



# 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

## **TÍTULO DO TRABALHO: Desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia térmica para transformação de resíduos pesados em sub- produtos.**

André Luis dos Santos Jacobs, Marcelo Risso Errera

UFPR- Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

Departamento de Engenharia Mecânica

Centro Politécnico - Jardim das Américas- Curitiba, PR

[a-jacobs@demec.ufpr.br](mailto:a-jacobs@demec.ufpr.br); [errera@ufpr.br](mailto:errera@ufpr.br)

**Resumo** – As refinarias de petróleo têm um notório passivo ambiental associado à disposição de resíduos pesados. Este resíduo são dispostos em aterros com custos operacionais e indiretos (imagem da empresa) significativos. Este projeto se propõe a avaliar questões teóricas, práticas, econômicas e ambientais do uso de resíduos pesados de refinaria para armazenamento térmico de energia solar. Serão projetados e construídos protótipos com elementos disponíveis no mercado para levantamento de dados de desempenho. Merece a menção o fato do aproveitamento térmico da energia solar, cuja tecnologia é de domínio da indústria brasileira, possuir um potencial imediato de atenuamento da crise energética atual. Todos os projetos nesta linha buscam as utilizações racionais de energia, fazendo uso da energia térmica do sol em lugar de eletricidade para aquecimento de água. O projeto estudará uma nova oportunidade de agregar valor para estes resíduos quanto à sua disposição e comercialização, uma vez que a utilização seria em grande escala. O impacto de economia de energia elétrica (em MW) é notável dada a escala dos ganhos.

**Palavras-Chave:** Impacto Ambiental; Resíduos de refinaria; Energia Solar

**Abstract** - The oil refineries have notorious environmental expenses associated with the disposal of solid wastes. Solid wastes are placed on landfills at highly indirect operational costs. This project covers practical, theoretical, economical and environmental issues of how to make use of these refinery wastes for solar energy storage. Prototypes will be devised and built with commercially available items for data collection of performance. The heavy residues will be tested for thermal energy storage. The main purpose will be water heating. If successful, this project will provide the new opportunity to add market value for residues.

Keywords: Environment Impact, Wastes of refinery, Solar Energy, Solar Energy

## 1. Introdução

Este trabalho avalia as possibilidades teóricas, práticas, econômicas e ambientais da utilização dos resíduos sólidos ou pesados das refinarias como material componente em um sistema de armazenamento de energia solar térmica

As refinarias de petróleo têm um notório passivo ambiental associado à disposição de resíduos pesados. Este resíduos são dispostos em aterros com custos operacionais e indiretos (imagem da empresa) significativos. Este projeto se propõe a avaliar questões teóricas, práticas, econômicas e ambientais da conversão em sub- produto dos resíduos de refinaria.

De acordo com as diretrizes de gestão de resíduos sólidos industriais propõem-se as seguintes atitudes:

1. Reduzir a quantidade de resíduos
2. Reutilizar os resíduos
3. Reciclar os resíduos
4. Destino Final (Aterros)



Figura 1-Gestão de Resíduos

Dentro deste contexto surgiu a proposta de encontrar uma utilização para parte dos resíduos sólidos de refinaria de petróleo

Além de contribuir para reduzir a quantidade de resíduos para disposição final, a solução que ora se propõe considera também o uso racional de energia, com o aproveitamento de energia solar para aquecimento. Espera-se assim um efeito ambiental duplamente positivo.

Neste artigo serão apresentados as idéias básicas do sistema de aquecimento, os fatores de energia solar e a situação atual de disposição de resíduos.

Este projeto envolverá diversas áreas, tais como energia solar, redução de impacto ambiental da indústria do refino de petróleo, gestão ambiental, aplicação de energia solar e substituição de energéticos.

