Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Aproveitamento da Energia Térmica nas Costas do Brasil

José Alvarez

Pesquisas em Geociências, 11 (1): 9-32, Set./Dez., 1978.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21766>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Set./Dez., 1978.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

APROVEITAMENTO DA ENERGIA TÉRMICA NAS COSTAS DO BRASIL*

José A. Alvarez**

SINOPSE

A diferença das temperaturas do mar na vertical, fornece uma fonte potencial de energia térmica que pode ser convertida à outras formas de energia e/ou produtos. Essa diferença é mais acentuada nas áreas tropicais e portanto, representa uma possibilidade de energia aproveitável para o Brasil.

As diversas áreas costeiras diferem em termos de conveniência para essa exploração. As regiões perto de "canyons" são especialmente aptas, pois nelas as águas mais frias são mais facilmente alcançáveis. Ao longo da costa do Brasil essas feições existem e são analisadas neste artigo. Como os mais favoráveis comparam-se os perfis próximos a Natal, São Francisco do Norte, Itariri, Salvador e Ponta Mutá. As zonas de Ponta Mutá e Salvador oferecem maior energia por Km de tubulação. Perto de São Francisco do Norte e Sergipe a energia obtida é máxima.

Com o fim de localizar adequadamente a área mais favorável, são necessários outros estudos. Previamente é aconselhável especificar condições que fariam exequível o planejamento relacionado.

Os problemas ecológicos e legais tem que ser considerados segundo a magnitude de desenvolvimentos que se tentasse fazer nesta área de exploração de energia.

ABSTRACT

The difference in the vertical of the temperatures of the sea, provides a potential source of thermal energy that can be converted to other forms of energy and/or products. That vertical difference of temperature is well marked in tropical areas and, therefore, represents a possibility of energy profitable for Brazil.

Coastal areas differ in convenience for that exploitation. Specially apt seem to be regions near "canyons", where colder waters are easierly reached. Along the Brazilian coast such features exist and in this article they are analyzed. As most favourable ones the profiles near Natal, São Francisco do Norte, Itariri, Salvador and Ponta Mutá are compared. The zones of Ponta Mutá and Salvador offer greater energy by Km of pipeline. Near São Francisco do Norte and Sergipe the absolute energy obtained is maximum.

In order to locate properly the most favourable area, further studies are needed. Previously it is advisable to specify conditions that would make related planning feasible.

Ecological and legal problems have to be considered according the magnitude of developments that could be intended in this area of energy exploitation.

INTRODUÇÃO

Entidades de pesquisa brasileiras, como o Instituto de Pesquisas da Marinha-IPQM e Diretoria de Hidrografia e Navegação-DHN, tem realizado estudos e oferecido subsídios e comentários, relativos ao aproveitamento do potencial energético dos oceanos.

*Trabalho realizado com recursos do CNPq e FINEP.

**Pesquisador-Docente Visitante do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica — U.F.R.G.S., Professor Titular do Instituto Tecnológico Buenos Aires.
Trabalho recebido para publicação em 30/05/78

Recente missão de geologia marinha (Geomar IX), ocupou-se em detalhar a morfologia de fundo e efetuar medidas sobre a diferença vertical de temperatura das águas, na margem continental brasileira na altura de Salvador (Bahia).

I. Situação:

O IPqM efetuou descrições sobre o aproveitamento do potencial dos oceanos. Posteriormente, o mesmo Instituto apresentou à DHN, comentários referentes as possibilidades que oferecem em princípio, os “canyons” em diferentes zonas da costa brasileira.

De todos os aproveitamentos possíveis de energia do mar, trata-se nestas considerações da utilização dos gradientes térmicos. Neste campo concentraremos nossa discussão.

Nos resumos históricos das diferentes publicações constam que a idéia inicial de explorar a diferença de energia térmica gerada em 1881 por D’Ansonval, foi testada pelo projeto francês d’Abidjan, que embora tenha constituído um fracasso financeiro, provou as possibilidades técnicas do projeto.

Podemos diferenciar o aproveitamento das diferenças térmicas do oceano em:

- a) Com o fim primário de geração de energia.
- b) Como meio de obter outros produtos.

Com relação a (a) a limitação que tem o explorador da fonte é a proximidade dos lugares de distribuição de energia.

Devido a que as regiões onde existem as maiores diferenças de temperatura são as equatoriais, é natural que os países mais desenvolvidos tenham colocado ênfase no modo (b) de aproveitamento. As vantagens de uma ou outra alternativa devem ser estudadas com a melhor informação ora disponível e a luz dos diferentes custos correspondentes.

Concentramos desta forma nossa atenção na alternativa (a).

Do ponto de vista físico, o rendimento de um ciclo de Carnot depende da diferença de temperatura entre as fontes, sendo R (rendimento) $\leq \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ onde

T_1 = temperatura absoluta da fonte quente

T_2 = temperatura absoluta da fonte fria

Desta fórmula, observa-se que os rendimentos máximos são usualmente baixos, por isso deve estudar-se cuidadosamente as diversas fases dos tais projetos e os aproveitamentos secundários.

A técnica necessária para os sistemas de aproveitamento é acessível e relativamente simples, portanto os problemas mais significativos são:

- 1) Definição do objetivo primário perseguido
- 2) Características de exploração necessárias em coerência com 1).
- 3) Reconhecimento dos locais fisicamente convenientes.
- 4) Estabelecimento das necessidades de estudo e ou pesquisa complementar para melhor seleção dos possíveis locais de coleta de energia térmica.
- 5) Definição dos limites determinantes por facilidade financeira ou técnica (basicamente: qual é a máxima distância usina-fonte de gradiente térmico admissível?).
- 6) Consideração das consequências ecológicas e estabelecer os limites aceitáveis.
- 7) Estudar os aspectos legais que podem surgir a respeito deste aproveitamento de fonte de energia.

II. Discussão

1 – Definição de objetivo primário

Para maior realismo e carecendo de estudos prévios mínimos que indiquem as possibilidades nacionais para empreendimentos, ainda que igualmente importantes, mas secundários que o fornecimento de energia, admite-se que o interesse seja dirigido à produção de energia elétrica. Neste caso, devido aos custos de manutenção de plataformas flutuantes e dos sistemas correspondentes de

condução de energia à terra, com os consequentes entorpecimentos de navegação, etc., estabeleça-se “a priori” que a exploração deve ser feita desde a costa.

Os aproveitamentos secundários poderiam por simplicidade, assemelhar-se aos projetados para Cabo Frio.

