

A UTILIZAÇÃO DE USINA HIDROELÉTRICA REVERSÍVEL PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

Neiva Santos, F.L.P.

Eng. Eletricista da Companhia de Eletricidade do Ceará
Professor Colaborador da Universidade Federal do Ceará

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta algumas considerações preliminares de viabilidade econômica da utilização de Usinas Hidroelétricas Reversíveis (UHR) ao invés do bombeamento convencional em projetos de irrigação. Não é de forma alguma um estudo detalhado mas pode ser considerado como uma sugestão para que a alternativa seja analisada. Trata-se de um trabalho por nós desenvolvido em janeiro de 80 na Companhia de Eletricidade do Ceará por solicitação de sua Diretoria de Engenharia e Expansão objetivando adequar as características das UHR ao problema de bombeamento d'água cujos custos tem inviabilizado diversas tentativas de aproveitamento de terras para irrigação.

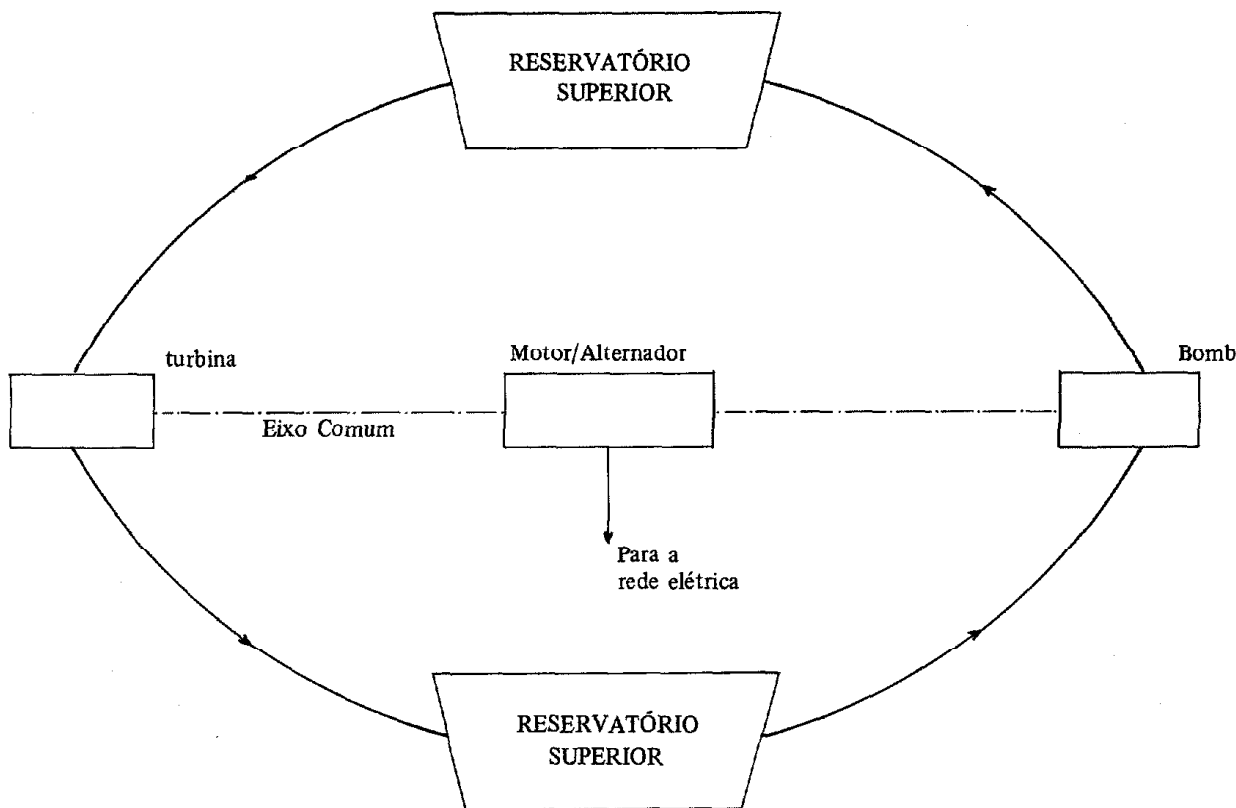
Em 1976, por ocasião do VI CPEDI (Curso de Planejamento e Execução de Programas Regionais de Desenvolvimento Rural Integrado) promovido pelo Banco do Nordeste, foi elaborado o Projeto de Desenvolvi-

