

A Água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Dezembro, 2008

versão
ON LINE

Documentos 250

A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado

Algenor da Silva Gomes
Walkyria Bueno Scivittaro
José Alberto Petrini
Luis Henrique Gularte Ferreira

Pelotas, RS
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392, km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275 8199
Fax: (53) 3275 8219 - 3275 8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Luís Antônio Suíta de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisor de texto: Sadi Macedo Sapper
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos
Editoração eletrônica e capa: Oscar Castro
Fotos da capa: Gilnei Wanke
Arte da capa: Miguel Ângelo (estagiário)

1ª edição

1ª impressão 2008: 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

A água: Distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz

irrigado / Algenor da Silva Gomes... [et al.]. — Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

44 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 250).

ISSN 1516-8840

Arroz irrigado – *Oryza sativa* – Água de irrigação - Manejo de água. I. Gomes, Algenor da Silva. II. Série.

Autor

Algenor da Silva Gomes
Pesquisador, M. Sc.
Manejo do solo e da água
Embrapa Clima Temperado
Br 392, km 78, Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS
(algenor@cpact.embrapa.br)

Walkyria Bueno Scivittaro
Pesquisadora, Dra.
Manejo e Fertilidade do solo
Embrapa Clima Temperado
Br 392, km 78, Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS
(wbscivit@cpact.embrapa.br)

José Alberto Petrini
Pesquisador, M. Sc.
Práticas Culturais
Embrapa Clima Temperado
BR 392, km 78 Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS
(petrini@cpact.embrapa.br)

Luis Henrique Gularte Ferreira
Pesquisador visitante, M. Sc.
Fertilidade do Solo
Convênio Petrobras/Embrapa/Fapeg
Br 392, km 78 Caixa Postal 403
96001-970 - Pelotas, RS
(bage@cpact.embrapa.br)

Apresentação

Embora a água permaneça a mesma há mais de 500 mil anos no planeta Terra, ações antrópicas vêm contribuindo para torná-la cada vez mais escassa em nível mundial, alterando a visão cultural, que predominou por séculos, de que ela era um recurso natural infinito e, portanto, abundante. Essa mudança de entendimento fez com que a água passasse a ser vista como um bem econômico e, portanto, sujeita às forças de mercado, ou seja, às leis de oferta e procura.

A adoção de procedimentos para a disponibilização da água, em quantidade e qualidade, bem como a otimização de seu uso, apresenta-se, assim, como uma questão prioritária a ser resolvida com a participação dos diferentes segmentos da sociedade. Nesse sentido, governos de todo o mundo, inclusive do Brasil, vêm assumindo suas responsabilidades, adotando procedimentos jurídicos e institucionais, consubstanciados em modernas legislações de recursos hídricos, visando o gerenciamento compartilhado dos aspectos relacionados à oferta e ao uso da água.

A Embrapa Clima Temperado pretende, por meio deste Documento, contribuir para esclarecer a problemática atual desse recurso, destacando, principalmente para os orizicultores do Estado do Rio Grande do Sul, a importância cada vez maior da adoção de estratégias de manejo da água de irrigação que contribuam para o seu uso racional na lavoura de arroz irrigado.

É dada ênfase à eficiência do seu uso no arroz irrigado, de modo a que se possa produzir mais arroz com menos água, aumentando desta forma a eficiência do uso da água.

Assim, este Documento trás uma contextualização sintetizada da problemática da água em níveis mundial, nacional e estadual, abrangendo aspectos relacionados à sua distribuição, escassez, regulamentação e utilização, com ênfase ao seu emprego na agricultura irrigada, notadamente na cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul.

Waldyr Stumpf Junior

Chefe-Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado	9
Introdução	9
A água no Planeta Terra	11
A água no Brasil	14
A legislação sobre o uso da água no Brasil	16
A água na agricultura irrigada	18
A água no arroz irrigado - demanda	19
A água no arroz irrigado - manejo	23
A água no arroz irrigado - drenagem	26
A água no arroz irrigado - estratégia para redução do uso	27
Referências	41

A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado

Algenor da Silva Gomes

Walkyria Bueno Scivittaro

José Alberto Petrini

Luis Henrique Gularte Ferreira

Introdução

A água é a substância elementar mais abundante na biosfera. Segundo cientistas soviéticos, há mais de 500 mil anos sua quantidade permanece constante no Planeta Terra, em torno 1,386 milhões de km³, cobrindo 70% de sua superfície. É um bem essencial à vida, à saúde da humanidade e dos ecossistemas e ao desenvolvimento das nações. Por isso, o acesso à água é um direito e, ao mesmo tempo, uma responsabilidade de todos. A água, ainda que seja considerada um recurso natural renovável e abundante, na realidade, quanto à disponibilidade igualitária, não passa de uma ilusão.

Quase a totalidade da água existente no Planeta Terra é salina, sendo que, da fração considerada doce, somente 1% é passível de ser utilizada pelo homem de forma economicamente viável e sem grandes impactos negativos ao meio ambiente. Ademais, a água é distribuída desigualmente entre as diferentes regiões do mundo e seu consumo tem aumentado de forma significativa, assim como sua qualidade tem sido comprometida. Esse

conjunto de fatores vem gerando a escassez da água, impossibilitando a que todos, de forma indistinta, se sirvam ilimitadamente de tal bem, provocando sua valorização econômica.

Mesmo no Brasil, considerado o país mais rico do mundo em recursos hídricos, existem problemas sérios de escassez de água, visto que a maior parte desse recurso disponível se encontra longe dos grandes conglomerados urbanos, ou seja, dos principais centros produtores e consumidores, fato que contribui para a geração de conflitos entre os usuários da água. Assim, a adoção de procedimentos para a sua disponibilização, em quantidade e qualidade, bem como para otimização de seu uso, apresenta-se como uma questão prioritária a ser resolvida com a participação dos diferentes segmentos da sociedade. Nesse sentido, governos de todo o mundo, inclusive o do Brasil (Lei Federal 9.433/97), vêm assumindo suas responsabilidades, adotando procedimentos jurídicos e institucionais, consubstanciados em modernas legislações de recursos hídricos, visando ao gerenciamento compartilhado dos aspectos relacionados à oferta e ao uso da água.

As leis estabelecidas a respeito do gerenciamento dos recursos hídricos prevêm a cobrança pelo uso da água, o que não chega a ser algo novo na vida do homem, eis que é apenas uma forma usual da sociedade impor, a um bem escasso, as forças de mercado e as leis de oferta e procura.

Em função dos aspectos mencionados em relação à água, e que serão a seguir abordados mais detalhadamente, esse documento pretende alertar aos orizicultores do Rio Grande Sul, principal usuário do segmento agrícola do Estado, sobre a importância cada vez maior da adoção de estratégias de manejo que contribuam para o uso racional da água na lavoura de arroz irrigado, aumentando a eficiência de seu uso.

A água no Planeta Terra

Do total da água existente no Planeta Terra, 97,5% são salinas, sendo apenas 2,5% doce (SCIENCE, 2000). Segundo a FAO (ROMANO, 1998), 99% dessa água doce encontram-se nas calotas polares, geleiras e em reservatórios subterrâneos profundos (Figura 1). Assim, do total de água doce, somente 1% é passível de ser utilizada pelo homem de forma economicamente viável e sem grandes impactos negativos ao meio ambiente. Ademais, a água é distribuída desigualmente entre as diferentes regiões do mundo (Tabela 1), assim como no Brasil. Adicionalmente, seu consumo tem aumentado de forma significativa (Tabela 2), assim como sua qualidade tem sido comprometida. Esse conjunto de fatores vem gerando a escassez da água, impossibilitando a que todos, de forma indistinta, sirvam-se ilimitadamente de tal bem, provocando sua valorização econômica.

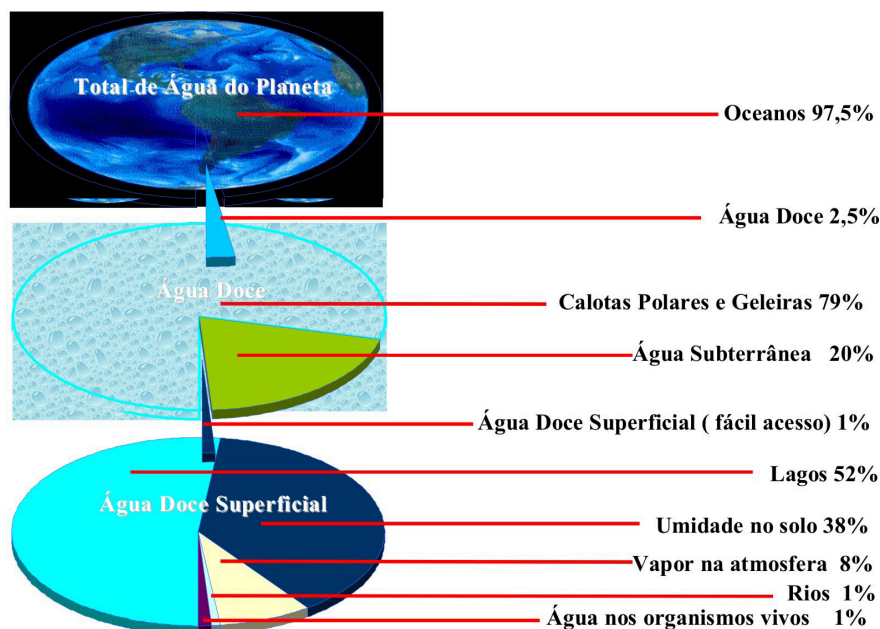


Figura 1. Distribuição da água no Planeta Terra.

