PRODUÇÃO AGRÍCOLA E USO DA ÁGUA

Importância e padrões do uso da água na agricultura brasileira

Salassier Bernardo[1]

- **Considerações Gerais**

Na agricultura irrigada, o fator **"água"** deve ser otimizado possibilitando, sem maiores riscos, aumentar a utilização dos demais fatores de produção e, por conseqüência, obter-se maiores produtividades com uma melhor combinação dos insumos empregados. Para tanto, o conhecimento das funções de produção ou superfícies de resposta é fundamental para auxiliar nas decisões, haja visto que estas funções possibilitam determinar as interações entre os diversos fatores que afetam a produtividade, e escolher as soluções mais condizentes com a realidade regional, permitindo assim o manejo racional da irrigação em bases técnicas e econômicas.

Ao manejar, de forma racional, qualquer projeto de irrigação, deve-se considerar os aspectos sociais e ecológicos da região e procurar maximizar a produtividade e a eficiência de uso de água e minimizar os custo, quer de mão-de-obra, quer de capital, de forma a tornar lucrativa utilização da irrigação. Ou seja, não se deve fazer irrigação só para dizer que se estar fazendo agricultura irrigada, mas sim com o objetivo de aumentar o lucro, com o aumento da produtividade, quer em quantidade, quer em qualidade, ou com o objetivo de incorporar à agricultura terras que sem o uso da irrigação não seria possível serem cultivadas.

Existem muitas evidências no mundo de que grandes áreas, após os benefícios iniciais da irrigação, têm-se tornado impróprias à agricultura. Apesar de seus imensos benefícios, ela tem criado impactos ambientais adversos ao solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora, e, em alguns casos, às condições sócio-econômicas da população local.

Quanto aos aspectos ecológicos, tanto a total desconsideração como as supervalorizações dos impactos ambientais não são benéficas ao desenvolvimento sustentado da irrigação. Devemos envidar esforços para a obtenção de dados confiáveis que permitam quantificar, com precisão, a magnitude do impacto ambiental ocasionado pela irrigação, de modo que possam ser considerados na execução e manejo dos projetos. Procedendo assim, teremos um crescimento sustentável da irrigação, evitando que seja baseado exclusivamente em benefícios financeiros de curto prazo, que trazem sérios problemas ao meio ambiente.

Não concordamos com aqueles que preconizam a paralisação do desenvolvimento de novos projetos de irrigação, em virtude de possíveis problemas ecológicos, mas também não podemos concordar com os que desconsideram totalmente os impactos ambientais relacionados com esses projetos e se apóiam somente na relação financeira entre beneficio e custo. Ambos os lados analisam, exclusivamente, uma única face do problema. Acreditamos que, na maioria dos casos, é possível compatibilizar desenvolvimento da irrigação com proteção do meio ambiente.

A irrigação no Brasil, infelizmente, ainda não esta sendo praticada com boa eficiência. Todavia, com a competição cada vez maior por **"água"**, pelos vários setores da sociedade, associada aos movimentos ecológicos, conscientizando a população da importância de um meio ambiente mais saudável e menos poluído, haverá, sem dúvida, pressão para que a irrigação seja conduzida com maior eficiência, de modo que cause o

[1] Professor Titular do Laboratório de Engenharia Agrícola – CCTA/UENF

mínimo de impacto possível no meio ambiente, notadamente no que se diz respeito à disponibilidade e qualidade da **"água"** para as múltiplas atividades.

Deste modo, cada vez mais, torna-se de grande importância a conscientização da sociedade sobre a necessidade de se usar de forma racional os recursos hídricos. E que o direito de utilização da água encrue também a responsabilidade de usa-la de forma adequada.

Assim sendo, cada vez mais, os técnicos que tratam desse assunto deverão ter obrigação de tomar cuidado para que a irrigação no país não seja implementada de forma atabalhoada, e que seus benefícios não sejam ilusórios ou momentâneos, mas sob enfoque de desenvolvimento sustentado, de modo que gere benefícios a curto, a médio e a longo prazo, sem degradar o solo e o meio ambiente. Precisa-se, também, conscientizar a população de que **"água"** é um bem nobre, com disponibilidade cada vez mais limitada e de uso múltiplo.