Ceará, onde era considerado o aproveitamento da Chapada do Apodi para fins de irrigação. Foram considerados elevados o investimento necessário para a estação de bombeamento convencional e o custo do m^3 de água a nível de irrigante. Necessitava-se bombear água a uma cota de 120 metros acima da cota do rio Quixerê, 5 km à montante da cidade do mesmo nome.

Neste trabalho procuramos manter os parâmetros estabelecidos no projeto do BNB tais como dimensões dos lotes, tipos de culturas, necessidade mensal de água por hectare, período e forma de irrigação entre outros. Admitimos que do volume de água bombeado diariamente pela UHR será retirado o equivalente a garantir uma vazão de $1 m^3/seg.$ exclusivamente para aquele fim. Consideramos que a demanda d'água necessária corresponde ao pior caso que é o mês de outubro. Na verdade durante o período de chuvas a UHR poderá bombear um volume menor o que nos levaria a uma redução de custos.

1 - USINA HIDROELÉTRICA REVERSÍVEL (UHR)

A utilização da UHR em sistemas elétricos tem sido objeto de freqüentes e prolongadas polémicas. Sua utilização requer um sistema de base para fornecimento de energia uma vez que a UHR ora funciona como gerador ora funciona como carga. Um esquema simplificado é mostrado a seguir:



As UHR podem ser de ciclo diário, semanal ou sazonal. Nas de ciclo diário a energia acumulada em cada dia é totalmente utilizada no período de ponta imediato. Na de ciclo semanal o bombeamento e conseqüente armazenamento de energia seria feito nos dias de domingo de modo a constituir uma reserva adicional de

energia para compensar o maior consumo dos dias úteis. A que nos referimos neste trabalho é de ciclo diário e durante o período de carga leve deverá bombear água para o reservatório superior e no período de ponta do sistema (16 às 19h) funcionará como gerador, fornecendo assim a energia de ponta complementar.

Enumeramos abaixo algumas das vantagens atribuídas à UHR:

- 1) melhora o fator de carga
- 2) Aumenta a capacidade de atendimento
- 3) Apresenta baixo custo operacional
- 4) Responde rapidamente às solicitações de carga
- 5) Descentraliza a potência instalada
- 6) Possibilita economia em linhas de transmissão e subestações
- 7) Custo do kw instalado menor do que o das hidrelétricas convencionais.

Como desvantagem fundamental apresenta um balanço energético negativo com rendimentos em torno de 70%. Num raciocínio simplista a UHR é um absurdo tecnológico pois seu balanço energético é negativo ou seja gasta-se 10 kw/h para se obter apenas 6 ou 7 kw/h. Este raciocínio no entanto é incompleto pois não considera a capacidade de atendimento do sistema nem tampouco os diferentes valores para a energia de ponta e para a energia secundária. Na diferença destes valores é que reside a viabilização da UHR. Bombear nos períodos de carga leve, utilizando energia barata e gerar energia nos períodos de ponta, a valores mais elevados compensa o balanço energético num saldo econômico positivo.

Apesar de a mesma máquina elétrica funcionar como gerador e como motor, as potências de bombeamento e de geração não necessariamente são iguais. Estas potências dependerão dos volumes dos reservatórios, do ciclo de funcionamento da Usina e da forma de curva de carga do sistema associado. No caso em questão a ordem de grandeza destas potências é pequena comparada com a do sistema da COELCE razão pela qual não haverá restrição para que possam ser iguais.