2 – Características de exploração necessárias em coerência com o 1.º

As principais podem listar-se como:

- a) Diferença mínima admissível de gradiente térmico
- b) Persistência da fonte térmica diferencial
- c) Distância máxima fonte - costa
- d) Natureza da pareia de exploração em relação com o estabelecimento das estruturas necessárias para exploração.
- e) Características de nutrientes das águas que seriam bombeadas à superfície.
- f) Características locais para estabelecimento das infra-estruturas dos aproveitamentos secundários.

Discutindo mais especificamente os elementos acima citados teríamos:

a) Diferença mínima admissível de gradiente térmico

Podemos definir um gradiente **natural** mínimo, sabendo que se fosse relativamente aceitável, ficaria ainda a estudar a possibilidade de levantar o rendimento, por aquecimento da fonte quente.

Para as zonas de interesse, a temperatura de superfície é aproximadamente 25°C, os rendimentos seriam os seguintes para profundidade a seguir enumeradas:

fonte fria de:	Rendimento
300 m (13°C)	4%
500 m (7°C)	6%
700 m (5°C)	6,7%
1.000 m (3°C)	7,4%

Segundo Claude, para diferenças de 20°C entre ambas as fontes, pode-se obter teoricamente uma potência de 55.000 kgm/s/ por ton/s trazida do fundo (supõe-se que de uns 600m) (SALLE & CAPESTAN). Wolf por outro lado, estima que uma eficiência de 15% é o conveniente para aproveitamento desta fonte. Admitindo um critério mais generoso ($R \approx 6\%$), vemos que as áreas convenientes seriam preliminarmente aquelas onde fosse exequível chegar no mínimo até 500m.

Para elevar o rendimento, se é factível um aquecimento da fonte quente até os 80°C, neste caso teríamos 24,5%. As conveniências e possibilidades dependerão então da infra-estrutura de instalação.

Em todo caso retendo o baixo rendimento de 6%, poderá julgar-se a factibilidade baseado na distância fonte-costa.

Do ponto de vista do mínimo gradiente térmico natural toda a zona costeira norte, nordeste e leste são aceitáveis.

Outro conceito de interesse é que os projetos não levam em consideração o aquecimento da fonte quente e que o bombeio deve fazer-se como mínimo dos 500 m ou preferentemente 1000 m. Admitindo que esta última profundidade seja tecnicamente aceitável, a zona mais vantajosa seria as proximidades da estação 2706 (Números das estações pertencem aos do Atlas Oceanográfico – DHN).

Se bem que os elementos de juízo sejam deficientes (só Atlas Oceanográfico Costa Norte – julho-agosto 1973 e Costa Leste – primavera 1971) a comparação de regiões aparentemente favoráveis dão os seguintes dados:

Zona Norte (ao redor 3°N)		(prox. estação 3080)
	Δt	Rendimento
s – 300 m	16,3°C	5,3%
s – 500 m	19,8°C	6,5%
s – 1000 m	22,8°C	9,5%

Zona Leste		(prox. estação 2744)
	Δt	Rendimento
s – 300 m	13,9°C	4,6%
s – 500 m	20,2°C	6,9%
s – 1000 m	22,9°C	9,4%

		(prox. estação 2706)
	Δt	Rendimento
s – 300 m	12,5°C	4,3%
s – 500 m	18,5°C	6,3%
s – 1000 m	22,2°C	9,9%

b) Persistência da fonte térmica diferencial

As zonas potencialmente úteis (costa Norte, Nordeste e Leste Brasil) estão afetadas na camada de interesse, pelas massas d'água costeira, tropical superficial, central do Atlântico Sul e Antártica Intermediária. A água costeira seria a fonte quente (ou a água tropical superficial), a fonte fria seria a água central do Atlântico Sul ou a Antártica Intermediária, dependendo da profundidade de tomada da aspiração e localização desse ponto. Aquelas massas tem características diferentes em salinidade e temperatura que vão de: temperatura (t) maior de 18°C e salinidade (S) menor que 35,9‰ para águas costeiras, de (t) maior que 18°C e S maior que 35,9‰ para águas tropicais superficiais; de t entre 18° e 8°C e S 35,9‰ a 34,6‰ para a água Central do Atlântico Sul; de t entre 4,6° a 8°C e S menor que 34,65‰ para água Antártica Intermediária. A estabilidade da temperatura das águas costeiras e tropical superficial depende fortemente dos processos termodinâmicos na superfície do mar, enquanto que as características das massas de Água Central e a Antártica são muito mais persistentes e independentes daquelas.

Entretanto a diferença térmica, ou seja, o gradiente de temperatura estará afetado pelos processos térmicos e dinâmicos na superfície (ou genericamente falando dos processos de interação mar-atmosfera) além dos processos dinâmicos das águas mais profundas até os níveis de interesse (aprox. 1.000 m).

Sendo maior a estabilidade nas camadas subsuperficiais devemos ter uma idéia da possível persistência (ou variabilidade) do gradiente por estudo das condições na superfície e das características cinemáticas das camadas de água entre a superfície e os 500 a 1000 m.

Não tendo informações suficientes em espaço e tempo, devemos depender de todos os dados que indiretamente sirvam a este propósito.

Rêcorremos as descrições meteorológicas e oceanográficas gerais, disponíveis nesta instituição. (CARVALHO & DHN 1976).

Desta forma a meteorologia das zonas Norte, Nordeste e Leste pode ser sintetizada da seguinte forma:

As regiões em consideração estão sob ação dos alísios de NE e SE assim bem como das brisas litorâneas. Os limites dos alísios podem ser – geralmente falando – considerados como variáveis de acordo com a declinação do sol.

Para a costa brasileira os alísios alcançam na parte equatorial a latitude entre 0,5°N a 4,5°N, mudando nos diferentes meses, de maio a novembro para o norte e de dezembro a maio para o sul. Os limites polares dos alísios vão dos 16,5°S no período outubro-dezembro a 19,5°S para janeiro-março e 25,5°S de abril a junho e 20,5°S de julho a setembro.

O Cabo São Roque constitui o limite geográfico de uma zona equatorial ao Norte e outra tropical ao Sul. Na zona equatorial, de novembro a maio o alísio NE forte e fresco predomina, enquanto de junho a novembro o alísio do SE, os ventos variáveis e as calmarias são os dominantes. O máximo de chuvas coincide com os alísios do NE.

Desde Cabo São Roque à Bahia, os ventos com direção predominante do Leste mudam até mais ao Norte ou Sul segundo a declinação do sol, Sul ou Norte respectivamente.

O regime geral do NE no verão muda então ao SE no inverno. O primeiro (NE) é uma brisa fresca e regular, com céus claros. Em fevereiro começa a monção do ESE que é menos forte e regular que aquela da anterior, a nebulosidade é muito maior.