A finalidade básica da irrigação é proporcionar água às culturas de maneira a atender as exigências hídricas durante todo seu ciclo, possibilitando altas produtividades e produtos de boa qualidade. Sendo que a quantidade de água necessária às culturas é função da espécie cultivada, do local de cultivo, do estádio de desenvolvimento da cultura, do tipo de solo e da época de plantio.

Um bom programa de irrigação pode beneficiar a uma cultura de muitos modos, a saber: aumentando sua produtividade; permitindo maior eficiência no uso de fertilizantes; permitindo uma programação de cultivo, isto é, a elaboração de uma escala de plantio que possibilite a obtenção de duas ou mais colheitas por área/ano; permitindo a introdução de cultivos mais caros; minimizando o risco de investimentos na agricultura, etc. Mas é de capital importância que se tenha consciências de que a irrigação como prática isolada, não propiciará os benefícios desejados, pois precisa ser acompanhada de outras práticas culturais para poder gerar os lucros esperados da exploração agrícola irrigada, tais como: variedades produtivas, adubação e tratos culturais apropriados.

Define-se como função de produção a relação técnica entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo qualquer e a produtividade física possível de se obter com a tecnologia existente.

Para quantificar os benefícios econômicos da irrigação, é necessário saber quantificar o esperado aumento na produtividade em função do aumento de água aplicada. A representação gráfica ou matemática desta relação é denominada função de produção **"água-cultura**".

Estudos agro-econômicos utilizando-se função de produção são bastante difundidos em alguns países. A utilização destas funções para determinar os níveis ótimos econômicos dos fatores de produção é o que tem permitido melhorar o desempenho daqueles produtores. No Brasil, ainda são poucos os trabalhos realizados nesta linha de pesquisas, e concentra-se, em sua maioria, na determinação das dosagens mais econômicas de fertilizantes.

Uma função de produção "água-cultura" típica é quando relacionamos "lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura" versus "produtividade comercial".Outra maneira de expressar funções de produção "água-cultura" é relacionar lâminas aplicadas por estádios de desenvolvimentos da cultura, ou evapotranspiração, ou tensão ou umidade do solo versus produtividade.

Na Figura 1, tem-se um exemplo clássico de uma função de produção "água-cultura" (BERNARDO, 1996).

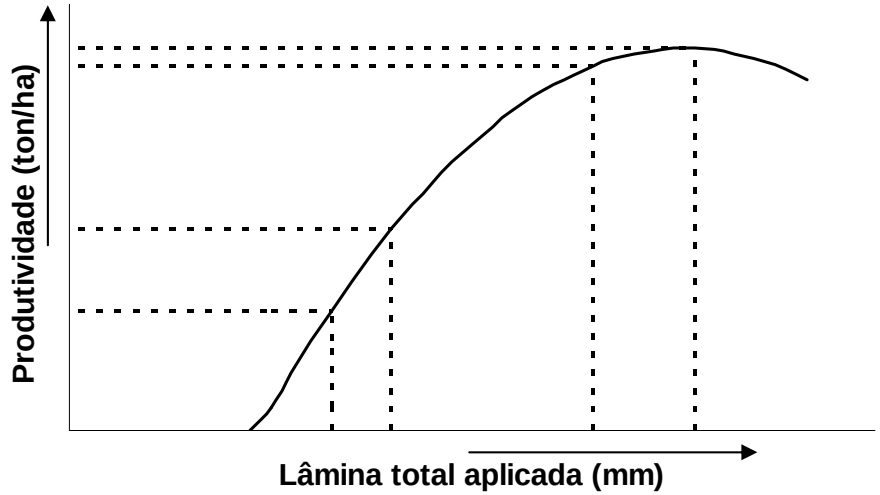

Figura 1. Exemplo Típico de Função de Produção "Água – Cultura".

Normalmente as expressões matemáticas das funções de produção "água-cultura" são do tipo linear, potencial e exponencial. E em geral, podemos expressá-las da seguinte forma:

$$Y = f(X_1, X_2, ..., X_n) \quad (1)$$

em que,
Y - representa a produtividade da cultura; e.
X1, X2 e Xn - os fatores que afetam esta produtividade.

Trata-se de uma relação empírica, obtida normalmente por análise de regressão entre as variáveis dependentes (produtividade) e uma ou mais variáveis independentes (entre elas lâmina de água aplicada), conforme o modelo proposto.

