DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTO-VOLTAICO COM CONCENTRADOR TIPO V PARA IRRIGAÇÃO NO SE-MI-ÁRIDO DO NORDESTE

José Bione de Melo Filho – jbionef@chesf.gov.br
Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, Diretoria de Engenharia
Naum Fraidenraich – nf@ufpe.br
Olga de Castro Vilela – ocv@ufpe.br
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

3.5 Sistemas Fotovoltaicos Autônomos e Híbridos

Resumo. *Este trabalho apresenta o dimensionamento de um sistema de bombeamento fotovoltaico com concentrador tipo V (SBFV) para irrigação de uma cultura na região semi-árida do Nordeste do Brasil. Para sua elaboração foi realizada uma análise do sistema de irrigação por gotejamento, onde foram verificados dados de água, solo, clima, disponibilidade de mão-de-obra e energia. A cultura de uva foi escolhida por ser um produto adaptado à região, que tem como referência o Pólo de Petrolina. A videira é uma cultura perene, com sistema radicular profundo, podendo ajustar-se, até certo ponto, a um suprimento limitado de água. Para a determinação da necessidade hídrica da cultura, foi adotado o modelo proposto pela FAO, que utiliza a equação de Penman-Monteith para definir a evapotranspiração. Consideramos também, uma lâmina d'água para lavagem do solo, para evitar ou amenizar sua salinização. Com a finalidade de atender a demanda hídrica da planta foram considerados os seguintes fatores: volume bombeado, precipitação pluviométrica, armazenamento de água no solo e área a ser irrigada, inter-relacionados pela equação de conservação de massa. O volume bombeado é estimado por meio do método de utilizabilidade, a partir da curva característica da bomba e a radiação solar média mensal coletada na abertura do concentrador tipo V. Finalmente são dimensionados os equipamentos utilizados no projeto de irrigação com (SBFV) e realizada uma análise econômica. O estudo do sistema de micro irrigação permite comprovar que é possível utilizar a tecnologia de bombeamento fotovoltaico para operar de forma técnica e economicamente viável*

Palavra chave*: Bombeamento Fotovoltaico, Sistema de Irrigação, Agricultura.*

1. INTRODUÇÃO

Uma irrigação não pode e não deve ser entendida, única e exclusivamente, como um procedimento artificial para atender às condições de umidade de solo visando a melhoria da produção agrícola, tanto em quantidade como em qualidade.

Na realidade, ela constitui um conjunto de operações destinadas ao atendimento das necessidades de água para as plantas que transcendem a relação solo-água-planta, pura e simplesmente, devendo se agregar o clima, o solo, a geologia, o homem, a vegetação, a cultura e a economia do local em que se pretende implantar o projeto de irrigação.

A arte da irrigação, como definida, é bastante abrangente e interdisciplinar, passando pelo campo das ciências agrárias, exatas (engenharia hidráulica, civil, elétrica), sociais (economia, sociologia, política). Como a mais recente, temos a engenharia solar, cujos conhecimentos estamos utilizando associados à tecnologia de irrigação. Nenhuma delas é mais importante que a outra, pois quando da decisão final quanto ao uso da água, todos esses fatores conjuntamente têm que ser levados em conta.

Assim, a escolha de variedades adaptadas a uma região, bem como espaçamentos de plantio adequados, adubação que satisfaça às condições de alta produtividade, controle fitossanitário, combate à erosão, captação de água, a fonte energética a ser utilizada, aplicação correta da água na irrigação e finalmente a colheita e a comercialização, devem fazer parte de um único sistema de produção e não devem ser consideradas atividades isoladas.

A grande fonte de preocupação é o questionamento de quando e quanto irrigar. Saber o momento certo de iniciar as irrigações e quanto de água se deve aplicar é o objetivo do manejo racional da irrigação. Nos dias atuais tem-se verificado não somente uma elevação dos custos da energia, mas também a escassez do recurso de água. Portanto, o manejo racional da irrigação associado ao recurso da tecnologia de bombeamento fotovoltaico passa necessariamente pela análise dos aspectos técnicos envolvidos no processo.

Neste trabalho foi definido a uva como a cultura a ser irrigada por apresentar: elevada taxa de rentabilidade, adaptação de mercado e geração de empregos, pois apresenta um histórico associado a sistemas de irrigação na região do Submédio São Francisco (Bione et al., 2004-a).

