

**EFICIÊNCIA EM SISTEMAS COM INUNDAÇÃO**  
**O CASO DO ARROZ**

**Prof. Afranio Almir Righes**  
Ph.D em Engenharia de Água e Solo  
**UNIFRA**

## **1. INTRODUÇÃO**

No planejamento e desenvolvimento dos projetos de irrigação um dos principais fatores limitantes é decidir qual a eficiência de uso da água a ser adotada nos cálculos, devido a pouca disponibilidade de conhecimentos básicos sobre o tema. Obviamente, os valores de eficiência da irrigação utilizados em um determinado projeto nem sempre serão atingidos no futuro.

Considerando que a eficiência de irrigação é usualmente um parâmetro estimado nos projetos, os engenheiros deparam-se com o problema de incerteza nos cálculos de dimensionamentos. Para evitar problemas futuros, os canais, reservatórios e estruturas hidráulicas são geralmente super estimados, em relação ao que seriam necessários, se os coeficientes de eficiência fossem mais confiáveis. Estes procedimentos têm ocasionado maiores investimentos do que seriam necessários reduzindo a rentabilidade do produtor.

A eficiência de irrigação, sendo definida como a razão entre a quantidade de água efetivamente transpirada pela planta e a quantidade retirada da fonte, em âmbito mundial, é ainda muito baixa, em torno de 45 %. De acordo com os cálculos de Yoshinaga, diretor da Organização para Agricultura e Alimentação (FAO), agência das Nações Unidas (ONU), o incremento de apenas 1% na eficiência do uso da água de irrigação, nos países em desenvolvimento de clima árido, significaria uma economia de 200 mil litros de água, por agricultor, por hectare/ano. O especialista da FAO diz que as áreas irrigadas, nos países em desenvolvimento, devem aumentar dos atuais 202 para 242 milhões de hectares. A irrigação utilizada de forma racional pode promover uma economia de aproximadamente 20 % da água e 30 % da energia consumida. Do valor relativo à energia, a economia de 20 % seria devido à não aplicação excessiva da água e 10 % devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados (LIMA, FERREIRA e CHRISTOFIDIS, 1999).

Nas lavouras arroyeiras no Brasil existe uma grande lacuna em relação às estruturas de monitoramento de vazões. Os orizicultores em geral não dispõem de calhas medidoras em canais de derivação e nem dispositivos automáticos de controle de vazão, o que tem dificultado enormemente as estimativas de consumo de água. Obviamente, as estimativas de eficiência de uso da água em sistemas de irrigação por inundação, sem monitoramento do volume consumido, ficam prejudicados. Objetivando conhecer melhor o uso consuntivo de água pela cultura do arroz, torna-se necessário um maior conhecimento básico sobre a eficiência da irrigação sob diferentes condições topográficas, de solo, clima, sistema de cultivo, nível tecnológico e das condições sócio-econômicas. Para uma melhor compreensão do tema, esta abordagem descreve inicialmente a disponibilidade dos recursos hídricos em nível mundial, o uso e disponibilidade de água no Brasil, consumo de água pela lavoura de arroz irrigado por inundação, em função de diferentes manejos, a eficiência do uso da água pela cultura do arroz concluindo com algumas alternativas para aumentar a eficiência do uso da água e a disponibilidade de água em sistemas de produção para a lavoura de arroz irrigado por inundação.

## 2. DISPONIBILIDADE E USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O Relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) faz um alerta mundial: em 28 anos, a carência de água atingirá dois terços da população. Com base nas estimativas de aumento populacional 8,3 bilhões de pessoas habitarão a Terra em 2025. Isto significa que, em torno de 5,5 bilhões de pessoas vão sofrer com a falta de água e deverão reduzir o consumo em 35%. A demanda de água no mundo dobra a cada 21 anos, tendo aumentado 10 vezes desde 1900. Estas afirmações são previsões, e como tal, podem mudar se os cenários forem alterados, entretanto, servem de alerta para a humanidade em relação ao uso, manejo e conservação da água.

O volume total de água em rios é cerca de 1.230 km<sup>3</sup> o que representa 1/10.000 de 1% da água da terra, portanto, grande atenção deve ser dispensada pelos órgãos governamentais para manter viva esta importante fonte de água para a produção de alimentos com irrigação. Observa-se que grande quantidade de água doce não é utilizada, pois se localiza nas geleiras das calotas polares e nos aquíferos profundos onde o custo de bombeamento praticamente inviabiliza seu uso. Apenas como exemplo, em Nebraska EUA, onde a precipitação média anual é aproximadamente 300mm, e em função do alto custo de bombeamento da água subterrânea os agricultores usam o sistema “Dry Farming”, Nesse sistema o trigo é cultivado em faixas alternadas, armazenando água no solo de um ano para outro viabilizando um cultivo a cada dois anos.

O uso da água nos países em desenvolvimento é de aproximadamente 82% na agricultura, 10% na indústria e 8% no uso domiciliar, enquanto que, nos países desenvolvidos é de 30% na agricultura, 55% na indústria e 11% nas residências e em termos médios tem-se: 69% na agricultura, 23% na indústria e 8% uso doméstico (Figura 1).

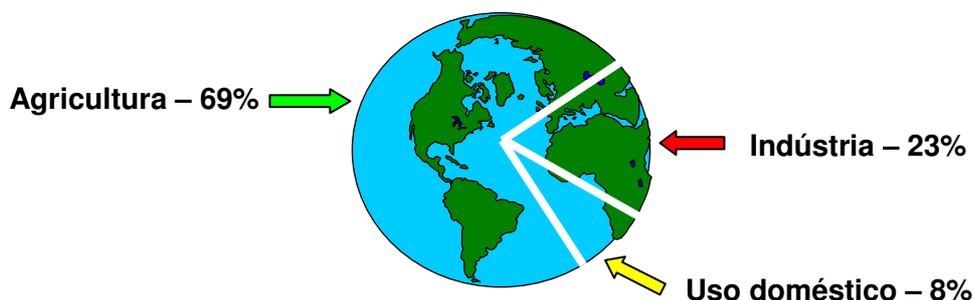


Figura 1. Uso da água no Mundo (fonte: WWF, 1998)

O Brasil é um país rico em água. Detém 8% do potencial de toda a água do Mundo, entretanto, tem uma distribuição desigual. Da água potável brasileira, 81% está na Bacia Amazônica onde se concentra 5% da população e os 19% para o restante do País onde se concentra 95% da população brasileira (Figura 2).

