

O POTENCIAL ENERGÉTICO DO GRADIENTE TÉRMICO NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO SUL DO BRASIL

Valente de Souza¹, R.; Correa Marques², W. ; Fernandes Leão¹, E. H.

¹Instituto de Oceanografia- IO - Universidade Federal do Rio Grande Campus Carreiros – FURG

²Instituto de Matemática, Estatística e Física - IMEF - Universidade Federal do Rio Grande Campus Carreiros – FURG

^{1,2}Av. Itália s/ n Km 8 – Rio Grande – RS CEP 96201-900

¹robertovalente@furg.br ; ²wilian_marques@yahoo.com.br ; ³fernandes.elisa@gmail.com

RESUMO

O crescimento da demanda energética, prevista para a metade do século XXI, com números embasados no crescimento demográfico e de consumo dos países em desenvolvimento, sugere a busca por fontes energéticas renováveis e de menor impacto ao meio ambiente, conforme os tratados da política internacional. Portanto, o fornecimento de energia suplementar se torna vital nas sociedades modernas e sua extensão até o mar tem se constituído uma recente preocupação do ponto de vista energético e ecológico. Várias formas de conversão de energia foram desenvolvidas no decorrer dos anos, com destaque para a energia dos gradientes térmicos. A Plataforma Continental Sul do Brasil (PSCB) possui alta variabilidade espacial e temporal nos campos de temperatura, de forma que existe a necessidade de uma análise das regiões de maior potencial energético com respeito ao gradiente vertical de temperatura. Neste estudo, foram utilizados dados do modelo OCCAM com uma grade de resolução horizontal de 1/12° e resolução vertical de 66 níveis, distribuídos ao longo de um sistema de coordenadas vertical. Foram utilizadas imagens de temperatura superficial do mar (TSM) obtidas a partir do sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de forma a realizar a validação dos dados do modelo OCCAM. A análise da média dos dados do modelo indicou um sítio energético de maior viabilidade devido ao padrão médio do gradiente térmico (GT) de aproximadamente 0,16 °C/m ao longo da coluna vertical (545 m de profundidade) no oceano. Neste local, foram coletados os dados, e aplicados a um módulo de conversão de energia térmica dos oceanos que vem sendo desenvolvido e aprimorado na Universidade Federal do Rio Grande - FURG. A região de estudo demonstrou possuir um local com ótimo potencial energético, onde a produção máxima de energia pode alcançar 111.9 MW, associada com um padrão variabilidade temporal dominante de 12 meses. Este sítio energético demonstra maior eficiência durante o período de verão e outono ao longo dos anos e sua média para todo o período é de 94.3 MW, estes valores estão correlacionados com a influência de duas correntes: Corrente do Brasil (CB) e a Contra Corrente Costeira (CCC), com águas de origem tropical e subantártica com aportes continentais. O sítio energético demonstrou alta estabilidade à sazonalidade, de forma que pode ser qualificado como uma fonte suplementar a matriz energética do país para um futuro próximo.

Palavras chave: Gradiente térmico, OTEC, OCCAM.

INTRODUÇÃO

A necessidade de novas fontes de energia é cada vez mais evidente nos dias atuais devido ao aumento da produtividade e consumo energético, os quais acarretam a diminuição das reservas de

fontes de energia não renováveis. A obtenção de novas matrizes energéticas passa pela pesquisa e tentativas de implementação de novas tecnologias, ou seja, pela formação de profissionais e especialistas, que sejam capazes de atender aos apelos evolutivos de nossa indústria e sociedade.

Como a matriz implementada em nosso país é a convencional, pode ser observado que o caminho mais fácil seria de aumento da extração destes recursos, porém existem aspectos não totalmente comprovados quanto ao dano que estes combustíveis causariam ao meio ambiente. Sobretudo, o mais importante aspecto a ser verificado é que estes recursos são findáveis, sua reposição não estaria dentro da escala evolutiva de tempo e existe uma incerteza quanto ao seu revés ecológico. Este contexto leva a recursos não explorados e abundantes nos oceanos, que seguem como guia da necessidade de estudos neste sentido.