2. ROTEIRO PARA PROJETO DE IRRIGAÇÃO ATENDIDO POR SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO

A elaboração de um projeto completo de irrigação inclui dados de água, solo, clima, disponibilidade de mão-de-obra e energia. Além disto, deve contemplar um programa anual de cultivo, demanda d'água, balanço hídrico, lâminas de água, freqüência e calendário anual de irrigação. Portanto, o primeiro passo a ser realizado é definir e levantar os dados do local onde se pretende implantar a agricultura irrigada. A próxima atividade seria o dimensionamento das grandezas e dos equipamentos utilizados no projeto e sua análise econômica. Segue a seguir um roteiro para elaboração de um projeto de irrigação assistido por um sistema de bombeamento fotovoltaico:

1. Definição da lâmina a ser aplicada na área: esta lâmina varia em função, principalmente, da cultura (cada cultura apresenta uma evapotranspiração e, portanto, um consumo de água) e da região geográfica em que a área se situa (de região para região as condições climáticas, como as chuvas, evaporação e ventos, podem variar significativamente);

2. Seleção do equipamento mais adequado ou das alternativas dos equipamentos para a área: esta seleção leva em consideração a cultura plantada ou a ser plantada, a topografia da área, o tamanho da área e a disponibilidade de água;

3. Cálculo do turno de rega e tempo de funcionamento por posição: para fazer estes cálculos leva-se em conta, principalmente, o consumo diário de água que a cultura necessita, a profundidade do sistema radicular, a resistência que a planta apresenta ao "déficit" de água e as características físicas do solo, principalmente, quanto à sua capacidade de armazenamento de água;

4. Cálculo do volume: esse cálculo refere-se à vazão total do equipamento e baseia-se na área a ser irrigada, na precipitação definida e no número de horas de trabalho diário;

5. Dimensionamento hidráulico: o dimensionamento das tubulações e dos acessórios, tais como: válvulas, hidrantes, cotovelos de derivação e outros, baseia-se na vazão total, na altura manométrica necessária e na velocidade da água no interior dos tubos. Uma vez selecionadas as tubulações e acessórios, procede-se à locação dos mesmos na área;

6. Dimensionamento do conjunto motobomba: o dimensionamento deste conjunto também baseia-se na vazão, na altura manométrica e na potência necessária. Na escolha da bomba, além dos í-

tens anteriormente citados, deve-se atentar para que a bomba escolhida trabalhe no ponto de máximo rendimento ou o mais próximo possível dele e com altura máxima de sucção.

7. Definição do gerador fotovoltaico através do balanço energético entre os sistemas hidráulico e fotovoltaico;

8. Elaboração de planta ou croqui: efetuados os cálculos deve ser elaborada uma planta ou croqui, onde são locados o ponto de captação, a linha mestra, as linhas laterais, os acessórios e o posicionamento dos equipamentos;

9. O roteiro prossegue com a análise econômica do projeto e outros ítens, tais como custos, receitas, fluxo de caixa, comercialização, conforme exigência do caso analisado.

3. METODOLOGIA DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA IRRIGAÇÃO

Primeiramente, se faz necessário um estudo prévio das características do solo, climáticas e da qualidade dos recursos hídricos. Desta forma, a área escolhida fica caracterizada definindo o tipo de cultura a ser empregada.

3.1 DADOS SOBRE A CULTURA

Os dados referentes à cultura, necessários para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, estão resumidos na Tabela 1, estas informações foram obtidas através de pesquisas realizadas junto a empresas especializadas em sistemas de irrigação, como também, a consultores na área de irrigação e no cultivo de uva, todas as fontes de informações localizam-se no município de Petrolina no estado de Pernambuco.

