	150	300
132,2	239,93	239,93	239,93	239,93
	26,26	16,85	7,44	-11,39
158,9	168,95	168,95	168,95	168,95
	26,26	16,85	7,44	-11,39
183,5	103,55	103,55	103,55	103,55
	26,26	16,85	7,44	-11,39
204,1	47,98	47,98	47,98	47,98
	26,26	16,85	7,44	-11,39
221,4	2,78	2,78	2,78	2,78
	26,26	16,85	7,44	-11,39
233,8	-30,18	-30,18	-30,18	-30,18
	26,26	16,85	7,44	-11,39

### 5.3 Curvas de isoproducto

As curvas de isoproductos ou isoquantas, demonstram as combinações das doses de nitrogênio e das lâminas totais de água que resulta em um mesmo rendimento. Essas diferentes combinações foram obtidas a partir da função de produção, explicitando-se o fator água em função do nível de rendimento e do fator doses de nitrogênio.

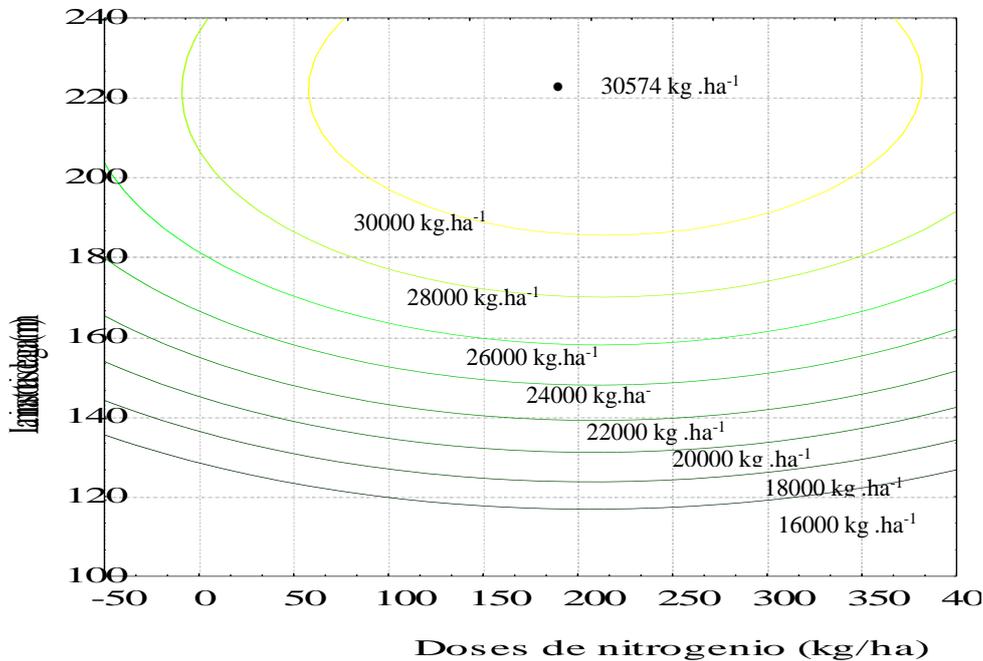
As combinações demonstram que quanto maior o rendimento, menor a quantidade de combinações, até o ponto onde se obtém

somente uma combinação de água e adubo a qual proporciona o maior rendimento, conforme Figura 2.

As linhas de isoproducto preceituam o que se denomina substituição de fatores, no qual um fator é substituído por outro fator sem que se altere o nível do produto. Ilustrando tal conceito, observa-se que o rendimento de 22000 kg.ha<sup>-1</sup> de melão foi obtido com as combinações de 160 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 142,80 mm de água ou com 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N e 151,0 mm de água. Tendo em vista a mesma equidistância vertical entre as curvas de isoproducto, observa-se uma redução gradual nas

declividades entre curvas consecutivas à medida que se aumenta o rendimento. Tal fato pode ser explicado face aos acréscimos de

rendimento progressivamente menores à medida que se incrementa o uso dos fatores de produção.



**Figura 2.** Curvas de isoprodutos

#### 5.4 Taxa marginal de substituição e região de produção racional

Entende-se por taxa marginal de substituição, as quantidades marginais de substituição de um fator por outro, neste caso, a proporção marginal de substituição do fator água pelo fator nitrogênio. A taxa marginal de substituição (TMS) é negativa quando os pontos de declividade da linha de isoproducto também forem negativos.