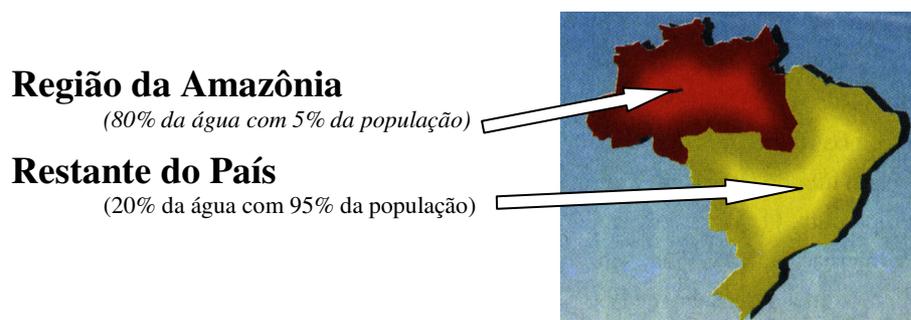


Figura 2. Distribuição da água no Brasil (MAIA NETO, 1997)

O Brasil tem cerca de 12 % da vazão de todos os rios do mundo, não contando com a água subterrânea. Considerando os recursos hídricos subterrâneos novamente o Brasil tem em seu território a maior reserva de água do Mundo. Segundo o Prof. Eduardo Felga Gobbi em entrevista a EcoTerra Brasil, afirma que o Aquífero Guarani é a principal reserva subterrânea de água doce e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo, ocupando uma área total de 1,2 milhões de km<sup>2</sup>. Estende-se pelo Brasil (840.000 km<sup>2</sup>), Paraguai, Uruguai e Argentina, área equivalente aos territórios da Inglaterra, França e Espanha. Sua maior ocorrência se dá em território brasileiro (2/3 da área total). O Aquífero Guarani constitui-se em uma importante reserva estratégica para o abastecimento da população, para o desenvolvimento das atividades econômicas e do lazer. O volume de água estimado dentro do Aquífero é de 46 mil quilômetros cúbicos. Só para dar uma idéia, todos os rios do mundo juntos jogam nos oceanos mais ou menos 41 mil quilômetros cúbicos de água. Sua recarga natural anual (principalmente pelas chuvas) é de 160 km<sup>3</sup>/ano, sendo que desta, 40 km<sup>3</sup>/ano constitui o potencial explorável sem riscos para o sistema do aquífero. As águas em geral são de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos. Por ser um aquífero de extensão continental com características confinada, muitas vezes jorrante, sua dinâmica ainda é pouco conhecida, necessitando maiores estudos para seu entendimento, de forma a possibilitar uma utilização mais racional e o estabelecimento de estratégias de preservação mais eficientes. O mundo olha com esperança de que nada aconteça a esta dádiva da Natureza, que por questões geográficas pertence à América do Sul, mas que se trata de uma riqueza da Humanidade. Estudos recentes realizados por MACHADO (2005), trazem novos conhecimentos sobre o aquífero Guarani. A afirmação de que o volume de água armazenado teria a capacidade de abastecer o mundo inteiro por 2.500 anos não é verdadeiro, tem menos água do que já foi previsto e mais problemas.

Em muitos perímetros irrigados do mundo, a baixa qualidade das águas de superfície tem levado os agricultores a optarem pelas águas subterrâneas. Porém, o uso descontrolado está provocando o rebaixamento do nível freático dos aquíferos, em alguns casos (incluindo áreas dos Estados Unidos), atingiu o ritmo de 1 a 3 metros por ano. Estudos desenvolvidos na região do nordeste do Brasil apresentam taxas de rebaixamento em torno de 0,70 m por ano.

### 3. A IRRIGAÇÃO NA LAVOURA DE ARROZ

A prioridade básica do uso da água é para atender a demanda dos seres humanos, em segundo lugar à prioridade é para a agricultura, na produção vegetal. A agricultura extensiva não teria condições de produzir alimentos em quantidades suficientes para atender a demanda em todo o mundo se não fosse utilizada a irrigação. Avaliando o ciclo da água em diferentes ecossistemas, constata-se que 90% da água utilizada no abastecimento doméstico ou na indústria retornam ao meio ambiente alimentando córregos e rios ou permanece no subsolo, podendo ser reutilizada, entretanto do volume de água utilizada na irrigação apenas 50% são reutilizados para outros fins. O restante é perdido por evaporação para a atmosfera ou na transpiração pelas plantas.

Independentemente do que já foi previsto e simulado com relação a futuros períodos de escassez de água, que geram conflitos e disputas entre os povos, pouco foi realizado por parte do poder público. O Fundo Mundial para a Natureza (WWF, 1998), considerou fraco o texto da Conferência de Kyoto. As resoluções não priorizam atitudes eficazes para a sustentabilidade da água. Torna-se necessário estabelecer, fiscalizar e implementar ações que minimizem os impactos ambientais causados pelas ações antrópicas.

O Rio Grande do Sul é o Estado que apresenta a maior área irrigada do País **tendo como principal cultura o arroz irrigado por inundação**. O sistema de cultivo emprega alta

tecnologia em equipamentos, estruturas hidráulicas, insumos como fertilizantes, herbicidas e quantidade muito grande de água.

Segundo os dados da Sociedade Sul Brasileiro de Arroz Irrigado e do IRGA, na safra 2003/2004 foram colhidas 6,3 milhões de toneladas de arroz. O volume de produção foi 34,4% superior ao da safra 2002/3, superando expectativas do instituto e da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), que previa 88 mil toneladas a menos para o período. A produtividade passou de 4,9 toneladas para 6,1 toneladas por hectare. A área plantada cresceu 8,1%, chegando a 1,03 milhões de hectares. A adoção e uso de novas tecnologias na lavoura de arroz irrigado por inundação, têm aumentado a produtividade. Na safra 2004/2005 em Dona Francisca na depressão Central do RS a produção de arroz atingiu 7.970 kg ha<sup>-1</sup>(IRGA, 2005).

A cultura do arroz tem grande importância social e econômica para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na safra 2002/03, mais de 1.090.000 ha de arroz foram cultivados nos dois Estados, envolvendo ao redor de 25.000 famílias de agricultores com valor bruto de produção estimada em 3,9 bilhões de reais. Destaca-se, desta forma, a importância social da lavoura de arroz no agronegócio brasileiro e na geração de empregos.

#### 4. NECESSIDADE DE ÁGUA PARA A CULTURA DO ARROZ IRRIGADO

A produção de arroz irrigado por inundação demanda um grande volume de água o que representa um alto custo quando comparado com o arroz de sequeiro. O custo operacional de um sistema de bombeamento com motores que usam diesel é cerca de três vezes superior ao da energia elétrica. O Quadro 1 apresenta alguns itens do custo de produção nos sistemas irrigados e de sequeiro. Entre as safras 2001/02 e 2003/04, o custo total de produção de arroz no Rio

Quadro 1. Comparação de alguns itens do custo de produção de arroz nos sistemas irrigado (RS) e de sequeiro (MT), nas safras 2001/02 e 2003/04.

Item de dispêndio	Rio Grande do Sul (1)				Mato Grosso (2)			
	2001/02 (3)		2003/04 (4)		2001/02 (5)		2003/04 (6)	
	R\$/ha	%	R\$/ha	%	R\$/ha	%	R\$/ha	%
Semente	69,35	4	171,20	6	36,00	4,5	90,00	7
Fertilizante	124,52	7	190,22	6	201,04	25	347,92	26,5
Controle de invasoras, pragas e doenças	139,89	8	237,01	8	224,05	28	373,83	28
Semeadura/ adubação	36,66	2	67,09	2	26,46	3	16,36	1
Irrigação	373,38	22	562,01	18	0	0	0	0
Colheita	99,44	6	195,92	6	18,76	2	38,95	3
Terra	170,04	10	372,56	12	135,00	17	150,00	11
Custo de produção total	1.703,13	100	3.052,30	100	802,05	100	1.314,55	100

Fonte: (1) Irga, (2) Famato produtividade esperada: (3) 112,3 sacas de 50kg/ha; (4) 108,21 sc de 50kg/ha; (5) 50,00 sc de 60 kg/ha; (6) 48,33 sc de 60kg/ha.

Grande do Sul aumentou aproximadamente 79%, enquanto no Mato Grosso a alta foi de 63%. A participação de cada item no custo total pouco variou entre as duas safras, em ambos os sistemas, entretanto, o item de dispêndio irrigação participa com 22% do custo de produção.

