



A Agricultura Irrigada no Nordeste do Brasil: estado da arte, desafios e oportunidades

Luís Henrique Basso
Rubens Sonsol Gondim
Ronaldo Souza Resende
Aderson Soares de Andrade Junior

Introdução

A região Nordeste do Brasil compreende nove estados brasileiros (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia), com 1.554.291,7 km², o que corresponde a 18,3% da área territorial brasileira (IBGE, 2013).

Dos seis biomas existentes no Brasil (Figura 1, esquerda), quatro estão na região Nordeste. Os biomas Amazônia (parte ocidental do Maranhão), Caatinga (maior parte da região Nordeste), Mata Atlântica (áreas próximas ao litoral) e Cerrado (porção norte do Nordeste) são encontrados nessa região (IBGE, 2004a), e neles predominam as vegetações de Floresta Amazônica (porção ocidental do Maranhão), Mata dos Cocais, Campos, Litorânea, Caatinga, Cerrado e Mata Tropical (IBGE, 2004b).

Os tipos de clima zonal, que define a circulação geral da atmosfera em extensões de 1.000 km a 5.000 km, presentes no Nordeste são o Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental e Tropical Brasil Central (IBGE, 1978). Quanto às principais classes de solo, predominam na região os Latossolos, Noeossolos, Argissolos, Luvissolos, Planossolos, Plintossolos e Cambissolos (MARQUES et al., 2014). O Zoneamento Agroecológico do Nordeste relata até 20 grandes unidades de paisagem nessa região e 172 unidades geoambientais

(SILVA et al., 2000). A região semiárida brasileira (Figura 1, direita), com 982.563,3 km², abrange grande parte de oito dos nove estados do Nordeste (Bahia, Piauí, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte), exceto o Maranhão (BRASIL, 2005).

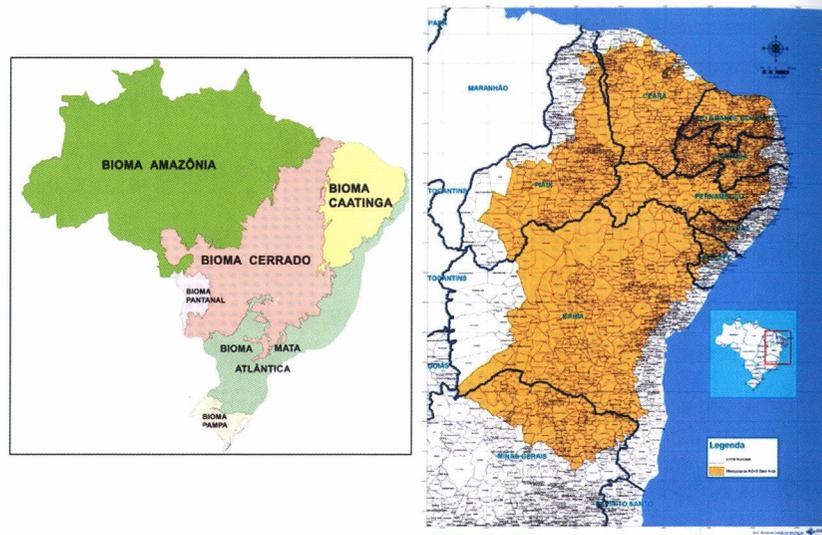


Figura 1. Biomas do Brasil (esquerda) e delimitação do Semiárido no Nordeste do Brasil (direita).

Fonte: IBGE, 2004a, BRASIL, 2005.

A disponibilidade hídrica, obtida pela relação entre a vazão de retirada para usos consuntivos, e a vazão média dos rios, para as 12 regiões hidrográficas brasileiras, estão apresentadas na Figura 2. Cinco regiões hidrográficas (RH) estão presentes na região Nordeste: Atlântico Nordeste Ocidental (Maranhão); Parnaíba (Piauí, Maranhão e Ceará); Atlântico Nordeste Oriental (Piauí, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Alagoas); São Francisco (Pernambuco, Bahia, Alagoas e Sergipe); e Atlântico Leste (Sergipe e Bahia) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007). Em relação à disponibilidade hídrica, as RH Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba (subregião norte), São Francisco (margem

direita do Alto e Médio São Francisco e margem esquerda no Submédio e Baixo São Francisco) e Atlântico Leste (subregiões centro e norte) apresentam condição entre preocupante (10% a 20%), crítica (20% a 40%) e muito crítica (> 40%), indicando que a dificuldade em atender à demanda pode ocorrer tanto em razão da baixa oferta de água como pelo elevado consumo de água (BRASIL, 2006).

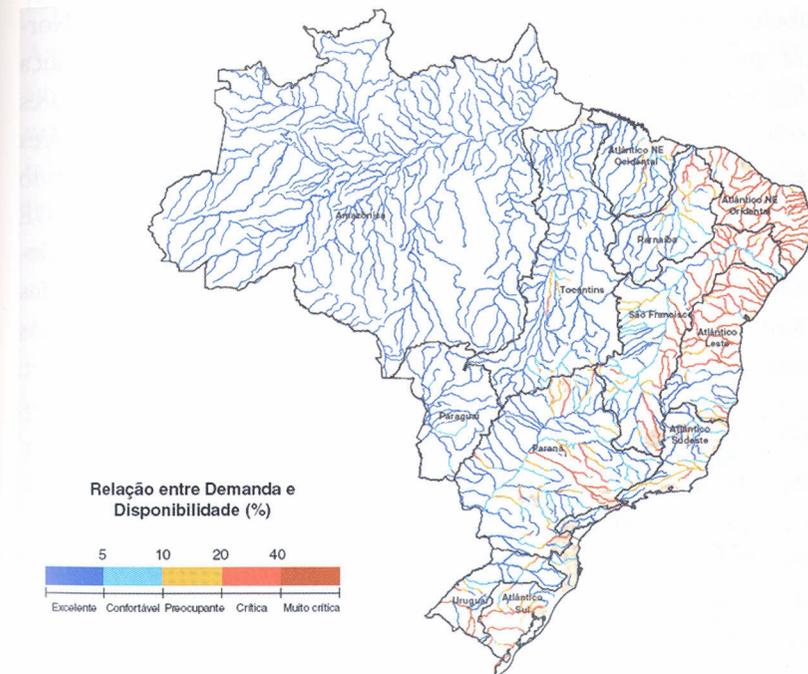


Figura 2. Disponibilidade hídrica, definida pela relação entre demanda e disponibilidade de água, para as regiões hidrográficas brasileiras.

Fonte: Brasil, 2006.

Dessa forma, a região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela marcante variabilidade de biomas, vegetação, climas, solos e disponibilidade hídrica, que influenciam de maneira marcante onde a agricultura irrigada, em particular, está presente, e para onde e como poderá se estender e desenvolver no futuro.

Estado da Arte da Agricultura Irrigada no Nordeste

O uso da água em agricultura irrigada no Nordeste brasileiro tem ocorrido desde a pequena propriedade agrícola, com alguns poucos hectares, até a propriedade agrícola empresarial, com áreas superiores a 100 ha. De acordo com o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2009) 6,3% dos estabelecimentos do País usaram técnicas de irrigação, e a região Nordeste apresenta 22,2 % da área irrigável do País. Na região hidrográfica do São Francisco, estima-se uma área total irrigada de 626 mil hectares (ano base 2012), correspondendo a 10,9% dos 5,8 milhões de hectares irrigados no Brasil, com uma expansão de 26% na área irrigada, quando comparadas as estimativas de 2006 e 2012 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015a). Na Figura 3, elaborada pela Embrapa Semiárido, pode-se observar uma estimativa da distribuição espacial das áreas irrigadas no Nordeste, com base no Censo Frutícola da CODEVASF de 2006 e nas informações da Divisão Municipal em 2010 do IBGE.

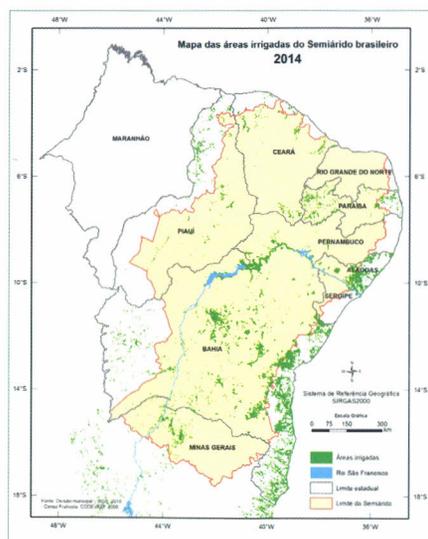


Figura 3. Áreas irrigadas no Nordeste do Brasil, com ênfase no Semiárido. Elaboração: Embrapa Semiárido.