Para a função de produção "água – cultura", quando se trabalha com lâmina total aplicada, normalmente usa-se um modelo polinomial de segundo grau, da forma:

$$Y = a + b.W + c.W^2 \quad (2)$$

em que,

Y - produtividade, kg ou t/ha;
W - lâmina total aplicada, mm; e.
a,b e c - coeficientes de ajuste.

Ou quando se trabalha com evapotranspiração (ET), usa-se em geral, modelo linear (polinômio do primeiro grau) da forma:

$$Y = a + b.ET \quad (3)$$

Na obtenção de dados de campo para se ajustar à função de produção deve-se trabalhar com no mínimo seis (06) lâminas distintas, distribuídas uniformemente ao longo do ciclo da cultura, ou distribuídas por fase ou estádio da cultura. Quando se trabalha com lâmina total por ciclo, os dados são mais fáceis de serem obtidos e analisados, mas não possibilitam a otimização da lâmina aplicada por fase ou estádio da cultura. Em contrapartida, quando se trabalha por fase ou estádio da cultura, apesar de maior dificuldade para gerar e analisar os dados podemos variar os tratamento por fase em função da maior ou menor sensibilidade ao déficit de água da cultura nos diferentes estádios de seu desenvolvimento.

A maioria dos cultivos anuais ou bi-anuais é sensível à variação da umidade do solo, de forma diferenciada por espécie, e em cada espécie, ao longo das fases ou estádios do seu ciclo vegetativo. Existindo assim fases mais sensíveis ao déficit de umidade do solo, denominadas fases críticas.

O alto custo de implantação dos sistemas de irrigação, aliado à relação direta existente entre o custo de operação da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada, conduz cada vez mais à necessidade de se otimizar tanto o uso da água com um bom manejo da irrigação quanto dos demais insumos de produção. Dos fatores complementares da produção agrícola a água e a adubação são aqueles que limitam os rendimentos com maior intensidade, considerando um bom material genético e um bom controle de pragas e doenças. Deste modo, as aplicações racionais da irrigação e da adubação são fundamentais para o aumento da produtividade e do retorno econômico na agricultura irrigada. Estas aplicações racionais tanto da irrigação quanto da adubação poderão ser conseguidas quando se conhecer as funções de produção das culturas nas diferentes regiões do País.

Os custos dos sistemas de irrigação variam com os métodos de irrigação utilizados, com as culturas irrigadas, com a topografia e tipo de solo e com a região. Dados levantados por SOARES et al. (2003) sobre custos de implantação de sistemas de irrigação, produtividade e eficiência do uso de água para cana-de-açúcar na Usina Agrovale, Juazeiro(BA), com área cultivada de aproximadamente 15.000 ha, podem ser assim resumidos (Tabela 1).

Tabela 1. Custos de implantação de sistemas de irrigação, produtividade e eficiência do uso de água para cana-de-açúcar na Usina Agrovale, Juazeiro –BA.

		Sulco com canal	Sulco com tubo janelado	Pivô central	Sistema Linear	Gotejamento
Custo de Implantação	(R$/ha)*	450,00	1.513,00	5.870,00	6.562,00	6.243,00
Produtividade	(t/ha)	98	98	130	-	116
Eficiência de uso de água	(Kg/m^3)	4,9	4,9	7,15	-	7,13

* US$ = R$ 2,90

Dados que também nos foram disponibilizados (Prof. Everardo C. Mantovani) sobre custos de implantação de sistemas de irrigação para o cafeeiro variaram de R$ 1.200,00 a R$ 6.000,00 por hectare. Assim distribuídos:

- Pivô Central convencional = R$ 3.000,00/ha;
- Gotejamento autocompensante, em cultivo adensado = R$ 6.000,00/ha;
- Gotejamento convencional, em cultivo adensado = R$ 5.000,00/ha;
- Tubo flexível perfurado (tripa) fixo = R$ 2.200,00/ha;
- Tubo flexível perfurado (tripa) móvel = R$ 1.200,00/ha.

Além da relevância do cultivo irrigado no aumento da produtividade e da produção e, como conseqüência, no aumento do lucro do produtor, existem os benefícios socioeconômicos indiretos, tais como o aumento do número de empregos na região, os quais somente serão duradouros se os cultivos irrigados tiverem sustentabilidade econômica, social e ambiental, ou seja, se forem economicamente viáveis, socialmente responsáveis e ambientalmente sadios.