OBJETIVOS

Realizar um estudo da variabilidade espacial e temporal do GT do mar ao longo da região de estudo, identificando zonas específicas, que sejam passíveis de conversão através da utilização de uma usina OTEC.

De forma específica:

- 1) Caracterizar as forçantes, oceanográficas e meteorológicas, que modulem a variabilidade dos GT na região escolhida como sítio energético;
- 2) Identificar a taxa de energia disponível armazenada ao longo da coluna de água nas regiões de altos GT estimando assim, valores médios para a conversão de energia.
- 3) Verificar os ciclos de variabilidade dominantes, os períodos de ocorrência, assim como, as longas tendências de variabilidade presentes nas séries temporais;
- 4) Identificar a correlação e hierarquia das variáveis de controle da conversão de energia.

METODOLOGIA

Na realização deste estudo foi utilizada uma simulação numérica de 14 anos, compreendendo o ano de 1990 até 2004, alternados de 5 em 5 dias, através da utilização do modelo numérico tridimensional (OCCAM) Ocean Circulation And Climate Advanced Modelling, validado em seu primeiro nível através de comparações diretas com dados do sensor remoto AVHRR. Os dados do modelo OCCAM possuem uma grade de resolução horizontal de $1/12^\circ$, com resolução vertical de 66 níveis distribuídos ao longo de um sistema de coordenadas vertical (coordenadas z), apresentando melhor definição para a camada superior até 100 m, a qual é representada por 14 níveis verticais. A análise do Potencial Energético do Gradiente Térmico (PEGT) na PCSB foi realizada de acordo com Issues (2006), pela utilização de médias climatológicas sazonais e anuais do campo de temperaturas do mar, obtidos do modelo. Os mesmos foram utilizados para indicar, através da análise do GT, a região mais propícia a instalação da usina (OTEC) “Ocean Thermal Energy Conversion” teórica, em desenvolvimento e aprimoramento na Universidade Federal do Rio Grande – FURG, e o ponto para instalação das tubulações de coleta de (HWP) água superficial quente e (CWP) profunda fria. Neste estudo foram utilizadas dois tipos de análises, sobre as séries temporais, a contínua e a discreta. A contínua foi aplicada de acordo com as adaptações descritas por Torrence and Compo (1997) e Morettin (2004), onde foram utilizadas ondaletas do tipo chapéu mexicano para a realização da análise de variabilidade de curto período (escalas sazonais, anuais e interanuais). A análise discreta foi aplicada de acordo com a descrição de Daubechies (1992) onde a análise foi utilizada como filtro de processos de longo período pela decomposição do sinal, através da utilização da ondaleta de Daubachies 5(db5). Desta forma podemos verificar o comportamento, a correlação e a hierarquia dos dados, com relação a conversão ao PEGT.