A agricultura irrigada no Nordeste apresenta muitos aspectos, sendo alguns deles apresentados a seguir, com o propósito de fornecer subsídios que permitam a compreensão do seu estado da arte. Infelizmente, há dificuldade na obtenção de dados estatísticos detalhados.

Caracterização de algumas áreas irrigadas no Nordeste

A partir da criação da Comissão do Vale do São Francisco, em 1948, a agricultura irrigada no Semiárido começou a ser contemplada pelo governo federal. Na década de 1950, começaram a ser disseminadas motobombas a diesel e uma pequena rede de canais às margens do Rio São Francisco, entre Petrolina, Pernambuco e Paulo Afonso, BA. A irrigação era então realizada nos solos aluviais, a cerca de 100 m da margem do rio, com problemas de salinização e cheias periódicas. Com a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), no final da década de 1950, foi iniciado, em parceria com a Organização para Agricultura e Alimentos (FAO), o levantamento de solos para irrigação, sendo identificadas as atuais áreas dos Perímetros Irrigados de Bebedouro, Massangano (Nilo Coelho) e Pontal, em Petrolina, e Salitre, Tourão, Maniçoba e Curaçá, em Juazeiro. Em 1968, foi inaugurado o primeiro perímetro irrigado, o de Bebedouro, em Petrolina (POSSÍDIO, 1997). Começavam, assim, as grandes mudanças quanto ao uso da terra no Semiárido brasileiro, na região hidrográfica do São Francisco, especificamente no Submédio do Vale do São Francisco.

A região hidrográfica do São Francisco possui cerca de 54,8% de sua área total no Polígono das Secas. A bacia drena regiões de precipitações pluviométricas superiores a 2.000 mm nas suas cabeceiras, em Minas Gerais, até a zona semiárida da Bahia e de Pernambuco, com menos de 350 mm, aumentando, daí em direção, à foz onde os valores médios anuais são em torno de 1.300 mm. A vazão média na foz é de 2.850 m³s⁻¹. Quanto aos solos, cerca de 27% da superfície da bacia apresenta solos aptos à prática da agricultura, dos quais 3 milhões de

hectares com potencial de serem irrigados. Se forem considerados com alturas de bombeamento até 60 m, ampliam-se para 8 milhões de hectares, conforme indicou o Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco (PLANVASF), em 1989. Uma vez esgotado o aproveitamento dos maiores potenciais hidrelétricos, restaria apenas a agricultura como vocação econômica da bacia. Avaliações conjuntas entre as empresas geradoras de energia e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) estimaram que até o limite de 800 mil hectares irrigados não se instala o conflito de usos entre esses dois setores. A partir daí, é necessário a discussão e o estabelecimento de regras e critérios de prioridades. Em 2003, a área irrigada era de 342.712 ha (PROGRAMA..., 2004).

Em áreas para produção agrícola de maior extensão, principalmente as inseridas nos perímetros irrigados ou próximas ao Rio São Francisco, a agricultura irrigada tem causado, a partir do final da década de 1960, grandes mudanças no uso da terra. Naquela época, os investimentos do governo federal no Nordeste, particularmente no Vale do Rio São Francisco, permitiram a criação de infraestrutura de irrigação e geração de energia elétrica, o que contribuiu para os impactos da agricultura irrigada na produção de alimentos, na criação de empregos e no aumento da renda regional. Nas décadas de 1980 e 1990, houve maior liderança do setor privado, por meio da organização dos empresários, motivado pela necessidade de competição nos mercados nacionais e internacionais, que passou a pressionar o governo pela ampliação da infraestrutura. No Rio São Francisco, são seis os polos de desenvolvimento oriundos dos perímetros irrigados da CODEVASF, sendo a fruticultura uma das principais atividades (Tabela 1).

Tabela 1. Polos de desenvolvimento na região hidrográfica do São Francisco, com respectivos perímetros irrigados, área irrigada em operação, principais culturas agrícolas e atividades agrícolas e agroindustriais.

Polo	Estado	Perímetros irrigados em operação	Área irrigada (ha)	Principais culturas agrícolas	Produtos e empreendimentos agrícolas/agroindustriais
Norte de Minas	MG	Gorutuba, Lagoa Grande e Pirapora	46.075	Fruticultura (banana, uva, citrus), olerícolas e grãos.	Sementes, leite pasteurizado e derivados do leite, biocombustível
Guanambi	BA	Estreito, Ceraíma	2.511	Fruticultura (banana), psicultura	Beneficiamento, produção de óleo bruto e de farelo de torta de algodão; leite pasteurizado e derivados do leite
Formoso e Correntina	BA	Formosinho e Formoso A/H	12.436	Fruticultura (banana) e grãos (milho e feijão)	Bovinocultura, derivados do milho; leite pasteurizado e derivados do leite; polpa de frutas; rapadura e aguardente; doces, defumados e polpas; algodão beneficiado; sementes de feijão; produção de algodão e beneficiamento
Barreiras	BA	São Desidério/ Barreiras Sul, Riacho Grande, Nupeba e Barreiras Norte	7.214	Fruticultura (coco verde, banana, manga, limão) e grãos (soja, milho, feijão)	Piscicultura; extrato de tomate, óleo de soja; ovos comerciais; arroz, feijão e soja
Irecê	BA	Mirorós e Baixo Irecê		Fruticultura (banana, piñha, goiaba, manga, coco)	Piscicultura, doces, bolos, biscoitos e café; leite pasteurizado, derivados do leite e polpa de frutas; iogurte; derivados do milho; saponáceos

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Polo	Estado	Perímetros irrigados em operação	Área irrigada (ha)	Principais culturas agrícolas	Produtos e empreendimentos agrícolas/agroindustriais
Juazeiro e Petrolina	BA, PE	Curacá, Manicóba, Tourão, Mandacaru, Senador Nilo Coelho, Bebedouro e complexo Itapirica (Pedra Branca, Glória, Rodelas, Manga de Baixo, Apolônio Sales, Brígida, Icó-Mandan-tes e Caraibas	44.145	Fruticultura (uva, manga, coco, banana, goiaba, melão, melancia)	Vinho e vinagre; sementes básicas e mudas de frutíferas; álcool e açúcar; polpa de frutas; mel de abelha e doces; piscicultura; beneficiamento de couros e peles; beneficiamento de pimentão industrial
Baixo São Francisco	AL, SE	Betume, Cotin-guiba/Pindoba, Propriá, Boacica, Itiúba, Platô de Neópolis e Pindorama	10.507	Arroz, feijão, milho, algodão, fruticultura, cana de açúcar	Apicultura; ovinocaprinocultura; derivados de suíno; derivados do leite; açúcar e álcool combustível; derivados de arroz; milho; peixe; mel de abelha

Fonte: Codevasf (2012)

Além das regiões mencionadas na Tabela 1, na Bahia, merecem destaque quanto à fruticultura irrigada, o extremo sul do Estado e a região de Paraguaçu. Em Sergipe, a irrigação está assentada principalmente na iniciativa governamental que promoveu, no início da década de 1980, a implantação de perímetros públicos de irrigação. O Estado conta com dez perímetros irrigados, sendo seis de responsabilidade do governo estadual (Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe – Cohidro), três do governo federal e um de caráter público-privado (Platô de Neópolis). Esse último está nos moldes preconizados pelo então chamado Novo Modelo de Irrigação, restringindo a ação do governo à implantação das estruturas hidráulicas e civis de uso comum e à iniciativa privada a infraestrutura parcelar. Um novo empreendimento se encontra em fase final de implantação (Projeto Jacaré-Curituba). A Cohidro administra uma área total irrigável de cinco mil hectares. Nos perímetros estaduais, predominam as culturas anuais (grãos e olerícolas). Em apenas um desses perímetros, o plantio de frutíferas tem significância em termos de área ocupada. As principais culturas irrigadas são tomate, repolho, coentro, amendoim, milho, feijão, quiabo, goiaba e banana (Tabela 2).