No cultivo irrigado é de capital importância definir os estágios de desenvolvimento da cultura a fim de otimizar a eficiência de aplicação da irrigação. Assim sendo, pode-se dividir o ciclo da maioria das culturas em quatro (04) ou cinco (05) estágio de desenvolvimento. Bem como identificar os estágios mais críticos ao déficit hídrico e os não muito críticos. Bem como, a existência de estágios que respondem positivamente ao déficit hídrico, como, por exemplo, o período de pré-floração do café, da manga, do limão e o período de maturação da cana-de-açúcar. Na fruticultura, geralmente, um déficit de umidade no solo antes da floração evita o excesso de crescimento vegetativo, induz a formação de gemas florais e antecipa e aumenta a formação de botões florais.

Para o crescimento sustentado do cultivo irrigado no pais, tanto o poder público quanto a industria e os produtores devem estabelecer programas com ações integradas e seqüenciais. Demandando dos governos - Federal, Estadual e Municipal - uma política regional de apoio financeiro à pesquisa de irrigação em cultivares de alto potencial produtivo sob condições ótimas de adubação e fitossanidade.

- **Produtividade na Agricultura Irrigada**

No Brasil, dispomos de poucos trabalhos visando a obtenção de funções de produção “água-cultura”, das culturas irrigáveis nas diversas regiões. Apresentaremos alguns resultados de trabalhos direcionados na obtenção de funções de produção que orientamos na Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF.

Trabalho realizado em Campos dos Goytacazes – RJ, em 1996, objetivando determinar funções de produção da cana-de-açúcar em relação à lâmina de irrigação (Sousa, 1997).

- Relação entre produtividade de colmos e irrigação (Figura 2).

À medida que se aumentou a quantidade de água aplicada (irrigação + precipitação), houve incrementos positivos de produtividade até atingir um valor máximo. Após esse valor, houve decréscimo de rendimento com o aumento de lâmina total aplicada.

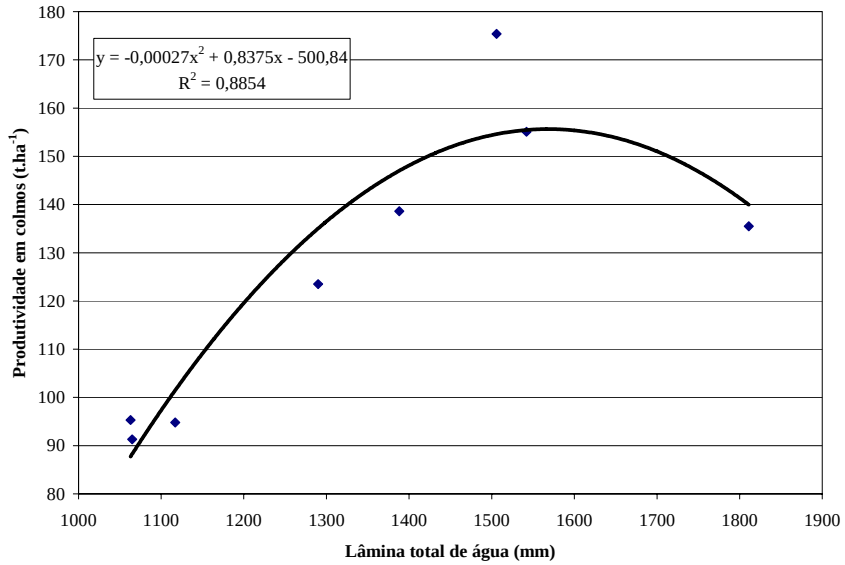

Figura 2- Produtividade da cana-de-açúcar em colmos, em função da lâmina total de água, para variedade RB72454 (rendimento agrícola).

Isso pode ser explicado pelo fato de a água ser um fator limitante à produção. À medida que se aumenta sua disponibilidade, a cultura pode expressar melhor o seu potencial produtivo até um determinado ponto, após o qual a produtividade passa a decrescer, devido ao excesso de água no solo, à baixa aeração na zona radicular e a lixiviação de nutrientes. O incremento de produtividade de colmo foi de 68 t ha^{-1}.

- Relação entre produtividade de açúcar e irrigação (Figura 3)

O rendimento industrial foi obtido multiplicando-se o teor de açúcar medido em cada parcela pela produtividade correspondente. Não foi identificada diferença significativa nos teores de açúcar entre as parcelas em relação à quantidade de água aplicada. O rendimento em açúcar (rendimento industrial) seguiu o mesmo comportamento do rendimento em colmos. O acréscimo em açúcar foi de 10 t ha^{-1} .

