

Implantação de Culturas Irrigadas com Sistemas de Bombeamento Fotovoltaico na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil

N. Fraidenraich, J. Bione, O. C. Vilela

Departamento de Energia Nuclear (DEN) - UFPE

e-mail: nf@ufpe.br

Recebido: 26/09/05 revisado: 22/02/06 aceito: 17/05/06

RESUMO

Descrevem-se as possibilidades e limitações da região semi-árida do Nordeste do Brasil para o desenvolvimento de agricultura familiar. Analisa-se em particular o problema da água e da energia, mostrando que existem diversas alternativas para resolver o problema da água, basicamente através da exploração de reservas subterrâneas devidamente selecionadas. Experiências realizadas em pólos de desenvolvimento regional durante as últimas décadas mostram que o clima é perfeitamente propício para vários tipos de cultivo de alto valor agregado, uva entre eles. O balanço de água de um sistema de micro irrigação permite comprovar que é possível utilizar a tecnologia de bombeamento fotovoltaico para operar esses sistemas de forma tecnicamente viável, nos casos de empreendimentos de agricultura familiar. Por exemplo, um hectare de uva irrigada requer um gerador fotovoltaico de 1,3 kW de potência pico para bombear 20 m³ de água por dia com 40 m de altura manométrica. Uma análise econômica simplificada mostra que os sistemas de irrigação para cultura de uva começam a dar retorno positivo a partir do terceiro ano. O estudo comprova, portanto, sua viabilidade, tanto do ponto de vista técnico como financeiro. A implantação desses sistemas poderá se traduzir em um aumento significativo no ingresso dos agricultores da região.

Palavras-chave: Potencial hídrico, Bombeamento Fotovoltaico, Irrigação.

INTRODUÇÃO

As dificuldades para o desenvolvimento de atividades produtivas na região rural estão relacionadas, em muitos casos, com fatores ambientais, pouco propícios para atividades agrícolas. Não se pretende com esta afirmativa desconhecer que outros aspectos, tais como o acesso ao crédito e condições de comercialização da colheita adequadas, são também muito importantes para tornar as atividades agrícolas viáveis. Não obstante, se não forem satisfeitas condições básicas relativas ao meio ambiente e a infra-estrutura local, pouco se pode fazer para promover essas atividades. Este seria o caso da região semi-árida do Nordeste do Brasil onde a falta de água, combinada com a ausência de rede elétrica, torna as condições de vida da população local extremamente difíceis. Admite-se, neste contexto, que o solo oferece condições adequadas para seu cultivo.

Em situação bem diferente, e como constatação do potencial regional, as proximidades do rio São Francisco, no Estado de Pernambuco, muito bem dotadas desde o ponto de vista de sua infra-estrutura, se transformaram, em algumas décadas,

em uma região sumamente próspera, promovendo o cultivo de uma variedade de frutas, entre elas, uva de mesa e uva para produção de vinho. A exportação desses produtos cresceu significativamente nos últimos anos, contribuindo para gerar atividades econômicas de grande importância na região.

Este trabalho analisa as possibilidades de implantação de culturas irrigadas no âmbito da agricultura familiar na região semi-árida do Nordeste do Brasil e em locais não supridos pelo serviço de energia elétrica.

O trabalho foi desenvolvido de acordo com a seguinte seqüência. A natureza do recurso água e os problemas de abastecimento de água e energia na região semi-árida são sucintamente descritos. Ilustra-se a evolução da prática de irrigação na região e a seguir apresentam-se os aspectos mais importantes da tecnologia fotovoltaica relativos ao bombeamento de água e irrigação de culturas. São mostrados os resultados de um modelo de simulação de um sistema de micro-irrigação e os custos de investimento e operacionais necessários para sua implantação. Completa-se o trabalho com comentários sobre a viabilidade desse empreendimento.

REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL

Com uma superfície total de 857.999 km², a região está constituída por 1.031 municípios, habitados por um total de 18,5 milhões de habitantes (Sudene, 1999). Uma breve descrição das características da região semi-árida pode ajudar a adquirir uma melhor compreensão da problemática enfrentada por seus habitantes.

A região semi-árida do Brasil ocupa, em sua maior parte, a Região Nordeste, estendendo-se também ao norte do estado de Minas Gerais. O regime de chuvas está caracterizado, basicamente, por sua escassez, irregularidade e concentração em um curto período de cerca de três meses ao ano, durante o qual adota a forma de aguaceiros, de pequena duração. Abarca as terras interiores à isoieta anual de 600 mm, com precipitações que variam entre 400 e 600 mm.