Tabela 2. Perímetros irrigados sob a responsabilidade da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe - Cohidro

Perímetro	Área Irrigada (ha)	Fonte Hídrica	Sistema de Irrigação	Culturas
Califórnia	1360	São Francisco	Aspersão/localizada	Fruticultura, grãos
Ribeira	1100	Barragem	Aspersão/localizada	Olerícolas
Jacarecica I	252	Barragem	Aspersão/localizada	Olerícolas
Jacarecica II	820	Barragem	Aspersão/localizada	Olerícolas e fruticultura
Piauí	703	Barragem	Aspersão/localizada	Olerícolas e fruticultura
Jabiberi	220	Barragem	Sulco	Grãos, olerícolas, pecuária leiteira

Fonte: Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe, 2015.

Outras regiões do Nordeste, como o polo de fruticultura irrigada de Açú/Mossoró, na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, com uma área de 6.597 km², tiveram a partir da década de 1960 um grande impulso nas atividades relacionadas à irrigação, com participação tanto da iniciativa privada como do Governo Federal. A construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves deu novo impulso à atividade irrigada a partir da década de 1980. Hoje, o polo Açú/Mossoró é uma das áreas de maior dinamismo da agricultura irrigada no Nordeste, especificamente da produção de frutas tropicais irrigadas, localizada na região semiárida, no noroeste do Rio Grande do Norte. Em Mossoró, a captação de água para irrigação é feita principalmente por meio de poços artesianos, na sua maioria de grande profundidade (entre 700 m a 1.000 m), sendo, portanto, bastante onerosa tanto no que diz respeito à perfuração quanto a sua manutenção. Já em Açú, o principal meio de captação d'água para irrigação dos projetos frutícolas é por meio de canais (do Baixo-Açu ou do Pataxó) ou diretamente do leito do rio Piranhas-Açu, perenizado pela barragem Armando Ribeiro Gonçalves (GOMES, 2003).

No Ceará, também na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, uma vez que a água subterrânea é escassa e, salvo exceções, salinizada, a agricultura irrigada é sustentada pela infraestrutura de armazenamento de água por barragens. O maior açude do Ceará, o Castanhão, armazena água de bacia hidráulica de 325 km². A obra teve como finalidade a irrigação (suporte hídrico para o aproveitamento de uma área irrigável de 30 mil hectares, incluindo o Perímetro Irrigado Tabuleiros de Russas com uma área irrigável de 10.600 ha. A vazão regularizada é de 22,0 m³s⁻¹ (com 90% de garantia, Q₉₀) mais vazão remanescente do Açude Orós, aproximada de 7,0 m³s⁻¹ (DNOCS, 2015). Dessa forma, o açude Castanhão pereniza parte do Médio e Baixo Jaguaribe, região de grande importância econômica e ambiental para o Estado do Ceará, por abranger grandes perímetros públicos de irrigação (Jaguaribe-Apodi e Tabuleiros de Russas) e por derivarem as águas do Rio Jaguaribe para

o abastecimento urbano e industrial da região do Jaguaribe e região metropolitana de Fortaleza. Os principais usos da água na região, por ordem de volume requerido, são irrigação (72,94%), carcinicultura de água doce (22,64%), consumo humano (2,87%), piscicultura (0,97%) e consumo industrial (0,59%) (FIGUEIREDO et al., 2003), de forma que o gerenciamento dos recursos hídricos, envolvendo a tomada de decisão para alocação de água para a agricultura, é de importância para a sustentabilidade do sistema de recursos hídricos.

A região Meio-Norte do Brasil, formada pelos Estados do Piauí e Maranhão, ocupa uma área de 585.744 km², e representa cerca de 38% da região Nordeste. É uma região que apresenta elevado potencial para exploração agrícola sob regime irrigado, em razão de sua boa disponibilidade de solos e recursos hídricos em seus diferentes agroecossistemas. No Piauí, em termos de solos, predominam os Latossolos Vermelho-Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos, que juntos ocupam aproximadamente 70% de sua área total e apresentam potencial de exploração agrícola sob irrigação, desde que seja utilizado capital e tecnologia. Quanto aos recursos hídricos, o Piauí apresenta elevada disponibilidade superficial e subterrânea. As águas superficiais estão quase totalmente inseridas na região hidrográfica do Parnaíba, com uma área total de 330.400 km².

Sistemas de irrigação em uso no Nordeste

Em toda a região Nordeste, podemos encontrar praticamente todos os sistemas de irrigação existentes, sendo a utilização de determinado sistema dependente da cultura, do solo e da disponibilidade hídrica.

O sistema de irrigação predominante nos perímetros já estabelecidos em Sergipe é o de aspersão; naqueles em implantação, a aspersão e a irrigação localizada serão utilizadas. O Distrito de Irrigação Platô de Neópolis se constitui em um polo de fruticultura irrigada, sendo plantado, principalmente, coco verde, citros e maracujá, utilizando sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão. Já no Perímetro Irri-

gado em Mandacará, na Bahia, foi realizada, em 2014, a substituição dos sistemas de irrigação por superfície pela irrigação localizada e está previsto para 2015 o início dessa mesma troca nos Perímetros Irrigados de Curaçá, Tourão e Maniçoba, no mesmo estado, e Bebedouro, em Pernambuco (CODEVASF, 2012). No Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, é predominante a presença de sistemas de irrigação localizada.

No caso do Rio Jaguaribe, a jusante do açude Castanhão, no Ceará, o maior percentual de área irrigada é representado pela irrigação por inundação, seguido pela microaspersão, aspersão, pivô-central, gotejamento, sulco e faixa (BARBOSA, 2005).

No Oeste Baiano e no Alto Paracatu-Urucaia, na RH do São Francisco, estão as maiores concentrações de irrigação por pivô-central (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015b).

Uso de água pela agricultura irrigada no Nordeste

A Agência Nacional de Águas (2015a) mostra, em uma análise mais detalhada, que na RH Atlântico Nordeste Ocidental, o uso urbano da água é preponderante em relação aos demais usos (48%). Quanto à criticidade quantitativa de água, 36% da extensão dos seus rios encontram-se em situação preocupante, crítica ou muito crítica e os outros 64% de trechos de rios analisados, em situação confortável ou excelente. Em relação a RH Parnaíba, a irrigação representa 73% da demanda hídrica, seguida pelo uso urbano (16%). A demanda para irrigação concentra-se na região de Tianguá e Ubajara, no Ceará e Coelho Neto, no Maranhão. Nas proximidades a esses municípios, assim como em grande parte do Baixo Parnaíba, observam-se bacias com criticidade quanto à disponibilidade hídrica. Por sua vez, a RH do Atlântico Nordeste Oriental, localizada quase que totalmente na região semiárida, tem um balanço quantitativo que mostra que 97,5% da extensão dos seus principais rios federais são classificados com situação muito crítica, crítica ou preocupante. Destaca-se a Bacia do Rio Jaguaribe, que tem quase a totalidade dos rios em situação crítica ou muito crítica. A RH São Francisco também engloba

considerável parte do Semiárido, com um predomínio das vazões de retirada para irrigação (77%), seguida pela demanda urbana (11%) e industrial (7%). A RH São Francisco apresenta algum tipo de criticidade em 43% da extensão de seus rios. A criticidade quantitativa é bastante observada na área incluída no Semiárido, nos afluentes da margem direita do São Francisco, como os rios Verde Grande, Paramirim, Guariba e Salitre, onde predominam os rios intermitentes de caráter temporário. Similarmente, a RH Atlântico Leste apresenta maior vazão de retirada para irrigação (47%), abastecimento urbano (31%) e industrial (10%). A localização dos principais trechos de rios com criticidade quantitativa coincide espacialmente, em sua maioria, com as regiões abrangidas pelo Semiárido e onde estão os rios intermitentes. Na Tabela 3, são apresentados outros dados sobre essas regiões hidrográficas do Nordeste.

Tabela 3. Disponibilidade hídrica, vazão e vazão de retirada das regiões hidrográficas do Nordeste do Brasil.

Região hidrográfica	Disponibilidade hídrica ⁽¹⁾	Vazão média ⁽²⁾	Vazão de retirada total ⁽²⁾
Atlântico Nordeste Ocidental	320,4	2.608	23,7
Parnaíba*	379	767	50,9
Atlântico Nordeste Oriental*	91,5	774	262
São Francisco	1.886	2.846	278
Atlântico Leste	305	1.484	112,3

⁽¹⁾ Média nacional 91.071 m³s⁻¹

⁽²⁾ Média nacional 179.516 m³s⁻¹

⁽³⁾ Média nacional 2.275,07 m³s⁻¹

* Considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região hidrográfica.