RESULTADOS

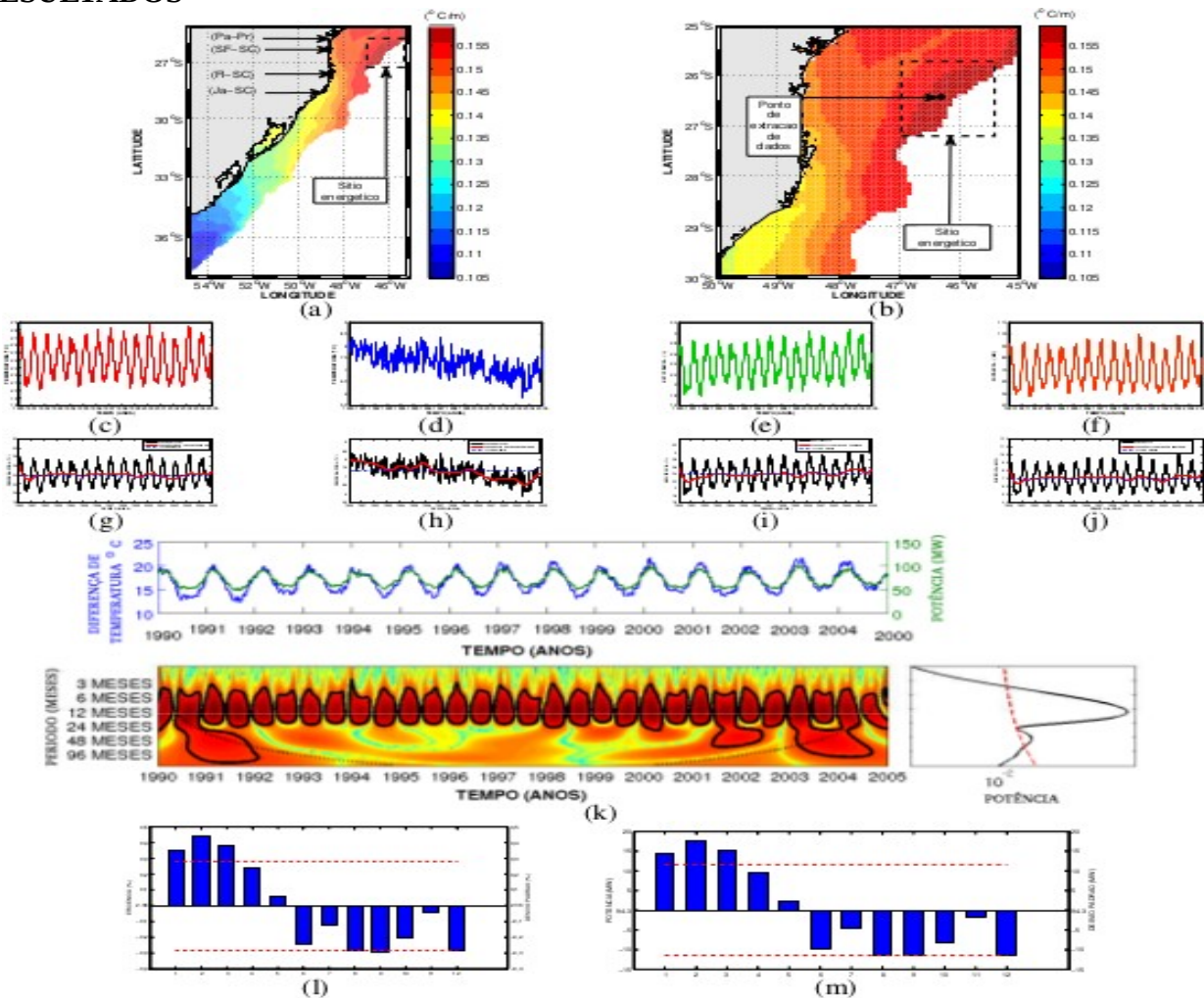


Figura 1: (a) Gradiente térmico anual, (b) Ponto de extração de dados, (c) Série temporal HWP, (d) Série temporal CWP, (e) Série temporal eficiência, (f) Série temporal potência, (g) Análises de Tendência do HWP, (h) Análises de Tendência do CWP, (i) Análises de Tendência eficiência, (j) Análises de Tendência potência, HWP, (k) Análise de ondaleta cruzada (espectro energético local e global), (l) Médias mensais, global e desvios da eficiência e (m) Médias mensais, global e desvios da potência .

A correlação entre o sensor remoto e o modelo numérico foi determinada, tendo como valor aproximado de 95%. Com esta validação, o próximo passo foi a obtenção da variabilidade temporal e espacial do gradiente térmico (GT) ao longo da PCSB, possibilitando assim a definição do sítio de energia (Figura 1(a)), obtido com base na média anual dos GT para todo o período de estudo. Os GT mais significativos, indicados na Figura 1(a) e (B), tem valores da ordem de 0, 16 °C/m. Baseado na sensibilidade a sazonalidade foi definido um ponto de extração de dados (Figura 1(b)).