2 - DADOS E DEFINIÇÕES

O início e o final da irrigação são determinados segundo o hábito do agricultor e o período disponível de luz solar. Admitiremos que a irrigação começará às 6 horas e se prolongará até as 22 horas num total de 16 horas diárias. Isto é admissível pois antes das 18 horas o agricultor procederá à mudança de posição dos aspersores e iniciará a última etapa que terminará as 22 horas com o fechamento da irrigação.

Consideramos ainda que a UHR produzirá energia durante 3 horas de pico, e que o bombeamento se fará por um período de 8 horas. Admitiremos que a potência para bombeamento seja igual a potência na geração. Podemos então proceder as seguintes definições:

- T_i = período de irrigação = 16 h
- T_g = período de geração = 3h
- T_b = período de bombeamento = 6h
- Q_i = vazão de irrigação = $1m^3/seg$
- Q_g = vazão de geração
- Q_b = vazão de bombeamento
- P_g = potência gerada
- P_b = potência de bombeamento
- E_b = energia gasta no bombeamento
- E_g = energia gerada
- V_i = volume d'água diário para irrigação
- V_g = volume d'água diário para geração
- V_b = volume d'água diário bombeada

3 - VAZÃO DO BOMBEAMENTO E DE GERAÇÃO

A potência em KW necessária para bombear água a uma altura H e numa vazão Q_b é dada por:

$$(I) P_b = 12Q_b H$$

onde Q_b é dada em m^3/seg e H em metros

A potência disponível em KW será dada por:

$$P_g = \frac{1000Q \cdot H}{75 \times 1,34} n \text{ KW}$$

onde n é o rendimento global do conjunto.

Admitindo um valor típico de 0,6 para n:

$$(II) P_g = 6 \cdot Q_g H$$

Teríamos ainda que:

$$V_i = 16h \times 1m^3/seg = 57.600m^3$$

$$Q_g = \frac{V_g}{3h}$$

$$Q_b = \frac{V_g + V_i}{8h}$$

Impondo que $P_g = P_b$:

$$12Q_b H = 6 Q_g H$$

$$Q_g = 2Q_b$$

Substituindo Q_g e Q_b teremos

$$\frac{V_g}{3h} = \frac{2V_g + V_i}{8h}$$

Donde

$$V_g = 3V_i$$

$$V_g = 172.800m^3$$

Então

$$Q_b = \frac{4V_i}{8h}$$

$$Q_b = 8m^3/seg$$

Donde

$$Q_g = 16m^3/seg$$

O volume bombeado diariamente será de $230.400m^3$

A potência de bombeamento será igual a de geração e dada em KW por:

$$P_g = P_b = 12Q_b H$$

$$P_g = P_b = 12 \times 8 \times 120 \text{ KW}$$

$$P_g = P_b = 11.520 \text{ KW}$$

4 - HARMONIZAÇÃO, BOMBEAMENTO, GERAÇÃO E IRRIGAÇÃO

A harmonização entre o bombeamento a geração e a irrigação é mostrada no gráfico a seguir. A partir deste gráfico podemos determinar qual deve ser a capacidade do reservatório superior:

$$V_r = 230.400m^3 - 1m^3/seg \times 2h$$

$$V_r = 228.200m^3$$

Podemos concluir ainda que se aumentarmos o período de bombeamento podemos reduzir a vazão e diminuir a capacidade do reservatório.