Fonte: Agência Nacional de Águas (2015a).

No entanto, em relação à água utilizada pela agricultura, deve-se ressaltar que parte dela retorna à atmosfera por meio do processo de evapotranspiração, ou seja, pela evaporação da água presente nas camadas superficiais do solo e por meio da transpiração das plantas. Outra parte da água esco superficialmente para as fontes de água e ainda há a parte

que infiltra no solo e drena para a recarga do lençol freático ou água subterrânea. Isso faz parte do chamado ciclo hidrológico.

É amplamente reconhecido o aumento no rendimento agrícola que a prática da irrigação pode proporcionar. Entretanto, há a necessidade de uma mudança, fazendo com que os investimentos futuros em irrigação permitam a manutenção da infraestrutura existente; a adaptação para produzir atenda às variações da demanda e às variações climáticas; sistemas de produção mais seguros sejam adotados, com menor produção de água contaminada e de menor custo; e as águas sejam reutilizadas (TURRAL et al., 2010). Assim, para as áreas irrigadas já existentes, o manejo da irrigação terá que ser efetivamente implementado, face aos conflitos existentes e potenciais entre os setores usuários de água. Deverá ser intensificado o questionamento quanto à inclusão de novas áreas irrigadas ou a manutenção, melhoria e adaptação das áreas irrigadas já existentes. Os investimentos em irrigação terão que ser economicamente racionais. Dessa forma, considerando a definição de produtividade de água na agricultura como sendo a relação entre qualquer benefício, econômico ou social, obtido por unidade de volume de água e por unidade de área (KINJE et al., 2003; MOLDEN, et al., 2003), maiores benefícios econômicos e sociais deverão ser obtidos pela agricultura irrigada.

A produtividade da água na agricultura pode ser avaliada com base em diversos parâmetros, e em escalas variadas. Na escala de uma cultura agrícola ou de uma propriedade rural, a produção agrícola pode ser mensurada levando-se em conta a água utilizada e o retorno econômico obtido. No Vale do Submédio São Francisco, a rentabilidade por metro cúbico de água utilizado para o cultivo irrigado da videira de mesa e da videira de vinho foi apresentada por Teixeira et al. (2007). Em uma escala maior, Maneta et al. (2009a) observaram maiores valores referentes à produtividade da água na bacia hidrográfica do rio São Francisco nas regiões de Barreiras, Bahia (clima subúmido e seco, com alta precipitação) e Petrolina/Juazeiro (clima semiárido, baixa precipitação). Ambas

as regiões são locais de investimentos intensivos dos setores público e privado em irrigação e culturas anuais e perenes. Índices como esses podem ser utilizados em diferentes áreas, permitindo a comparação entre elas. Ainda, a possibilidade de quantificação e análise espacial da incerteza de dados pode auxiliar a tomada de decisão de formuladores de políticas públicas.

Considerando a perspectiva de expansão da agricultura irrigada, são vislumbrados cenários futuros de importantes aumentos na demanda de água pelos usuários no Semiárido, apesar do aumento do valor obtido pelos produtos agrícolas e do aumento do emprego no meio rural, principalmente nas áreas irrigadas. Além disso, esse tipo de análise auxilia na identificação de áreas de risco de seca e na extensão do risco para a agricultura de sequeiro, ao mesmo tempo em que podem ser previstos a frequência e a extensão do não atendimento da necessidade de água para irrigação (MANETA et al., 2009b).

Mudanças climáticas: pressão adicional sobre os recursos hídricos?

A agricultura irrigada influencia diretamente na disponibilidade da água numa bacia hidrográfica, especialmente numa região em que essa atividade é intensiva. O conhecimento local sobre o assunto permitirá o desenvolvimento de políticas para reduzir impactos e vulnerabilidades. Perdas sociais, econômicas e ambientais causadas por planejamento deficiente e ausência de critérios de decisão para definir medidas de mitigação e adaptação tornariam incertos a equidade de acesso e a sustentabilidade do uso da água.

A demanda de água para agricultura, particularmente para irrigação, é considerada mais sensível à mudança climática que as demandas industrial e municipal. Há dois efeitos potenciais: uma mudança do clima em escala de parcela irrigada pode alterar a necessidade e época de irrigação e secas prolongadas podem levar ao aumento da demanda, mas

também, esta pode ser reduzida, se a precipitação e, conseqüentemente, a umidade do solo aumentarem (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2001).

Para culturas tropicais perenes em clima semiárido, pode ocorrer também um aumento no período de irrigação, decorrente basicamente de redução na precipitação, e não pelo encurtamento da estação fria. Quanto à extensão do período de cultivo (ciclo) em consequência das mudanças climáticas, pode-se assumir pequenas alterações nos trópicos e mudanças na precipitação, que, combinadas com elevação na demanda para evapotranspiração, indicam uma maior necessidade hídrica para irrigação no futuro (FISCHER et al.; 2007).

Na Bacia do Rio Jaguaribe, as mudanças climáticas, de fato, afetam a demanda de água para a agricultura irrigada, a qual depende de como a temperatura, a precipitação e as interações entre as duas variáveis irão se comportar. Adicionalmente, pode-se concluir que a agricultura irrigada dessa região pode tornar-se mais intensa em demanda de água, uma vez que o modelo de projeções climáticas utilizado previu aumento nas necessidades de água para irrigação, resultante da combinação de tendências de aumento na evapotranspiração e redução na precipitação, sem considerar o aumento das áreas irrigadas (GONDIM, 2009).

Salinização

Vários levantamentos realizados apresentam estimativas da extensão da área salinizada no Nordeste. Góes (1978) relatou que, aproximadamente, 25% das áreas irrigadas nos perímetros irrigados do Nordeste apresentam problemas de salinidade. Pereira et al. (1986) estimaram em mais de 9 milhões de hectares a área total ocupada pelos solos geneticamente salinos no Nordeste brasileiro. Em percentual de área, Macêdo (1988) cita alguns locais afetados por sais: Custódia, Pernambuco (97%); Ceraíma, Bahia (32%); São Gonçalo, Sumé e Cachoeira II, Paraíba (52%, 61% e 30%, respectivamente). No Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Cordeiro et al. (1988) estimaram que 30% e 10% da área total eram so-

los sódicos e salino-sódicos, respectivamente. Suassuna e Audry (1993) descreveram que a percentagem de áreas irrigadas com problemas de salinização nessas regiões é de 32%, aproximadamente, podendo haver um aumento se não forem adotadas medidas preventivas. Aguiar Netto et al. (2006) apontam problemas de salinização nos Perímetros Irrigados de Bebedouro e Nilo Coelho (Pernambuco), Tourão (Bahia), Morada Nova e Curu-Paraipaba (Ceará) e Jabiberi (Sergipe). Em relação a esse último, os autores constataram que 76,5% dos lotes estudados apresentam-se salino-sodificados e 46,6% com problemas de compactação.

Para tornar um solo salino e (ou) sódico viável para a agricultura, é necessária a sua recuperação por meio da lixiviação do excesso de sais do solo. Práticas como a aplicação de lâmina adicional de irrigação, instalação de sistemas de drenagem e uso de culturas mais tolerantes à salinidade do solo são recomendadas. Deve-se sempre considerar que o tempo para recuperação de uma área salinizada será longo e seu custo será muito maior que o custo para evitar a salinização.

A ascensão capilar do lençol freático altamente salino no período seco é uma das principais causas constatadas no Perímetro Irrigado Vaza-Barris, em Cocorobó, Bahia, uma vez que os sais presentes na água de irrigação complementam os sais presentes no solo. Um período mínimo de três anos é estimado para a recuperação do capital investido na correção desses solos salinizados. A recuperação de um solo salino-sódico ou sódico é muito mais demorada e custosa (SALAZAR et al., 1988).