Tabela 1 – Características da cultura

Características	
Cultura	Uva
Espaçamento (m)	4,0 x 2,5
Profundidade efetiva das raízes (m)	0,6
Coeficiente da cultura máximo (Kc)	0,65
Coeficiente de cobertura	50%
Ciclo	Permanente
Eficiência de irrigação (E):	95%
Nº de dias de trabalho no mês(D):	30
Horas de trabalho por dia (h):	8,0
Área a Irrigar (ha):	2,0
Energia:	Solar
Sistema de irrigação:	Gotejamento
Localização:	Vale do rio São Francisco

Fonte: (Bione, 2006)

3.2 ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE EXPLORAÇÃO, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO, ASSOCIADOS AO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Definida uma área de 2 ha localizada no vale do rio São Francisco, o que permite ser explorada o ano inteiro, conforme a Tabela 2. Dependerá todavia do plano de comercialização adotado. Segundo Silva *et al*. (2000), os principais pólos de produção e comercialização de uvas no Brasil são os descritos na Tabela 3. Todos estes pólos escoam sua produção para o mercado local, regional e extra- regional (nacional), sendo que alguns destes, como é o caso da região do Submédio São Francisco também comercializa seu produto no mercado internacional. O nível de ocupação da área irrigada será de 100% o ano inteiro.

Tabela 2 – Plano de exploração da cultura de uva.

CULTURA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Uva	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx

Fonte: (Bione, 2006).

Tabela 3 – Épocas de colheita de uvas nas diferentes regiões do Brasil.

Estado	Região	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
RS	Alto Uruguai		Xxx	xxx	xxx	xxx							
SC	Vale do Rio do Peixe		Xxx	xxx	xxx	xxx							
PR	Central		Xxx	xxx									
PR	Londrina, Marialva		Xxx	xxx	xxx			xxx	xxx	xxx			
SP	Jundiaí, Indaiatuba		Xxx	xxx	xxx								
SP	Porto Velho, São Miguel		Xxx	xxx	xxx	xxx	xxx						
SP	Jales, Tupi										xxx	Xxx	xxx
PE e BA	Submédio São Francisco	xxx	Xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	Xxx	xxx

Fonte: CD - Manejo de uvas sem sementes, autor César Mashima, publicado pelo SEBRAE em 2004.

É observado que a principal vantagem da viticultura do Submédio São Francisco em relação às demais regiões produtoras do país, advém, principalmente, da possibilidade de obtenção de ciclos sucessivos de produção, possibilitando colheitas em qualquer época do ano. Isto permite aproveitar as melhores oportunidades de preços, ocupando as "janelas" de mercados externo e interno.

O mercado externo para uva de mesa brasileira é um mercado de contra–estação voltado para o consumo "**winter fruit**" dos países importadores do hemisfério Norte, onde se destacam dois importantes mercados: a União Européia e os Estados Unidos. Existem durante o ano duas janelas bem claras para a exportação da uva brasileira, uma que vai de abril a junho, quando se comercializa um terço das exportações e outra que inicia em outubro e finaliza em dezembro, quando se embarcam os dois terços restantes.

Mediante o exposto acima, definiu-se um plano de produção e comercialização conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Plano de produção e comercialização.

CULTURA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
UVA												

- Produção - Comercialização

3.3 NECESSIDADE DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO PARA O PERÍODO DE UM MÊS

A Tabela 5 apresenta os valores que determinam a quantidade de água mensal para cultura de uva em uma área de um hectare. Estes valores são calculados a partir dos procedimentos utilizados em Bione (2006) usando as equações apresentadas a seguir:

$$NIL = ET_c - PE \tag{01}$$

$$NIB = \frac{NIL}{\eta_{irrig}} \cdot 100 \tag{02}$$

$$Dm = NIB \cdot 10 \tag{03}$$

onde:

ET_c evapotranspiração da cultura (mm/mês)
NIL necessidade de irrigação líquida (mm/mês)
PE precipitação efetiva (mm/mês)
NIB necessidade de irrigação bruta (mm/mês)
η_{irrig} eficiência do sistema de irrigação adotado (%)
Dm demanda mensal d'água para um hectare (m^3/ha.mês)

O coeficiente da cultura representa um percentual de consumo de água em relação à evapotranspiração de referência, e que varia com o estado fenológico da cultura, adotamos o valor de 0,65 para o projeto conforme Vilela *et al*. (2004), pois corresponde ao estado de crescimento do fruto, fase em que a planta requer o maior volume de água.

Tabela 5 – Demanda de água mensal para cultura da uva em 1 ha.