5 - DETERMINAÇÃO DO CUSTO ANUAL

As tarifas consideradas são as pagas pela COELCE à CHESF em janeiro de 1980

demanda: Cr\$ 237,31/KW

consumo: Cr\$ 178,28/MWh

Energia gasta diariamente no bombeamento:

$$E_b = P_b \cdot T_b$$

$$E_b = 11.520 \text{KW} \times 8 \text{h}$$

$$E_b = 92.160 \text{KWh}$$

Energia gerada diariamente

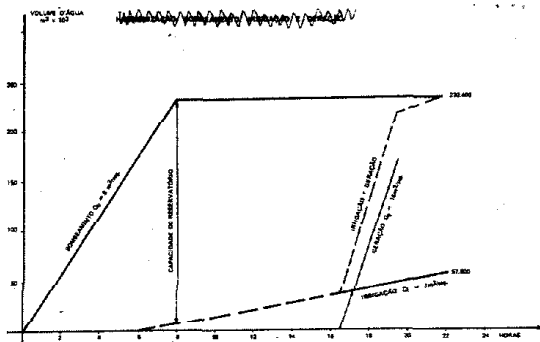
$$E_g = P_g \cdot T_g$$

$$E_g = 11.520 \text{KW} \times 3 \text{h}$$

$$E_g = 34.560 \text{KWh}$$

HARMONIZAÇÃO:

BOMBEAMENTO, IRRIGAÇÃO E GERAÇÃO



Custo anual de bombeamento

$$C_b = E_b \times \text{Cr\$ } 178,28/\text{MWh} \times 365$$

$$C_b = 92,16 \times \text{Cr\$ } 178,28 \times 365$$

$$C_b = \text{Cr\$ } 5.997.054,00$$

Receita com a energia gerada anualmente

$$R_g = E_g \times \text{Cr\$ } 178,28/\text{MWh} \times 365$$

$$R_g = 34,55 \times 365 \times \text{Cr\$ } 178,28$$

$$R_g = \text{Cr\$ } 2.248.895,00$$

Parcela economizada pela COELCE com a redução da demanda:

$$R_d = 11.520 \text{KW} \times \text{Cr\$ } 237,31/\text{KW} \times 12$$

$$R_d = \text{Cr\$ } 32.805.734,00$$

Saldo anual:

$$S = R_d + R_g - C_b$$

$$S = \text{Cr\$ } 29.057.575,00$$

6 - ÁREA IRRIGADA

No projeto do BNB foi estimada uma vazão contínua durante as 16 horas de 1,03 l/seg/ha baseada na demanda do mês de Pico e tendo em vista a necessidade das plantas a serem cultivadas. No mesmo projeto foi estabelecido lote de 5ha para cada família dos quais 2,5ha são irrigados e 2,5 são de sequeiros.

Fixando os dados acima mencionados acharemos a área total possível de ser irrigada e o número de famílias beneficiadas. Sendo de 1m³/seg a vazão para irrigação a área total a ser irrigada será de aproximadamente.

$$A = \frac{1 \text{m}^3/\text{seg}}{1,03 \text{l/seg}}$$

$$A = 971 \text{ ha}$$

Como foi estipulado lote, de 5ha dos quais apenas 2,5ha são irrigados então a área total abrangida será de 1942ha e será possível serem beneficiadas 388 famílias.

No quadro I apresentamos a demanda de água, e as diferentes culturas com os respectivos totais de hectares plantados. As necessidades de água estão de acordo com o projeto original do BNB. Por este quadro podemos ver que a demanda máxima corresponde ao mês de outubro com 172900m³ ou 57600m³/dia que foi o valor admitido nos nossos cálculos.

7 - CONCLUSÕES

Os resultados numéricos aqui conseguidos não devem ser encarados como definitivos. Devem ser vistos como indicativos da viabilidade ou não da alternativa considerada. Num projeto definitivo muitas outras variáveis deverão ser consideradas. Os valores das variáveis, admitidas ou encontradas, neste estudo estão evidentemente sujeitas a modificações num estudo definitivo.



Utilizando uma UHR de aproximadamente 12MW podemos irrigar uma área de 1980ha e beneficiar 388 famílias segundo os padrões estabelecidos no projeto do BNB para irrigação da Chapada do Apodi, e considerado inviável devido aos custos de bombeamento. Bombeando água nos períodos de carga leve (0 a 8 horas) e gerando energia no horário de pico (16,30 às 19,30h) teremos um déficit energético de 57.600KWh/dia e um saldo econômico positivo de aproximadamente 29 milhões de cruzeiros por ano, além de toda a água necessária para a irrigação.