Utilização de água subterrâneas

As águas subterrâneas da Bacia do São Francisco têm sido muito utilizadas, embora pouco estudadas. Nas áreas de rochas metamórficas e ígneas, os aquíferos são fraturados e, na parte do Semiárido, estão recobertos por delgado manto de intemperismo de 1 m a 5 m de espessura, cuja produtividade de seus poços é, em média, 2 m³h⁻¹, com profundidade média de 50 m. Na parte de clima mais úmido da Bacia do São Francisco, esse manto é mais espesso e varia entre 10 m e 100 m, com os

poços apresentando, em média, 85 m de profundidade e vazão média de $8 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. O número de poços abandonados e desativados é elevado, sendo frequentes as ocorrências de águas salgadas. Na bacia, ocorrem ainda rochas calcárias, que pertencem ao sistema aquífero cárstico-fissural Bambuí. Os poços apresentam vazão média de $14 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, profundidade média de 85 m e são muito explorados. Na região do Médio do Vale São Francisco, ocorre o sistema aquífero poroso Urucua-Areado, cuja água é utilizada para abastecimento humano e irrigação, com poços de profundidade média de 90 m e vazão média de $10 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (PROGRAMA..., 2004).

Em Sergipe, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) contabilizou cerca de 3.900 poços tubulares, dos quais cerca de 1.800 encontravam-se em funcionamento. Resende et al. (2009) observaram os valores de vazão de 1.040 poços, os quais apresentaram uma vazão média de $6,6 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, com mediana de $4,15 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (Figura 4, esquerda). As regiões de Sergipe com maiores vazões exploradas situaram-se principalmente em zonas de aquíferos granulares em direção ao litoral das bacias do Rio São Francisco, Japaratuba e Sergipe, e o maior número de poços (mais que 90%) exploram vazões inferiores a $15 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. No Piauí (Figura 4, direita), o CPRM catalogou cerca de 25 mil poços, dos quais 15 mil estão em operação, com vazão mínima de $36 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$. Quanto ao uso atual, estima-se que 50% dos poços sejam utilizados para consumo humano e animal e os 50% restantes para atividades agrícolas (irrigação). Na Bacia do Parnaíba, a água subterrânea é extremamente abundante, com qualidade para irrigação e abastecimento humano (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

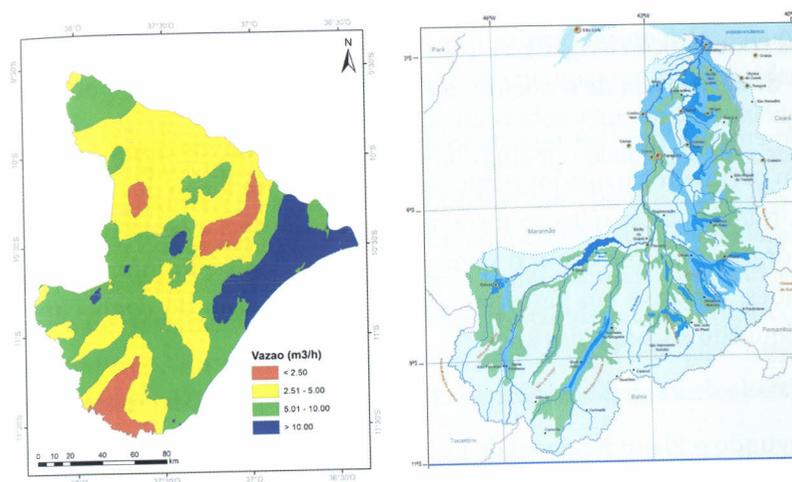


Figura 4. Vazão de poços em Sergipe e potencial hídrico subterrâneo no Piauí. Fontes: Resende et al. (2009) e CODEVASF (2006)

Capacitação do irrigante

No contexto da irrigação pública no Brasil, o status social (número de pessoas na família, critério de pobreza, entre outros) prevaleceu como critério na seleção dos beneficiários para maior parte dos perímetros irrigados, sem se preocupar com o nível de escolaridade (normalmente baixo), e a capacidade empreendedora do candidato a pequeno produtor irrigante (denominados de colonos), os quais não tinham qualquer histórico e (ou) experiência de produção em área irrigada. Isso resultou em uma realidade de qualificação mínima destes em aspectos básicos do cultivo agrícola irrigado, incluindo o manejo da irrigação. A elevada rotatividade de irrigantes nos perímetros ou a desistência em continuar na atividade agrícola irrigada resulta em um baixo nível de apropriação de conhecimento disseminado por meio de empresas de assistência técnica e extensão rural.

A adoção desse modelo trouxe inúmeras consequências danosas à agricultura irrigada. A principal delas é o total desconhecimento por parte

dos irrigantes dos sistemas de produção das principais culturas agrícolas em condição irrigada, já que sua experiência anterior era unicamente de agricultura de sequeiro ou dependente de chuva.

No entanto, deve ser ressaltado que existem inúmeros casos de sucesso em perímetros irrigados públicos e provados. Ao longo dos anos, a importância da capacitação tornou-se inquestionável e tanto instituições e órgãos públicos como o setor privado têm realizado inúmeras atividades, inclusive em parcerias, para a disseminação do conhecimento adquirido ao longo dos anos.

Manejo de irrigação e eficiência de irrigação em nível de parcela

Segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos, 69% da água no Brasil têm utilização na agricultura irrigada, com eficiência média de 64%, ou seja, 36% da água derivada para a irrigação no País constituem-se em perdas por condução e por distribuição nas infraestruturas hidráulicas, provocando um grande desperdício no uso da água pela agricultura. Apesar das novas tecnologias, modernos equipamentos e técnicos especializados, o Brasil tem avançado lentamente nas questões do manejo da irrigação e do uso racional da água (BRASIL, 2006).

Na década de 1980, nos perímetros irrigados do Submédio São Francisco, trabalhos de pesquisas demonstraram um uso pouco racional de água de irrigação pelos produtores, originando a formação de lençol freático que se aproximava da superfície do solo. Na área do Perímetro Irrigado de Bebedouro, observou-se uma eficiência de irrigação de apenas 25%. Porém, com o incremento da área cultivada com fruteiras, os sistemas de irrigação por sulcos, por aspersão convencional e por pivô-central foram substituídos pelos sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento, o que fez com que a pesquisa fosse direcionada para tais sistemas.

O conhecimento das necessidades hídricas das espécies irrigadas, estimadas pelo coeficiente de cultivo (k_c) e evapotranspiração de referência (ET_o), por meios de técnicas como lisimetria de pesagem, balanço

de água no solo e balanço de radiação, nas condições edafoclimáticas locais, é de fundamental importância para um manejo racional de água no âmbito de parcela ou campo, assim como as culturas que são irrigadas, épocas de plantio e métodos de irrigação utilizados. Consequentemente, em uma escala maior, tais informações subsidiam o planejamento e uso dos recursos hídricos na agricultura irrigada em um perímetro ou bacia hidrográfica. Zoneamentos climáticos em uma escala mais detalhada para as culturas agrícolas de interesse para a região Nordeste também são importantes ferramentas de planejamento e gestão de recursos hídricos. Nesse contexto, Bassoi et al. (2010) relataram trabalhos nos quais foram determinados parâmetros para o manejo de irrigação em diversas culturas no Semiárido.

No Distrito de Irrigação Morada Nova, Ceará, em solos de textura argilo-siltosa, a avaliação da eficiência de aplicação de água de irrigação situou-se em torno de 77%, ao passo que, em solos de textura areia-franca, a eficiência não superou 38%. Dessa forma, estudos básicos de classificação morfogenética em escala mais detalhada dos solos, zoneamentos e maior cobertura de monitoramento climático por estações meteorológicas mostram-se inadiáveis (COLARES, 2004; COSTA; SOUZA, 2006). No Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi, em Limoeiro do Norte, Ceará, a avaliação da eficiência de aplicação em parcelas de 0,5 ha a 6,0 ha, identificou a presença de parcelas irrigadas com déficit e outras com eficiências de aplicação de 7,9% a 79,5% para microaspersão, de 35,6% a 93,0% para gotejamento e de 68,8% a 74,7% para pivô-central. Diante da variabilidade de desempenho no campo observada, pode-se deduzir que a capacitação dos irrigantes para uso da água com vistas a elevar a eficiência de aplicação e armazenamento e possibilitar a disponibilidade para outros usuários é de vital importância (NUNES, 2006).