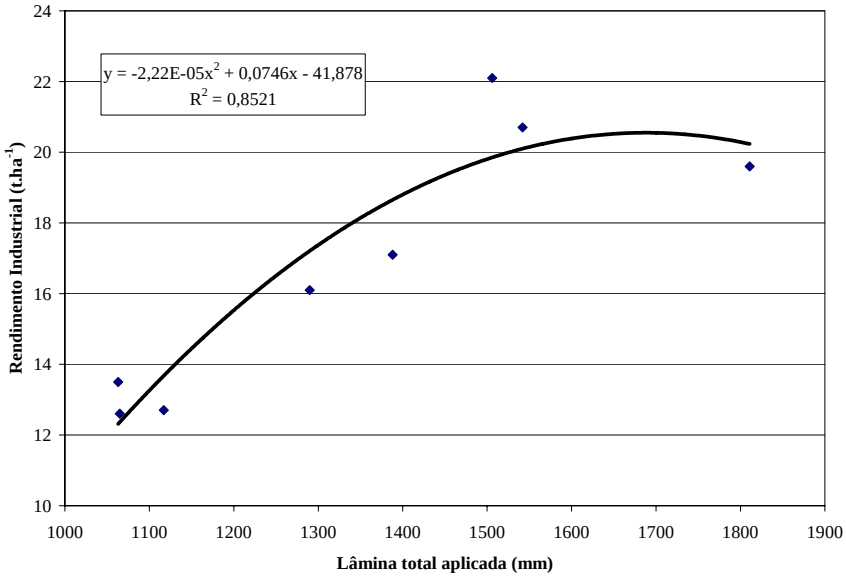

Figura 3- Rendimento de açúcar em função da lâmina total de água para variedade RB72454 (rendimento industrial).

Trabalho realizado em São Francisco do Itabapoana – RJ, em 1966-1967, objetivando determinar funções de produção da goiabeira em relação à lâmina total de água – Figura 4. (Sousa, 1997).

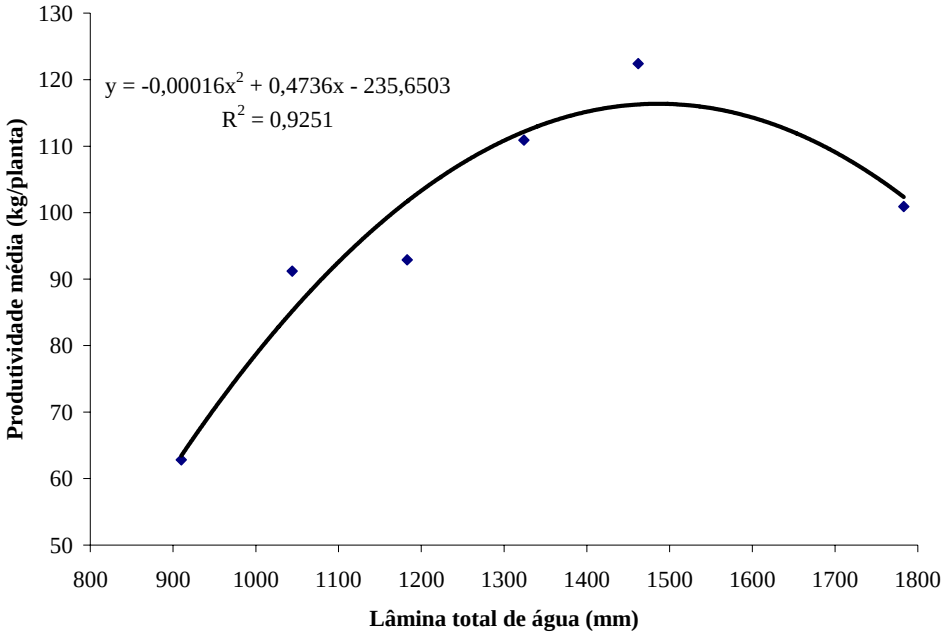

Figura 4. Estimativa de produtividade comercial da goiabeira, em kg planta^{-1}, em função da lâmina total de água.