Fonte: Romano (1998). Dados adaptados.

A análise das Tabelas 1 e 2 demonstra que, embora a quantidade de água na Terra não tenha se alterado com o passar do tempo, sua disponibilidade anual per capita vem reduzindo de forma expressiva, nas diferentes regiões do Planeta. No período de 1940 a 1990, a população mundial pouco mais que dobrou, mas o consumo de água aumentou 4,6 vezes. Isso se deve à duplicação do consumo. Com o crescimento econômico e social, as populações passaram a consumir mais água, tanto para sua vida pessoal como nas atividades produtivas. Associada a esses aspectos, acrescenta-se a contaminação que a água vem sofrendo ao longo do tempo.

Tabela 1. Disponibilidade anual de água per capita por região (Valores em 10^3 m^3).

Região	1950	1960	1970	1980	2000
África	20,6	16,5	12,7	9,4	5,1
Ásia	9,6	7,9	6,1	5,1	3,3
América Latina	105,0	80,2	61,7	48,8	28,3
Europa	5,9	5,4	4,9	4,4	4,1
América do Norte	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5
Total	178,3	140,2	110,6	89	58,3

Fonte: Ayibotele (1992), citado por Passinato (2008).

Tabela 2. Evolução do uso da água no mundo.

Ano	Habitantes	Uso da água ($\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)
1940	$2,3 \times 10^9$	400
1990	$5,3 \times 10^9$	800

Fonte: Relatório do Banco Mundial (1992), citado por Passinato (2008).

Os índices de escassez ou de abundância de água são elaborados a partir de um indicador que mostra a quantidade de água disponível por habitante ao longo de um ano, ou seja, a disponibilidade per capita. Assim, de acordo com cálculos do Banco Mundial (NORONHA, 2006), esses índices apresentam as seguintes classificações, considerando a disponibilidade de água: a) inferior a $500 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – indica uma situação de extrema escassez, com riscos e ameaças à sobrevivência humana; b) entre 500 e $1000 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – revela uma situação de escassez, com ameaça à saúde e interrupção de desenvolvimento social e econômico; c) entre 1000 e $1500 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – representa uma situação de estresse hídrico, com deficiências localizadas e tendência à escassez; d) entre 1500 e $2000 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – indicativa de uma situação ou estado de alerta; e) superior a $2000 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ – não apresenta preocupação.

Em nível mundial, o consumo total de água na atualidade é de $200 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, mas poderá atingir $360 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ em 2025, mantida a tendência de crescimento populacional. Assim sendo, sem uma gestão adequada, a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos mundiais estará ameaçada. Para evitar o colapso do acesso a esse bem, medidas voltadas à otimização de seu uso devem ser tomadas pelos setores usuários. Estes compreendem a agricultura, a indústria e o uso humano. A média mundial de utilização de água por esses setores corresponde, respectivamente, a 70%, 23% e 7%.

Os percentuais médios de utilização de água mencionados variam de continente para continente. Na África, por exemplo, a agricultura usa 90% e, nas Américas do Norte e Central, 51%, enquanto a indústria utiliza 4% na África e 41% nas Américas do Norte e Central, restando 6% para o uso humano ou saneamento básico, no primeiro continente, e 19% em cada uma das duas Américas. Já na América do Sul, a agricultura, a indústria e o uso humano utilizam, respectivamente, 59%, 26% e 15% dos recursos hídricos disponíveis. No Brasil, esses valores correspondem a 61% para o setor agrícola, 18% para

a indústria e 21% para o saneamento básico. Todavia, no Rio Grande do Sul, a agricultura utiliza 83,5% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que o setor industrial e o saneamento básico utilizam, respectivamente, apenas 10,3% e 6,2%.

Na atualidade, as soluções mais óbvias vigentes ou que serão praticadas em breve visando reduzir a problemática da escassez de água incluem: a) a dessalinização das águas do mar e de aquíferos subterrâneos com salinidade elevada – solução para países que disponham de capital, tecnologia e acesso à água salgada. Infelizmente, a água potável gerada por este processo ainda é um produto caro e naturalmente inacessível a muitos; b) tratamento das águas servidas – no processo de gerenciamento de águas este é um ponto fundamental. Os países mais desenvolvidos estão investindo maciçamente nessa alternativa. No Brasil, cidades como Brasília estão se destacando no tratamento e reaproveitamento de águas servidas; c) captação das águas da chuva. Em países como o Brasil, que apresentam estações chuvosas em determinadas regiões, é possível maximizar os reservatórios e estoques de água pelo uso inteligente da água de precipitação.

A água no Brasil

O Brasil é considerado o país mais rico em recursos hídricos do Planeta, dispondo em torno de 12% das reservas mundiais de água doce, com uma descarga de água fluvial de $177.990\text{m}^3\text{s}^{-1}$ que, se adicionada ao fluxo dos rios amazônicos internacionais (de $73.100\text{m}^3\text{s}^{-1}$), atinge $251.000\text{m}^3\text{s}^{-1}$, representando 53% da produção de água doce do continente sul-americano, que corresponde a $334.000\text{m}^3\text{s}^{-1}$. Mesmo considerando essa situação privilegiada, o País vem vivenciando sérios problemas de escassez de água, resultantes tanto da sua distribuição geograficamente desigual, como de sua contaminação (GARCIA, 2008).

A despeito da riqueza em recursos hídricos, a distribuição dessas reservas brasileiras não é homogênea, fazendo com que haja água em abundância em certas regiões e falte drasticamente em outras (Figura 2). Dos recursos hídricos disponíveis no Brasil, quase 70% encontram-se na região Norte (Amazônia), onde vivem apenas 7% da população. Os 30% restantes encontram-se desigualmente distribuídos pelo País, para atender 93% da população. Na Região Centro-Oeste, onde vivem 6% da população, encontram-se 16% dos recursos hídricos, enquanto que a Região Sudeste, que possui 43% da população, detém 6% dos recursos hídricos. A Região Sul abriga 15% da população e responde por 7% dos recursos hídricos nacionais. Por fim, a Região Nordeste, embora bastante populosa (29%), conta com apenas 3% dos recursos hídricos do País (NORONHA, 2006). Portanto, a maior parte da água disponível no Brasil encontra-se longe dos grandes conglomerados urbanos, ou seja, dos principais centros produtores e consumidores, fato que contribui para a geração de conflitos entre os usuários da água de um mesmo setor ou de setores distintos.

Fonte: Romano (1998).

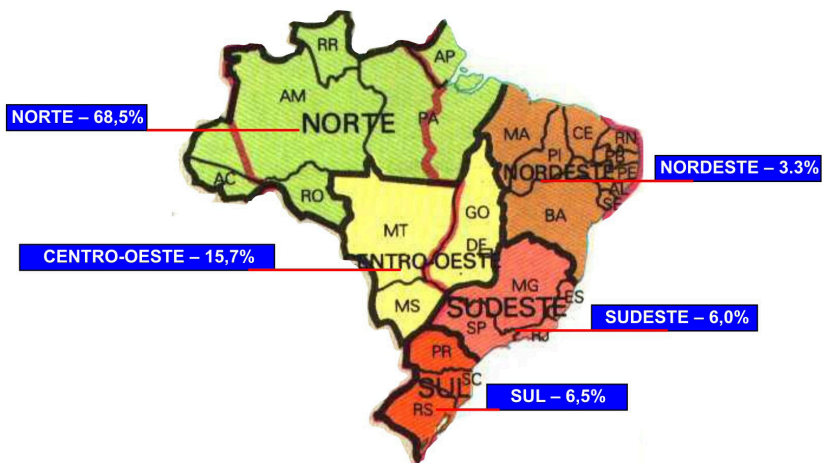


Figura 2. Disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil por Região.

Todavia, o mais preocupante não é a distribuição e sim a qualidade dos recursos hídricos, o que também é verdadeiro para os demais países do mundo. Este problema decorre da constante contaminação ou poluição a que água vem sendo submetida, a partir de esgotos urbanos, de resíduos industriais ou de agroquímicos oriundos da agricultura. Acrescenta-se a esses problemas, a contaminação da água do mar, notadamente, por acidentes ocorridos com navios petroleiros. Cerca de 70% dos municípios brasileiros apontam a poluição das águas como sendo um problema preocupante, enquanto 46% consideram-no grave. Estudos recentes revelam que 90% dos poços rurais localizados em um raio de 100 km da cidade de São Paulo estão contaminados por coliformes (GARCIA, 2008).