As definições das profundidades das tubulações, de coleta d'água, foram definidas com base na melhor amplitude térmica obtida ao longo da coluna vertical. Desta forma estabelecemos que as águas bombeadas para evaporador e para o condensador, serão respectivamente coletadas na camada superficial (primeiro nível vertical) e na camada mais profunda (trigésimo nível vertical). Portanto, nestas posições serão hipoteticamente instaladas as tubulações HWP e CWP .

Podemos observar nas séries temporais de HWP e CWP, de eficiência e potência, a

ocorrência de ciclos de variabilidade temporal em escalas de tempo sazonais, embebidos em um padrão de repetição anual, com uma perturbação no padrão oscilatório a partir do ano 2000.

A análise das tendências nas séries temporais de eficiência Figuras 1 (g),(h),(i) e (j) , verificamos que a tendência segue o padrão oscilatório, com valores mais significativos para a tendência da eficiência estão diretamente associados aos maiores valores da tendência de longo prazo da temperatura do HWP e aos menores valores da tendência de longo prazo da temperatura do CWP. Sendo assim, os resultados corroboram que a eficiência é controlada em sua normalidade pela ocorrência dos maiores gradientes térmicos definidos pelas temperaturas do HWP e do CWP. Sendo assim podemos dizer que a variável de controle da potência da usina OTEC, na região escolhida, é a temperatura de coleta do HWP, pois considerando o padrão de estabilidade observado para a temperatura do CWP vemos que a tendência de decréscimo favorece a obtenção de maiores gradientes térmicos, porém tem efeito direto apenas para a eficiência em especial, na segunda metade do período de estudo.

Com base na Figura 1(k) podemos verificar que as séries temporais de potência e a série temporal da diferença de temperatura ratificam a sua correlação direta, além de observar dois grupos principais de escalas de variabilidade que modulam o sítio de conversão de potência. O primeiro grupo são os períodos de aproximadamente 12 meses, dominam as ocorrências de produção energética, provavelmente ocasionadas pelos avanços e recuos da CB e CCC que ocasionam os ciclos sazonais verificados na série do gradiente térmico. Por outro lado, o segundo grupo se refere a correlações que abrangem ciclos com períodos de aproximadamente 36 meses (3 anos), sugerindo relação com os fenômenos ENOS.

Os resultados médios obtidos para a eficiência, potência, desvios máximo e mínimo, $(2.36 \% + 0.44\%)$ ou $(2.36\% - 0.29\%)$, $(94.305 + 17.958)$ MW ou $(94.3050 - 11.575)$ MW, de forma respectiva (Figura 1 (l) e (m)). O que indica, um baixo desvio padrão, ou seja, um sítio energético com alta estabilidade (baixa sazonalidade).

CONCLUSÕES

Na PCSB, foi encontrada um local para instalação da Usina OTEC, que se encontra na área definida pelos paralelos de 25°S (próximo a Paranaguá, PR) e 28°40' S (Cabo de Santa Marta Grande, SC). O qual os valores médios para o gradiente térmico, HWP e CWP são de 0.16 °C/m, 24.02 °C e 7.28 °C, onde HWP é variável de controle para a eficiência, influenciada também por CWP, e potência da usina. A região de estudo demonstrou possuir um local com ótimo potencial energético e estabilidade a sazonalidade, onde a produção média ao longo de todo período é de 94.7 MW.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAUBECHIES, I. Ten Lectures on Wavelets, **Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM)**, 1992.

ISSUES, E. Tidal power in North America Environmental and Permitting, Issues Technical Report, **Devine Tarbell & Associates Inc.**, EPRI-TP-007-NA, 2006.

MORETTIN, P. A. Ondas e ondaletas: da análise de Fourier à análise de ondaletas. **Edusp**, São Paulo., 2004

TORRENCE, C. and COMPO, G. P. A practical guide to wavelet analysis. Technical Report. **Bulletin of the American Meteorological Society.**, 1997.