Trabalho realizado em Campos dos Goytacazes – RJ, em 1996-1997, objetivando determinar funções de produção do maracujazeiro em relação a lâmina total de água – Figura 5. (Martins, 1998)

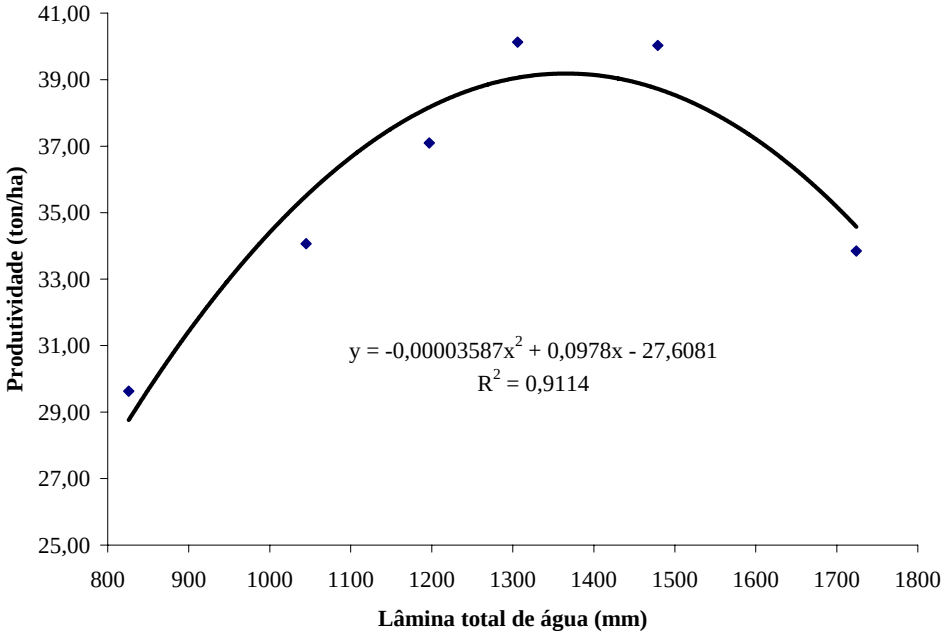

Figura 5. Estimativa da produtividade comercial do maracujazeiro, em t ha^{-1} em função da lâmina total de água.

Trabalho realizado em Campos dos Goytacazes – RJ, em 1998-2000, objetivando determinar funções de produção do mamoeiro papaya em relação a lâmina total de água – Figura 6. (Almeida – 2000)

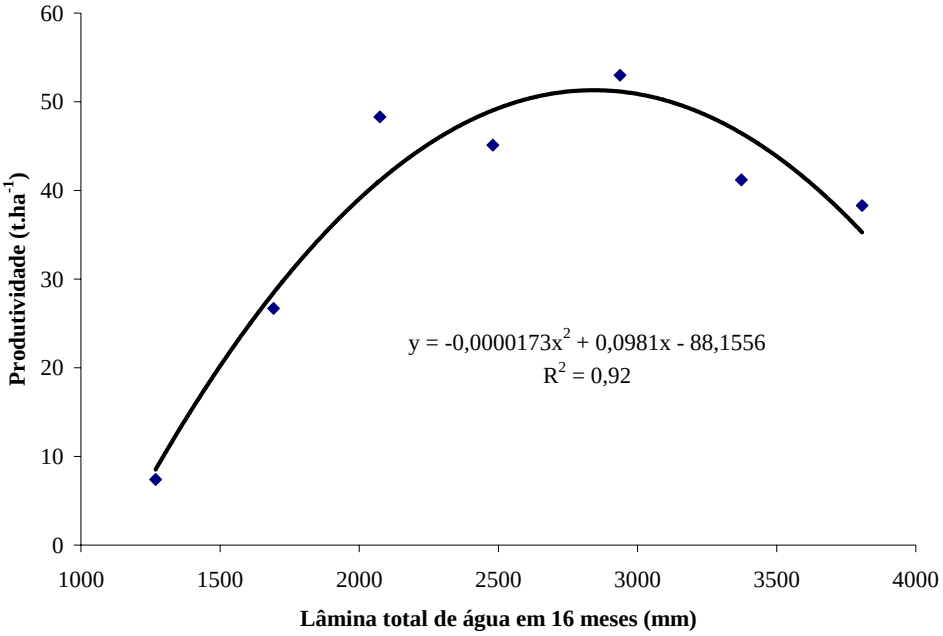

Figura 6. Estimativa da produtividade total do mamoeiro, em t ha^{-1} em função da lâmina total de água em 16 meses.