Eficiência de uso de água em perímetros irrigados

Resende (2004) e Cruz et al. (2010) estimaram a eficiência de uso da água em escala de perímetro, definida como a relação entre a demanda

evapotranspirativa e a oferta de água via irrigação no ciclo de cultivo, no Perímetro Irrigado Califórnia, em que se aplica a tarifação por área irrigada. Esses autores obtiveram valores de 40% e 55%, respectivamente. Na escala de parcela, no Distrito de Irrigação Platô de Neópolis, em que é praticada a tarifação volumétrica da água, Resende et al. (2006) observaram comportamento contrário, com oferta de água de irrigação menor que a demanda hídrica da cultura do coqueiro, o que resultou em um déficit hídrico médio de 50% no período do estudo (outubro a abril – período seco na região). Para os dois casos, porém, praticamente não há utilização de qualquer estratégia de manejo de irrigação, mesmo aquelas mais simples de serem operacionalizadas.

Se, por um lado, as excessivas lâminas de irrigação aplicadas nos perímetros irrigados redundam em prejuízos ambientais pelo uso ineficiente do recurso água e em prejuízos diretos ao produtor (lixiviação de nutrientes, condição anaeróbica temporária para os cultivos, microclima favorável à proliferação de doenças, perda de eficiência dos tratamentos fitossanitários, entre outros), por outro lado, essa ineficiência de manejo se constitui em um dos fatores que tem contribuído para que o processo de salinização dos solos não se manifeste de forma intensa, em função de que o excesso de aplicação de água faz com que a lâmina de lixiviação seja naturalmente e exageradamente aplicada. Mesmo no Perímetro Califórnia, que apresenta a maior probabilidade da ocorrência de acúmulo de sais, trabalhos conduzidos por Resende et al. (2010) mostraram que por uma combinação de fatores de solo e lâmina de irrigação aplicada, o processo de acumulação de sais está restrito às áreas próximas aos talwegues em que ocorrem impedimentos físicos à drenagem natural.

Cobrança pelo uso da água

Existem inúmeros métodos consagrados que podem ser adotados para realizar o manejo de irrigação de uma cultura, desde os mais simples, baseados no monitoramento da umidade do solo ou uso de informações das estações agrometeorológicas, até os mais sofisticados, baseados na

medida da quantidade de água na planta. Entretanto, a adoção efetiva desses métodos por parte dos irrigantes é muito pequena. As razões para esse comportamento são inúmeras, desde a falta de conhecimento, em razão da inexistência de assistência técnica especializada, até o custo de aquisição dos equipamentos necessários.

No entanto, o principal entrave é o aspecto financeiro, notadamente, relacionado a forma de tarifação da água de irrigação. Em nossas áreas irrigadas, não há cobrança pelo uso do insumo água. As tarifas atualmente cobradas aos irrigantes baseiam-se, na maioria dos casos, em custos de administração e de energia elétrica envolvidos no transporte e na distribuição de água aos irrigantes, sendo sua cobrança efetuada com base na área irrigada. Esse modo de tarifação não promove a busca pelo uso eficiente, como ocorre na tarifação com base no volume consumido, e desencoraja os irrigantes a adotarem práticas que venha a racionalizar a aplicação de água às culturas.

Limitações ao desenvolvimento da agricultura irrigada no Nordeste do Brasil

Heinze (2002) apontou diversos aspectos limitantes ao desenvolvimento da agricultura irrigada no Nordeste:

- Ausência de ação coordenada e estruturada entre as obras de irrigação (canais, adutoras, barragens, estruturas de captação, etc.) e a estrutura de produção (capacitação de mão de obra, caracterização de mercado, caracterização tecnológica, etc.). Uma maior ênfase tem sido dada nos projetos e nos sistemas de engenharia.
- Falta de política de crédito rural para custeio voltada ao atendimento das condições de agricultura irrigada, permitindo que a atividade se desenvolva durante todo o ano, já que ela tem um custo diferenciado de agricultura dependente de chuva, além de permitir cultivo em épocas não tradicionais em condições de sequeiro.

- Ausência de ação mais intensa de pesquisa, notadamente voltada para a busca de alternativas de espécies e cultivares adaptadas, além de tecnologia de manejo com base nas relações água-solo-planta-atmosfera para as várias condições regionais. A tecnologia de produção irrigada é adaptada da agricultura de outros países e ou de regiões diferentes daquelas em que se desenvolve a irrigação.
- Inexistência de um programa estruturado, voltado para o mercado externo, principalmente para frutas tropicais, priorizando área e produto, marketing e promoção de sua qualidade; conhecimento das exigências dos diferentes mercados quanto aos aspectos de fitossanidade e resíduos químicos; estudos e definições de “áreas livres”; preparação do pessoal técnico; e organização de empresas para controle da qualidade para atendimento a diferentes tipos de mercado.
- Ausência de programa para aproveitamento do potencial de mercado interno de frutas e olerícolas. Um programa estruturado, que priorize área, produtos, preparação tecnológica quanto aos aspectos de fitossanidade e resíduos químicos, entre outros.
- Falta de continuidade das políticas de irrigação, com planejamento, em longo prazo, para o desenvolvimento do setor.
- Atraso no cronograma de execução das obras, que provocam atraso no assentamento dos irrigantes e no processo de produção.
- Falta de capacidade gerencial à maioria das organizações de produtores nos perímetros irrigados.

Outra limitação a ser mencionada é a relacionada à drenagem, sendo oportuno mencionar os problemas por falta de diagnóstico prévio ou falho de solos salinos ou execução de perímetros irrigados sem um sistema de drenagem instalado, o que pode inviabilizar considerável área a ser irrigada.

Desafios

Com base no estado da arte da agricultura irrigada no Nordeste anteriormente descrito, são identificados alguns desafios para a agricultura irrigada nesta região:

- Melhoria da estrutura de comercialização, principalmente para o pequeno produtor.
- Redução de custos de produção na agricultura irrigada.
- Diversificação de culturas a serem irrigadas e comercializadas, aumentando a gama de oportunidades tanto no mercado nacional como no mercado internacional.
- Sustentabilidade econômica da irrigação de pastagens, como meio de aumentar a oferta de carne e leite.
- A possibilidade de aumento do uso de recursos hídricos em razão das mudanças climáticas mostra a importância do conhecimento sobre cenários futuros para uma definição de estratégias de manejo de água para a agricultura irrigada, em diversas escalas. Tais cenários devem ser integrados com outros setores usuários de água.
- Minimização dos riscos de salinização por meio de aumento de área com sistema de drenagem e uso de técnicas adequadas de manejo de irrigação.
- Recuperação de áreas degradadas: o manejo para a recuperação de solos salinizados pode contar, também, com as plantas halófitas (“dessalinizadoras”), eficientes na acumulação de sais, incluindo o sódio. A erva-sal (*Atriplex nummularia*) consegue extrair cerca de 1.140 kg de sal por hectare por ano (PORTO et al., 1999).
- Permanente vigilância epidemiológica: áreas irrigadas podem disseminar doenças aos seres humanos, como a esquistossomose (COUTINHO et al., 1992).

- Capacitação do irrigante: o que se deseja nas áreas irrigadas é o máximo retorno econômico por unidade de água aplicada. Porém, o alcance desse objetivo passa necessariamente pela capacitação dos irrigantes, por meio de difusão e transferência de tecnologia, e assistência técnica especializada e constante. A capacitação dos irrigantes, dotando-o de informação tecnológica e habilidade para gerenciamento do uso da água na parcela e adequação dos sistemas de irrigação, poderá desempenhar importante papel na prevenção de escassez de água.
- Aumento da eficiência de uso de água no nível de parcela, por meio de técnicas de manejo de irrigação e automação de sistemas de irrigação.
- Utilização de águas subterrâneas: estabelecimento de pequenas hortas comunitárias deve ser viabilizado com uso de água de poços com vazão elevada e em comunidades com maior nível de agregação e organização.
- Tarificação pelo volume de água utilizado na irrigação: o bom irrigante pode ser recompensado caso haja a cobrança baseado no volume de água utilizado, na medida em que a busca por melhorias no sistema e no manejo da irrigação aumente a eficiência de uso da água.
- Realização de análises estatísticas atualizadas sobre a agricultura irrigada (área, culturas, sistemas de irrigação, eficiência), como forma de auxiliar o planejamento e a execução de políticas públicas voltadas à agricultura irrigada.
- Continuidade das parcerias entre os setores público e privado para o desenvolvimento da agricultura irrigada.
- Reuso de água na agricultura.
- Detalhamento das escalas de mapeamento solo, para melhoria no estabelecimento de novas áreas e no monitoramento das áreas