A pluviosidade é moderada até Aracaju e abundante na região da Bahia.

Ao Sul da Bahia os alísios do Leste são predominantes mas começam a sentir-se as monções de NE e SW. O do NE tem início em setembro com um máximo em dezembro e janeiro, os ventos são frescos e fortes, os céus claros.

Na zona imediatamente próxima da costa sentem-se os regimes da brisa litorânea quando os macrossistemas de vento não são dominantes.

Do Cabo São Roque à Bahia, as brisas litorâneas sopram sob uma largura relativamente pequena do mar de uma milha a algo mais. Nas latitudes mais baixas as brisas costeiras são mais fortes no verão do que no inverno.

O vento terral sopra da meia-noite até 8 horas, e das 10 às 11 horas começa a brisa marinha que dura até à noite com um máximo até às 16 horas.

Nas épocas dos alísios do NE as brisas terrestres são mais fortes que no tempo dos alísios do SE.

Para a região de Cabo São Roque à Bahia a brisa terrestre tem uma duração mais limitada, começando da saída do sol até às 8 horas aproximadamente, entretanto a brisa marinha que começa às 9 ou 10 horas tem seu máximo entre 2 e 5 horas, morrendo na queda do sol.

Ao sul da Bahia o sistema de brisa litorânea sente-se com bom tempo.

A oceanografia destas mesmas áreas pode ser assim apresentada, (RGH), (Tabela 1).

Zona Norte

(próximo estação 3080 e 3091)

Topo do termoclina aproximadamente 150 m

Base de termoclina aproximadamente 180 a 220 m

As estabilidades maiores são na camada de 150/300 m (estação 3080) e 80/120 m à 350/500 m (estação 3091).

As camadas de Água Tropical Superficial, Água Central e Água Antártica são relativamente de menor espessura e ficam mais altas que ao sul. A Água Costeira acha-se afastada da costa ao leste da zona de Água Tropical Superficial. Esta característica corrobora com a suspeita que se tem da existência de um fluxo instável e de macro e micro torvelinhos nessa zona, segundo depreende-se da observação da carta de circulação superficial da zona.

Esta situação unida as alturas de camada, não assegurariam temperaturas muito estáveis nos níveis de aspiração mais altos. São de suspeitar movimentos verticais, mas de caráter variável.

Zona Leste:

(próximo estações 2744, 2727 e 2706)

Topo de termoclina: aprox. 100 m (estação 2744, 2727) à 80 m (estação 2706)

Base de termoclina: aprox. 250 m (estação 2744, 2727) à 400 m (estação 2706)

A estabilidade vertical é mais acentuada nas camadas superficiais (0-200 m) nas estações 2744, 2727 que na 2706.

Na zona considerada, devido a pouca largura da plataforma não existe água costeira, estando presentes até o nível de 1000 m as massas de Água Tropical Superficial, Central do Atlântico Sul e Antártica Intermediária.

Para a estação mais setentrional (2744) no nível de 1000 m já achamos Águas Norte Atlântica.

Nesta zona começa a corrente do Brasil e perto da costa nota-se um movimento uniforme na direção sul, mas a 60 milhas da costa há vórtices. A natureza topográfica submarina favorece na região próxima a estação 2705, movimentos verticais de ressurgência. Poderiam admitir-se como factíveis que eles existam nas estações 2706 e 2705 na camada superior aos 500 m de profundidade.

A frequência desses movimentos possíveis, poderia ser julgada à luz da variabilidade do vento na superfície, especialmente tendo em conta a latitude desta zona e a predominância dos alísios. No sentido dos possíveis benefícios adicionais de gradientes ocasionalmente mais acentuados merecem notar-se as possibilidades das zonas de estações 2744 e 2705. De ambas poderia suspeitar-se que os da estação 2705 podem ser mais significativos.

Das informações anteriores, que são incompletas, pode-se estimar que as condições de gradientes térmicos favoráveis na zona Leste para bombeios de até 500 m correspondem a proximidade da estação 2744, que aprofundando-se torna as diferenças de benefício entre a zona São Francisco Norte, Japaratuba e a de Salvador a Ponta Mutá menores.

A persistência dos alísios, a pouca e ocasional circunstância de ventos ao longo da costa permite desprezar uma notável influência de ressurgência que pudesse ser aproveitada pela ação dos ventos. No entanto os processos dinâmicos podem ser de mais interesse nas zonas entre as estações 2744 a 2705. Estes movimentos poderiam beneficiar ocasionalmente se as tomadas da fonte fria fossem a meia profundidade.

c) Distância máxima fonte de tomada-costa

Assumindo que a vantagem principal é trabalhar com a usina na costa, a seleção do ponto de bombeio tem como uma das determinantes fundamentais a distância fonte-costa.

A conveniência de ter uma distância mínima é óbvia devido a que a carga horizontal piezométrica cresce com a distância, e baixa o rendimento total do sistema.

Se a energia de extração da água da fonte fria é E_{ff} e a necessária para a transferência horizontal até o ponto de uso na usina é E_{ffh} , aparentemente não deveria ser:

$$E_{ff} + E_{ffh} > P_t - 0.03 P_t$$

onde P_t = potência total, assumindo que as perdas do sistema são 3% do total energético. Naturalmente nesta modalidade o limite é alto quando o produto final desejável for o biológico. Se a produção de energia elétrica fosse um objetivo, aquele limite mudaria para:

$$E_{ff} + E_{ffh} \leq P_t - 0.03 P_t - P_g$$

onde P_g = potência destinada a geração de eletricidade.

Sendo este um estudo qualitativo e de caráter preliminar pode-se estabelecer $E_{ff} + E_{ffh} = P_t - 0.03 P_t$ como um limite alto. Em desconhecimento de outros cálculos, como o Δt é relativamente semelhante pode-se usar um valor ilustrativo de potência de 55.000kgm/s como a total fornecida por um sistema (o modelo de Claude).

Na procura de regiões com mínima E_{ffh} consumida pré-selecionaram-se as seguintes:

DISTÂNCIA ATÉ PROFUNDIDADE DE					
PERFIL N.º	ESTAÇÃO	300m	500m	700m	1000m
1	Natal	10MM	12.6MM	14.5MM	16.2MM
2	Próx. São Francisco N.º (2744)	8	10.6	11.0	15.9
3	Japaratuba (Próx. 2744)	7.6	9.5	11.0	16.0
4	Próx. Itariri (Próx. 2727)	11.3	12.2	12.9	13.7
5	Salvador (Próx. 2706)	5.1	7.0	8.1	9.0
6	Ponta Mutá (Próx. 2706)	5.2	5.6	6.7	7.0

Vê-se que do ponto de distância as regiões mais favoráveis são as da zona sul de Salvador, seguindo as de Japarutuba e outras, exceto se a tomada de água fosse feita a 1000m de profundidade.