Mês	ETo (mm/mês)	Kc	ETc (mm/mês)	PE (mm/mês)	NIL (mm/mês)	NIB (mm/mês)	Dm (m^3/ha.mês)
JAN	189,11	0,65	122,92	83,21	39,71	41,80	418,01
FEV	163,65	0,65	106,37	77,13	29,24	30,78	307,84
MAR	169,55	0,65	110,21	129,20	-18,99	-19,99	-199,88
ABR	156,37	0,65	101,64	65,41	36,23	38,14	381,37
MAI	150,16	0,65	97,60	22,13	75,47	79,44	794,42
JUN	151,57	0,65	98,52	11,58	86,94	91,52	915,21
JUL	161,14	0,65	104,74	8,65	96,09	101,15	1011,52
AGO	182,79	0,65	118,81	3,82	115,00	121,05	1210,48
SET	207,92	0,65	135,15	5,26	129,88	136,72	1367,20
OUT	227,86	0,65	148,11	9,74	138,37	145,65	1456,49
NOV	209,77	0,65	136,35	49,33	87,03	91,61	916,06
DEZ	194,86	0,65	126,66	66,72	59,94	63,09	630,91

De acordo com a Tabela 5, o mês de outubro apresenta os maiores índices para os parâmetros de Necessidades de Irrigação Bruta (NIB), tornando-se o mês crítico para a cultura de uva, ou seja, o mês em que a cultura mais precisa de água.

Porém, seguindo o plano de produção e comercialização, no mês de outubro estará ocorrendo a comercialização do cultivo, ou seja, a terra deverá estar em repouso; então o mês que apresenta o maior consumo de água e que se encontra no período de produção é o mês de setembro, fazendo com que o seu valor de NIB máximo seja o utilizado no dimensionamento do sistema de irrigação.

Cabe destacar que, durante esses meses, ocorrem elevados níveis de radiação solar.

3.4 PARÂMETROS PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO DIÁRIA

A Tabela 6, que apresenta os valores calculados dos parâmetros para manejo de irrigação, foi elaborada utilizando os resultados obtidos na Tabela 5 com as seguintes equações:

$$NIL_{diário} = \frac{NIL}{D} \tag{04}$$

$$Ll = NIL \cdot TR \tag{05}$$

$$Lb = \frac{Ll + Lv}{E} \cdot 100 \tag{06}$$

$$Dm_{p/ha} = Lb \cdot C \cdot 10 \tag{07}$$

$$Dm_{Total} = Dm_{p/ha} \cdot A \tag{08}$$

$$T = \frac{k \cdot Lb \cdot D}{n \cdot q} \tag{09}$$

$$\dot{V}_B = Dm_{Total} / T \tag{10}$$

onde:

Ll	lâmina líquida de irrigação (mm)
$NIL_{diário}$	necessidade de irrigação líquida diária (mm/dia)
$Dm_{p/há}$	demanda diária total de água para irrigação por hectare (m^3/dia/ha)
Dm_{Total}	demanda diária total de água para irrigação para área irrigada (m^3/dia)
TR	turno de rega (dia)
Lb	lâmina bruta de irrigação com lavagem dos sais (mm)
Lv	lâmina de lavagem dos sais (mm)
C	coeficiente de cobertura para uva com irrigação por gotejamento, igual a 0,5
A	área irrigada (ha)
T	hora de funcionamento/unidade de rega
N	número de emissores / há
Q	vazão do emissor (l/h)
K	igual a 333, constante para 30 dias de trabalho por mês
$\dot{V}_B$	vazão de bombeamento (m^3/h)
D	número de dias trabalhados
E	eficiência do sistema de irrigação (95 %)

Tabela 6 – Parâmetros para manejo de irrigação - cultura: uva – 2,00 ha.