De acordo com o Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Elton Roggea, da Cooperativa Agroindustrial Alegrete (Caal), 70% a 80% dos agricultores do Estado já utilizam energia elétrica para irrigação. “O valor em diesel economizado em um ano paga a instalação da rede elétrica na propriedade”. As companhias de energia elétrica oferecem descontos para quem não utiliza energia nos horários de pico e entre as 18 e às 21 horas, entretanto, algumas áreas do Estado ainda não dispõem de redes de distribuição que permita o uso de energia elétrica. Na região Sul do Estado na “Granja Quatro Irmãos” que tem uma capacidade instalada para irrigar aproximadamente 20.000 ha, já substituiu todos os motores diesel por motores elétricos.

A demanda de água para a cultura do arroz irrigado por inundação obtém-se pelo somatório dos volumes de água necessários para: (i) saturar o solo, (ii) formar a lâmina de água sobre a superfície do solo; (iii) Atender a evaporação da superfície líquida e; e (iv) atender a evapotranspiração da cultura do arroz (ET) e atender as perdas por infiltração lateral e por percolação. Segundo CAUDURO (1996), o valor aproximado do consumo de água em lavouras de arroz é de 11.513 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, distribuídos em parcelas de consumo conforme Quadro 2.

Quadro 2. Valores aproximados do consumo de água em lavouras de arroz.

Parcelas do consumo	Consumo (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Consumo (%)
Saturação do perfil	900	8,0
Formação da lâmina	1.000	8,5
Evapotranspiração	5.550	48,0
Infiltração lateral	4.020	35,0
Percolação	43	0,5
Total	11.513	100,0

Fonte: CAUDURO (1996).

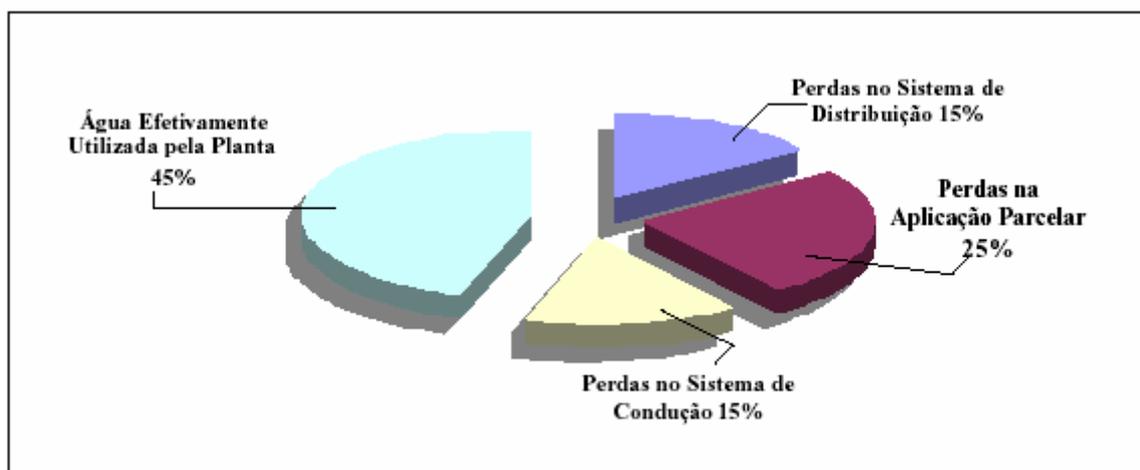
Analisando os dados do Quadro 1, pode-se deduzir que 48% da água utilizada para a irrigação do arroz é evapotranspirada, portanto, sai do sistema direto para a atmosfera, podendo não retornar ao ciclo hidrológico da bacia hidrográfica de onde foi retirada se o processo de condensação (chuva) ocorrer em outra região. Em anos normais, durante o período de verão, muitos rios da metade sul do Estado, não têm vazão suficiente para atender a demanda das lavouras de arroz irrigado, iniciando os conflitos pelo uso da água.

No Rio Grande do Sul, tradicionalmente, a necessidade máxima de água para a cultura do arroz, estimada pelos orizicultores, corresponde a 2 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> o que representaria 17,3 mm dia<sup>-1</sup> (ZAFFARONI e TAVARES, 2000). Informações mais recentes indicam que esta necessidade pode ser inferior, variando em torno de 1 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, no sistema convencional, a 0,72 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, no sistema pré-germinado. MACHADO et al., (2002) conduziram experimento em solo pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí, durante dois anos agrícolas com o objetivo de estimar o consumo de água por inundação contínua e estática em cinco sistemas de cultivo: convencional, mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas. Os resultados indicaram que o consumo de água não foi influenciado pelos sistemas de cultivos. Os valores de consumo de água foram baixos, variando de 5431 a 6422 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (sem considerar a chuva, 936mm) para a safra de 2000/01 e de 5374 a 5852 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (sem considerar a chuva, 426 mm) para a safra 2001/02. Considerando que um volume de 14.031 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> consumido durante um ciclo de 100 dias corresponde a uma vazão contínua de 1,6 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, os valores obtidos por MACHADO et al. (2002), corresponderiam aproximadamente a 0,8 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, lembrando que não foram computadas as perdas no processo de condução. Atualmente, a pesquisa tem colocado a disposição dos produtores, cultivares com ciclo reduzidos (80 dias), o que significa

aumentar a eficiência de uso da água. Nos últimos anos com o uso de novas tecnologias de produção o consumo de água está diminuindo. Entretanto, previsões realizadas pela Companhia Nacional de Abastecimento CONAB a demanda geral por água vai aumentar significativamente num futuro bem próximo (ZAFARONI & TAVARES, 2000).

## 5. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

Em termos médios, a eficiência do uso da água no setor agrícola, em nível mundial, é muito baixa, apenas cerca de 45% da vazão derivada dos mananciais, são efetivamente utilizadas pelas culturas, **Figura 3**.



Fonte: Ministério do M. A. - Anais do Ciclo de Palestras da Secretaria dos Recursos Hídricos (1997).

Figura 3. Eficiência mundial no uso da água para irrigação

De acordo com BOS & NUGTEREN (1990) o movimento da água em um sistema de irrigação a partir da fonte de suprimento até a planta pode ser dividido em três operações independentes: condução, distribuição e aplicação da água na lavoura. As eficiências do uso da água em cada uma dessas operações podem ser definidas como:

### a) Eficiência de Condução ( $E_c$ )

É a eficiência de deslocamento da água nos sistemas de canais e condutores a partir dos reservatórios, diversão de rios, estações de bombeamento até atingir o sistema de distribuição na lavoura que é expresso por:

$$E_c = \frac{V_d + V_2}{V_c + V_1}$$

Sendo:

$V_c$  = Volume de água captado

$V_d$  = Volume fornecido na lavoura para a irrigação

$V_1$  = Volume de outras fontes adicionado ao sistema

$V_2$  = Volume de água extraído do sistema de condução

### b) Eficiência de distribuição ( $E_d$ )

É a eficiência da distribuição da água pelas redes de canais e distribuidores para as diferentes parcelas individuais. Pode ser expresso por:

$$Ed = \frac{V_f + V_3}{V_d}$$

Sendo:

$V_d$  = Volume fornecido na lavoura para a irrigação

$V_f$  = Volume de água aplicado no solo

$V_3$  = Volume de água extraído do sistema de condução

#### c) Eficiência de aplicação na lavoura ( $Ea$ )

É a relação entre a quantidade de água fornecida na entrada da lavoura e a quantidade de água necessária e disponível para atender a evapotranspiração da cultura durante o ciclo. A avaliação da eficiência de aplicação necessita o monitoramento do volume de água liberado para cada parcela.

$$Ea = \frac{V_m}{V_f}$$

Sendo:

$V_m$  = Volume de água de irrigação necessário e disponível para evapotranspiração da cultura durante o ciclo ( $m^3$ );

$V_f$  = Volume de água fornecida à lavoura ( $m^3$ ).