Com a finalidade de não rejeitar possibilidades baseadas em longos comprimentos de afastamento tomada-usina, é necessário ter uma idéia teórica da potência para extração das águas frias. Para isso deve-se assumir alguns valores mais ou menos arbitrários e deixar-se por isto um cálculo preliminar de considerações econômicas que em otimização do uso dos fundos monetários, modificariam os parâmetros em jogo.

- (*) Assume-se que:
- As bombas de extração seriam submersas.
 - O trabalho de extração será de umas 10 horas/dia.
 - Que uma vazão de 8000 ton/dia satisfaz o sistema.
 - Que um tamanho adequado dos tubos é um diâmetro de aproximadamente 0.50m a 2.0m. (um juízo mais refinado deveria obter-se à luz do custo destes tubos especiais com os dados de custo da potência e variação das perdas de cargas por acréscimo ou diminuição da vazão).
 - Que a rugosidade média absoluta do interior dos canos é suposta de aproximadamente 4 mm.

Aplicando a fórmula de que a potência necessária para extração da água da fonte fria é:

$$P = \frac{Q (f \cdot hp + \Delta \cdot sf \cdot Y)}{C.V.} \quad [P] = C.V.$$

Onde: P = potência [C.V.]

Q = vazão em [m³/s]

f = peso específico da água fria

hp = perda de carga total no conduto em $\frac{\text{kgF m}}{\text{kg f}}$

hp = J (L + Y)

J = perda de carga [m/m]

L = comprimento fonte fria-usina

Y = profundidade de extração d'água fria

$$J = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

f = fator de atrito (Diag. de Stanton, (6)).

D = diâmetro interno do tubo [m/s]

V = velocidade média do fluxo de água fria [m/s]

g = aceleração da gravidade

sf = diferença de peso específico entre profundidade de extração e superfície do mar.

Desconhecendo outras considerações econômicas, estabeleceremos um fluxo $\leq 2\text{m/s}$ seguindo um critério aceitável para canalizações principais.

* Os cálculos que seguem foram feitos com a colaboração do IPH da UFRGS (Prof. R. Ungaretti) e da Escola de Engenharia (Prof. E. Cruz da Costa).

TABELA 1

Densidade nos diferentes níveis (2)

PROF.	$\alpha_{35,0,p}$	δ^T				$\alpha_{s,t,p}$				$\rho_{s,t,p}$			
		Estac Natal	2744	2727	2706	Natal	2744	2727	2706	Natal	2744	2727	2706
0m	0,97264	—	0.00394	0.00364	0.00308	—	0.97658	0.97268	0.97572	—	1,024	1,024	1,025
300	0.97129	—	0.00150	0.00155	0.00148	—	0.97729	0.97284	0.97277	—	1,029	1,029	1,028
500	0.97040	—	0.00098	0.00112	0.00099	—	0.97138	0.97152	0.97139	—	1,029	1,029	1,029
700	0.96151	—	0.00074	0.00091	0.00081	—	0.97025	0.97042	0.97032	—	1,031	1,030	1,030
1000	0.96819	—	0.00061	0.00070	0.00061	—	0.96880	0.96889	0.96880	—	1,032	1,032	1,032

TABELA 2

Viscosidade (v) e temperatura absoluta (Tabs.) da fonte fria

EST A Ç Õ E S

	Prof. (m)	S(%)	t (°C)	v(x10 ⁶ m ² /s ²)	Tabs(°K)
2744	0	36,5	26,6	0,95	300
	300	35,2	13,0	1,29	286
	500	34,5	6,5	1,51	280
	700	34,4	4,1	1,66	277
	1000	34,6	3,7	1,68	277
2727	0	36,7	26,2	0,93	299
	300	35,8	13,0	1,28	286
	500	34,6	7,8	1,49	281
	700	34,3	5,1	1,68	278
	1000	34,4	3,5	1,68	277
2706	0	37,3	25,7	0,95	299
	300	35,3	13,3	1,28	286
	500	34,6	7,3	1,51	280
	700	34,4	4,5	1,69	278
	1000	34,5	3,4	1,69	276

Então é $S = \frac{Q}{V}$ (S = secção do tubo)

$S = \frac{0.22}{2} = 0.11 \text{ m}^2$ é $D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = 0.37 \text{ m} \approx 0,4\text{m}$

Para V é agora: $V = \frac{Q}{0.13} = 1.69 \text{ m/s}$

Para obter f: $Re = \frac{VD}{v}$

Com os valores obtidos de $v = v(S,T)$ (Tabela 2) e com o diagrama de Stanton, considerando $\bar{v}$ para as diversas profundidades, obtemos os seguintes Re: •

300m $Re = \frac{1,69 \times 0,4 \times 10^6}{1,28} = 0,528 \times 10^6$

500m $Re = \frac{1,69 \times 0,4 \times 10^6}{1,50} = 0,450 \times 10^6$

700m $Re = \frac{1,69 \times 0,4 \times 10^6}{1,67} = 0,405 \times 10^6$

1000m $Re = \frac{1,69 \times 0,4 \times 10^6}{1,69} = 0,402 \times 10^6$

TABELA 3

Potência de bombeio (Assumindo uma eficiência do sistema de 80%)

Perfil /Nível	Q(m³/s)	γ (kgf/m³)	J(m/m)	L(m)	L + Y (m)	hp(kgfm/kg)	γ f hp	Δγ sf	Δγ sf Y	P.teor. (CV)	P.prát.
1/300	0,22	1029 +	0,014	18522	18800	263	270627	5+	1500	798	958
500		1029+		23338	23800	333	342657	5+	2500	1012	1214
700		1031+		26857	27600	386	397966	7+	4900	1183	1419
1000		1032+		30006	31000	434	447888	8+	8000	1337	1604
2/300		1029		14818	15100	211	217119	5	1500	642	844
500		1029		19633	17400	244	251076	5	2500	743	892
700		1031		20374	21100	296	305176	7	4900	910	1092
1000		1032		29450	30500	427	440664	8	8000	1316	1579
3/300		1029		14078	14400	202	207858	5	1500	614	737
500		1029		17596	18100	253	260337	5	2500	771	925
700		1031		20374	21100	295	304145	7	4900	907	1089
1000		1032		29635	30600	428	441896	8	8000	1320	1584
4/300		1029		20930	21200	296,8	305407	5	1500	900	1080
500		1029		22597	23100	323	332367	5	2500	982	1178
700		1030		23893	24600	344	354320	6	4200	1052	1262
1000		1032		25375	26400	370	381840	8	8000	1142	1370
5/300		1028		9446	9700	135,8	139602	3	900	412	494
500		1029		12965	13500	189	194481	4	2000	576	691
700		1031		15003	15700	220	226820	6	4200	677	812
1000		1032		16670	17700	240	255936	7	7000	771	925
6/300		1028		9631	9900	139	142892	3	900	422	506
500		1029		10372	10900	153	157437	4	2000	468	562
700		1031		12410	13100	183,4	189085	6	4200	567	680
1000		1032		12965	14000	196	202272	7	7000	614	737