A legislação sobre o uso da água no Brasil

A adoção de procedimentos no sentido da disponibilização da água, em quantidade e qualidade, bem como a otimização de seu uso, apresentam-se como questões prioritárias a serem resolvidas com a participação dos diferentes segmentos da sociedade. Nesse sentido, governos de todo o mundo, inclusive do Brasil (Lei Federal 9.433/97), vêm assumindo suas responsabilidades, adotando procedimentos jurídicos e institucionais, consubstanciados em modernas legislações de recursos hídricos, visando ao gerenciamento compartilhado dos aspectos relacionados à oferta e ao uso da água (GOMES et al., 2004). A legislação relativa ao gerenciamento dos recursos hídricos prevê a cobrança pelo uso da água, o que não chega a ser algo novo na vida do homem, eis que é apenas uma forma usual da sociedade impor a um bem escasso as forças de mercado e as leis de oferta e de procura.

A cobrança pelo uso da água logrou êxito, no Brasil, com a edição do Código de Águas (Decreto-lei 24.643, de 10/07/1934), que em seus oito primeiros artigos classifica as águas em públicas, comuns e particulares, estabelecendo mecanismos de

proteção jurídica destas a partir de suas diferentes naturezas jurídicas. Posteriormente, a Lei 6.938/81, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente, incluiu a possibilidade de imposição ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos (GARCIA, 2008).

Em oito de janeiro de 1997, com a publicação da Lei Federal n.º 9.433, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, com fundamentos na gestão descentralizada e participativa, a água passou a ser um bem econômico passível de cobrança. A gestão das águas foi delegada a comitês e conselhos de recursos hídricos, com a participação da União, dos Estados, dos Municípios, de usuários de recurso hídricos e da sociedade civil, tendo, como unidade territorial de planejamento, a bacia hidrográfica. Com a criação da Agência Nacional das Águas – ANA, em 2000 (Lei n.º 9.984), foi atribuída, a esta, a competência para implementar, em articulação com os Comitês de Bacias Hidrográficas, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União. Na esfera estadual, atualmente 24 Estados e o Distrito Federal já aprovaram suas Leis sobre Política e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Todas as leis já aprovadas incluíram a cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumento de gestão (GARCIA, 2008).

A cobrança pelo uso das águas, portanto, é um dos instrumentos previstos na execução da política de gestão dos recursos hídricos do País, cabendo aos Comitês de Bacias estabelecer os mecanismos de cobrança e sugerir valores. No Brasil, os mecanismos de cobrança pelo uso da água vêm sendo implementados na bacia do rio Paraíba do Sul e nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (bacias PCJ). Ambas as experiências tiveram em comum a deflagração de um amplo debate, envolvendo setores usuários, sociedade civil e poder público até o início efetivo da cobrança (CARVALHO et al., 2007).

Em 2006, o Comitê da Bacia rio Paraíba do Sul promoveu um novo debate entre seus constituintes, no sentido de rever a metodologia de cobrança do uso da água. A primeira proposta de valores utilizada para as simulações de impacto foi a aprovada e entrou em vigor. Após a realização das simulações com os valores de cobrança e das discussões nas instâncias do Comitê, foi adotado o mesmo valor unitário para os usos de captação e consumo e um valor menor para o uso de lançamento (Tabela 3), em relação àqueles adotados pelo Comitê das bacias PCJ.

Tabela 3. Valores unitários de cobrança pelo uso da água adotados na bacia do rio Paraíba do Sul, a partir de 2007.

Tipo de uso	PUB	Unidade	Valor (R\$)
Captação de água bruta	PUB_{cap}	$R\$ m^{-3}$	0,01
Consumo de água bruta	PUB_{cap}	$R\$ m^{-3}$	0,02
Lançamento de carga orgânica $DBO_{5,20}$	PUB_{DBO}	$R\$ kg^{-1}$	0,07

Fonte: Carvalho et al. (2007).

$DBO_{5,20}$ = Demanda biológica por cinco dias a 20°C; PUB = Preço unitário básico.

A água na agricultura irrigada

A média mundial indica que o setor agrícola, por meio da irrigação, utiliza 70% dos recursos hídricos disponíveis. Na média brasileira, esse número cai para 61% e no Rio Grande do Sul cresce para 83,5% (NORONHA, 2008). Isso não ocorre por acaso; a água, além de saciar a sede dos animais, tem uma importância capital no processo de produção de alimentos. O Rio Grande do Sul, por exemplo, é o Estado que mais arroz produz no País, utilizando o sistema de cultivo irrigado com lâmina de água contínua, elevando seu índice de uso de água na agricultura.

Na safra 1999/00, foi colhida uma superfície agrícola mundial de 1,5 bilhão de hectares, dos quais cerca de 275 milhões

corresponderam à área cultivada sob irrigação. A superfície produtiva agrícola sob sequeiro, em torno de 1,225 bilhão de hectares, foi responsável por 58% do total colhido, enquanto a superfície agrícola irrigada, embora correspondendo a apenas 18% da área total sob produção agrícola, proporcionou 42% do total colhido na agricultura (CHRISTOFIDIS, 2002).

No Brasil, na safra 2003/04, a área agrícola irrigada alcançava em torno de 3,44 milhões de hectares, correspondendo a 5,89% da área total utilizada com 62 principais espécies vegetais cultivadas. Esta, porém, respondia, na época, por 16% da produção total de alimentos (CHRISTOFIDIS, 2006). O arroz irrigado, com área em torno de 1,3 milhões de hectares, responde, aproximadamente, por 38% da área irrigada no País. O indicador área irrigada/plantada, ante o potencial de solos e água disponível no Brasil, indica um potencial de área irrigável com sustentabilidade em torno de 29,564 milhões de hectares, sendo que no Rio Grande do Sul esse potencial pode atingir 2,165 milhões de hectares.

Segundo Noronha (2008), cada hectare de agricultura irrigada corresponde a sete hectares de agricultura de sequeiro. No Brasil, os sistemas de irrigação predominantes são os de inundação (arroz), aspersão convencional com pivô central (cereais) e localizado (fruticultura). Apesar de hoje a agricultura ainda ser o setor que mais utiliza água, o crescimento em outros setores é muito mais intenso; nos últimos anos, cresceu 15 vezes. A competição de usos mais nobres para o mesmo recurso forçará os irrigantes a buscarem tecnologias mais eficientes no uso da água.

A água no arroz irrigado – demanda

O volume de água requerido pela cultura de arroz irrigado por inundação está relacionado àquele necessário para que as plantas cresçam e transpirem. Porém, um volume adicional

é perdido com a evaporação da superfície solo-água, por percolação, fluxo lateral pelas taipas (bordas da lavoura) e, ocasionalmente, por transbordamento sobre estas. Embora essas perdas possam ser minimizadas pela otimização do manejo da água de irrigação, não podem ser eliminadas, razão pela qual são consideradas no somatório do volume de água requerido para a irrigação do arroz. Esse volume de água depende, principalmente, das condições climáticas, de atributos do solo, do manejo da cultura e da duração do ciclo da cultivar. Varia também com as dimensões e revestimento dos canais, com a localização da fonte de captação e a profundidade do lençol freático. Ademais, devem ser considerados os volumes de água necessários para saturar o solo e formar a lâmina de água no início da irrigação. No sistema de cultivo com sementes pré-germinadas, também deve ser considerada a quantidade de água necessária para o preparo do solo que, em algumas regiões, é realizado em condições de submersão (GOMES *et al.*, 2004). Outro aspecto a considerar refere-se ao fluxo de água contínuo que o orizicultor mantém em um determinado ponto de sua lavoura, com a finalidade de evitar a estagnação da água de irrigação. O volume de água correspondente a esse fluxo deve ser o menor possível.

A produtividade de arroz irrigado por unidade de evapotranspiração (evaporação + transpiração) varia em torno 1,1 kg de grãos por m³ de água, podendo atingir valores ao redor de 1,6 kg m⁻³, que é comparável a de outros cereais. A referida baixa eficiência do uso da água pela cultura do arroz irrigado, ou seja, a baixa quantidade de grãos produzida em relação ao volume de água utilizado na lavoura decorre da consideração das perdas de água, além do volume de água evapotranspirado (STONE, 2005).

Nos trópicos, valores comuns de evapotranspiração em lavouras de arroz irrigado variam entre 4 e 5 mm dia⁻¹ (4 a 5 m³ dia⁻¹ ha⁻¹), na estação chuvosa, e entre 6 a 7 mm dia⁻¹ (6 a 7 m³ dia⁻¹ ha⁻¹), na estação seca (DE DATTA, 1981). No Rio Grande do Sul, valores estimados de evapotranspiração para lavouras de

arroz irrigado indicam que esta varia entre 6,7 a 7,7 mm dia⁻¹, dependendo da região considerada, sendo normalmente maior nas regiões da Campanha e Fronteira Oeste e menor na Região Sul (MOTA e ZAHLEL, 1994). Assim, considerando-se um valor médio de evapotranspiração para o Estado de 7,2 mm dia⁻¹ e um período médio de irrigação de 85 dias (para uma cultivar de ciclo médio) seriam necessários 6120 m³ ha⁻¹ para atender a demanda evapotranspirativa do arroz. Volumes de água utilizados além deste valor decorrem de perdas associadas aos procedimentos de irrigação da cultura. Quanto mais elevados forem estes valores, menor será a eficiência da irrigação e, por conseguinte, a eficiência do uso da água (EUA). Em experimentos conduzidos recentemente na Região Sul, onde se avaliou diretamente a evapotranspiração em áreas de arroz, determinaram-se valores variando de 5,5 a 5,8mm dia⁻¹ (GOMES et al. 2008).