Não nos esqueçamos no entanto dos benefícios sociais num projeto desta natureza nem tampouco as restrições do Estado do Ceará onde a escassez de água tem sido um dos fatores que mais angustiam o agricultor. As terras da Chapada do Apodi são consideradas de grande fertilidade mas a região não dispõe de água, daí a procura de meios para viabilizar o seu aproveitamento.

Consideramos os resultados obtidos como indicativos de que a alternativa considerada merece um estudo mais profundo e detalhado, justificando ainda a atenção por parte dos órgãos governamentais.

DEMANDA D'ÁGUA PARA ÁREA PRIORITÁRIA

QUADRO I												
DEMANDA D'ÁGUA PARA ÁREA PRIORITÁRIA												
M E S E S												OBSERVAÇÕES
JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
FORRAJEIRAS: 21ha												
CANA-DE-AÇÚCAR: 284ha												
ALGODÃO: 348ha												
FEIJÃO: 106												
MILHO: 353ha												
AMENDOIM: 123ha												
HORTAL: 29ha												
HORTAL: 7ha												
305	759	788	788	653	653	660	788	781	781	781	305	Total de hectares cultivados por mês
305	759	788	682	653	305	313	788	781	781	305	305	Total de hectares sob irrigação/mês
74	48	26	14	9	61	93	129	146	155	145	139	Necessidade d'água das plantas em mm/mês (média)
125	109	117	108	47	114	124	130	146	155	145	146	Máximo absoluto de água/mês em mm.
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	116	139	155	145	120	Mínimo absoluto de água/mês em mm.
1.057	305	371	200	128	871	1.357	1.842	2.085	2.214	2.071	1.985	(m ³ /ha) calculado com 70% ou Eficiência de irrigação (1)
322,4	520	292,3	136,4	83,6	265,7	423,4	1.628,4	1.729	1.729	631,7	605,4	x 10 ³ m ³ . Necessidade d'água por mês na área de sob irrigação

 SUSPENSÃO DA IRRIGAÇÃO
 PERÍODO DA IRRIGAÇÃO

(1) Necessidade média d'água das plantas em m³/ha/mês

BIBLIOGRAFIA

- Usina Hidrelétrica Reversível – Melhor Solução para a Ponta de Carga**
Eng. Ruy Ciarlini – Sudene – 1974
- Disponibilidades Hídricas do Vale do Rio Jaguaribe no Estado do Ceará**
Eng. Manoel Cássio de Aguiar Borges – DNOCS – 1978
- Projeto de Desenvolvimento Rural Integrado da Região do Baixo Jaguaribe – Ceará**
Documento elaborado pelos participantes do VI Curso de Planejamento e Execução de Programas Regionais de Desenvolvimento Rural Integrado (CPEDI) – Banco do Nordeste – 1976
- A Perenização dos Rios Jaguaribe, Piranhas e Paraíba do Norte – Estudo preliminar de pré-viabilidade**
Theophilo Benedicto Ottoni Netto – Trabalho apresentado no IV Congresso e I Amostra Nacional de Irrigação e Drenagem – Rio de Janeiro – 1978.

**NÓS
FIZEMOS
ESTA REVISTA**

E Mais; Este ano, temos tido muito trabalho, imprimindo livros, jornais, cartazes, rótulos, blocos, formulários, agendas, convite e tantos outros impressos que é bem provável que já hoje você haja tocado um de nossos TRABALHOS

**Quem Sabe
Faremos a Sua.**

PUBLICIDADE É

tecnologia revista

EG Compore e Impresso:
EDITORAL GRÁFICA LOURENÇO FILHO LTDA.
Rua Senador Pompeu, 2003 – Fone: 226.4515
Fortaleza Ceará