Os volumes de  $V_f$  e  $V_m$  podem ser expressos em volume por área (lâmina de água em mm) para um determinado período. Em áreas com disponibilidade de dados meteorológicos confiáveis para estimar a evapotranspiração da planta, o volume por área  $V_m$  necessário pode ser calculado por:

$$V_m = ET_{planta} - P_e$$

Sendo:

$ET$  a evapotranspiração da planta e,  $P_e$  a precipitação efetiva.

Além das três eficiências apresentadas é necessário definir outras eficiências

#### d) Eficiência de unidade terciária ( $Eu$ )

É a eficiência combinada do sistema de distribuição de água e o processo de aplicação em outras palavras é a eficiência com a qual a água é distribuída e consumida dentro da unidade terciária. Pode ser expressa por:

$$Eu = \frac{V_m + V_3}{V_d}$$

Se o volume de água não usado na irrigação é insignificante quando comparado com o volume usado na irrigação tem-se:

$$Eu = Ed \cdot Ea$$

#### e) Eficiência do sistema de Irrigação ( $Ei$ )

É a eficiência combinada do sistema de condução e distribuição, ou seja:

$$Ei = \frac{V_f + V_2 + V_3}{V_c + V_1}$$

Se o volume de água não usado para irrigação é insignificante em relação ao volume de água fornecido na lavoura tem-se:

$$E_i = E_c \cdot E_d$$

**f) Eficiência geral do projeto ( $E_p$ )**

Representa a eficiência do processo total entre a fonte de captação de água e a água disponível para a cultura. Se os valores de  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  são insignificantes quando comparados com o volume captado ( $V_c$ ) e volume disponibilizado para atender a ET da planta ( $V_m$ ) a eficiência do projeto pode ser expressa aproximadamente por:

$$E_p = E_c \cdot E_d \cdot E_a$$

A eficiência do uso da água no sistema de irrigação por inundação do solo depende das características físicas e topográficas, de um adequado planejamento no que diz respeito à locação, construção de drenos e canais de irrigação e de cuidados operacionais. O consumo médio de água pela lavoura arrozeira do RS é historicamente de  $2 \text{ Lseg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  ( $17,3 \text{ mm dia}^{-1}$ ) com uma eficiência de irrigação de 40 a 45% que, em condições adequadas de solo, relevo e manejo da água pode atingir 60% (EMBRAPA, 2005). As perdas por infiltração lateral e percolação atingem valores entre 2 e 6 mm dia<sup>-1</sup> podendo chegar a valores de até 20 mm dia<sup>-1</sup> em condições desfavoráveis (GOMES & PETRINI, 1997). Em SC, onde predomina o sistema pré-germinado, a eficiência de irrigação ( $E_i$ ) tem sido comprovadamente maior.

Nas várzeas do Rio Grande do sul há predominância de solos da unidade de mapeamento Vacacaí que representa 6% da área do Estado. Estes solos pedogeneticamente apresentam uma camada impermeável, situada em torno 0,80 m de profundidade, que contribui para reduzir as perdas de água por percolação profunda, aumentando a eficiência da irrigação por inundação. Assim, a topografia do terreno, tipo e perfil do solo, características físicas dos horizontes, localização da camada impermeável, fluxo lateral, tamanho dos quadros são alguns dos fatores que interferem na eficiência da irrigação.

O Quadro 3 apresenta os valores de eficiência da irrigação para diferentes métodos utilizados pela ANA no preenchimento de formulários usados para outorga e cobrança da água,

**Quadro 3. Eficiência mínima a ser considerada para os métodos/sistemas de irrigação no preenchimento de formulários (Superintendência de Outorga e Cobrança da ANA)**

Métodos de irrigação	Valores usados pela ANA <sup>1</sup>		Valores em nível mundial		Consumo de Energia <sup>3</sup> (kWh m <sup>-3</sup> )
	Eficiência (%)	Vazão Específica <sup>2</sup>	Eficiência	Vazão Específica <sup>2</sup>	
	(%)	(L s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	(%)	(L s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	
<b>Sulcos</b>	60	0,8 a 2,0	<b>40 a 65</b>	<b>1,2 a 2,5</b>	<b>0,03 a 0,3</b>
Inundação	<b>50</b>	<b>2,0 a 2,5</b>			
<b>Aspersão</b>	75	0,6 a 1,0	70 a 85	0,9 a 1,2	0,2 a 0,6
<b>Autopropelido</b>	75				
<b>Pivô central</b>	85		80 a 90		
<b>Microaspersão</b>	90				
<b>Gotejamento</b>	95	0,3 a 0,7	90 a 95	0,6 a 0,9	0,1 a 0,4
<b>Tubos perfurados</b>	<b>85</b>				

<sup>1</sup> Agência Nacional de Águas; <sup>2</sup> Vazão derivada do manancial; <sup>3</sup> Fonte: Marouelli, W.A. e Silva, W.L.C., (1998)

comparados com os indicadores de uso de recursos hídricos por método de irrigação, adotados a partir de observações em nível mundial, que resultaram em diferentes faixas de eficiência e de vazão específica.

Verifica-se que, no método de irrigação por inundação a eficiência de irrigação de 50 % pode ser considerada baixa e a vazão específica usada pela ANA poderia ser reduzida, considerando os novos cultivares e tecnologias disponíveis para o manejo da irrigação por inundação. Em função do grande número de fatores que interferem na determinação da eficiência da irrigação, existe uma variabilidade nos dados percentuais apresentados em função de diferentes autores.

## **6. ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO**

### **a) Estações de bombeamento**

O dimensionamento das estações de bombeamento deve ser realizado por profissionais habilitados. Não se devem transferir projetos de uma propriedade para outra, pois as condições locais são únicas e necessitam ser avaliada “in loco”, seguindo algumas recomendações básicas: (i) minimizar a perda de carga nas tubulações, mantendo a velocidade da água na tubulação de recalque abaixo de  $2 \text{ m s}^{-1}$  e, menor do que  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  na de sucção; (ii) evitar tubulações defeituosas que aumentam a perda de carga, aumentando a altura manométrica e reduzindo a eficiência de bombeamento; (iii) selecionar o crivo na válvula de pé com diâmetro de 1,5 vezes superior ao da tubulação para reduzir as perdas de carga localizada; (iv) selecionar o conjunto moto-bomba a partir das curvas características das bombas considerando a altura manométrica total, vazão, e diâmetro do rotor e rotação para um rendimento mínimo de 75%; (v) Utilizar acoplamento motor-bomba que apresentar maior eficiência (o mais usado é o por polias e correias em V). Este tipo de acoplamento apresenta rendimento em torno de 95%, podendo variar em função das condições de instalação; (vi) eliminar qualquer vazamento nas tubulações estas perdas são contínuas durante todo o período de irrigação. Aumentando-se a eficiência das estações de bombeamento pode-se reduzir o custo da irrigação.

Segundo estudo realizado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação.

### **b) Canais principais**

A redução da eficiência de condução da água em canais deve-se principalmente as perdas por percolação e infiltração lateral. Em função de ocorrerem simultaneamente, tais perdas são consideradas de forma conjunta e podem atingir valores entre 2 a 6 mm dia<sup>-1</sup>, sendo que, em condições desfavoráveis, tais valores podem chegar a 20 mm dia<sup>-1</sup>. Na Califórnia, dois projetos de revestimento de canais de 200 milhões de dólares para os canais de All-American e Coachella irão ajudar a preservar anualmente cerca de 123.350.000 m<sup>3</sup> da água do Rio Colorado, que é normalmente perdida devido a vazamento (RAIN BIRD, 2006).