As perdas de água por percolação e infiltrações laterais devem, sempre que possível, ser minimizadas. Estas perdas de água dependem de atributos intrínsecos do solo, relacionados à textura e estrutura e à topografia do terreno, altura de lâmina de água, permeabilidade das taipas e da existência, próximo à área irrigada, de canais de drenagem profundos. Todavia, sempre que a quantidade de água infiltrada no solo superar sua capacidade de retenção, ocorrerão perdas por percolação profunda. A água perdida por infiltração lateral flui sobre a superfície do solo, ou através de canais e rios, enquanto que o fluxo de percolação move-se usualmente para o lençol freático. Pelo fato de essas perdas ocorrerem simultaneamente, são consideradas de forma conjunta e podem atingir valores entre 2 a 6 mm dia⁻¹, sendo que, em condições desfavoráveis, tais valores podem chegar a 20 mm dia⁻¹. O cultivo do arroz irrigado em tais condições contribui de forma expressiva para a redução na eficiência da irrigação (GOMES et al., 2004).

Na Região Subtropical, estima-se que, na atualidade, venha sendo utilizado pela lavoura de arroz irrigado um volume de água em torno de 12 mil m³ ha⁻¹ (vazão de 1,4 L s⁻¹ ha⁻¹), para

um período médio de irrigação de 85 a 100 dias, com tendência de redução. Resultados de pesquisa vêm comprovando a possibilidade de minimização desse valor, que pode atingir $8,0 \text{ mil m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (vazão de $1,0 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$), ou menos. Trabalho conduzido recentemente na Embrapa Clima Temperado (SCIVITTARO et al., 2008) visando avaliar o efeito da época de entrada de água sobre o desempenho produtivo e a eficiência de irrigação em um cultivo de arroz irrigado, comprova os dados mencionados anteriormente (Tabela 4). Nesse trabalho, o desempenho produtivo da cultivar de arroz BRS Querência foi favorecido pela antecipação da época de início da irrigação, embora a maior eficiência de uso da água pela cultura esteja associada ao início da irrigação a partir do estágio de quatro a cinco folhas (V4/V5 - início do perfilhamento). A maior produtividade de grãos (9510 kg ha^{-1}) foi obtida, porém, quando foram usados $7453 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de água. O favorecimento, em termos de produtividade de grãos, da antecipação do início da irrigação para cultivares de ciclo precoce vem ao encontro de outros resultados descritos na literatura pertinente.

Tabela 4. Duração do ciclo, produtividade de grãos, volume de água utilizada, período de irrigação e eficiência de uso da água da cultivar de arroz BRS Querência, em função da época de início de irrigação. Capão do Leão, RS. Safra 2007-08.

Início de irrigação	Ciclo ²	Produtividade e de grãos	Água utilizada	Período de irrigação ³	Eficiência de uso da água
Estádio ¹	dias	kg ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	dias	kg m ⁻³
V2/V3 (14 dae)	108b	9510a	7453a	94a	1,30b
V4/V5 (21 dae)	112b	8342b	5592ab	91a	1,59a
V7/V8 (43 dae)	121a	6996c	4770b	73b	1,53a

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Estádio de desenvolvimento da planta de arroz estabelecido com base na escala de Counce et al. (2000); ²ciclo da cultura - período compreendido entre a emergência e a maturação dos grãos (R9); ³período compreendido entre o início da irrigação e a maturação dos grãos.

A tendência de redução do uso de água em lavouras de arroz irrigado vem se concretizando a partir da divulgação, pela pesquisa, da importância da adoção de estratégias que otimizem o uso da água, aumentando a eficiência de seu uso, ou a produtividade da água. Essas estratégias serão apresentadas e discutidas no subitem: a água no arroz irrigado – estratégias para redução do uso.

A água no arroz irrigado - manejo

Independentemente do sistema de cultivo de arroz utilizado na Região Subtropical do Brasil, (convencional, direto, mínimo ou pré-germinado), o sistema de irrigação mais utilizado é o de inundação contínua ou permanente, que se caracteriza pela manutenção de uma lâmina de água com fluxo contínuo na lavoura. O manejo da água em arroz irrigado por inundação é fundamental para o desempenho da cultura, visto que a água, além de contribuir fisicamente no controle de plantas daninhas, interfere na disponibilidade de nutrientes e na incidência de certas pragas e doenças.

Nos sistemas de semeadura em solo seco (convencional, plantio direto e cultivo mínimo), a irrigação da lavoura inicia-se com a submersão contínua do solo, desconsiderando a necessidade da realização de banhos antecipados, o que normalmente não é aconselhado. A época de início da irrigação varia com o ciclo da cultivar e o tipo de herbicida utilizado em pré-emergência. Cultivares de ciclo superprecoce ou precoce, por serem mais sensíveis a estresses, requerem que a irrigação da lavoura inicie mais cedo, nos estádios de três a quatro folhas (15 a 20 dias após a emergência), enquanto que para cultivares de ciclo médio ou tardio, o início da submersão do solo pode ocorrer mais tardiamente, nos estádios de quatro a seis folhas (20 a 30 dias após a emergência). Do mesmo modo, o uso de herbicidas em pré-emergência, com poder residual, além de contribuir para que as plantas de arroz se estabeleçam livres

de mato-competição, possibilita que o início da irrigação seja realizado até 30 dias após a emergência das plântulas.

No sistema de cultivo pré-germinado, o início da submersão do solo ocorre mais cedo, 20 a 30 dias antes da semeadura, em função da elevada presença de arroz-daninho no solo. Em Santa Catarina, durante esse período, realiza-se o renivelamento do solo, utilizando-se o nível de água como referência. Já no Rio Grande do Sul, recomenda-se que o renivelamento seja feito em condições de solo seco, desde que este seja previamente sistematizado, a partir da utilização do raio laser ou do uso de uma lâmina de água como referência de nível. Todavia, nas duas situações, a submersão do solo antecipada continua a ser recomendada pelo benefício no controle do arroz-daninho (vermelho e preto). Deste modo, a semeadura com sementes pré-germinadas deve ser realizada sobre uma lâmina de água com altura de 5 a 7 cm. Atualmente, não mais se recomenda, após a semeadura, a retirada da lâmina de água da lavoura, independentemente da cultivar, evitando-se, deste modo, perdas de solo, nutrientes e agrotóxicos. Este procedimento reduz possíveis impactos ambientais negativos da lavoura orizícola e não afeta os níveis de produtividade.

A presença de uma lâmina de água durante o cultivo do arroz irrigado traz uma série de vantagens, destacando-se o aumento da disponibilidade de nutrientes presentes no solo, notadamente o fósforo, e o controle físico de plantas daninhas não aquáticas. A difusão do oxigênio através de uma lâmina de água é dez mil vezes menor que no ar, contribuindo para a redução da germinação e emergência de plantas daninhas. Embora a presença de lâmina de água seja importante durante todo o ciclo da cultura, as plantas de arroz apresentam fases em que a água é demandada em maior quantidade. Assim, pode-se considerar a seguinte relação entre os estádios de desenvolvimento e a necessidade de água de irrigação: a) estágio inicial ativo de afilhamento – necessária; b) estágio de afilhamento – necessária; c) estágio de afilhamento máximo – necessidade mínima; d) estágio de diferenciação da panícula

– necessidade máxima; e) estágio de crescimento da panícula (embrachamento) – necessidade máxima; f) estádios de floração e granação – necessidade mínima. Com base na baixa necessidade de água na fase de granação, é possível suspender a irrigação alguns dias após a floração (7 a 15 dias), sendo a época exata variável em função de atributos físicos do solo, da declividade do terreno, das condições climáticas e de características da cultivar.

A altura da lâmina de água é outro aspecto importante no manejo da água para o arroz, visto que ela interfere, entre outros aspectos, no volume de água utilizado e, em consequência, na economicidade da irrigação. Lâminas de água com altura em torno de 2,5cm viabilizam ótimos rendimentos de grãos de arroz. Contudo, embora propiciem uma economia de água, requerem uma sistematização do solo mais criteriosa. Por outro lado, lâminas de água com alturas superiores a 2,5cm, variando até 7,5cm, embora aumentem o uso de água, exigem menor nivelamento do solo e requerem menores cuidados no controle de plantas daninhas. Lâminas maiores (superiores a 10cm) reduzem o número de afilhos e promovem maior crescimento das plantas de arroz, favorecendo o acamamento. Ademais, aumentam as perdas de água por infiltração lateral e percolação e provocam maior evaporação durante a noite, em consequência do maior armazenamento de energia térmica. Em função desses aspectos, requerem maior quantidade de água, podendo atingir 15 mil m³ ha⁻¹ ou mais, para um período médio de irrigação de 85 a 100 dias (GOMES et al., 2004).