• Padrões de uso da água

A qualidade da água para irrigação muitas vezes é definida em função apenas de sua salinidade. Mas o correto é analisá-la em função dos seus efeitos no solo, na cultura, no manejo da irrigação e no usuário da cultura irrigada. Assim sendo, os parâmetros básicos para serem analisados são:

- concentração total de sais;
- proporção relativa de sódios;
- concentração de ferro;
- concentração de elementos tóxicos;
- aspectos sanitários;
- sólidos em suspensão.

Tem-se entre as propostas de classificação da água para irrigação dois modelos muito difundidos, ou seja:

- Modelo de classificação proposto pelo "U. S. Salinity Laboratory Staff- U.S.D.A.". Este modelo baseia-se na condutividade elétrica (CE) como indicadora do perigo de salinização do solo e na Razão de Adsorção de Sódio (RAS) como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo. Considera-se também os efeitos da concentração de boro e bicarbonato.
- Modelo de classificação proposto por "Ayers e Westcost".

Este modelo baseia-se também em quatro áreas problemas:

- salinidade;
- redução da capacidade de infiltração do solo;
- toxicidade;
- "diversos"

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabeleceu padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento bem como classificação das águas em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA n. 20 de 18/06/86), explicitados nas Tabelas 2 e 3 (Demetrius David da Silva).

Tabela 2. Classificação das águas doce em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA n. 20 de 18/06/86). Fonte: von SPERLING (1995)

USO	CLASSES				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X(a)	X(b)	X(b)	
Preserv. do equilíbrio natural das comum. aquática	X				
Recreação de contato primário		X	X		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Irrigação		X(c)	X(d)	X(e)	
Criação de espécies (aqüicultura)		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

(a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas produzidas rentes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Tabela 3. Padrões de Qualidade para os corpos d'água das diversas classes (Água doce) e padrão de lançamento (Resolução CONAMA n. 20, 18/06/86). Fonte: von SPERLING (1995)

PARÂMETROS	UNIDADE	PADRÃO PARA CORPO D'ÁGUA			
		CLASSES			
		1	2	3	4
COR	uH	30	75	75	-
TURBIDEZ	UNT	40	100	100	-
SABOR E ODOR	-	VA	VA	VA	-
TEMPERATURA	ºC	-	-	-	-
MATERIAIS FLUTUANTES	-	-	VA	VA	VA
MATERIAIS SEDIMENTÁVEIS	ml L^{-1}	VA	VA	VA	-
ÓLEOS E GRAXAS	-	VA	VA	VA	(1)
CORANTES ARTIFICIAIS	-	VA	VA	VA	-
Ph	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
DBO_5	mg L^{-1}	3,0	5(2)	5(2)	-
DQO	mg L^{-1}	-	-	-	-
OD	mg L^{-1}	≥ 6	≥ 5	≥ 5	≥ 2
SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	mg L^{-1}	-	-	-	-
COLIFORMES TOTAIS	org/100mL	1.000	5.000	5.000	-
COLIFORMES FECAIS	org/100mL	200	1.000	1.000	-

VA – Virtualmente ausente; (1) toleram-se efeitos iridiscentes (cores do arco-iris); (2) pode ser ultrapassado com estudos de alto depuração.

- **Referências Bibliográficas**

ALMEIDA, F. T. Resposta do Mamoeiro (Carica papaya L.) do Grupo Solo, a Diferentes Lâminas de Irrigação no Norte Fluminense. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2000, 125p.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 6ª ed. Viçosa-MG: Impressa Universitária, 1996, 657p.

BERNARDO S. Irrigação e Produtividade. IN: Manuel Alves Faria (ed.), Manejo de Irrigação. Lavras-MG. UFLA/ SBEA, 1998, p. 117 – 132.

MARTINS, D. P. Resposta do Maracujazeiro Amarelo (Passiflora edulis Sins var. flavicarpa) a Lâminas deIrrigação e Doses de Nitrogênio e Potássio. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes - RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 1998, 84p.

SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; JUNIOR, W. F. G.; FILHO, A. A. A. Agrovale, Uma experiência de 25 anos em Irrigação da Cana-de-açucar na região do Submédio São Francisco. Revista ITÉM, n. 60, 2003, P.55-62.

SOUZA, E. F. Função de Produção da Cana-de-açúcar e da Goiabeira em Relação à Irrigação. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 1997, 119p.