As perdas de água por evaporação não são consideradas significativas, principalmente em regiões onde os canais de irrigação apresentam pequena largura e extensão. As perdas de água em canais de concreto, com fissuras ou mal conservados, em geral é maior do que em canais de terra. Estudos conduzidos em Wageningen na Holanda, utilizaram plantas aquáticas de grande área foliar e caule fino para aumentar a eficiência de condução da água e reduzir os custos de manutenção, em canais de terra não revestidos. O sombreamento reduz o desenvolvimento de inços, e conseqüentemente, a necessidade de limpeza.

De acordo com IRGA (2002), 71% dos sistemas de captação de água da região são acionados por energia elétrica. Devido à cobrança de tarifa diferenciada em determinados horários, as bombas não podem funcionar ininterruptamente. As paradas diárias nos horários de pico acarretam o abaixamento do nível dos canais principais. Quando o funcionamento dos levantes é retomado, uma vazão adicional é requerida para elevar novamente o nível da água nos canais principais. Como eles se estendem por muitos quilômetros, há um retardamento na retomada de nível nos trechos mais distantes dos levantes, ao passo que nos trechos mais próximos ocorre excesso de água. Enquanto o equilíbrio não é estabelecido, as tomadas de água situadas nos trechos mais próximos aos levantes promovem o desperdício de água. O aumento na carga hidráulica nos canais principais, tem como conseqüência um aumento desnecessário na vazão fornecida pelas comportas em todos os canais de derivação. Este problema tem ocorrido em grande número de lavouras que utilizam energia elétrica.

### c) Canais de derivação

A baixa eficiência do nível de controle oferecido pelas comportas utilizadas nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul acarreta desperdício de água. A vazão nas comportas é fortemente influenciada pela variação na altura da lâmina d'água do canal principal. Uma forma de facilitar a prática da irrigação nessas lavouras é a introdução de mecanismos de controle e distribuição de água que mantenham a mesma vazão para diferentes alturas de lâminas de água no canal principal. Com isso, o desperdício de água seria reduzido e haveria maior facilidade em regular as vazões nos canais secundários, responsáveis por conduzir a água até os quadros, aumentando desta forma a eficiência da irrigação do arroz. Um grande desafio foi o desenvolvimento de sistemas automáticos de controle de vazão que não utilizassem energia elétrica.

Considerando a extensão dos canais principais e a inexistência de redes elétricas as opções mais viáveis recaem sobre estruturas hidráulicamente automáticas. AMARAL e RIGHES (2005) avaliaram diferentes comportas utilizadas pelos orizicultores e compararam com comportas hidrodinâmicas (Figura 4).

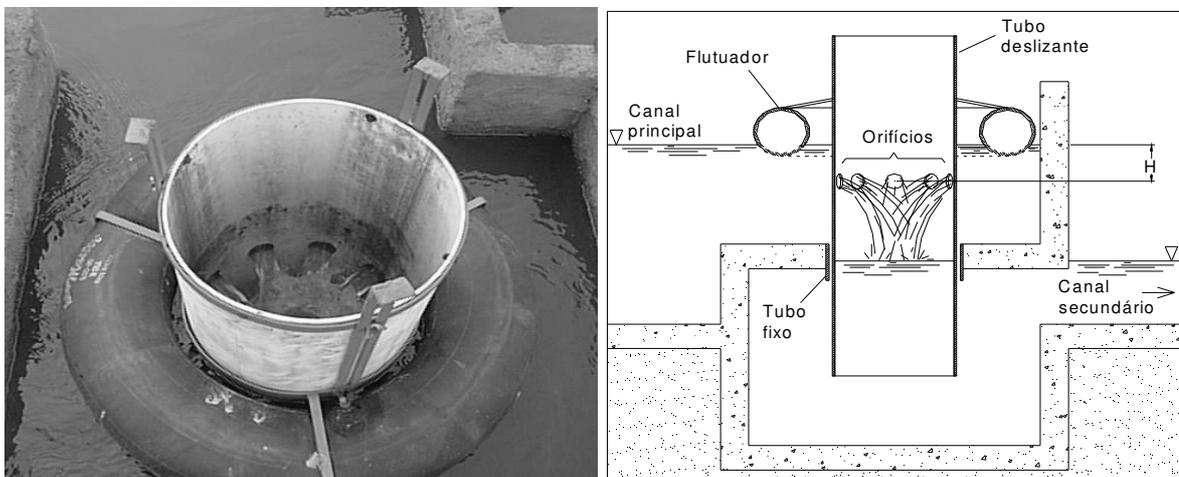


Figura 4. Regulador automático de fluxo em funcionamento

Os resultados permitiram concluir que: o regulador automático de fluxo é a estrutura mais eficiente, com uma precisão de 94,4% no controle de vazão nos canais de derivação em função da variação na altura de lâmina de água no canal principal, seguido da comporta gaveta, com 76,3%, da comporta hidromecânica, com 69,5%, e da comporta vertedor, com 0% de precisão. Observa-se pela Figura 5 que o regulador automático de vazão foi a estrutura que ofereceu a menor variação de vazão (5,6%) quando variou a altura da água no canal principal, enquanto que a comporta-vertedor apresentou a maior variação (1.177,2%), exibindo o comportamento típico de uma estrutura de controle de vazão usada pelos arrozeiros. Como o coeficiente da equação de determinação da vazão para os vertedores é aproximadamente 1,5 pequenas variações na carga hidráulica resultam em grandes variações de vazão.