+ Valores assumidos

TABELA 4

Potência teórica possível de entrega (para uma perda de aproximadamente 20% e vazão de 0,22m³/s)

Perfil /Nível	t (°C)	Rendimento térmico (%)	Qt (kgcal/h)	Pot. útil (kgcal/h)	Pot. útil (CV)
1/300	14	3,3	11,2 x 10 ⁶	3,70 x 10 ⁵	468
500	20	4,7	16 x 10 ⁶	7,52 x 10 ⁵	952
700	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
1000	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
2/300	14	3,3	11,2 x 10 ⁶	3,70 x 10 ⁵	468
500	20	4,7	16 x 10 ⁶	7,52 x 10 ⁵	952
700	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
1000	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
3/300	14	3,3	11,2 x 10 ⁶	3,70 x 10 ⁵	468
500	20	4,7	16 x 10 ⁶	7,52 x 10 ⁵	952
700	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
1000	23	5,4	18,4 x 10 ⁶	9,99 x 10 ⁵	1257
4/300	13	3,0	10,4 x 10 ⁶	3,12 x 10 ⁵	394
500	18	4,2	14,4 x 10 ⁶	6,05 x 10 ⁵	766
700	21	4,9	16,8 x 10 ⁶	8,23 x 10 ⁵	1042
1000	23	5,2	18,4 x 10 ⁶	9,57 x 10 ⁵	1211
5/300	12	3,0	9,6 x 10 ⁶	2,88 x 10 ⁵	365
500	18	4,4	14,4 x 10 ⁶	6,34 x 10 ⁵	802
700	21	4,9	16,8 x 10 ⁶	8,23 x 10 ⁵	1042
1000	22	5,3	17,6 x 10 ⁶	9,33 x 10 ⁵	1181
6/300	12	3,0	9,6 x 10 ⁶	2,88 x 10 ⁵	365
500	18	4,4	14,4 x 10 ⁶	6,34 x 10 ⁵	802
700	21	4,9	16,8 x 10 ⁶	8,23 x 10 ⁵	1042
1000	22	5,3	17,6 x 10 ⁶	9,33 x 10 ⁵	1181

Adotando-se uma rugosidade relativa do conduto da ordem de 1%, o valor de f (fator de atrito) valerá aproximadamente 0,038 para qualquer das profundidades consideradas.
A perda de carga linear será:

$$J = \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{0,038 \times 0,15 \text{ m/m}}{0,04} = 0,014 \text{ m/m}$$

Então as potências de extração da água da fonte-fria resultam segundo vê-se na tabela 3.
O aproveitamento térmico das diferenças de temperatura para os diversos locais forneceria uma energia segundo observa-se na tabela 4.

Com os dados das tabelas 3 e 4 podemos determinar aquelas localizações que não tem rendimento teórico positivo. Segundo vê-se na tabela 5 para os parâmetros selecionados (Vazão, diâmetro da tubulação, etc.) há uma zona favorável só para perfis 2,3 (com tomadas a 500 e 700m), 5 (tomadas a 500, 700 e 1000m) e 6 (tomadas a 500, 700 e 1000m).

TABELA 5

Diferença de energia (C.V.) nos diferentes perfis.
(Números em grifo itálico indicam energia negativa)

PERFIL N.º	Prof. de tomada da fonte fria			
	300	500	700	1000
1	<u>490</u>	<u>262</u>	<u>162</u>	<u>347</u>
2	<u>376</u>	60	165	<u>322</u>
3	<u>269</u>	27	168	<u>327</u>
4	<u>686</u>	<u>412</u>	<u>222</u>	<u>159</u>
5	<u>129</u>	111	230	256
6	<u>141</u>	240	362	444

As considerações anteriores de exeqüibilidade exceptuam os aspectos econômicos que poderiam restringir ainda mais a faixa de operação.

Com o fim ilustrativo de fazer notar a influência de variação das condições de estrutura e operação, pode-se estabelecer novas condições como as seguintes:

Fluxo: 1m/s;

Diâmetro de tubulação = 1m

Rugosidade relativa da tubulação 10^{-2} (o que pode considerar-se um limite alto). Para esses valores recalculando obtem-se um valor aproximado da potência de recalque de 22 C.V./Km linha.

Como para essa situação a quantidade d'água (para um trabalho de bombeio de 10h/dia) é 28440 ton/dia, as condições de rendimento mudam segundo mostra a tabela 6.

TABELA 6

Diferença de energia (C.V.) nos diferentes perfis para
vazão de 2844000 kg/h. Trabalho 10h/dia

PERFIL N.º	Prof. de tomada da fonte fria			
	300	500	700	1000
1	1215	2857	3794	3728
2	1303	2989	3948	3828
3	1325	2989	3926	3728
4	917	2216	3153	3733
5	1075	2538	3351	3804
6	1075	2626	3439	3914

Vemos que agora para todas as localizações ocorre energia positiva. Os cálculos anteriores desprezam a potência necessária para bombear a água da fonte quente (superfície) que dependerá da altura onde se faça o aproveitamento térmico. Portanto os números anteriores são só uma grosseira aproximação.

Contudo eles indicam:

- a) Conveniência de uma vazão suficientemente alta e de
- b) Limites de rugosidade normais e baixos.

c) Para determinar a otimização é necessário entrar em considerações econômicas que dizem respeito ao custo da tubulação, bomba, horas de trabalho, etc. Com esses parâmetros pode-se então decidir sobre a melhor condição de vazão e portanto de possível rendimento. A potência utilizada em todo o sistema dependerá também da altura e da estrutura da costa.

Fixando arbitrariamente que o aproveitamento térmico (turbina) fosse feito a 10m sobre o nível do mar, a potência para elevação de iguais vazões de água quente e fria consumiram aproximadamente 216 C.V. (caso de vazão $0,79\text{m}^3/\text{s}$) e 62 C.V. (caso de vazão $0,22\text{m}^3/\text{s}$).

Isto restringe ainda mais as possibilidades de energia positiva no caso da vazão de $0,22\text{m}^3/\text{s}$ e diâmetro de 0,4m, às seguintes localizações.