A altura da lâmina de água pode ser alterada, ainda, em função da fase de desenvolvimento das plantas de arroz. Na fase vegetativa, a altura da lâmina pode ser mantida tão baixa quanto possível, o que viabiliza bom afilhamento e um melhor enraizamento das plantas. No período compreendido entre a diferenciação da panícula e a floração, a altura da lâmina de água pode ser elevada para em torno de 10cm. Após, coincidindo com a granação, a necessidade da manutenção de uma lâmina de água é mínima, possibilitando a supressão da irrigação.

A água no arroz irrigado - drenagem

Conforme mencionado, a supressão do fornecimento de água à lavoura de arroz irrigado pode ocorrer cerca de 10 dias após a floração (50%). Para que essa estratégia seja adotada, têm que ser levados em consideração os atributos físicos do solo, as condições climáticas e a propensão da cultivar ao trincamento de grãos. Normalmente, solos mais argilosos retêm a água por períodos mais prolongados. Em condições de verão muito seco e quente, a supressão da água deve ocorrer mais tarde. Por fim, cultivares que apresentam tendência de trincamento dos grãos são mais exigentes quanto à presença de uma lâmina de água até próximo à colheita.

Independentemente das condições mencionadas, a água deverá ser retirada da lavoura para que a colheita seja realizada. Assim, a rede que viabiliza a drenagem é tão importante quanto aquela construída para a distribuição da água e deve ser estabelecida antes da semeadura do arroz, sendo, normalmente, construída quando da realização da rede de irrigação, ou logo após. O canal principal de drenagem deve passar pela parte mais baixa do terreno, visando o menor volume de escavação. Entretanto, os canais secundários e terciários de drenagem devem ser localizados nos pontos médios. Estes últimos dispostos entre os canais secundários de irrigação, com espaçamento semelhante entre si. Normalmente, os canais de drenagem são construídos nos dois lados das estradas de serviço. A rede terciária de drenagem pode ser dividida em dois grupos: a) em terreno não-aplainado, os drenos devem ser construídos sem traçado definido, procurando-se unir os pontos de cotas mais baixas; b) em terrenos aplainados, os drenos devem ser construídos seguindo a declividade natural do terreno. Devem ser usados sistemas de drenagem do tipo grade ou espinha de peixe.

Os drenos secundários e terciários devem permanecer fechados durante o período de inundação da lavoura, de forma a reduzir

as perdas de água. Excepcionalmente, quando for necessária a realização de drenagem no período de desenvolvimento das plantas de arroz, os mesmos devem ser abertos. Do mesmo modo, durante o inverno, independentemente de o solo estar ou não sob cultivo, o sistema de drenagem deve permanecer ativo. Este procedimento concorrerá para reduzir o problema de toxicidade por ferro no arroz, além de permitir a emergência de plantas daninhas, bem como controlar pragas de solo (GOMES, et al. 2004).

A água no arroz irrigado – estratégias para redução do uso

Em função dos aspectos aqui levantados em relação à água, pretende-se alertar os orizicultores do Rio Grande Sul sobre a importância cada vez maior da adoção de estratégias de manejo que contribuam para o uso racional da água na lavoura de arroz irrigado. Entre essas estratégias destacam-se: a) sistematização do solo; b) racionalização e melhoria nos procedimentos operacionais c) construção de taipas antecipadas; d) redução das perdas de água por infiltrações laterais e percolação; e) redução do período de irrigação; f) controle da altura da lâmina de água, g) uso de sistemas intermitentes de irrigação; h) uso de cultivares de arroz de menor duração do ciclo biológico (precoce ou superprecoce), que apresentem alta produtividade; i) cultivo do arroz em solos favoráveis; j) consideração da chuva efetiva na lavoura e l) melhoria da capacitação e treinamento em serviço das práticas poupadoras de água.

a) sistematização do solo - é uma técnica que consiste no processo de adequação da superfície natural do terreno de maneira a transformá-la num plano ou numa superfície curva organizada (Figura 3). O plano pode ser estabelecido com ou sem declive, dependendo dos objetivos previamente definidos. No Rio Grande do Sul, em função do arroz irrigado por inundação contínua ser a cultura básica do sistema produtivo, vem se preferindo sistematizar em planos sem

declive, denominados de “cota zero” (PARFITT et al., 2004), preferencialmente utilizada no sistema de cultivo de arroz pré-germinado. Todavia, embora essa condição facilite o manejo das práticas agrícolas utilizadas no cultivo do arroz irrigado, notadamente o manejo da água, dificulta bastante a drenagem da lavoura, prejudicando o estabelecimento de um sistema de rotação de culturas, prática recomendada por razões diversas. Deste modo, ao se planejar o cultivo de espécies de sequeiro em rotação ao arroz irrigado, deve-se optar pela sistematização em declive, respeitando o desnível natural do terreno. De modo geral, a sistematização do terreno possibilita a uniformização da lâmina de água aplicada, reduzindo as vazões na irrigação por superfície.

Foto: Algenor Gomes



Figura 3. Receptor de raios laser montado em plaina na execução da sistematização do terreno.

b) melhoria nos procedimentos operacionais - devem ser tomadas todas as providências, no sentido de evitar perdas de água quando da captação, nos pontos de recalque, no transporte até às lavouras, através dos canais ou tubulações de condução, bem como durante a distribuição da água na lavoura (Figura 4). Assim, deve-se ter o cuidado de que a água bombeada seja devidamente colocada na calha de recepção, sem desperdícios, que os canais ou as tubulações de transportes não apresentem furos em toda sua extensão e, por fim, que na distribuição da água na lavoura não ocorram transbordamentos sobre as taipas externas (rondas). Portanto, o orizicultor deve se preocupar em realizar melhorias na manutenção dos canais, tubulações, reservatórios e equipamentos de irrigação.

Foto: José A. Lisboa



Figura 4. Estação de recalque, canal de transporte e distribuição de água em lavoura de arroz irrigado.

c) construção de taipas antecipadas - as taipas devem ser construídas no verão anterior à semeadura do arroz, em dezembro do ano anterior, ou em janeiro, fevereiro ou, no máximo, até o mês de março que antecede o plantio do arroz (Figura 5a). Desta forma, no momento da semeadura, as taipas devem estar consolidadas, possibilitando semeadura sobre as mesmas (Figura 5b) e evitando perdas de água por infiltrações laterais, quando do início da irrigação.

Foto: Algenor Gomes



Figura 5. Preparo antecipado das taipas e arroz semeado sobre as taipas.

d) redução das perdas de água por infiltrações laterais e percolação - estas perdas, embora façam parte do processo produtivo do arroz irrigado, devem ser reduzidas. Ao contrário da evapotranspiração, considerada relativamente estável em um dado período, dentro de uma determinada região agroecológica, variam amplamente de um local para outro.

As perdas de água por percolação são governadas, principalmente, pelos atributos físicos do perfil do solo e pela topografia do terreno. Entretanto, quando a quantidade de água infiltrada no solo superar a capacidade de retenção, ocorrerão perdas por percolação vertical. Em solos com níveis freáticos elevados ou com a presença de camadas impermeáveis próximas à superfície (horizonte B), a percolação é baixa, apresentando valores menores que 10 mm dia^{-1} . Em trabalho realizado por Gomes et al. (2008), em solo com condições semelhantes às descritas, foi observada percolação em cultivo de arroz irrigado, variando de $1,2$ a $1,8 \text{ mm dia}^{-1}$. Todavia, em solos arenosos, como os Neossolos quartzarênicos, as percolações são bem maiores tornando mais difícil a manutenção de uma lâmina de água sobre a superfície do solo no cultivo do arroz.

As perdas de água por infiltrações laterais ocorrem nas taipas ou diques que circundam a lavoura. A água perdida desta forma move-se da lavoura para as áreas circunvizinhas não cultivadas,

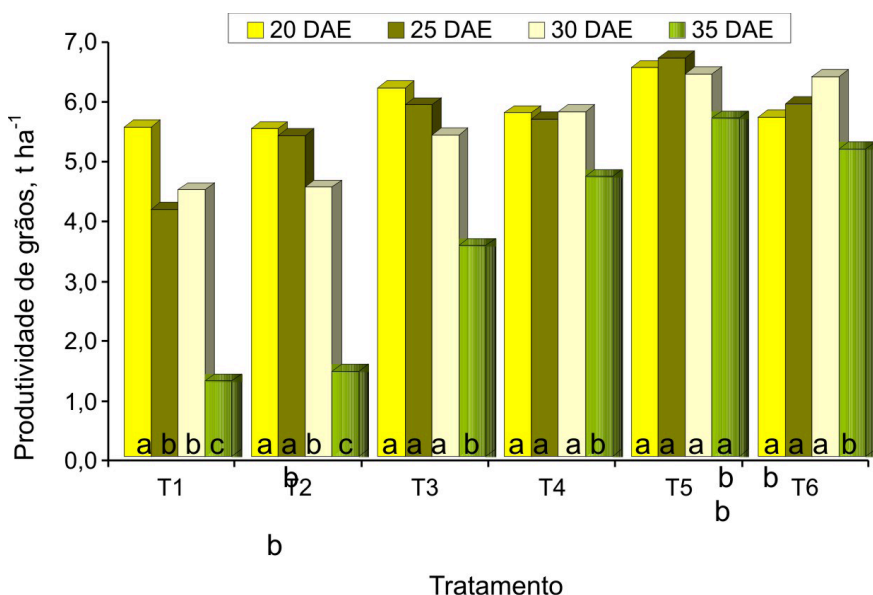
normalmente não sendo reaproveitada. Esse tipo de perda, difícil de ser estimada, depende também dos atributos físicos do solo, altura da lâmina de água, permeabilidade das taipas e da existência, próximo à área irrigada, de canais de drenagem profundos. Na literatura, existe menção de que tais perdas podem variar entre 15 e 60 L dia⁻¹, por metro de taipa. Assim, cuidados especiais devem ser tomados no sentido de reduzi-las.