- irrigadas já em operação. Aproximadamente 40% dos solos do Semiárido têm limitação de drenagem, e 47% têm alta permeabilidade (AMARAL, 2011).
- Monitoramento da umidade do solo: solos irrigados por vários anos e durante todo o ano, como é o caso de áreas irrigadas no Semiárido, podem apresentar elevada umidade nas camadas mais profundas dos solos, inclusive em razão da presença de camadas subsuperficiais adensadas. Espécies com sistemas radiculares profundos (1 m), com tolerância à seca e a adoção da irrigação com déficit, pode propiciar aumento de eficiência de água (BAS-SOI et al., 2014).
 - Desenvolvimento do uso de fontes de energia alternativas (eólica, solar), para uso em pequenas propriedades rurais.
 - Sustentabilidade da agricultura irrigada: a manutenção ou o aumento da produção da agricultura irrigada com base no aumento de área não é a solução, pois isso pode levar à modificação no uso da terra, ao aumento dos riscos de degradação de recursos naturais, quer seja por contaminação ou redução da disponibilidade deles, e ao aumento do consumo de energia.
 - Promover a percepção pelo produtor irrigante sobre os usos múltiplos de recursos hídricos: o aumento no consumo de água por um setor usuário pode implicar na falta do recurso para outro setor, com consequências para a sociedade civil.
 - Períodos de seca, como o observado no triênio 2012 a 2014, com tempos de retorno superiores a 100 anos em 2012 e 2013, o que levou à situação extremamente crítica no Semiárido. As chuvas retornaram em 2014 a uma frequência normal, mas abaixo da média na porção norte da região, em que, na maior parte das estações, o ano foi classificado como seco ou muito seco. Setores usuários de água que dependem do seu armazenamento para se

viabilizarem operacionalmente, como a irrigação, pela falta de chuvas e pelo menor volume de água armazenado nos reservatórios (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015c). Essa situação persiste até os dias atuais (2016).

Oportunidades

Ao mesmo tempo em que desafios são vislumbrados para a agricultura irrigada no Nordeste, podem surgir oportunidades que ajudem o desenvolvimento dessa atividade. Algumas dessas podem ser:

- Planejamento detalhado do aumento de áreas irrigadas, caso necessário.
- Análise da produtividade da água na agricultura: como a região Nordeste do Brasil é marcada por disparidades socioeconômicas e vulnerabilidades ambientais, a elevação do valor produzido dos produtos agrícolas ou o bem-estar obtido por unidade de volume de água se torna importante. São necessárias análises em maiores escalas sobre como aperfeiçoar e harmonizar o consumo de água pelos vários setores usuários (agricultura, geração de energia, uso doméstico, uso industrial, mineração, navegação, etc...), o que pode auxiliar o gerenciamento hídrico. Melhorando-se a produtividade física (biomassa) da água, reduz-se a quantidade adicional na agricultura, deixando-se mais água disponível para outros usuários.
- Utilização de técnicas com aplicação em grandes escalas, como sensoriamento remoto e modelagem, juntamente com dados meteorológicos obtidos em uma menor escala (parcela), pode melhorar o manejo de água em áreas irrigadas e gerenciamento de recursos hídricos e permitir o acompanhamento do impacto causado pelas atividades da agricultura irrigada sobre as condições ambientais. Para esse conhecimento, são muito importantes as medições e modelagens de variáveis de interesse em escalas

pontuais e regionais. Análises de desempenhos de perímetros irrigados também auxiliam no gerenciamento hídrico em maiores escalas e na tomada de decisões para o aperfeiçoamento da distribuição e uso de água.

- Utilização de pequenos reservatórios para a prática de irrigação, construídos mediante estudo criterioso sobre o local e volume de água a ser armazenado.
- Balanço de gases de efeito estufa (gás carbônico, metano e óxido nitroso) na agricultura irrigada (emissões versus sequestro). Essa informação é fundamental para a elaboração de inventários de emissões mais precisos e adequados às nossas condições locais de agricultura irrigada. A literatura atual é muito carente de estudos nessa linha de pesquisa.
- Produção de sementes: o Cerrado ocupa uma área de 11,5 milhões de hectares, na mesorregião Sudoeste do Piauí, onde são cultivados soja, milho, arroz e algodão. Praticamente toda a semente utilizada é proveniente da região Centro-Oeste do País.
- Agricultura orgânica: essa é uma oportunidade que já vem sendo explorada, com muito êxito, por exemplo, no Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos.
- Irrigação de culturas consorciadas: a produção agrícola de alimentos básicos é, em grande parte, oriunda de pequenas propriedades agrícolas. Por isso, é importante a introdução de técnicas de baixo custo, objetivando o aumento do rendimento.
- Utilização de cultivares mais resistentes à seca, obtidas em programas de melhoramento genético vegetal.
- Adoção de estratégias de irrigação com deficit, como forma de diminuir a lâmina de água aplicada às culturas e aumentar a eficiência de uso de água (BASSOI et al., 2011; BASSOI et al., 2015).

- Adoção de técnicas de agricultura de precisão no gerenciamento de sistemas agrícolas irrigados, como forma de realizar o manejo diferenciado da irrigação, em que zonas de manejo (subáreas), mais e menos úmidas, recebam respectivamente menor e maior lâmina de irrigação (NASCIMENTO et al., 2014).
- Trabalho de conscientização para valorização do recurso hídrico como bem público finito e para necessidade de um uso mais racional e sustentável da água, para que se tenha maior garantia da oferta hídrica para os usos múltiplos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015c).

Considerações Finais

O Nordeste do Brasil apresenta variabilidade quanto à vegetação, ao bioma, ao solo, ao clima e à disponibilidade hídrica, que torna a atividade da agricultura irrigada complexa e específica para a cada condição local. Juntamente com as disparidades socioeconômicas presentes na região, a espécie vegetal cultivada, o sistema de irrigação utilizado e o manejo de irrigação adotado influenciam a agricultura irrigada, que, por sua vez, tem implicações no risco de degradação do meio ambiente, na geração de produtos, na criação de complexos agroindustriais e no desenvolvimento local e regional.

Os desafios e oportunidades para a agricultura irrigada no Nordeste apresentados nesse texto são sugestões para que todos os atores envolvidos nessa atividade (formuladores de políticas públicas, agências de regulamentação, agências de desenvolvimento, produtores e empresas agrícolas, prestadores de serviços técnicos, instituição de ensino e pesquisa, setores usuários de recursos hídricos) possam discuti-las e contribuir para a sua sustentabilidade.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2007. 123 p. (Caderno de recursos hídricos, 2). Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprteiw/2/pdf/volume_2_ANA.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Edição Especial. Brasília, 2015a. 163 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015**. Brasília, 2015b. 88 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: encarte especial sobre a crise hídrica**. Brasília, 2015c. 30p.
- AGUIAR NETTO, A. de O.; MACHADO, R.; VASCONCELOS, B. Diagnóstico do processo de salino-sodificação no perímetro irrigado Jabiberi-SE. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 448-459, 2006.
- AMARAL, F. C. S. do. **Sistema brasileiro de classificação e terras para irrigação: enfoque na região semiárida**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 164 p.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 873-880, 2006.
- BARBOSA, F. C. **Estimativa das necessidades de irrigação e avaliação do impacto da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do Baixo Jaguaribe - CE**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BASSOI, L. H. Monitoring soil water in irrigated soils of the Brazilian semi-arid region: an opportunity to improve water use. In: TEIXEIRA, W. G.; CEDDIA, M. B.; OTTONI, M. V.; DONNAGEMA, G. K. (Ed.). **Application of Soil Physics in Environmental Analyses**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 223-236.
- BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L dos; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejo de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e produção da vidiera cv. Syrah. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011.

BASSOI, L. H.; CORREIA, J. S.; SANTOS, A. R. L dos; SILVA, J. A.; COSTA, B. R. S. Irrigação com deficit em videira de vinho cv. Syrah em dois ciclos de produção no Semiárido. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 430-431, 2015.

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. de C.; BRAGA, M. B.; SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; PINTO, J. M. Uso da água em agricultura irrigada no Semiárido Brasileiro. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da (Ed.). **Semiárido Brasileiro**: Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 353-372.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília, 2005. 33 p.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1. Brasília: MMA, 2006. 281p.