Mês	$Nil_{diário}$ (mm/dia)	TR (dia)	Ll (mm)	Lb (mm)	$Dm_{p/ha}$ (m^3/dia/ha)	Dm_{Total} (m^3/dia)	T (hora)	$\dot{V}_B$ (m^3/h)
JAN	1,32	1,00	1,32	2,45	12,23	24,46	2,57	9,51
FEV	0,97	1,00	0,97	2,08	10,40	20,79	2,19	9,51
MAR	-0,63	1,00	-0,63	0,39	1,93	3,86	0,41	9,51
ABR	1,21	1,00	1,21	2,32	11,62	23,24	2,44	9,51
MAI	2,52	1,00	2,52	3,70	18,50	37,01	3,89	9,51
JUN	2,90	1,00	2,90	4,10	20,51	41,03	4,31	9,51
JUL	3,20	1,00	3,20	4,42	22,12	44,24	4,65	9,51
AGO	3,83	1,00	3,83	5,09	25,44	50,88	5,35	9,51
SET	4,33	1,00	4,33	5,61	28,05	56,10	5,90	9,51
OUT	4,61	1,00	4,61	5,91	29,54	59,08	6,21	9,51
NOV	2,90	1,00	2,90	4,11	20,53	41,06	4,32	9,51
DEZ	2,00	1,00	2,00	3,16	15,78	31,56	3,32	9,51

Na elaboração da Tabela 6, considerando uma área de 2 ha com um espaçamento 4 m por fileira e 2,5 m por planta, adotou-se um valor padrão para sistemas de irrigação por gotejamento de 5.000 emissores por hectare.

Adotou-se 1 mm de lâmina de lavagem dos sais (Lv), valor padrão adotado para projetos de irrigação, além de definir a vazão dos emissores em 1,2 l/h, o qual assegura o tempo de rega por emissor ser igual ao número médio de horas de operação de um sistema fotovoltaico na região (6 horas), no mês de maior necessidade hídrica para a cultura no período de produção (mês de setembro).

Por outro lado, escolheu-se o turno de rega igual a 1 dia para garantir as vantagens inerentes ao método de irrigação solar localizada, e não perder dias de energia solar disponível.

Para o cálculo da lâmina líquida de irrigação (Ll), considerou-se a equação Ll = Nil x TR, que só é válida quando os valores obtidos são inferiores ou iguais à capacidade de armazenamento dos solos.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO FOTOVOLTAICO COM CONCENTRADOR TIPO V

A seguir são apresentadas as expressões de cálculo de um sistema de bombeamento fotovoltaico com concentrador tipo V.

A potência hidráulica produzida pela bomba pode ser escrita em função da radiação solar coletada (Equação 11), através deste procedimento aproximado, pode-se obter informações sobre a ordem de grandeza das dimensões dos equipamentos.

$$P_h = A_G \cdot I_{col} \cdot \eta_{FV} \cdot \eta_{mb} = \rho \cdot g \cdot H_m \cdot \dot{V}_b \tag{11}$$

onde:

P_h potência hidráulica produzida (W)
A_G área do módulo fotovoltaico(m^2)
I_{col} radiação solar horária coletada (W/m^2)
η_{FV} eficiência média do gerador fotovoltaico (12 %)

η_{mb} eficiência média do conjunto motobomba (25 %)
ρ densidade da água (1000 kg/m^3)
G aceleração da gravidade (9,8 m/s^2)
Hm altura total manométrica (m)
$\dot{V}_B$ vazão de água bombeada (m^3/s)

Por outro lado, a potência do gerador fotovoltaico pode ser calculada da seguinte forma:

$$P_{FV} = A_G \cdot I_{col} \cdot \eta_{FV} \tag{12}$$

Considerando a potência nominal do gerador fotovoltaico ($P_{FV,nom}$) correspondente a uma radiação solar (I_{col}) igual a 1600 W/m^2, radiação incidente no absorvedor considerando-se a radiação incidente no plano de abertura igual a 1000 W/ m^2, para um sistema com concentrador tipo V (Bione *et al*., 2004-b), pode-se dizer que:

$$A_G \cdot \eta_{FV} = \frac{P_{FV,nom}}{1600} \tag{13}$$

Substituindo a Equação 13 na Equação 11 e integrando a equação resultante ao longo de todo o dia, tem-se a Equação 14, que relaciona a energia solar coletada H_{col} (Joule/m^2) com a energia hidráulica:

$$\frac{H_{col} \cdot P_{FV,nom} \cdot \eta_{mb}}{1600} = \rho \cdot g \cdot H_m \cdot V_B \tag{14}$$

onde V_B é o volume de água bombeado ou a demanda hídrica da cultura a ser irrigada. Através do método de Collares-Pereira, foi determinado o valor da radiação solar coletada (H_{col}) no plano do absorvedor para o caso de concentradores tipo V, utilizando o valor médio mensal de 9,297 kWh/m^2 nos cálculos efetuados.