A temperatura é elevada durante o dia e relativamente baixa à noite. O nível de radiação é elevado: 5,5 kWh/m².dia de valor médio anual, com valores médios mensais que variam entre 4,5 e 6,0 kWh/m².dia, ao longo do ano (Tiba et al, 2000). Como consequência, a taxa de evaporação é elevada, da ordem de 2500 mm ao ano. Sua vegetação, denominada caatinga, é baixa, espinhosa e dispersa. Apesar de circunstâncias tão adversas, a região rural é habitada por um expressivo contingente populacional, 8,6 milhões de habitantes, constituindo uma das regiões semi-áridas mais povoadas do mundo.

O problema mais grave que afeta a maior parte da região são as secas, cuja ocorrência periódica empobrece a população e desorganiza a produção, tanto agrícola como pecuária. A convivência com este fenômeno natural tem sido muito difícil, contribuindo para o êxodo rural.

Problema da água

Historicamente, o abastecimento de água das comunidades rurais tem sido materializado através da construção de sistemas de acumulação (açudes), com restrições no que se refere à quantidade e qualidade desse recurso. Estima-se que existem na região semi-árida 70.000 reservatórios com capacidade para acumular 30 bilhões de m³ (Rebouças, 2001)

Os pequenos e médios açudes, com volumes compreendidos entre 10.000 e 200.000 m³, representam 80% dos corpos de água nos estados do Nordeste. No estado de Pernambuco, existem de 13

a 15 mil açudes desse porte, constituindo, se bem administrados, uma importante reserva de água para a região (Suassuna (a), 2005, internet). Estudos visando a utilização das águas destes açudes para a produção de alimentos através da irrigação foram realizados por Molle e Cadier (1992), orientando os produtores a utilizar esse recurso independentemente da existência de reservas de água para abastecimento da população e animais. Propostas como esta só podem ser consideradas válidas, exclusivamente quando a reserva de água do açude ou outras fontes de água estejam disponíveis durante o ano todo para atender essa demanda. Neste contexto, é necessário mencionar que as perdas de água devido à evaporação dos pequenos e médios açudes chegam a ser da ordem de 40% do volume armazenado (Suassuna (a), 2005, internet).

Em torno dos grandes açudes, construídos pelo poder público, se desenvolvem atividades de piscicultura e irrigação, estas últimas nos denominados perímetros irrigados, provendo também o serviço de abastecimento de água às populações locais. Apesar de estarem sujeitos a um processo de evaporação intensiva é possível, através da construção de uma adequada infraestrutura e gerenciamento, criar condições propícias para um bom aproveitamento dessa reserva de água, muitas vezes não materializado pela ausência dos fatores mencionados (Fontes et al., 2003).

Enquanto as soluções integradas não são implementadas, os períodos de seca se sucedem e o abastecimento da população entra em colapso. Em caráter de emergência se recorre à distribuição de água com caminhões tanque ou outras soluções, tais como poços e cisternas.

Aguas subterrâneas

A hidrologia do Nordeste, fortemente dependente do contexto geológico da região, reconhece a existência de duas estruturas básicas: a formação cristalina e a sedimentar. O embasamento cristalino se caracteriza pela presença de solos pouco profundos, com baixa capacidade de infiltração e elevado escoamento superficial. A capacidade de armazenamento subterrâneo é limitada e suas águas apresentam elevada salinidade. O armazenamento em reservatórios superficiais, açudes, é a resposta encontrada para disponibilizar volumes consideráveis de água, que precipitam na região do semiárido durante alguns meses ao longo do ano (Suassuna (b), 2005, internet).

As bacias sedimentares estão constituídas por rochas permeáveis, solos frequentemente profundos, predominância de infiltração, rios perenes e

Tabela 1 - Distribuição da qualidade da água em poços tubulares da região semi-árida

Classificação	Referencia	Número de poços
Água doce	< 501 mg/l de STD*	3.851 (25%)
Salobra	501 a 1500 mg/l de STD	5.120 (33%)
Salina	>1500 mg/l de STD	6.367 (42%)
Total		15.338 (100%)

*STD: Sólidos Totais Dissolvidos

Tabela 2 - Número de residências sem energia elétrica

	Número de Residências sem energia elétrica			Percentual		
	Total	Urbana	Rural	Total	Região urbana	Região rural
				(%)	(%)	(%)
BRASIL	2.484.271	505.023	1.979.249	5,2	1,2	27,0
NORDESTE	1.311.981	201.642	1.110.339	10,7	2,2	34,4

armazenamento de água em lençóis de grande extensão. As águas subterrâneas são provenientes de chuvas que infiltram nos solos e que, por sua vez, alimentam as descargas de base dos rios nos períodos de estiagem.