PERFIL

2			700m (+ 103 C.V.)	
3			700m (+ 106 C.V.)	
5	500m	(+ 49 C.V.)	700m (+ 168 C.V.)	1000m (+ 194 C.V.)
6	500m	(+ 178 C.V.)	700m (+ 300 C.V.)	1000m (+ 382 C.V.)

Vemos que as potências obtidas são suficientemente baixas e que só o perfil 6 dá um máximo de potência entregue para o maior afundamento.

Para o segundo caso (vazão $0,79\text{m}^3/\text{s}$; Diam = 1m) usando só as localizações de máxima potência obtida vemos que:

PERFIL

1	700m (+ 3578 C.V.)
2	700m (+ 3732 C.V.)
3	700m (+ 3710 C.V.)
4	1000m (+ 3517 C.V.)
5	1000m (+ 3588 C.V.)
6	1000m (+ 3698 C.V.)

Para a segunda seleção de parâmetros de operação, a tabela mostra que:

Se independente do custo da tubulação (fator naturalmente importante) para maiores valores de vazão e diâmetro da tubulação, a distância costa-fonte para os ΔT convenientes não é limitada (para os valores de $0,79\text{m}^3/\text{s}$ e Diam = 1m).

Também neste caso todos os perfis pré-selecionados são aptos, mas sendo os 1, 2, 3 de menor custo por potência obtida levando em conta o comprimento vertical (por quanto nessas localizações Y = 700m em vez de 1000m para perfis 4, 5 e 6). Naturalmente outras considerações podem mudar esse concerto segundo a discussão que segue.

Finalmente, pode-se dizer que para fixar a máxima distância adequada costa-fonte, deve-se entrar em considerações financeiras com respeito ao custo da tubulação e custo da energia de bombeamento.

d) Natureza da área de exploração em relação com o estabelecimento das estruturas necessárias para exploração.

As condições de maior relevância são:

1. Localização em costa acessível e conveniente, de acordo com a utilização da energia extraída. Se o objetivo principal for elétrico é primordial a proximidade da rede de distribuição. Se os aproveitamentos são de produção biológica ou subprodutos, a localização depende das facilidades de instalação e baixo custo das mesmas.

2. Costa suficientemente adequada para facilidade de lançamento e baixo custo de assentamento da tubulação.

3. Não interferência dessas obras com navegação ou outros empreendimentos já estabelecidos.

4. A estrutura no ponto de tomada d'água fria dependerá da distância da costa, característica da bomba, características das vagas nessa zona (o chamado "Wave climate"), atividades principais na faixa costa-zona de tomada.

5. Ação das forças naturais sobre a tubulação. Duas são principais fontes de perturbação: corrosão do meio marinho, ação dinâmica destrutiva. A segunda depend de: correntes marinhas, ação das vagas, efeito das correntes de maré, correntes de turbidez.

Não tendo suficientes informações no momento de escrever-se o presente artigo, só podemos fazer estimativas aproximadas. As correntes no perfil 1 não serão superiores a 1,5-2 Ns e para perfis 2 a 6 serão menores que 1,5 Ns. Desconhecendo-se ainda a forma de colocação da tubulação (repousando, afundada ou com plataforma terminal), estima-se que as correntes que agiriam na tubulação seriam iguais ou inferiores aqueles valores. Com respeito a ação das vagas, estimando que as maiores serão as de períodos (T) de 6s, não haveria problemas de esforços dinâmicos sobre os canos repousando no fundo, exceto na costa (ou seja, para profundidades $\leq 28\text{m}$).

Devido a conveniência de diminuir-se o comprimento da linha de tubulação e portanto de se utilizar os "canyons" com tal finalidade, as correntes de turbidez aparecem como os maiores perigos. Valores aproximados esperáveis são nestes casos de 25 Ns para gradientes batimétricos de 1:10 e de 6 Ns para zonas de gradiente 1:1500 (MUIR WOOD). Devido a esta característica os perfis pré-selecionados, foram traçados tendo em conta esses efeitos, que deveriam ser nas fases seguintes especialmente pesquisados.

As correntes de maré de acordo com as amplitudes são de consideração secundária a respeito de esforços produzidos por correntes de turbidez.

e) Características de nutrientes das águas que seriam bombeadas à superfície.

A carência de dados a respeito, no momento de finalizar este trabalho só permite fazer notar que a importância deste fator está em correlação com a forma de aproveitamento secundário que se deseja fazer da usina.

Na falta de informação, as considerações obtidas no projeto de Cabo Frio são as de melhor aplicabilidade para este caso.

f) Características locais para estabelecimento das infraestruturas dos aproveitamentos secundários.

A principal consideração corresponde as características de possibilidades de aquecimento da água que atua como fonte quente, e espalhamento de estruturas que permitem instalações de uso para fins biológicos. Com esses propósitos os lugares pré-selecionados apresentam, em geral, proximidades a zonas fluviais ou lacustres. A exequibilidade das infraestruturas de instalação devem responder ao sítio propício pré-selecionado e depende da topografia da zona costeira.

Com as outras considerações são inicialmente de maior importância e devem ser resolvidas antes, não podemos fazer agora outros juízos que influenciem sobre a seleção das regiões supostamente melhores.

Como conclusões da análise do item 2 podemos citar as seguintes:

1. Do ponto de vista teórico o ganho de energia por gradiente térmico é possível e apresenta-se mais favorável nas regiões assinaladas.

2. Esta vantagem requer trabalhar com vazão de ordem de $0,79\text{m}^3/\text{s}$ ou maiores para uma tubulação de 1m de diâmetro.

O rendimento daquelas energias naturalmente disponíveis pode ser aumentado com mudanças nas técnicas empregadas (comparações para mesmos ΔT máximos, mas trabalhando com ciclo fechado e usando amônia, indicam capacidades de planta de 100 a 400MW) (OTEC). Um julgamento da conveniência das modalidades de operação e estruturas adequadas só pode ser feito levando em conta os custos de instalação e materiais.

3. Para vazões menores que em 2, a faixa de operação é muito mais restrita, a potência obtida pequena e as melhores condições relativas são para as localizações mais meridionais.

4. Devem definir-se os aproveitamentos primários e secundários desejáveis como uma condição importante para estabelecer a otimização de custo e a conveniência de localização.

3 – Reconhecimento dos locais fisicamente convenientes

As localizações preliminares apresentam as mínimas distâncias costa-fonte fria para os ΔT energeticamente aceitáveis. Destas, as características principais só podem ser julgadas na base da informação cartográfica. Um posterior estudo deverá fazer-se a luz das informações dos roteiros, topografia e decisão preliminar ou guia sobre utilizações possíveis de sub-produtos.