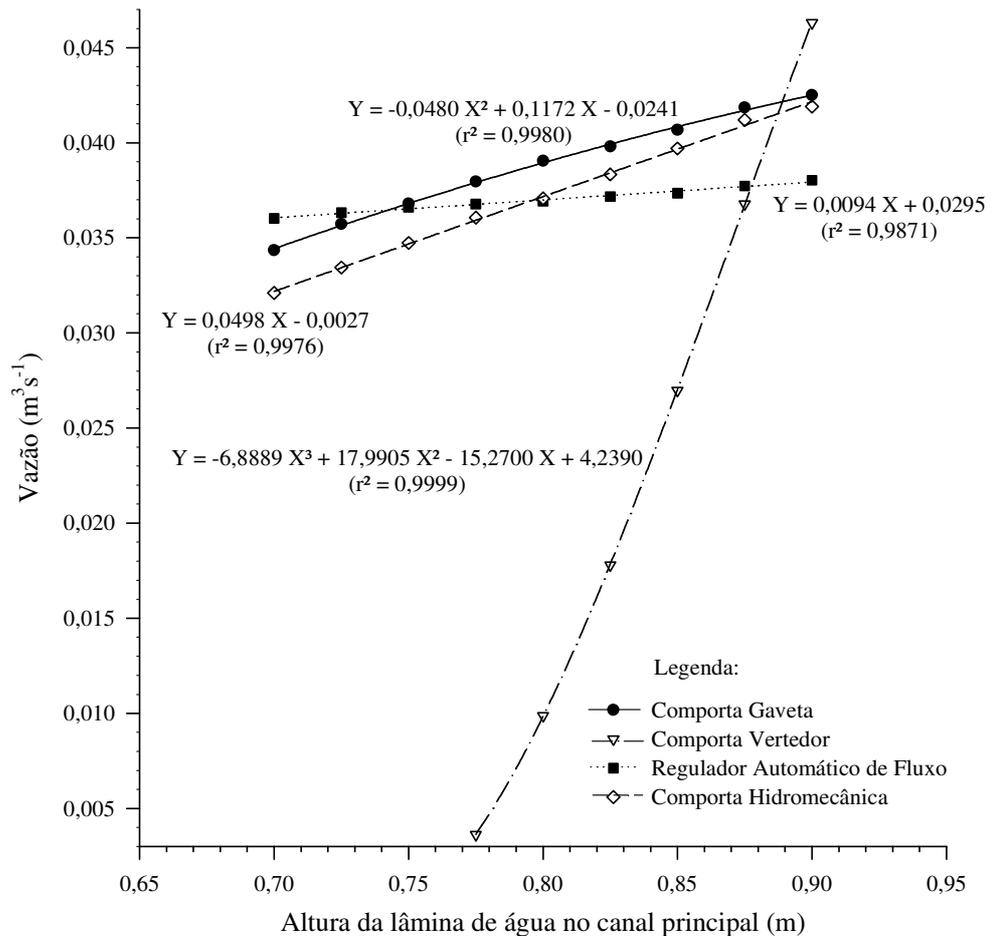


FIGURA 5. Vazão fornecida em função da altura da lâmina de água no canal principal, para as quatro estruturas avaliadas

#### d) Sistematização do solo, entaipamento e sistema de cultivo

A sistematização do solo aumenta a eficiência de controle da água de irrigação. Nas regiões onde os talhões (quadros) são sistematizados aumenta a eficiência de operação das máquinas agrícolas tanto no processo de semeadura como na colheita, além permitir a redução da altura de lâmina sobre o solo, reduzindo o consumo de água. Em algumas áreas no sul do Brasil, o arroz irrigado por inundação, vem sendo cultivado em condições de terreno sistematizado e aplainado. (Figura 6). A área de cada quadro varia de 1 a 2 ha, podendo atingir até 40 ha, na condição de solo aplainado. Os quadros devem ser isolados por taipas (marachas),

na maioria das vezes paralelos entre si, com dimensões que variam na base de 1,0 a 1,5 m e na altura, de 0,3 a 0,6 m, apresentando condições de serem irrigados e drenados independente, com sistema próprio de acesso (SOSBAI, 2003).

A sistematização da superfície do solo é mais utilizada nos sistemas pré-germinado e transplante de mudas, possibilita um manejo mais eficiente da aplicação da água na lavoura, dispensando a construção de taipas internas aos quadros, enquanto que no aplainamento, mais utilizado no sistema convencional, embora o controle não seja tão eficiente, verifica-se menor mobilização de solo, menor custo de implantação e, quando bem executado, pode proporcionar melhores condições de drenagem.



Figura 6. Sistematização do solo com auxílio de raio laser e equipamento de grande porte para desmanchar taipas utilizados na região sul do Estado)

A construção das taipas (marachas), em curvas de nível, no sistema convencional de cultivo do arroz, ocorre, anualmente, logo após a semeadura. O desnível vertical, entre uma taipa e outra, pode variar de 0,05 a 0,15 m, dependendo do menor ou maior desnível do terreno. Quanto menor for a altura da lâmina menor será a demanda de água. Intervalos menores podem ser utilizados em solos com superfícies mais planas, visando reduzir o tamanho dos quadros. Em casos especiais, os intervalos verticais podem ser maiores que 0,15 m, de forma que seja mantida condição necessária para que as máquinas e implementos sejam operacionalizados. Quando a semeadura é realizada após a construção das taipas e sobre estas (plantio direto), elas devem apresentar um perfil mais suave, de forma a facilitar a passagem de máquinas, como a própria semeadora. Neste caso, a base da taipa deve ser um pouco mais larga, em torno de 2,80 m, e a altura em torno de 0,3 m (SOSBAI, 2003).

Nos sistemas de cultivo que, utilizam sementes pré-germinadas, além da água necessária durante o ciclo da cultura, deve-se somar as necessidades para o preparo do solo, que normalmente é feito sob condições de inundação. A vazão unitária, empregada durante a fase de reposição da lâmina, fica em torno de 2 a 3  $L s^{-1}ha^{-1}$  e o período de irrigação tornam-se mais longo, devido ao fato de que o solo precisa ser inundado durante o seu preparo para que ocorra a formação da lama. Entretanto, como resultado do trabalho de nivelamento e alisamento da superfície, durante a fase de manutenção da lâmina, a vazão utilizada fica em torno de 1,0  $L s^{-1}ha^{-1}$ , o que resulta em um consumo menor de água em relação aos demais sistemas de cultivo (ZAFFARONI & TAVARES, 2000). TOESCHER, RIGHES e CARLESSO (1997), quantificaram o volume de água aplicado e a produtividade das cultivares BR-IRGA 409 e IAC 47 quando, submetidas à inundação contínua, inundação intermitente, aspersão e sem irrigação. Os resultados evidenciaram que houve diferenças significativas na produtividade de grãos das duas cultivares, que diminuiu com o decréscimo do volume de água aplicado. A inundação

intermitente, em relação à inundação contínua, consumiu 22% menos de água, sem diferir na produtividade. Observaram também, que do total de 4.612 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, precipitados sobre o experimento, a inundação intermitente aproveitou 4.270 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> contra 2.930 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, aproveitados pelo tratamento com inundação contínua.

#### **e) Formação da lâmina e evaporação**

No manejo da água na cultura do arroz a altura da lâmina de água deve variar entre 7,5 e 10 cm. Lâmina de água com altura acima de 10 cm, aumenta o consumo de água, reduz o número de perfilhos, aumenta a altura das plantas, o que facilita o acamamento, aumenta as perdas de água por percolação e infiltração lateral e consumindo um volume de água acima de 10 mil m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para um período de 90 dias de irrigação (SOSBAI, 2003).

A perda de água por evaporação está diretamente relacionada com a radiação solar e a temperatura e inversamente com a umidade do ar e à cobertura do solo pela cultura. A transpiração varia também com o estágio de crescimento e desenvolvimento das plantas.

A velocidade dos ventos incrementa significativamente a evaporação. Poderia-se pensar em técnicas para reduzir a velocidade do vento. O uso de quebra-ventos com plantas de baixo porte para evitar o sombreamento, seria uma possibilidade a ser pesquisada e analisada tecnicamente e economicamente. Uma alternativa poderia ser a implantação de faixas com cana de açúcar junto às margens dos caminhos e vias de escoamento da produção, em locais mais elevados, possibilitando a complementação alimentar da pecuária no inverno.

Considerando a área cultivada anualmente com arroz, pode-se constatar durante o período de irrigação da cultura um incremento da superfície líquida no Estado na ordem de 1 milhão de hectares. Hidrologicamente este incremento de área de evaporação poderá provocar maior concentração de vapor de água na atmosfera, contribuindo com a formação de nuvens com maior probabilidade de ocorrências de chuvas de verão em áreas localizadas.

## **7. ESCASSEZ DE ÁGUA**

O Rio Grande do Sul, semelhantemente ao que ocorre em muitas outras regiões do Mundo, tem problemas de escassez de água para irrigação. A escassez de água por fenômenos de estiagens tem aumentado nas bacias hidrográficas onde a agricultura irrigada se concentra, podendo ocorrer o risco de conflito. Este risco é maior para a produção agrícola sob irrigação por inundação, pelo grande volume de água usado na cultura do arroz. Em determinadas regiões já atingiu níveis críticos, sendo necessário uma gestão eficiente da oferta de água de forma a promover o bem-estar da sociedade e a manutenção da qualidade do meio natural.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução de 001/86 de 23 de janeiro de 1986 estabelece a exigência de licenciamento ambiental para atividades modificadoras do meio ambiente, como canais, barragens e obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos com fins de irrigação. Através da Resolução do CONAMA N.º 237/97 de 19 de dezembro de 1997, atribui competência aos Estados para avaliar os pedidos de licenciamento, que no caso do Rio Grande do Sul, coube a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler (FEPAM).