As perdas de água por percolação e infiltrações laterais, em função de ocorrerem simultaneamente, são consideradas de forma conjunta e podem atingir, em condições mais favoráveis, valores entre 2,0 a 6,0 mm dia⁻¹, respondendo por 12% a 35% da água utilizada em uma lavoura de arroz irrigado. Todavia, em condições desfavoráveis estes valores podem chegar a 20 mm dia⁻¹ (GOMES et al., 2004).

e) redução do período de irrigação - o período de irrigação é outra estratégia determinante no volume de água utilizado em uma lavoura de arroz irrigado. Este pode ser manejado mais adequadamente, com vistas à racionalização do uso da água, considerando-se o início e o término da irrigação. O início da submersão do solo pode ocorrer até 30 dias após o início da emergência das plântulas, correspondendo ao estágio de cinco a seis folhas, preferencialmente para cultivares de ciclos médio ou tardio, que apresentam menor sensibilidade à ocorrência de estresses. O atraso no início da irrigação é favorecido pelo uso de herbicidas pré-emergentes que apresentem período residual, visto que a água atua como um controlador físico na emergência de plantas daninhas não aquáticas.

Na Figura 6 observa-se o efeito positivo do atraso do início da irrigação sobre a produtividade de grãos de arroz da cultivar BRS Pelota (ciclo médio), quando da associação com o uso de dois herbicidas (tratamentos T4, T5 e T6), um aplicado em pré-emergência, com período residual (clomazone) e outro em pós-emergência (bispiribac). Na Figura 7 constata-se, também, resposta positiva em produtividade de grãos de arroz da cultivar BRS 7 "Taim" (ciclo médio) decorrente do atraso na

época de início de irrigação. Essa resposta mostrou-se linear e estendeu-se até quando o início da irrigação ocorreu aos 36 dias após a emergência das plantas. Deve-se salientar que nesse experimento foram utilizados dois herbicidas: clomazone, em pré-emergência, e bispyribac, em pós-emergência.

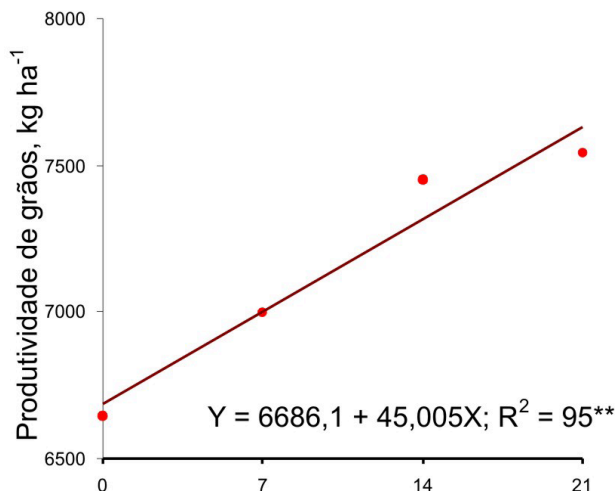


Tratamentos: T1 = 80 mL de Bispyribac - sodium (B); T2 = 100 mL de B; T3 = 120 mL de B; T4 = T1 + 600 mL de Clomazone (C); T5 = T2 + 600 mL de C; T6 = T3 + 600 mL de C.

Colunas seguidas com a mesma letra não diferem entre si, dentro de um mesmo tratamento, em função da época de entrada d' água.

Fonte: Andres et al. (2007).

Figura 6. Produtividade de grãos de arroz irrigado, cv. Pelota, em função da época de entrada d' água e da aplicação de herbicidas em pré e pós-emergência.



Época de entrada de água, dias após V4 (15 DAE)

Figura 7. Produtividade de grãos de arroz, cv. BRS 7 "Taim", em função da época de início da irrigação.

Fonte: Scivittaro et al (2004). Dados não publicados.

O término ou supressão antecipado da irrigação na lavoura de arroz é outra estratégia que pode contribuir para a redução do período de irrigação, além de facilitar a colheita e reduzir seus efeitos sobre a degradação da superfície do solo e facilitar a retirada do produto da lavoura. Os resultados expressos na Tabela 5 indicam que, mesmo quando é realizada a drenagem antecipada da lavoura (T1, T2, T3 e T4), as produtividades de grãos e a esterilidade de espiguetas não diferiram da supressão da irrigação 10 dias após o início da floração (T5), tanto em Bagé-RS, como em Pelotas-RS. Em Bagé, porém, quando a drenagem da lavoura ocorreu no início da floração, constatou-se redução de produtividade (GOMES et al., 1987 e GOMES et al., 1999). Trabalho realizado em Arkansas, nos Estados Unidos da América, por Counce et al. (1993) confirma que a irrigação pode ser suspensa a partir de uma semana até 10 dias após a floração (50%) e a drenagem da lavoura ser realizada uma semana mais tarde (duas semanas após a floração), sem causar prejuízos à produtividade e à qualidade dos grãos de cultivares de arroz irrigado.

Ao realizar a supressão da irrigação ou, sobretudo, proceder-se à drenagem da lavoura, deve-se levar em conta aspectos como a espessura da lâmina de água existente, a capacidade de retenção de água e a drenagem interna do solo. Também devem ser consideradas as condições climáticas predominantes, de modo que a qualidade do grão não venha a sofrer danos em função de variações térmicas de maior amplitude, as quais tendem a causar problemas maiores aos grãos quando a umidade do solo é limitante.

Tabela 5. Produtividade de grãos e esterilidade de espiguetas de duas cultivares de arroz irrigado, em função de épocas de drenagem final e da supressão da irrigação à lavoura, em Pelotas e Bagé, RS.

Época de drenagem	Cultivar				Média	
	BR – IRGA 409		BR – IRGA 410			
	Pelotas	Bagé	Pelotas	Bagé	Pelotas	Bagé
	----- Rendimento de grãos, t ha ⁻¹ -----					
T1	5,7	6,4	5,2	6,2	5,4	6,3
T2	5,8	7,6	5,9	7,3	5,8	7,4
T3	5,4	6,8	5,4	8,5	5,4	7,6
T4	6,1	7,0	5,8	8,0	6,0	7,5
T5	5,8	6,4	6,0	8,5	5,9	7,4
	----- Esterilidade de espiguetas, % -----					
T1	6	14	17	32	12	23
T2	6	12	11	13	8	12
T3	5	13	11	12	8	12
T4	6	12	10	10	8	11
T5	7	13	11	10	8	12

T1 - drenagem no início do florescimento (V4); T2 - drenagem 10 dias após o florescimento (R5/R6); T3 - drenagem 20 dias após o florescimento (R6/R7); T4 - drenagem na maturação (R8/R9); T5 - testemunha: supressão do fornecimento de água às parcelas, 10 dias após o florescimento (R5/R6), deixando a água escoar naturalmente.

Fontes: Gomes et al. (1987) e Gomes et al. (1999).

f) altura da lâmina de água - esta pode variar com o estágio de desenvolvimento da planta de arroz, como descrito anteriormente. Todavia, deve-se destacar que, no estabelecimento da lavoura, a altura da lâmina de água pode variar em torno de 3,0cm, atingindo posteriormente uma altura máxima de 7,5cm, que deve ser mantida durante o restante do período de irrigação, quando se utiliza o sistema de irrigação com lâmina contínua. A manutenção de lâminas com as alturas mencionadas está associada à sistematização do terreno, ou no mínimo a um aplainamento adequado do solo (Figura 8).



Figura 8. Altura média de lâmina de água em lavoura de arroz de 7,5cm.

g) sistemas de irrigação intermitente - na atualidade, novas variantes do sistema de irrigação por inundação contínua vêm sendo testadas como estratégias para reduzir o uso da água nas lavouras de arroz e, em consequência, diminuir os custos da irrigação. Entre estas, o sistema intermitente com aeração múltipla é o que vem sendo avaliado há mais tempo. Neste sistema, após o início da irrigação e a estabilização da lâmina de água, a irrigação é suspensa, até aparecer a primeira coroa de solo, que corresponde a parte mais alta da lavoura.

Neste momento, reinicia-se a irrigação, que é novamente suspensa após o estabelecimento da lâmina de água. Esta intermitência é mantida até o final do período de irrigação (Figura 9). O turno ou ciclo de irrigação, em dias, neste sistema, vai depender, principalmente, dos atributos físicos do solo e das condições climáticas.