Considerando-se a porção da região Nordeste de embasamento cristalino, a descarga de base dos rios representa uma recarga anual de 5 bilhões de m³ por ano, um quarto dos quais estima-se que sejam utilizáveis. Já nos terrenos sedimentares, a recarga anual é de 54 bilhões de m³ por ano. A utilização de 30% desse valor representa um potencial da ordem de 20 bilhões de m³ por ano de água subterrânea de boa qualidade (Rebouças, 2001).

Qualidade das águas subterrâneas

As águas provenientes das províncias sedimentares, principalmente de áreas de aluvião, são em geral de boa qualidade. Os recursos hídricos que têm origem nas formações cristalinas se caracterizam por sua baixa qualidade, aparecem em forma descontínua e armazenados em aquíferos fissurais. São águas bastante cloradas, com alto teor de sais dissolvidos.

Um informe preliminar do projeto "Cadastro da Infra-estrutura Hídrica do Nordeste" realizado pelo Ministério de Minas e Energia em conjunto com o CPRM-Serviço Geológico do Brasil como parte do Programa de Desenvolvimento de Estados e Municípios - PRODEM (CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2005, internet), oferece uma idéia bastante representativa de seu comportamento regional. Na Tabela 1 é mostrado um perfil da qualidade da água obtida com o levantamento de 21.662 poços tubulares localizados, em sua maior parte, na região semi-

árida. Deste total, foram coletadas amostras de água em 15.338 poços, classificando os resultados como água doce, salobra e salina.

Apesar da prevalência de poços com água salina, existe um número apreciável (25%) com qualidade de água apta para atender as necessidades da população.

O problema da energia

Referimos-nos especialmente à energia elétrica. Outras formas de energia estão disponíveis na região: lenha, gás, querosene, mas sempre em quantidades muito moderadas.

Nas últimas décadas houve uma intensificação das realizações em matéria de eletrificação rural. Mais recentemente foi sancionada a Lei 10.438 de Abril de 2002, que dispõe, entre outras coisas, sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, podendo se eleger, nos locais onde não se disponibilizará energia elétrica da rede convencional, a fonte de energia mais adequada à localidade a ser atendida: solar, eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. Posteriormente, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu as condições gerais para elaboração dos planos de universalização, que deverão ser completados até o ano 2015 (ANEEL, Resolução No. 223 de abril de 2003). Para a parcela da população do meio rural brasileiro que ainda não tem acesso a esse serviço público, o Decreto No. 4873, de Novembro de 2003, institui o Programa Luz Para Todos, que propicia o atendimento com energia elétrica até o ano 2008.

Tabela 3 - Superfície irrigada no Brasil e no Nordeste (1950-2001)

EVOLUCAO DA SUPERFICIE IRRIGADA (ha)		
PERÍODO	BRASIL	NORDESTE
Até 1950	64000	100
Até 1960	320.000	28.600
Até 1970	796.000	116.000
Até 1975	1.100.000	163.400
Até 1980	1.600.000	261.400
Até 1985	2.100.000	335.800
Até 1990	2.700.000	-
Até 1998	2.870.000	495.000
Até 2001	3.149.000	663.672

A tabela seguinte (Tabela 2) oferece um panorama, a rigor muito sucinto, porém eloqüente, sobre a situação da eletrificação do Brasil e da Região Nordeste (Banco Mundial, 2005).

Podemos verificar que 27% das residências rurais do Brasil (1,98 milhões) e 34% do Nordeste (1,11 milhões) não têm acesso à energia elétrica. Apesar do elevado grau de eletrificação das regiões brasileiras, resta ainda um número bastante grande de pessoas sem acesso a essa forma de energia.