Jerson Kelman diretor-presidente da Agência Nacional de Águas apresenta o resultado da pesquisa de opinião pública encomendada pela ONG /WWF, e realizada pelo IBOPE. A posição dos brasileiros em relação a cobrança pelo acesso e uso da água, é que: 88% das pessoas

entrevistadas acreditam que o Brasil vai sofrer problemas de abastecimento de água a médio e longo prazo e que, 74% concordam em pagar um pouco mais pela água, desde que, estes recursos sejam usados para a proteção dos recursos hídricos.

O Rio Grande do Sul, com seu trabalho de cadastramento e posterior licenciamento ambiental e sua preocupação em compatibilizar este trabalho com o sistema de gerenciamento de recursos hídricos, esta em um processo bastante particular e avançado, em relação a outros estados brasileiros e mesmo a outros países do mundo (ZAFFARONI & TAVARES, 2000). Entretanto, tais medidas isoladas não serão suficientes para aumentar a disponibilidade de água para irrigação.

De acordo com VEM TE CHOW (1964) a função das leis é de regular a relação entre homens ou grupos de pessoas. Tem como propósito disponibilizar mecanismos para resolução de conflitos após a ocorrência e fornecer orientações para comportamentos futuros. Entretanto, as legislações e os órgãos de controle do meio ambiente pouco tem feito para aumentar a disponibilidade de água para irrigação. Somente a aplicação da Lei e as conseqüentes taxações pelo uso da água não serão suficientes para resolver o problema da falta de água no futuro.

Freqüentemente, os orizicultores do Rio Grande do Sul tem sofrido com a falta de água para irrigação em períodos de estiagem com grandes prejuízos para os produtores e para o Estado. No ultimo verão o Rio Grande do Sul passou por uma das maiores crises econômicas causada pelo déficit hídrico. A redução na produção de grãos foi de 10.014.662 toneladas, tendo um impacto na economia do estado na ordem de R\$ 4.061.429.699,00. (RIGHES E RIGHI, 2005). A Sociedade de Agronomia de Santa Maria preocupada com a elevada probabilidade que este fato se repita, alerta aos Órgãos Públicos, Municipais e Estaduais responsáveis pelas ações de outorga de uso da água e defesa do meio ambiente para a necessidade de além das ações mitigatórias, de ações concretas imediatas, em médio prazo e permanentes, para minimizar os futuros conflitos decorrentes da escassez de água para a produção de alimentos e a sustentabilidade da exploração agrícola no Rio Grande do Sul.

A cada ano que passa, os recursos hídricos ficam mais escassos, os solos em geral ficam mais impermeáveis, reduzindo o volume de água das vertentes e, conseqüentemente, as vazões dos rios, principalmente no verão quando mais se precisa de água para irrigar.

Considerando que o cultivo do arroz irrigado por inundação é uma das atividades do agronegócio responsável por um grande consumo de água, do meu ponto de vista, torna-se necessário aumentar o volume de água armazenado, aumentar a eficiência de captação, de condução, de aplicação e de uso da água de irrigação na cultura do arroz. A sustentabilidade do sistema para enfrentar as adversidades climáticas dependerá de ações integradas envolvendo todo o ambiente na bacia hidrográfica. A vazão e perenidade dos mananciais que suprirão as lavouras de arroz dependem fundamentalmente da infiltração da água nas terras altas e do afloramento da água subterrânea. Processos estes que, em longo prazo estão intimamente relacionados à taxa de infiltração da água no solo. Esta, por sua vez é limitada por camadas de impedimento (pé de arado) e pela degradação da estrutura do solo, decorrentes do sistema de cultivo convencional nas terras altas, reduzindo a macroporosidade do solo, espaços por onde ocorre o fluxo saturado. Em geral foram nestes solos que na década de 70, o sistema plantio direto difundiu-se reduzindo consideravelmente as perdas de solo por erosão, o que motivou os agricultores a retirarem indiscriminadamente os terraços, justificado pela redução de perdas de solo por erosão e pelo aumento da capacidade operativa das máquinas agrícolas. Porém, considerando longas pendentes, a retirada dos terraços aumentou o fluxo de água na superfície do solo. O sistema plantio direto, com méritos, foi difundido entre os agricultores e espalhou-se pelo País. Todavia, o tráfego de máquinas pesadas contribuiu para o aumento da compactação do solo, reduzindo mais ainda a taxa de infiltração e causando perdas de água, nutrientes e matéria

orgânica no escoamento superficial. Esta é a realidade atual. O sistema plantio Direto é fundamental para o controle da erosão (perda de solos), entretanto, as perdas de água continuam até superiores do que no sistema convencional. As perdas de nutrientes e matéria orgânica no sedimento de lavouras com plantio direto são superiores ao encontrado no perfil do solo, indicando o carreamento de elementos com a enxurrada (DENARDIN, KOCHHANN & RIGHES, 2005).

## **8. ALTERNATIVAS PARA AUMENTAR A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO**

No Estado de Santa Catarina região do Rio Tubarão e Complexo Lagunar a demanda de água pela orizicultura é quase 6 vezes superior à vazão de estiagem o que corresponde a 76% da disponibilidade em toda a região, nos períodos de estiagem (EPAGRI, 1998). Embora a margem de erro nas estimativas possa ser alta, a importância dos resultados não está nos números em si, mas no cenário que refletem quanto ao potencial de conflito. Sem dúvida nenhuma há necessidade de aumentar a eficiência da irrigação por inundação o que disponibilizará mais água nos mananciais. Entretanto, em curto prazo e nas condições atuais, momentaneamente acredito não ser suficiente para resolver os problemas de escassez de água. Os orizicultores que desejam investir no armazenamento de água em reservatórios construídos, em talvegues que apresentam fluxos de água intermitentes, cujas bacias de captação estão dentro da propriedade, deveriam ser incentivados pelos órgãos públicos, inclusive, isentando-os das taxações pelo uso da água. Justifica-se plenamente tal atitude pelo fato de que o proprietário já está pagando Imposto Territorial Rural (ITR) pela área de terra alagada que não pode ser usada para agricultura, somada as margens de proteção ao redor do reservatório. O incremento no armazenamento de água em reservatórios próximo das lavouras pode aumentar a eficiência de condução de água pela redução do trajeto da água nos canais até chegar na lavoura, contribuindo para a redução de conflitos pelo uso da água captadas dos rios. Além disso, os reservatórios atuam como estabilizadores do fluxo de superfície, principalmente, em regiões onde os solos são impermeáveis ou apresentam camadas de impedimento (pé de arado), contribuindo para a redução das enchentes em períodos de excesso de chuvas.

No Rio Grande do Sul, a lâmina média de precipitação anual fica em torno de 1.700 mm/ano, com boa distribuição. Considerando-se que 50% dessa água infiltrasse no solo seriam 850 mm ( $8.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) que lentamente alimentariam o lençol freático e os rios, o que seria suficiente para produzir a maioria das culturas. Os outros 50% que escoarão pelo fluxo superficial, poderiam ser armazenados em reservatórios para serem utilizados na irrigação ou liberados para a regularização das vazões básicas nos rios em períodos de estiagens.