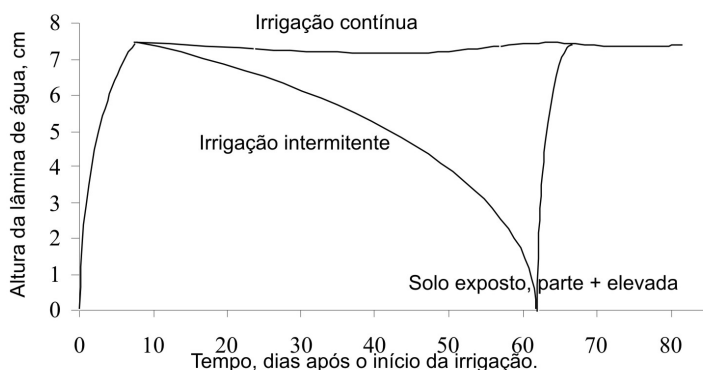


Figura 9. Modelo esquemático dos sistemas de irrigação contínuo e intermitente.

Na Embrapa Clima Temperado, Gomes et al. (2008) conduziram um trabalho onde avaliaram dois sistemas de irrigação, um com irrigação contínua e outro com irrigação intermitente. Os resultados contidos na Tabela 6 demonstram que não houve diferença na produtividade de grãos de arroz entre os sistemas testados e que o volume de água utilizado no sistema intermitente foi 37% menor em relação ao usado no sistema contínuo, o que se refletiu em maior eficiência do uso da água (EUA).

No experimento mencionado, em função das condições climáticas favoráveis, observadas ao longo de sua condução, foi necessário voltar a irrigar apenas uma vez (Figura 9). Assim, o período de 13 dias de irrigação corresponde à soma dos tempos necessários para inicialmente colocar e estabilizar a lâmina de água e sua reposição, após o aparecimento da primeira coroa de solo. A literatura menciona que esse turno de irrigação pode variar de 5 a 9 dias (Massey et al., 2006).

Tabela 6. Produtividade média de grãos de arroz, volume de água utilizado, período de irrigação, eficiência do uso da água, evapotranspiração e percolação, em função de sistemas de irrigação.

Sistema de irrigação	Produtividade média de grãos kg ha ⁻¹	Volume de água usado m ³ ha ⁻¹	Período de irrigação Dias	EUA ² kg m ⁻³	ET mm dia ⁻¹	Percol. mm dia ⁻¹
Convencional	10.109a ¹	11329	83	0,89	5,5	1,8
Intermitente	10.099a	7101	13*	1,42	5,8	1,2

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t (5%). ² EUA = Eficiência do uso da água (Produtividade de grãos/m³ de água utilizados); ET = Evapotranspiração; Percol. = Percolação, ambas determinadas.

h) uso de cultivares de arroz superprecoce ou precoce - na atualidade, a Embrapa Clima Temperado dispõe de cultivares de arroz de ciclos superprecoce (BRS Atalanta) e precoce (BRS Querência) que apresentam potenciais produtivos semelhantes ao de cultivares de ciclo médio (Figura 10), o que viabiliza o uso dessas cultivares sem prejuízos de produtividade e com maior eficiência no uso da água.

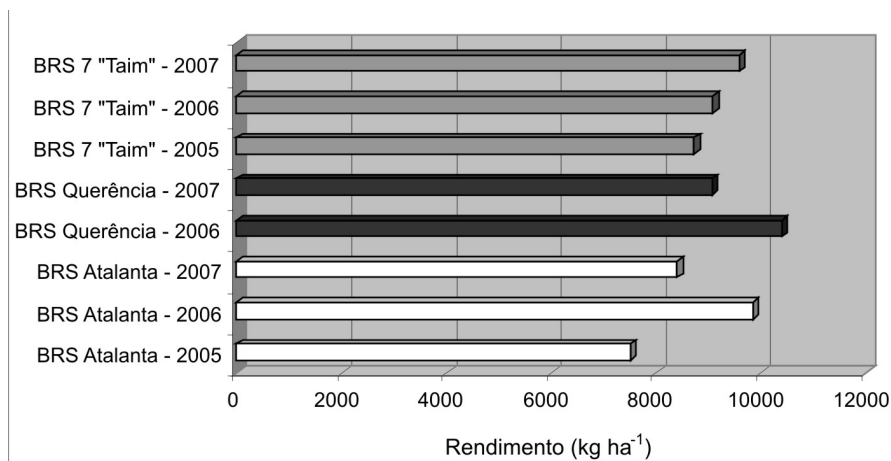


Figura 10. Produtividades médias de cultivares de ciclo médio (BRS 7 "Taim"), precoce (BRS Querência) e superprecoce (BRS Atalanta) observadas no Estado do RS em três safras agrícolas. Fonte: Petrini et al. (2008).

Na Figura 11 observa-se que a cultivar superprecoce BRS Atalanta, por exemplo, apresenta redução de 10 e 20 dias no período de irrigação em relação às cultivares de ciclo precoce e médio, respectivamente. Isto significa que durante o período de irrigação (65 dias) ocorrem reduções de volumes de água que variam de 720 a 1440 m³ ha⁻¹, setor considerado a demanda evapotranspirativa média (7,2 mm dia⁻¹), ou seja, não será necessária a reposição desses volumes por meio de irrigação (PETRINI et al., 2008).

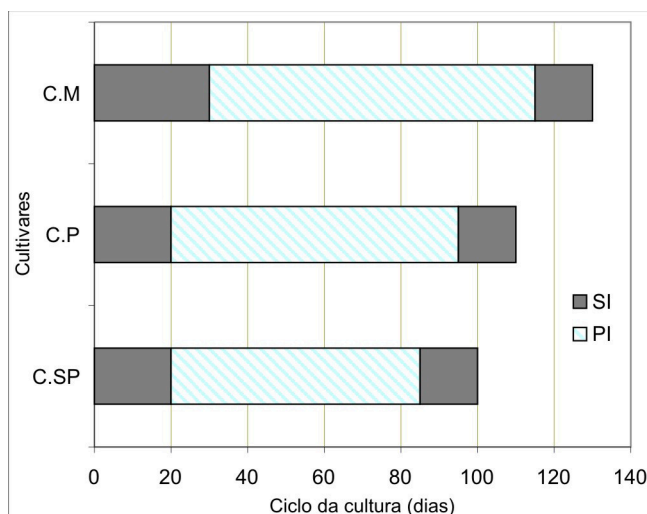


Figura 11. Número de dias de irrigação em função do ciclo das cultivares recomendadas para o RS. CM – ciclo médio (BRS 7 “Taim”); CP – ciclo precoce (BRS Querência); C. SP – ciclo superprecoce (BRS Atalanta). SI = sem irrigação; PI = período de irrigação. Fonte: Petrini et al. (2008).

Na Figura 12, podem-se observar os volumes estimados de água utilizados pelas cultivares de ciclo precoce (BRS Querência) e superprecoce (BRS Atalanta), comparativamente ao utilizado por uma cultivar de ciclo médio (BRS 7 “Taim” - 125 dias da emergência à maturação dos grãos). Nesta, no manejo convencional de irrigação (irrigação contínua), são utilizados, com uma lâmina de água de 10cm de altura, cerca de 12.000m³

ha⁻¹, durante um período médio de irrigação de 85 dias. Assim, constata-se que, com o uso de cultivares de ciclo precoce e superprecoce, há possibilidade de reduções nos volumes de água utilizados de 11,5% e 23,5%, respectivamente, em relação ao utilizado para uma cultivar de ciclo médio.

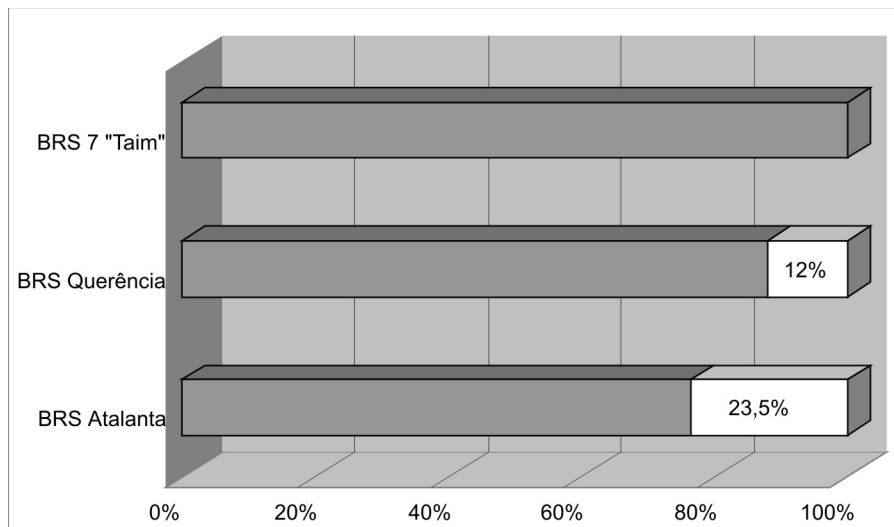


Figura 12. Volume e percentual de redução de água utilizada durante o período de irrigação em cultivares de ciclo médio (BRS 7 "Taim"), precoce (BRS Querência) e superprecoce (BRS Atalanta).