IRRIGAÇÃO NO NORDESTE

O clima da região semi-árida do Nordeste, com seu elevado nível de radiação, é altamente propício para o desenvolvimento de cultivos irrigados, procedimento que aparece como a forma idônea de superar a ausência de precipitações regulares e abundantes o suficiente para atender sua demanda de água. Apesar de ser um tema polêmico, devido aos problemas de salinização dos solos a que pode dar origem se não forem adotados todos os cuidados necessários, especialmente drenagem, a superfície irrigada tem crescido consideravelmente nas últimas décadas, tal como pode ser visto na Tabela 3 (Christofidis, 2001; Codevasf, internet acesso agosto 2005).

Deve-se destacar que se trata de um tipo de irrigação com alto insumo tecnológico, elevado consumo de água e energia, procedimento que não é adequado para o objetivo básico deste estudo, que focaliza essencialmente a agricultura familiar.

CONTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Nas seções que antecedem foi traçado um quadro relativo aos principais problemas que qual-

quer tentativa de empreender atividades produtivas na região semi-árida do Nordeste do Brasil suscita. A irrigação é identificada como uma possibilidade em termos de atividade produtiva na região, desde que os problemas centrais de água e energia sejam resolvidos em forma satisfatória. Problemas ambientais sérios tais como o cuidado dos solos, processos de salinização, são considerados determinantes para uma política de incentivo à agricultura familiar irrigada.

Antecedentes relativos à tecnologia fotovoltaica

A tecnologia fotovoltaica foi introduzida no Brasil na década de 70, basicamente para ser utilizada em sistemas de comunicações (estações repetidoras de microondas para redes de televisão). No começo dos anos 80 foram adotadas as primeiras iniciativas relativas a pequenos sistemas de irrigação com bombas alimentadas por geradores fotovoltaicos. Sistemas de bombeamento fotovoltaico, que variavam entre 400 e 600 W de potência nominal, foram instalados nos estados de Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte com a finalidade de irrigar culturas de uva, banana, melão, laranja, pinha, tomates e coco. Outros sistemas foram também instalados no estado de Bahia.

Tratava-se de experiências isoladas, para verificar a viabilidade técnica da proposta, que realmente foi confirmada. Como resultado dos elevados preços dos equipamentos fotovoltaicos, provenientes de uma tecnologia que nessa época era pouco difundida, surgiu a iniciativa de reorientar as aplicações para necessidades mais urgentes. Nasce assim a política de eletrificação rural, dirigida a atender, a princípio, necessidades individuais e, posteriormente, comunitárias, escolas e postos de saúde na área rural.

Poucos anos depois (década de 90), e com preços bem mais acessíveis, o uso da tecnologia de bombeamento fotovoltaico é reiniciado, porém com o objetivo de abastecimento de água das comunidades rurais. A proposta de irrigação com bombeamento fotovoltaico teria que esperar ainda uma década para ingressar no âmbito das atividades produtivas rurais. Vários fatores contribuem hoje para sua promoção:

- O crescimento das atividades de irrigação, ainda quando altamente tecnificada, no Nordeste, acompanhadas de uma importante prosperidade econômica.
- A comprovação da adequação do clima regional para a produção de frutas e hortaliças, com possibilidades de duas safras por ano.
- A evolução da tecnologia de bombeamento, diversificada em termos de equipamentos disponíveis, maiores eficiências e menores custos.
- A possibilidade de substituição de equipamentos importados por equipamentos nacionais.
- Redução de preços de módulos fotovoltaicos no mercado nacional.
- Ampla experiência com sistemas de bombeamento fotovoltaico para abastecimento de água no Brasil e em especial no Nordeste.
- Crescente interesse das autoridades em facilitar o uso de fontes subterrâneas de água.
- Estímulo nacional e internacional, para promoção de atividades produtivas com tecnologia fotovoltaica no âmbito da agricultura familiar.

Os sistemas de bombeamento fotovoltaico viabilizam os fatores essenciais da produção: água e energia. Com relação ao primeiro, é necessário contar com uma fonte de água de boa qualidade, como já referido. Provavelmente será uma fonte subterrânea, sem descartar, no entanto, a utilização de pequenos ou médios açudes. Os geradores fotovoltaicos fornecem a energia necessária para acionar a motobomba. Como mostraremos na próxima seção, equipamentos da ordem de 1,3 kW de potência nominal são adequados para fornecer a energia mecânica necessária para irrigar um hectare de uva, por exemplo.

As possibilidades e limitações da tecnologia de bombeamento fotovoltaico para abastecimento de água e as exigências em termos de infraestrutura

e condições sociais para sua implantação são descritas em Fraidenraich e Vilela (1999).