Verifica-se que os valores absolutos da TMS  $TMS_{1/N}$ , conforme Quadro 2, diminuem à medida que se reduz a quantidade de água e aumenta-se a quantidade de nitrogênio, ou seja, à medida que o fator água é substituído pelo fator nitrogênio. Em todos os níveis de rendimento, o aumento do nível de nitrogênio até cerca de 210 kg.ha<sup>-1</sup> acarreta uma redução

no nível de lâmina de água, mostrando que esses fatores comportam-se como substitutos. Acima da dose de 210 kg.ha<sup>-1</sup>, para que o rendimento seja mantido, existe um acréscimo no nível de lâmina de água, demonstrando que os dois fatores passam a se comportar como complementares, sendo então antieconômico o nível de rendimento.

A região de produção racional fica entre as duas linhas de fronteira, onde os dois fatores comportam-se como substitutos. Considerando-se o rendimento de 30000 kg.ha<sup>-1</sup>, para uma dose de nitrogênio de 210 kg.ha<sup>-1</sup> e uma lâmina de 201,5 mm, a inclinação da isoquanta é nula,  $TMS_{1/N} = 0$ . A partir desses valores limites, a combinação entre fatores para uma dada produtividade situa-se fora da região de produção racional, tornando-se antieconômica a produção ou irracional a atividade agrícola (Figura 2).

**Quadro 2.** Taxa marginal de substituição de lâmina de água por doses de nitrogênio em diversos rendimentos do melão.

N	16000kg.ha <sup>-1</sup>	18000kg.ha <sup>-1</sup>	20000kg.ha <sup>-1</sup>	22000kg.ha <sup>-1</sup>
---	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

(Kg.ha <sup>-1</sup> )	I		I		I		I	
	( mm )	TMS						
0	128,080	-0,105	136,420	-0,115	156,180	-0,149	168,720	-0,184
20	126,110	-0,093	134,260	-0,101	143,250	-0,113	153,400	-0,129
40	124,370	-0,081	132,360	-0,089	141,140	-0,098	150,990	-0,112
60	122,840	-0,071	130,710	-0,077	139,320	-0,085	148,920	-0,096
80	121,540	-0,060	129,290	-0,065	137,750	-0,072	147,150	-0,081
100	120,420	-0,051	128,080	-0,055	136,430	-0,060	145,670	-0,067
120	119,510	-0,041	127,100	-0,044	135,340	-0,048	144,460	-0,054
140	118,780	-0,032	126,320	-0,034	134,490	-0,037	143,510	-0,041
160	118,250	-0,022	125,740	-0,024	133,860	-0,026	142,800	-0,029
180	117,890	-0,013	125,350	-0,014	133,440	-0,015	142,330	-0,017
200	117,720	-0,004	125,170	-0,004	133,230	-0,005	142,110	-0,005
210	117,700	0,000	125,150	0,000	133,218	0,000	142,090	0,000
220	117,730	0,005	125,180	0,005	133,240	0,006	142,120	0,006
240	117,920	0,014	125,380	0,015	133,460	0,016	142,360	0,018
260	118,280	0,023	125,780	0,025	133,900	0,027	142,840	0,030
280	118,830	0,032	126,370	0,035	134,550	0,038	143,570	0,042
300	119,570	0,042	127,170	0,045	135,420	0,049	144,540	0,055
320	120,500	0,051	128,170	0,056	136,520	0,061	145,770	0,068
340	121,630	0,061	129,390	0,066	137,860	0,073	147,280	0,082
360	122,960	0,072	130,830	0,078	139,440	0,086	149,070	0,097

Continuação do Quadro 2

N (Kg.ha <sup>-1</sup> )	2400kg.ha <sup>-1</sup>		2600kg.ha <sup>-1</sup>		2800kg.ha <sup>-1</sup>		3000kg.ha <sup>-1</sup>	
	I ( mm )	TMS						
0	185,270	-0,266	-	-	-	-	-	-
20	165,320	-0,156	180,520	-0,213	206,530	-0,561	-	-
40	162,440	-0,133	176,660	-0,174	198,120	-0,328	-	-
60	159,980	-0,113	173,490	-0,144	192,570	-0,236	-	-
80	157,910	-0,095	170,870	-0,118	188,450	-0,179	-	-
100	156,190	-0,078	168,730	-0,096	185,290	-0,139	-	-
120	154,790	-0,062	167,010	-0,076	182,850	-0,106	214,480	-0,528
140	153,690	-0,047	165,680	-0,058	181,000	-0,079	207,850	-0,224
160	152,880	-0,033	164,700	-0,040	179,670	-0,054	204,420	-0,129
180	152,350	-0,020	164,060	-0,024	178,820	-0,032	202,470	-0,069
200	152,090	-0,006	163,750	-0,007	178,400	-0,010	201,580	-0,021
210	152,070	0,000	163,730	0,000	178,360	0,000	201,490	0,000
220	152,100	0,007	163,770	0,009	178,420	0,012	201,620	0,025
240	152,380	0,021	164,100	0,025	178,870	0,033	202,580	0,073
260	152,940	0,035	164,770	0,042	179,760	0,056	204,620	0,135
280	153,770	0,049	165,770	0,059	181,120	0,081	208,200	0,235
300	154,880	0,064	167,130	0,078	183,010	0,109	215,350	0,605
320	156,310	0,079	168,880	0,098	185,500	0,142	-	-
340	158,000	0,096	171,050	0,120	188,730	0,183	-	-
360	160,150	0,114	173,710	0,146	192,940	0,241	-	-