Somente cerca de 10% do total da água da chuva na terra é recuperável para ser usada pelos seres humanos. E, deste percentual, somente 40% (ou 4% do total de água da chuva) é realmente usada. Considerando que a maioria dos solos cultivados nas regiões tropicais, apresentam baixos valores de infiltração de água, no inverno, com a redução da evapotranspiração, sobra mais água no solo e o fluxo de superfície é elevado e se esta água, não for armazenada, ela será perdida causando enchentes e escoando pelos rios, exatamente no momento que não se necessita de água para irrigação e não existem conflitos pelo uso da água. Portanto, não se pode ficar apenas mitigando conflitos em relação ao uso da água. Como atividades básicas e de ação imediata, deve-se ampliar a capacidade de armazenamento de água em reservatórios, garantindo a disponibilidade em períodos de estiagens. Ações em médio prazo, reduzir o escoamento superficial nas terras altas, aumentando a infiltração de água no solo, por

exemplo, pelo uso da técnica do mulching vertical (RIGHES et al., 2002). Como ações contínuas em longo prazo, reduzir a emissão de poluentes para os mananciais melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas da água por meio de campanhas de educação ambiental. Com estes procedimentos, espera-se reduzir o pico de descarga dos mananciais (enchentes); estabilizar as vazões básicas dos rios durante o período de estiagem; aumentar a eficiência da irrigação por inundação reduzindo os conflitos do uso da água para irrigação em bacias hidrográficas.

A participação da imprensa tem importante papel na conscientização de todos para o uso, manejo e conservação da água. Cabe aos governantes dos diferentes níveis administrativos assessorarem-se de profissionais capacitados para que mobilizem o conhecimento e o potencial científico e tecnológico disponível no País para encontrar alternativas técnicas, políticas e ecologicamente eficazes para a sustentabilidade dos recursos hídricos em períodos de seca. Cabe à população procurar informações não comprometidas com interesses ilegítimos, fiscalizar e promover mobilizações exigindo a preservação dos mananciais, garantindo, assim, o abastecimento de água em quantidade e qualidade. A preservação e uso dos recursos hídricos deve ser trabalhada em nível de Comitê de Bacias Hidrográficas por meio de ações eficientes e solidárias entre governo, gestores do meio ambiente e a população de forma que sejam atendidas as necessidades atuais e que proporcione a sustentabilidade da água para atender as demandas das gerações futuras,

*...a solução está em nossas mãos.*

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL L.G.H e RIGHES, A.A. Estruturas automáticas para controle de água nos canais em lavoura de arroz irrigado **Eng. Agríc.** Jaboticabal, v.25, n1. p.272-281, Jan./Abr., 2005.
- BOS, M.G. E NOGTEREN, J. **On irrigation efficiencies** ILRI International Institute for Land Reclamation and Improvement. A.A. Wageningen. 4<sup>th</sup> ed. Publication n.19, 1990. 117p.
- CAUDURO F. A. **Apontamentos de irrigação.** Porto Alegre, IPH/UFRGS, 1996. 186p.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; RIGHES, A.A. Mulching vertical: técnica de manejo da enxurrada em sistema plantio direto. *Revista Plantio Direto* Ano XIV n.85, Jan-Fev. 2005, p.37-39.
- EMBRAPA. Cultivo do arroz irrigado no Brasil Sistemas de Produção, 3 ISSN 1806-9207 **Embrapa Clima Temperado** Versão Eletrônica Nov./2005.
- EPAGRI. Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina: (Pré-germinado). Florianópolis. 79p. (**Epagri.** Sistema de Produção, 32). 1998.
- LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil: O estado das águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. Disponível em: <<http://www.iica.org.uy>>. Acesso em: 04 set. 2004.
- GOMES, A. da S. e PETRINI, J. A. Manejo da água em arroz irrigado. In. *Anais XXII Reunião da cultura do arroz.* EPAGRI-IRGA, Itajaí, SC. 1997. p. 68-70.
- IRGA. Caracterização da lavoura de arroz irrigado: Safra 1999/2000. Porto Alegre: **Instituto Riograndense do Arroz**, 2002. 87p.
- IRGA DATER/NATEs. Dados estatísticos Elaborado pela Equipe de Política Setorial-DCI. Atualizado em 06-09-2005. <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20050914093400.pdf> (Acessado em 27/01/2006.)
- MAIA NETO R. M. Água para o desenvolvimento sustentável. **A água revista. Revista Técnica e Informativa da CPRM**, Ano V. Vol. 9, p. 21-32, nov. 1997.

- MACHADO, S.L.O.; RIGHES, A.A.; MARCHEZAN, E.; VILLA,S.C.C.; MARZARI, V.; OLIVEIRA, A.P.B.B.; MONTI, M.B. Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo do arroz irrigado. 1º Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz VII Reunião Nacional de Pesquisa de Arroz Renapa; Florianópolis, SC *Anais* 2002.
- MACHADO, J. L. F., Mitos e verdades do aquífero guarani. **Conselho em Revista**. CREA Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, ano I, n.10, p.11-13, 2005.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças. Brasília: **Embrapa**. 15p. 1998.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE Ciclo de palestras da Secretaria dos Recursos Hídricos. O Papel do Governo e da Iniciativa Privada no Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil, Novo Modelo de Irrigação, Programa Nacional de Irrigação e Drenagem, MMA-SRH-DH, Brasília DF Novembro. *Anais* 1997.
- RAIN BIRD O uso inteligente da água. Irrigação para um Mundo em Crescimento Glendora, CA Publicação 28p • [www.rainbird.com](http://www.rainbird.com) Acessado em 28 de janeiro de 2006.
- RIGHES, A. A. Água: sustentabilidade, uso e disponibilidade para irrigação. **Ciência e Ambiente** e, Santa Maria-RS, v. 21, n. 1, p. 90-102, 2000.
- RIGHES, A.A.; DENARDIN, José E; NISHIJIMA, T.; GARCIA, S. M.; HERBES, M.G. Mulching vertical e enxurrada no plantio direto da soja. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2002, CUIABÁ, MT. *Anais*, 2002.
- RIGHES, A.A. E RIGHI, G.L.M., I - Parecer técnico referente à construção de barragens em talvegues com fluxo de água. II - Propostas de ações para amenizar períodos de estiagens ou enchentes. Posicionamento e contribuições da Sociedade de Agronomia de Santa Maria visando à redução dos impactos dos déficits e ou excessos hídricos. **SASM**, Santa Maria, 8p. 2005.
- SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado xxv reunião da cultura do arroz irrigado III Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado Balneário Camboriú, SC, 2003.
- TOESCHER, C.F; RIGHES, A.A; CARLESSO, R. Volume de água aplicada e produtividade do arroz sob diferentes métodos de irrigação. *Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguaiana*, v. 4, n. 1, p. 75-79, jan./dez. 1997
- VEM TE CHOW **Handbook of applied hydrology a compendium of water-resources technology**. McGraw-Hill Book Company. Section 27. p.1-34, 1964.
- WWF (Fundo Mundial para a Natureza). In SARDI, M. FENAE **Agora**, Edição 8, ano 1 n.8, p.12-19, Set., 1998.
- ZAFFARONI, E.; TAVARES, V. E. O licenciamento ambiental dos produtores de arroz irrigado no rio grande do sul. *Agro-Verde Documentos* reproduzido do IICA ([www.iica.org.uy/p.2-8.htm](http://www.iica.org.uy/p.2-8.htm)). 2000