Considerou-se também, o nível critico do sistema de bombeamento, que deve ser aplicado na Equação 14, reduzindo o valor da radiação coletada (H_{col}). Baseado em resultados experimentais obtidos para o sistema configurado, então foi adotado o valor de 100 W/m^2 para o nível crítico.

Após a determinação do sistema de geração fotovoltaico, deve-se dividir pelo fator de 1,6 que representa o beneficio proporcionado pelo uso do concentrador tipo V, determinado em Bione *et al*. (2004-b).

A Tabela 7 apresenta o resumo do dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico.

Tabela 7 – Parâmetros do sistema de geração fotovoltaico.

Hcol (kWh/m2)	Hcol (MJ/m2)	Energia Hidráulica (MJ)	$P_{FV,nom}$ (kW)	$P_{FV,nom}$ com concentrador tipo V (kW)	Nº de módulos (Potência do módulo - 53 Wp)
9,297	33,469	24,740	5,046	3,154	59,507

4. COMENTÁRIOS FINAIS

A análise realizada mostra que as microculturas, como a fruticultura, da ordem de 2 ha podem ser irrigadas com sistemas de bombeamento fotovoltaico com concentrador tipo V, o que proporcionou uma redução de 37,5% da potência do sistema gerador fotovoltaico quando comparado com um sistema fixo.

Neste trabalho foi usada uma metodologia de cálculo aproximado para definição do arranjo fotovoltaico. Contudo, procedimentos mais rigorosos foram levados em conta nas variações mensais de parâmetros significativos (insolação, precipitação, evapotranspiração), apresentando-se como vantagens importantes no ponto de vista de otimização do conjunto de painéis fotovoltaicos e motobomba.

A simplicidade da instalação, a disponibilidade de energia in situ em regiões de alta insolação, como o semi-árido do Nordeste do Brasil, e a boa adequação entre escassas preciptações e elevada demanda de energia e vice-versa, indicam o excelente potencial do sistema analisado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. In: XII Congresso Ibérico, e VII Iberoamericano de Energia Solar, Vigo-Espanha, v. 2, p. 971-976, 2004 (a).

Bione, J.; Vilela, O. C.; Fraindenraich, N. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. Solar Energy, v. 76, p. 703-711, 2004 (b).

Bione, J. Análise de viabilidade técnico-econômica de um sistema de irrigação para culturas na região semi-árida do nordeste, utilizando bombeamento de água acionado por geradores fotovoltaicos com concentradores tipo V. Recife: UFPE, Tese de Doutorado, 160p, 2006.

Silva Paz, V. P.; Franco R.; Campos F. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Revista Brasileira de Engº. Agrícola e Ambiental , v. 4, n. 3. 2000.

Vilela, O.C.; Bione, J.; Fraidenraich, N. Simulation of grape culture irrigation with photovoltaic V-trough pumping systems. Renewable Energy, n. 29, p. 1697-1705, 2004.

Abstract. *This paper presents the dimensioning of a photovoltaic pumping system with concentrator type V (SBFV) for irrigation of a culture in the semi-arid area of the Northeast of Brazil. The elaboration, an analysis of the overhead irrigation was accomplished by drops of water, where data of water, soil, climate, labor availability and energy were verified. The grape culture was chosen for being a product adapted to the area that has as reference the Pole of Petrolina. The vine is a perennial culture, with a deep radicular system, that is able be adjusted, to certain point, to a limited supply of water. For determining the hydric need of the culture, we adopted the model proposed by FAO, that uses the equation of Penman-Monteith to define the evapotranspiração. We also considered, a sheet of water for washing the soil, to avoid or to harmonize its salinization. With the purpose of attending the hydric demand of the plant the following factors were considered: pumped volume, pluviometric precipitation, storage of water in the soil and area to be irrigated, interrelated by the equation of mass conservation. The pumped volume is estimated by utilizability method, starting from the characteristic curve of the pump and the mean solar radiation collected monthly. Finally the equipament used in the irrigation project is dimensioned with (SBFV) and an economic analysis is carried out. The study of the system of micro irrigation shows that it is possible to use the photovoltaic pumping technology to operate in a technical and economically viable way.*

Key word*: Photovoltaic Pumping, Irrigation System, Agriculture.*