### 5.5 Eficiência de uso da água

Observa-se uma tendência de que a água foi utilizada pela cultura com uma maior eficiência à medida que se aumentava a dose de nitrogênio, embora estatisticamente a diferença entre tratamentos não tenha sido significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Nas parcelas que receberam o maior nível de adubação nitrogenada (300 kg.ha<sup>-1</sup>), a eficiência de uso da água decresceu com o aumento da lâmina total de água. Já os menores valores para essa variável ocorreram nas parcelas com maior lâmina de água, exceção para a dose de nitrogênio equivalente a 75 kg.ha<sup>-1</sup>. Verifica-se, também, que os maiores valores de eficiência de uso da água compreenderam os intervalos de

lâminas totais de água entre 132,2 e 158,9 mm. A estimativa da eficiência ótima econômica de uso de água no valor de  $13,77 \text{ kg.m}^{-3}$  ou  $137,7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ , corresponde a uma adubação nitrogenada de  $195,24 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

## 6 CONCLUSÕES

A estimativa de rendimento máximo do melão de  $30574 \text{ kg.ha}^{-1}$ , obtida com base na função de produção do melão aos níveis de água e nitrogênio, foi alcançada com uma lâmina total de água de 222,4 mm e uma dose de nitrogênio de  $209,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ ;

Na análise do fator lâminas totais de água, o produto físico marginal diminuiu com o aumento nos níveis de água, determinando-se no intervalo de 221,4mm a 233,8mm o ponto, a partir do qual não é indicado o aumento nas lâminas totais de água. De forma semelhante para o fator doses de nitrogênio, referido ponto situa-se no intervalo entre 150 e  $300 \text{ kg.ha}^{-1}$ ;

Nos diversos níveis de rendimento, o aumento na dose de nitrogênio até cerca de  $210 \text{ kg.ha}^{-1}$  acarretou uma redução no nível de lâmina de água, mostrando que os fatores comportaram-se como substitutos. Acima dessa dose de nitrogênio, porém, os fatores se comportam como complementares;

Todos os valores das taxas marginais de substituição de água por nitrogênio ( $\text{TMS}_{\text{IN}}$ ) foram inferiores ao valor da relação  $\text{P}_\text{N}/\text{P}_\text{1}$ , indicando não apresentar vantagem econômica a substituição do fator lâminas de água pelo fator doses de nitrogênio;

A eficiência ótima econômica do uso de água foi estimada no valor de  $13,77 \text{ kg.m}^{-3}$  ou  $137,7 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ , correspondente a uma adubação nitrogenada de  $195,24 \text{ kg.ha}^{-1}$ .

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. V. **Determinação do consumo de água e da função de produção do caupi irrigado no Município de Bragança-Pará.**

1989. 106 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1989.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. Crop response to water. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, Roma, n. 33, p. 1-194, 1979.
- DUARTE, S.N. **Modelo para avaliação de desempenho de sistemas de drenagem subterrânea e cálculo de espaçamento de drenos.** 1997. 143 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- GIRÃO, A. R. et al. Área irrigada e métodos de irrigação no Estado do Ceará, segundo o Censo Agropecuário de 1995-1996. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 161-165, 2001.
- HOFFMANN, R. et al. **Administração da Empresa Agrícola.** 7. ed. São Paulo: Pioneira, 1987. 325 p.
- MARTIN, F.; VALERO, A. **Agronomia del riego.** Madri: Mundi-Presa, 1993. 732 p.
- OLIVEIRA JR., N. M. Análise econômico-comparativa de planos de cultivo em solo sódico submetido a um manejo integrado de recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 165-169, 1998.
- PEDROSA, J. F. **Cultura do melão.** Mossoró: Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1995. 36 p.
- SCALOPPI, E. J. Metodologia para determinação de função de produção da água. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 15, p. 31-33, 1983.
- WALKER, W. R. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation system. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, Roma, n. 45, p. 1-138, 1989.