COLARES, D. S. **Análise técnico-econômica do cultivo de arroz irrigado no Perímetro Irrigado Morada Nova, Ceará**. 2004. 58 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E IRRIGAÇÃO DE SERGIPE. **Históricos dos perímetros**: características geofísicas e demográficas. Disponível em: <<http://www.cohidro.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=14>>. Acesso em: 29 mai. 2016.

CODEVASF. **Plano de ação para o desenvolvimento integrado da Bacia do Parnaíba, PLANAP**: atlas da Bacia do Parnaíba. Brasília, DF: TDA Desenho & Arte, 2006. 126 p.

CODEVASF. **Pólos de Desenvolvimento**. 2012. Disponível em <<http://www.codevasf.gov.br/principal/perímetros-irrigados/polos-de-desenvolvimento-1>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

CORDEIRO, G. G.; BARRETO, A. N.; CARVAJAL, A. C. N. **Levantamento das condições de salinidade e sodicidade do projeto de irrigação São Gonçalo (2ª Parte)**. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1988. 56 p. (Embrapa CPATSA. Documentos, 54).

COSTA, R. N. T; SOUZA, F. de. Irrigação por superfície In: ROSA, M. de F.; GONDIM, R.S.; FIGUEIRÊDO, M.C.B. (Ed.) **Gestão sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. p. 261- 288.

COUTINHO, A. D.; SILVA, M. L.; GONÇALVES, J. F. Estudo epidemiológico da Esquitossomose Mansônica em área de irrigação do Nordeste Brasileiro. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p.302-310, 1992.

CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; BASSOI, L. H.; SILVA FILHO, J. G.. **Aplicação do modelo LAWS na avaliação da oferta e demanda de água no Perímetro Irrigado Califórnia em Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 8 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 108).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS. **Recursos hídricos**: sala de situação. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/php/salasituacao/>>. Acesso em: 29 mai. 2015.

FIGUEIREDO, M. C. B.; ROSA, M. de F., GONDIM, R. S., SABOIA, L. de F. Gestão da demanda hídrica em municípios do médio e baixo Jaguaribe. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 7., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV/FAPESP/USP, 2003.

FISCHER, G.; TUBIELLO, F. N.; VELTHUIZEN, H. V.; WIBERG, D. A. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2008. **Technological Forecasting & Social Change**, Amsterdam, v. 74, n. 7, p. 1083 -1107, 2007.

GOES, E. S. de O. O problema da salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e ação de pesquisa, com vistas ao seu equacionamento. In: REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS, Fortaleza, 1978. **Anais...** Recife: SUDENE/DNOCS, 1978. p.1-34.

GOMES, A. **O pólo fruticultor Açú/Mossoró (RN)**. 2003. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1970%3Ao-polo-fruticultor-acumossoro-rn-&catid=58&Itemid=414>. Acesso em: 17 fev. 2015.

GONDIM, R. S. **Mudanças climáticas e impactos na demanda de água para irrigação na bacia do Jaguaribe**. 2009. 209 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

HEINZE, B. C. L. B. **A importância da agricultura irrigada para a região nordeste do Brasil**. 2002. 59 f. Monografia (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - Ecobusiness School, Fundação Getúlio Vargas, Brasília.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p.

IBGE. **Área Territorial Brasileira**. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area_shtm>. Acesso em: 19 fev. 2015.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil: primeira aproximação. 2004a. Disponível em**: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/biomas.pdf> Acesso em: 19 fev. 2015.

- IBGE. **Mapa de Clima do Brasil**. 1978. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2015.
- IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 2004b. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2015.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: University Press, U. K., 2001. 217 p.
- KINJE, J. W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. Improving water productivity in Agriculture: editor's overview. In: KINJE, J. W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. (Ed.). **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement**. Wallingford: CABI, 2003. p. xi-xiv.
- MACÊDO, L. de S. **Salinidade em áreas irrigadas**. João Pessoa: Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária, 1988. 11 p. (Comunicado Técnico, 38).
- MANETA, M. P.; SINGH, P. N.; TORRES, M.; WALLENDER, W. W.; VOSTI, S. A.; RODRIGUES, L. N.; BASSOI, L. H.; YOUNG, J. A. A parsimonious crop-water productivity index: an application to Brazil. **Area**, London, v. 41, n. 1, p. 94-106, 2009a.
- MANETA, M.; TORRES, M.; VOSTI, S. A.; WALLENDER, W. W.; ALLEN, S.; BASSOI, L. H.; BENNET, L.; HOWITT, R.; RODRIGUES, L.; YOUNG, J. Assessing agriculture-water links at the basin scale: hydrologic and economic models of the São Francisco River Basin, Brazil. **Water International**, London, v. 34, n. 1, p. 88 -103, 2009b.
- MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da. **Solos do Nordeste**. Recife: Embrapa Solos, 2014. 8p.
- MOLDEN, D.; MURRAY-RUST, H.; SAKTHIVADIVEL, R.; MAKIN, I. A water productivity framework for understanding and action. In: KINJE, J. W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. (Ed.). **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement**. Wallingford: CABI, 2003. p. 1-18.
- NASCIMENTO, P. S.; BASSOI, L. H.; SILVA, J. A.; COSTA, B. R. S. Zonas homogêneas de atributos do solo para o manejo de irrigação em pomar de videira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 1101-1113, 2014.
- NUNES, A. B. de A. **Avaliação ex-post da sustentabilidade hídrica e da conservação ambiental de perímetros irrigados implantados – o caso do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi (DIJA)**. 2006. 176 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- PEREIRA, J. R.; VALDIVIESO, C. R.; CORDEIRO, G. C. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1985, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa/DDT, 1986. p. 85 - 105.
- PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C.; ARAÚJO, O. J.; SILVA JUNIOR, L. G. de A. Aproveitamento dos rejeitos da dessalinização. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1997, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semi-Árido: IRPAA: IRCSA, 1999. p. 51-57.
- POSSÍDIO, E. L. **Petrolina – Um sertão verde**. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1997. 6 p. (Embrapa CPATSA. Documentos, 86).
- PROGRAMA DE AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA O GERENCIAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO E DA SUA ZONA COSTEIRA; AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FUNDO PARA O MEIO AMBIENTE MUNDIAL; PNUMA; OEA. **São Francisco: relatório final**. Brasília: TODA Desenho & Arte, 2004. 336 p.
- RESENDE, R. S. **Balanco hídrico anual dos Perímetros Irrigados Califórnia e Ribeira, no estado de Sergipe: relatório técnico**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2004. 39 p.
- RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S. **Definição de estratégias para o uso eficiente da água e caracterização da irrigação no Perímetro Irrigado Califórnia, no Baixo São Francisco: relatório técnico**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 40 p.
- RESENDE, R. S.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. **Atlas de qualidade das águas subterrâneas no Estado de Sergipe com fins de irrigação**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 46 p.
- RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; FONTES, H. R. Manejo da água na produção integrada de coco anão no Distrito de Irrigação Platô de Neópolis- SE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBEA, 2006. 1 CD ROM
- SALAZAR, C. R. V.; FELIX, S. G.; CORDEIRO, G. G. **Avaliação econômica da recuperação de solos salinos no perímetro irrigado de Vaza-Barris – Cocorobó, BA**. Petrolina: Embrapa CPATSA, 1988. 16 p. (Embrapa CPATSA Documentos, 48).
- SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P. dos; SOUZA NETO, N. C. de; SILVA, A. B. da; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; CORREIA, R. C.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, F. H. B.

B. da; SOUZA, L. de G. M. C.; SILVA, C. P. da; LEITE, A. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil:** diagnóstico e prognóstico. Recife: Embrapa Solos-Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste; Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 2000. 1 CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 14).

SUASSUNA, J.; AUDRY, P. Estatísticas de salinidade das águas de irrigação do Nordeste Semi-árido Brasileiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 45., 1993, Recife. **Anais...** Recife: SBPC, 1993. p. 53-72.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; BASSOI, L. H. Crop water parameters of irrigated wine and table grapes to support water productivity in the São Francisco River Basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 94, n. 1-3, p. 31-42, 2007.

TURRAL, H.; SVENDSEN, M.; FAURES, J. M. Investing in irrigation: reviewing the past and looking to the future. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 4, p. 551-560, 2010.