Fonte: Petrini et al. (2008).

i) cultivo do arroz em solos favoráveis – preferencialmente, o orizicultor deve escolher solos para implantar suas lavouras de arroz que apresentem, além de um relevo adequado, uma camada praticamente impermeável, próxima à superfície (Figura 13a), o que contribuiria para a redução do volume de água utilizado. Solo como o apresentado na Figura 13b, muito arenosos em todo o perfil, concorre para a redução na eficiência do uso da água, com reflexos negativos sobre os custos de produção.

Fotoz: Luis Fernando S.

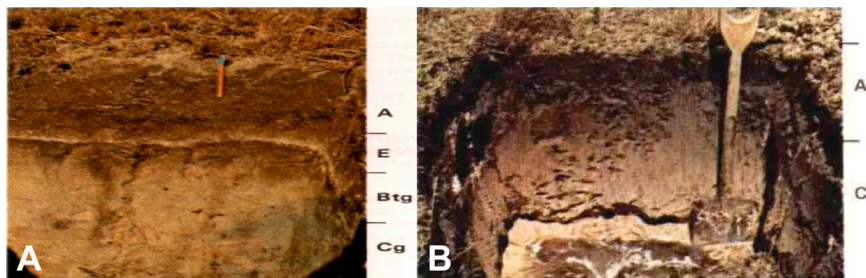


Figura 13. Perfil de um Planossolo Háplico com horizonte B - camada impermeável (a) e de um Neossolo quartzarênico hidromórfico, com predomínio de areia (b).

j) consideração da chuva efetiva - o orizicultor deve levar em conta a precipitação efetiva ocorrida na área de sua lavoura, visto que se está havendo uma demanda de água de 12 mm dia^{-1} na área cultivada com arroz, decorrente da evapotranspiração ($7,2 \text{ mm dia}^{-1}$) e perdas diversas ($4,8 \text{ mm dia}^{-1}$), uma chuva de igual intensidade poderia, se considerada, levar ao desligamento das bombas. Este procedimento, normalmente negligenciado pelo produtor, pode contribuir para a redução dos gastos com energia e aumento da eficiência de uso da água.

l) melhoria da capacitação e treinamento em serviço das práticas poupadoras de água - o orizicultor deve aperfeiçoar seus conhecimentos sobre as estratégias ou tecnologias poupadoras de água, interagindo com os órgãos de pesquisa e extensão e, uma vez julgando-se capacitado, treinar seu pessoal em serviço e contribuir na disseminação dessas práticas, principalmente junto aos Comitês de Bacias Hidrográficas.

m) redução de perdas e melhoria da qualidade ambiental no sistema pré-germinado - o preparo do solo, tradicionalmente, é realizado na água, para formação de lama e para o nivelamento e alisamento do solo. Entretanto, proporciona maior consumo de água e desgaste de máquinas e equipamentos, o que

exige manutenções regulares; bem como facilita a ocorrência de acamamento de plantas. Logo após a semeadura, a área é drenada para beneficiar o desenvolvimento radicular e a fixação das plantas de arroz no solo. O orizicultor deve internalizar que esta prática concorre para o arraste de frações importantes do solo (colóides minerais e orgânicos) para fora da lavoura, empobrecendo-o e assoreando corpos de água. Para solução destes problemas recomenda-se práticas alternativas e conservacionistas, como o preparo do solo no seco e a semeadura do arroz pré-germinado sobre lâmina de água permanente (sem drenagem), a partir da semeadura. Neste manejo, após o período de 20 a 30 dias de lâmina de água (10cm), realiza-se a semeadura sem retirar a água, ou seja, a lâmina de água (7cm) é mantida até próximo a colheita, apenas repondo-a quando seja necessária. Esta tecnologia proporciona menor uso da água de irrigação e melhoria da qualidade ambiental, sem comprometimento na obtenção de alta produtividade.

Referências

ANDRES, A.; FREITAS, G. D.; CONCENÇO, G.; MELO, P.T. B. S.; FERREIRA, S. A. Desempenho do cultivar de arroz BRS pelota e controle de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) submetidos a quatro épocas de entrada d' água após aplicação de doses reduzidas de herbicidas. Planta Daninha, Campinas, v. 25, n. 4, p. 859-867, 2007.

CARVALHO, G. B. B. de; ACSELRAD, M. V.; THOMAS, P.T. A cobrança pelo uso da água nas bacias dos rios Paraíba do Sul e PCJ em 2006: avaliação e evolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: ABRH, 2007. 20 p. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/_ARQS-Estudos/Geral/02.pdf> Acesso em: 02 out. 2008.

COUNCE, P. A.; SIEBENMORGEN, T. J.; VORIES, E. D.

Postheading irrigation management effects on rice grain yield and milling quality. Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station, 1993. 12 p.

CHRITOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. ITEM: Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, DF, n., 54, p. 46-55. 2002.

CHRITOFIDIS, D. Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. Brasília, DF: Disponível em: <<http://www.AguasustentabilidadealimentarBrasil1.pdf>> 2006. 18 p. Acesso em: 18 out. 2008.

GARCIA, R. F. Aspectos jurídicos da cobrança pelo uso da água. Academia Brasileira de Direito. 20 p. Disponível em: <http://www.abdir.com.br/doutrina/ver.asp?art_id=192&categoria=Ambiental>. Acesso em: 27 set. 2008.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A. (Ed.) Manejo do solo e da água em áreas de várzea, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 201 p.

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; VAHL, L. C.; DIAS, A. D. Manejo de água em arroz irrigado II: épocas de drenagem final 1987b. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 19., 1987, Florianópolis. Anais... Balneário Camboriú: EMPASC, 1987. p. 207-212

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; PETRINI, J. A. Arroz irrigado: manejo de água. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 16p. (Embrapa Clima Temperado. Circular técnica, 16).

GOMES, A. da S.; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F.H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr., A. M. de. (Ed.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Clima Temperado, 2004, p. 417-455.

GOMES, A. da S.; PETRINI, J. A.; SCIVITTARO, W. B.; FERREIRA, L. E. G.; KABKE, R.; CHIARELO, C.; SANTOS, L. O. dos; PIMENTA, R. P.; HANNEMANN, M. A.; OSSANES, L. da S. Estratégias para o aumento da eficiência do uso da água pelo arroz: efeito de sistemas alternativos de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2008. Anais... São Mateus: ABID, 2008. 6 p. 1 CD-ROM.

JACOBI, P. A água no mundo está se esgotando? é verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água. Disponível em: <<http://www.geologo.com.br/aguahisteria.asp>>. Acesso em: 27 set. 2008.

MASSEY, J.H., SMITH, M.C., JOHNSON, A., THOMAS, J., TACKER, P.L., VORIES, E.D.,

LANCASTER, S., ANDREWS, A.A., AMPIM, P. Multiple-inlet plus intermittent rice irrigation increases rainfall capture and reduces non-point source runoff. RICHTechnical Working Group, 31., 2006. Proceeding. p. 135. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov/pandp/people/publications.htm?personid=36618>>. Acesso em: 20 out. 2008.

NORONHA, C. L. Com boa gestão, não faltará água. Tempo das Águas, Rio Grande do Sul, 13 p. 2006. Disponível em: <http://www.lasercom.jor.br/tempo_aguas/01_gestao.htm>. Acesso em: 27 set. 2008.

PARFITT, J. M. B.; SILVA, C. A. SOUSA, da; PETRINI, J. A. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES Jr., A. M. de. (Ed.). Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Clima Temperado, 2004, p. 237-257.

PASSINATO, C. de B. Água: importância e escassez, 2008, 7 p. Disponível em: <<http://crisspassinato.wordpress.com/2008/05/10/agua-importancia-e-escassez/>>. Acesso em: 29 set. 2008.

PETRINI, J. A.; FAGUNDES, P. R. R.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de.; GOMES A. da S.; KABKE, R.; PIMENTA, C. P.; HANNEMANN, M. A. Estratégia para redução do uso da água em arroz irrigado: cultivar superprecoce BRS Atalanta. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRIGAÇÃO E DRENAGEM, 18., 2008. Anais... São Mateus: ABID, 2008. 5 p. 1 CD-ROM.

ROMANO, P. A. Água: a cultura da abundância levou à acomodação. *Agroanalysis*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 7-11, 1998.

SCIENCE to protect natural resources - wheat plus water. A vanishing equation? CIMMYT: Annual Report 1998-1999, México, p. 24-26, 2000. Disponível em: <<http://www.cimmyt.org/whatisimmyt/ar99contents.htm>> Acesso em: 22 dez. 2008.

SCIVITTARO, W. B.; GOMES, A. da S.; LOUZADA, J. A.; CASTRO, N. M. dos R.; CAMPOS do VALE; M. L.; FERREIRA, L. H. G. ; WINKLER, A. S. ; SILVA, P. S. da. Estratégia para o aumento da eficiência de uso da água pelo arroz: efeito da época de início de irrigação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008. 1 CD ROM.

STONE, L.F. Eficiência do Uso da Água na Cultura do Arroz Irrigado. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 48 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 176).