Sistemas de micro-irrigação com equipamentos de bombeamento fotovoltaico

Trata-se de uma proposta para agricultura familiar, com superfície irrigada da ordem de um hectare, com aproveitamento intensivo da água a ser utilizada, depositada no pé da planta por meio de mangueiras de distribuição. A extração da água de poço e sua distribuição são realizadas com o sistema de bombeamento fotovoltaico.

Seleção do cultivo

Uma opção atrativa, dentro da fruticultura, é o cultivo de uva por apresentar elevadas taxas de rentabilidade e de geração de empregos diretos por hectare cultivado. É um cultivo de trato bastante exigente durante todo o ciclo de produção. Implica, em consequência, uma elevada taxa de ocupação de mão de obra, que pode chegar até seis pessoas por hectare (Evans et al, 1993).

Balanco de água e dimensões do sistema de bombeamento

Um exemplo de balanço de água para estimar as dimensões do sistema de bombeamento necessário para irrigar um cultivo de uva de mesa, foi realizado para a cidade de Petrolina no estado de Pernambuco (latitude 9°23'S e longitude 40°30'W). Verifica-se que um sistema de bombeamento de 1,3 kWp permite atender a demanda de água de 1,2 hectares cultivados ao longo de todo o ano, bombeando água através de uma altura manométrica total de 40 m

Na Figura 1 pode-se apreciar o balanço de água constituído pela contribuição da bomba, as precipitações, a demanda da planta e a água proveniente do solo. O balanço de água é realizado para o dia médio de cada mês e pode se verificar que está bem equilibrado, de forma que não apresenta déficit de água em nenhum dos meses analisados (Fraidenraich e Costa, 1988; Vilela et al., 2004).

Um hectare de uva demanda, em média, um volume de água da ordem de 20 m³/dia, valor que pode ser fornecido por qualquer sistema de bombeamento fotovoltaico adequadamente projetado. Informações relativas ao desempenho dos poços da região permitem verificar que um bom número deles se encontra em condições de oferecer vazões da ordem de 5m³/hora, valor que atende perfeitamente a demanda de um sistema de micro irrigação (4 horas de sol com irradiância máxima, 1000

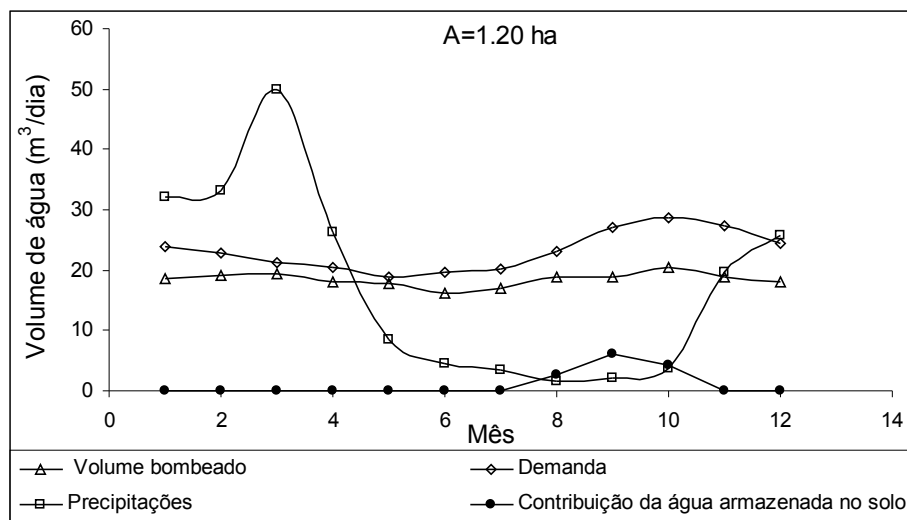


Figura 1 - Balanço de água de um cultivo de uva com sistema de micro-irrigação.

Tabela 4 - Custos e rentabilidade da produção de um (1) há

Custo (US\$)		Primeiro Ano	Segundo Ano	Terceiro Ano
Sistema de irrigação e acessórios		24930,28	13882,73	16727,15
Sistema de bombeamento FV		9900,00		
Poço em Área Sedimentar		13333,33		
Poço em Área Cristalina		2666,67		
Custo Total	Área Sedimentar	48163,61	13882,73	16727,15
	Área Cristalina	37496,95		
Valor da Produção (US\$)		3960,00	29770,00	45625,00
Quantidade (kg)		4000	32000	50000
Rentabilidade (US\$)				
Área Sedimentar	Renda Líquida	-44203,61	15887,27	28897,85
	Renda Líquida Acumulada	-44203,61	-28316,34	581,51
Área Cristalina	Renda Líquida	-33536,95	15887,27	28897,85
	Renda Líquida Acumulada	-33536,95	-17649,68	11248,17

W/m², permitem bombear 20 m³/dia) (Bione et al., 2004).