Referindo-nos aos perfís pré-selecionados podemos então mencionar:

PERFIL 1: (FIG. 1)

Próximo a Natal, traçado evitando zona costeira suja, por isso não obedece exatamente à linha de menor distância, sendo a diferença com ela pequena.

Deve consultar-se um mapa de relevo batimétrico de grande escala, não disponível ao ser confeccionado este trabalho.

Pendente na zona perto do talude: 1/16; pode-se esperar correntes de turbidez de alta velocidade. Sem dados sobre: temperatura de mar, gradientes, fonte fria, fonte quente (foram estimados com estação 2744), vagas, correntes e marés. Estas últimas podem estimar-se como baixas. Não há espelho de água doce próximo. Pequenas elevações na costa. Curta distância ao centro logístico, aparentemente sem caminho.

Grande comprimento de linha (15Km) em zonas baixas possivelmente afetadas por ação das vagas máximas. Zona intermediária que pode dificultar a implantação da tubulação.

Necessidade de informação: as mencionadas, ou seja mapa batimétrico de detalhe, natureza do fundo, zona do talude, relevo e natureza costeira da faixa Natal-Perfil 1.

PERFIL 2 (FIG. 2)

Próximo a foz do Rio São Francisco do Norte.

Distâncias costa-fonte fria favoráveis. Sem apoio logístico próximo. Apresenta o máximo entregue de energia de todas as estações pré-selecionadas, ocorrendo isso para uma tomada de 700m.

As características físicas foram julgadas pela estação 2744 com dados parciais (Primavera, 1977), sem conhecer variabilidades desses parâmetros.

A implantação das tubulações é ligeiramente diferente para cada camada. Destes a de 300m é a mais exposta a correntes de turbidez máximas. As outras estão expostas a menores velocidades.

Apresenta-se uma zona suja que obriga a uma instalação mais extensa que a direta, mas o comprimento de desvio é pequeno. Há fonte de água doce próxima.

Deve possuir-se mapa batimétrico de detalhe em escala conveniente e dados sobre a natureza do fundo. As correntes de maré estimam-se fracas.

A corrente geral para todas as zonas de tubulações são estimadas na ordem de 0,5 a 1m/s, mas esses esforços dinâmicos são só apreciáveis para quase a metade do comprimento da linha. Nesse mesmo comprimento se sofrerá os esforços das vagas máximas.

PERFIL 3: (FIG. 3)

Japaratuba, próximo de Aracaju (Foz do Rio Sergipe)

Oferece características muito semelhantes as do Perfil 2.

As intensidades das correntes estimam-se as mesmas que as dadas para o Perfil 2 e consequentemente os esforços dinâmicos. Também quase maximiza a obtenção de energia para o nível de 700m. A zona é plana e tem fontes de água doce próximas, carecendo de vias de acesso para o centro logístico mais próximo (Aracaju), mas com maior facilidade relativa que o Perfil 2.

Os requisitos de ampliação de informações são o mesmo que para o Perfil 2.

PERFIL 4: (FIG. 4)

Próximo a foz do Rio Itariri

É o perfil que oferece o maior comprimento da linha em profundidade menores de 50m (até 20 Km da costa). Isto pode significar uma vantagem se decidíssemos que a melhor instalação da tubulação é afundada. Para o aproveitamento mais efetivo do gradiente térmico, deve usar-se uma tomada de 1000m de profundidade. O gradiente do fundo nas zonas de tomada é relativamente alto o que pode dificultar qualquer instalação. Assim mesmo, as correntes de turbidez, se existirem, serão de alta velocidade. A ação dinâmica das vagas se sentirá sobre um comprimento relativamente pequeno, (5Km), de toda a linha de tubulação. Se esta fosse suspensa, os esforços dinâmicos das correntes seriam principalmente transversais.

Existem amplos espelhos de água perto da zona de instalação costeira. Costa limpa e aparentemente baixa.

É necessário ter a disposição o mapa batimétrico de detalhe, informações sobre a natureza do fundo, medidas de correntes, variabilidade das temperaturas de água, correntes de maré, estatística das vagas, reconhecimento topográfico da zona costeira e acessos ao ponto logístico próximo.

PERFIL 5: (FIG. 5)

Próximo de Salvador

Tem como o perfil 1 a característica de estar muito perto de uma zona de apoio logístico sendo esta um potencial fonte de consumo de energia elétrica fornecida pela usina. Neste perfil assim como no 6 a melhor tomada do ponto de vista energético é a profunda, mas também como aquela, oferece os menores comprimentos de linha. Há fontes de água doce amplas próximas. A zona costeira selecionada não apresenta aparentemente dificuldades de trabalho na região litorânea.

Estimam-se os esforços dinâmicos potenciais semelhantes aos outros perfis. As correntes de turbidez não serão especialmente notáveis se bem que o gradiente batimétrico é 1:7, porque o relevo topográfico não sugere concentração de arrasto de material nessa área. Os comprimentos de tubulação expostos as ações dinâmicas das vagas são extremamente curtos (2 Km).

Deve-se ampliar o conhecimento das correntes, marés, temperaturas, gradiente batimétrico de detalhe, natureza do fundo e estatística das vagas. O reconhecimento da topografia da área, e as facilidades de acesso a Salvador são também aspectos necessários à serem determinados.

PERFIL 6: (FIG. 6)

Proximidade de Ponta Mutá

É a localização de menor comprimento de linha até a tomada de um dos perfis que tem menor diferença de tubulação entre diversos níveis selecionados.

As características referentes a esforços dinâmicos e meio ambiente não muito similares as do Perfil 5.

A zona costeira tem porções com presença de restingas que podem dificultar a implantação da tubulação. As fontes de água doce não são perto. Não há apoio logístico próximo. Os gradientes do fundo na zona terminal são abruptos, o que pode apresentar dificuldades de estabelecimento de estruturas, se desejássemos fazer alguma.

São necessários: reconhecimento topográfico costeiro, verificação da salinidade e temperatura no rio Marau, estudo batimétrico de detalhe, correntes de maré, natureza do fundo.

Tomando-se as máximas energias obtidas, os índices de Km de linha/C.V. são os seguintes:

Perfil 1:	7,71 (700m)
Perfil 2:	5,65 (700m)
Perfil 3:	5,69 (700m)
Perfil 4:	7,51 (1000m)
Perfil 5:	4,93 (1000m)
Perfil 6:	3,79 (1000m)

4 — Estabelecimento das necessidades de estudo e/ou pesquisa complementar para melhor seleção dos possíveis locais de coleta de energia térmica.