Análise de custo e rentabilidade

Tomando como base as planilhas produzidas por Dorgai (1996) e dados coletados em empresas especializadas em sistemas de irrigação (Empresa GILMAQ, Recife-PE) e perfuração de poços semi-artesianos (Empresa PROHIDRO, Recife-PE), elaboramos a Tabela 4, adaptada para um hectare, onde se apresentam o custo e a rentabilidade para duas regiões hidrogeológicas, sedimentar e cristalina.

O sistema de bombeamento possui, em sua composição, o gerador fotovoltaico, com uma potência igual a 1100 Wp e integrado por 20 módulos de 53 Wp. O custo unitário dos módulos é igual a US\$ 7/Wp, a moto bomba e inversor custam US\$ 900,00 e um tanque de água, se necessário, tem um valor de US\$ 200,00. O conjunto totaliza US\$ 9.900,00.

Os resultados da tabela 4 mostram que a partir do terceiro ano o retorno é positivo. Se a vida útil do sistema é igual a 20 anos, pode-se calcular a taxa interna de retorno (TIR), admitindo que os gastos anuais, a partir do terceiro ano, permanecem constantes e iguais a US\$ 16727,15 ao longo dos 20

anos. Nesse caso encontramos taxas internas sumamente elevadas, como era de se esperar, sugerindo que a atividade analisada é altamente lucrativa.

COMENTÁRIOS FINAIS

O trabalho descreve as possibilidades e limitações da região semi-árida do Nordeste do Brasil para a utilização da água para irrigação, por meio de sistemas de bombeamento fotovoltaico. Mostra que, apesar das características naturais, em boa medida, adversas, é possível aproveitar as oportunidades existentes a favor dos habitantes da região.

Dados sobre a mesma comprovam que importantes áreas contam com expressivas reservas de água subterrânea, de origem sedimentar e de boa qualidade.

O estabelecimento de políticas regionais que possibilitem a integração dos sistemas de acumulação (açudes) e águas subterrâneas para abastecimento humano e, quando possível, produção de alimentos, desenhadas de maneira tal que permitam adequar as condições naturais e a infra-estrutura à distribuição espacial da população, poderá se traduzir em melhoras substanciais nas suas condições de vida.

A tecnologia de bombeamento fotovoltaico encontra-se em uma situação propícia para retomar atividades que, se nos anos 80 foram apenas de demonstração da tecnologia, hoje podem ser empreendidas com maior ímpeto e em maior escala.

O balanço de água de um sistema de micro-irrigação de um hectare mostra que é possível utilizar a tecnologia de bombeamento fotovoltaico para operar esses sistemas de forma tecnicamente viável, ou seja, utilizar um gerador fotovoltaico de 1,3 kWp bombeando 20 m³ de água através de 40 m de altura manométrica.

Uma análise econômica simplificada mostra que os sistemas de irrigação para cultura de uva começam a dar retorno positivo a partir do terceiro ano. O estudo comprova, portanto, sua viabilidade, tanto do ponto de vista técnico como financeiro. A implantação desses sistemas poderá se traduzir em um aumento significativo no ingresso dos agricultores da região

REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2003, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, "Programa Luz para Todos". Disponível em: (http://www.mme.gov/programs_display.do?chn=688&pag=973). Acesso em agosto 2005.
- BANCO MUNDIAL, "Brazil background study for a national rural electrification strategy: Aiming for universal access". Relatório do Banco Mundial, Março, 2005
- BIONE, J., FRAIDENRAICH, N. VILELA, O. C., "Potencial da região semi-árida do nordeste do Brasil para a implantação de culturas irrigadas com bombeamento fotovoltaico", XII Congresso Ibérico e VII Iberoamericano de Energia Solar - 2004, Vigo-Espanha, 2004.
- CHRISTOFIDIS, D. "Olhares sobre a Política de Recursos Hídricos no Brasil: o caso da bacia do Rio São Francisco". Tese de Doutorado "Desenvolvimento Sustentável"- Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.
- CODEVASF, "Histórico e vantagens". Disponível em (http://www.codevasf.gov.br/menu/os_vales/historico). Acesso em agosto de 2005.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, "Projeto Cadastro de Infraestrutura Hídrica do Nordeste. Relatório preliminar - 1a etapa - 225.000 km²". Disponível em: (<http://www.cprm.gov.br/rehi/projeto.pdf>). Acesso em agosto de 2005.
- DORGAI, LÁSLÓ, "Custo de produção e rentabilidade da uva". Série Publicações Técnicas FRUPEX, 25-Uva para Exportação, EMBRAPA, 1996.
- EVANS, R. G., SPAYD, S. E., WAMPLE, R. L., KROEGER, M. W., MAHAN, M. O., "Water use of Vitis vinifera grapes". Agricultural Water Management, Amsterdam, Vol 23, pp 109-124, 1993.
- FONTES, A. S., OLIVEIRA, J. I. R., MEDEIROS, Y. D. P., "A evaporação em açudes no semi-árido nordestino do Brasil e a gestão das águas". XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, Paraná, Novembro de 2003.
- FRAIDENRAICH, N. e COSTA, H. S., "Procedure for the determination of the maximum surface which can be irrigated by a photovoltaic pumping system". Solar and Wind Technology, Vol. 5, No 2, pp. 121-126, 1988.
- FRAIDENRAICH, N., VILELA, O. C., "Avanços em sistemas de abastecimento de água com bombeamento fotovoltaico para comunidades rurais". Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 4, No. 3, pp. 69-81, Jul/Set 1999.
- MOLLE, F., CADIER, E., "Manual do pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro". Sudene, Recife, 521 págs., 1992.
- REBOUÇAS A. C., "Potencialidades dos aquíferos do Nordeste do Brasil", IV Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste - ABAS, Olinda PE, outubro de 2001.
- SUASSUNA, J. A. (a), "A Pequena e média açudagem no semi-árido nordestino: uso da água na produção de alimentos". Disponível em:

- (<http://www.fundaj.gov.br/docs/texttrop.html>). Acesso em agosto de 2005.
- SUASSUNA, J. A. (b), "Potencialidades hídricas do Nordeste Brasileiro". Disponível em: <http://www.cgee.org.br/cncti3/Documentos/Seminariosartigos/Inclusãosocial/DrJoao%20suassunapdf>. Acesso em agosto de 2005
- SUDENE - Portaria no 1.182/99 (Área Municipal, 1997-FIBGE e Contagem da População, 1996 - FIBGE), (1997) Disponível em: (<http://www.valedosaofrancisco.com.br/Municipios/EstadosAreasMunicipios01.asp>). Acesso em agosto de 2005.
- TIBA, C., FRAIDENRAICH, N., LYRA, F.J.M., NOGUEIRA, A.M.B., GROSSI, H G., "Atlas Solarimétrico do Brasil - Banco de Dados Terrestres", Ed. Universitária, UF-PE, 111 págs., 2000.
- VILELA, O. C. BIONE, J., FRAIDENRAICH, N. "Simulation of grape culture irrigation with photovoltaic V-trough pumping systems". *Renewable Energy*, 29, 1697-1705 (2004).

Implementation Of Irrigated Crops With A Photovoltaic Pumping System In The Semi-Arid Region Of The Northeast, Brazil

ABSTRACT

The possibilities and limitations of family farming in the Semi-Arid region in the Northeast of Brazil are described. The problem of water and energy, in particular, is analyzed showing that there are several alternatives to solve the problem of water. This is done, basically, by exploiting appropriately selected groundwater reserves. Experiments in regional development centers during the last few decades show that the climate is perfectly favorable to several types of high added value crops, including grapes. The water balance of a micro-irrigation system helps prove that photovoltaic pumping technology is feasible to operate these systems. In family farming, for instance, one hectare of irrigated grapes requires a photovoltaic generator with a 1.3 Kw peak power to pump 20 m³ of water per day, at a manometer height of 40 M . A simplified economic analysis shows that the irrigation systems for grape crops begin to provide a positive return from the third year onwards. The study thus proves its feasibility, both from the technical and the financial perspective. The implementation of these systems can result in a significant increase of income for farmers in the region.

Key-words: Water potential, Photovoltaic pumping, Irrigation