As restrições sobre informações locais não permitem estabelecer uma lista mais correta. Com essa advertência geral, consideram-se como convenientes para todos os perfis as seguintes tarefas:

- Determinação da temperatura e salinidade nos níveis aproximadamente selecionados, com suficiente espaço de tempo para conhecer suas variações, bem como a frequência e grandeza das mesmas.
- Pesquisa das causas das variabilidades em vista do aproveitamento de zonas de ressurgência cuja ocasionalidade seja adequada e permita tomadas economicamente mais convenientes.
- Determinação das correntes (velocidade, direção, frequência), correntes de maré (ambas a diferentes níveis verticais, assim como perto do fundo), estatística de vagas (máximas, médias, período, direção).
- Levantamento batimétrico de detalhe da zona de costa até a região de tomada de água e arredores, com coleta de amostras para determinar características mecânicas do fundo, possível arrasto de material e possíveis grandezas de deslocamento, dificuldades de afundamento de tubulações e estruturas, temperatura e salinidade.
- Natureza (grandeza, acessibilidade, distância do ponto da usina) das zonas de água exequíveis de utilização como fonte de água super-aquecida.

- Estudo das características topográficas na zona de usina costeira e proximidades para as estruturas.
- Pré-seleção dos produtos principais e secundários da exploração da energia com o fim de determinar vazões adequadas, operação, etc., embora seja preliminarmente.
- Seleção das características de operação para estabelecer as potências necessárias e obter uma equação de balanço aceitável e real. Os problemas de manutenção-horas de operação, estarão estreitamente ligados aos fins da exploração e por sua vez determinam as possibilidades de estruturas econômicas.
- Pré-seleção dos tipos de material principal como sejam, tubulação e bombas. Com eles se terão os dados mais significativos para otimização das possíveis localizações. Lembrar que uma fixação de rugosidade baixa na tubulação tem uma faixa de significado cujo efeito não é proporcional a sua diminuição. Os cálculos feitos foram para uma rugosidade relativa de 1/100, o que é considerado um limite de segurança alto.
- Pré-seleção das estruturas terminais (natureza — fixa, flutuante —, altura para estrutura costeira, localização das bombas de aspiração, etc.) e da modalidade de assentamento das tubulações.

5 — Definição dos limites determinantes por facilidade financeira ou técnica (em outras palavras, qual é a máxima distância usina-fonte de gradiente térmico admissível).

Se bem que a resposta à altura deste trabalho é incompleta, há uma consideração importante a ser feita:

Para os melhores pontos da costa brasileira, se a quantidade de energia extraída é aceitável para o propósito perseguido, a limitação deve ser procurada nos aspectos financeiros. Para isso, deve-se começar a considerar de forma reiterada os custos e as características das instalações.

Apesar dos perfis setentrionais serem relativamente longos, são “energeticamente rentáveis”, se forem adotadas vazões suficientemente adequadas.

6 — Consideração das conseqüências ecológicas e estabelecimento dos limites aceitáveis.

O aproveitamento térmico como o que se procura, produzido efeito de bombeio da água (fonte fria e quente), tem dois resultados: extração de volume e aceleração fictícia da circulação marinha vertical. No entanto, não voltando ao mar a água da fonte fria, pode-se desprezar o efeito da anomalia térmica que em caso contrário se produziria.

Devido aos volumes de água correspondentes a extração de uma estação, os efeitos são suficientemente pequenos, tornando desprezível a influência ambiental. Naturalmente o limite aparece quando se considera a exploração de energia térmica em grande escala. Cálculos globais indicam como limite de influência um decrescimento de temperatura superficial de 2°C, o que ocasionaria talvez mudanças irreversíveis de natureza climática.

Há casos em que se opta por recolocar a água fria, depois de seu uso, de volta ao mar. No caso das estações pré-selecionadas para isso, aquela água não deveria ter obtido uma temperatura superior a 20°C. A esse nível térmico, se teria água fria na superfície com boas possibilidades de produzir “poluição” salina nas águas de superfície e, aparte, alterar a distribuição térmica. A natureza desse efeito deve ser estimada, uma vez que se façam estimações preliminares das vazões de operação.

7 — Estudar os aspectos legais que podem surgir a respeito deste aproveitamento de fonte de energia.

Por razões antes mencionadas (escasso volume relativo), não se antevem conflitos ou fricções internacionais possíveis. Mas esta situação poderá mudar ao aumentar o número e lugares de uso, devendo prever-se uma análise legal oportuna das conseqüências futuras.

III. Conclusões gerais:

1. Do ponto de vista teórico, a extração de energia térmica do oceano na costa brasileira, por uso do gradiente térmico vertical, fornece energia positiva.
2. De todos os perfis pré-selecionados, os de Ponta Mutá e Salvador são os que oferecem maior entrega de energia por Km de tubulação.
3. Se bem que as diferenças são muito pequenas, a maior energia de entrega absoluta é fornecida por perfis da foz do Rio São Francisco do Norte e foz do Rio Sergipe.
4. A preferência de um ou outro perfil depende do uso primário da usina e das estruturas que se planejam fazer.
5. Pelo item 4 (*Estabelecimento das necessidades . . .*) antes de iniciar-se estudos sobre o terreno, é conveniente à luz das decisões preliminares apontadas nos parágrafos anteriores fazer as ampliações de estudo no papel, mas com maiores definições determinantes já especificadas. Desta forma poderá obter-se uma melhor indicação de preferência possível de local ou locais de exploração.
6. Devemos ter presentes os requerimentos indicados no item 4 acima citado.

Agradecimento

O autor agradece aos Professores Eng. E. Cruz da Costa, Eng. R. Ungaretti e Dr. L.R. Martins, a revisão do original e suas sugestões. Essa tarefa de correção merece especial reconhecimento, já que obrigou os revisores a um esforço adicional devido à imperfeição lingüística do original.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CARVALHO, C.M. 1917. *Météorologie du Brésil*. Londres, John Bale Sons & Danielson. p.128-45.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO. 1972-3. *Atlas oceanográfico*. Rio de Janeiro, v.2 e 3.
- . 1976. *DH1-9 roteiro p.I*. Rio de Janeiro, p.26-9.
- MUIR WOOD, A.M. 1969. *Coastal hydraulics*. Londres, Mc Lillan. p.90.
- NEVES, E.T. 1968. *Curso de hidráulica*. Porto Alegre, Globo. p.203.
- OTEC from \$85.000 to \$35 million in six years. 1977. *Sea Technology*, South Arlington, Va. p.38.
- SALLE & CAPESTAN. 1956. *Travaux anciens et recents sur L'energie thermique des mers*. In: Journée de l'Hdraulique, 4., Paris. p.10.
- WOLF, M. 1974. Solar energy, utilization by physical methods. *Science*, New York, 184 (4134):382-6.