## 2. Desenvolvimento do Projeto

As atividades que devem fazer parte deste projeto são:

- 1) Revisão bibliográfica sobre energia solar e resíduos de petróleo;
- 2) Levantamento das características físico-químicas dos resíduos de petróleo de refinarias destinados a aterro sanitário;
- 3) Levantamento da variação da insolação, trajetória solar na abóbada celeste, e das condições ambientes ao longo de um ano;
- 4) Estimativa do impacto ambiental atual destes resíduos;
- 5) Estimativa do custo da disposição destes resíduos;
- 6) Estudo das tecnologias disponíveis para coletores e concentradores solares, e perspectivas para armadilhas térmicas;
- 7) Modelagem matemática do sistema de coleta e armazenamento de energia solar com resíduo de petróleo;
- 8) Concepção, projeto e construção de uma instalação experimental;
- 9) Instrumentação e levantamento de dados experimentais;
- 10) Validação do modelo matemático para otimização do projeto;

- 11) Atualização da instalação com resultados da otimização numérica;
  - 12) Levantamento de dados de desempenho da sistema experimental;
  - 13) Atualização e ajustes da planta;
  - 14) Estudo preliminar de economicidade
  - 15) Estimativa da redução de impacto ambiental
  - 16) Relatório final com desempenho, projeto construtivo, perspectivas de utilização, custos de fabricação e estimativa de da redução de impacto ambiental.
- O trabalho teve início no segundo semestre de 2002 e está em desenvolvimento dos itens 1 ao 6.

### 3. Metodologia

A idéia central do projeto é evitar a disposição final dos resíduos e ainda utilizá-los como material componente de um sistema energético e ambientalmente apropriado.

O sistema de energia solar proposto segue a concepção ilustrada na figura:

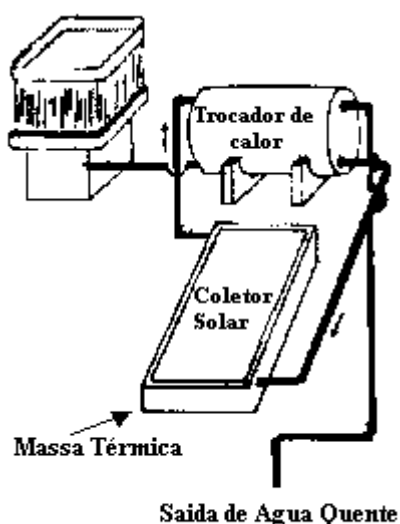


Figura 2- Concepção do sistema de energia solar

A concepção foi desenvolvida levando-se em conta as características termo-físicas do resíduo que deverá ser utilizado, onde o mesmo pode ser aproveitado principalmente quando em temperatura de calor latente.

Antes da construção do protótipo, houve-se necessário um estudo das condições de instalação e posicionamento dos coletores e desenvolvimento de um modelo matemático para simulação e otimização.

Após simulação, serão estimados as propriedades termo-físicas ideais para o funcionamento do sistema, verificando-se as necessidades de “dopagem” ou modificações nos resíduos para torná-los apropriados para a utilização proposta.

A necessidade de avaliação das condições construtivas e operacionais, implicará no desenvolvimento do protótipo.

As informações serão sintetizadas e havendo sucesso será requerida patente industrial do sistema.

Merece a menção o fato do aproveitamento térmico da energia solar, cuja tecnologia é de domínio da indústria brasileira, possuir um potencial imediato de atenuação da crise energética atual.

O Projeto sobre armazenamento de energia térmica utilizando-se resíduos pesados de petróleo, estudará uma nova oportunidade de agregar valor para estes resíduos quanto à sua disposição e valor de mercado, uma vez que a utilização seria em grande escala. O impacto de economia de energia elétrica (em MW) é notável dada a escala dos ganhos. Considerando que o meio urbano é comprovadamente um dos maiores consumidores de energia.

#### 4. Estudo para posicionamento e dimensionamento de Placas Coletoras

O objetivo principal deste projeto é a utilização da Energia Solar na forma térmica, preocupando-se o trabalho em quantificar a energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo.

A utilização dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica são conhecidos como coletores solares.

Os coletores solares são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.).

Os coletores solares planos são, hoje, largamente utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, etc. devido ao conforto proporcionado e a redução do consumo de energia elétrica.

O Sol emite à radiação necessária aos coletores, só que esta, depende de fatores como a localização dos coletores, hora do dia, estação do ano e etc..

Afim de otimizar o uso destes Coletores decidiu-se estudar o comportamento do Sol, nossa principal fonte de energia.

A primeira preocupação foi em relação a possíveis desvios da trajetória do Sol em relação a terra, e que correções deveriam ser feitas para se obter com exatidão o comportamento do Sol.

As variáveis de entrada de tal estudo foram a hora civil oficial(horário de Brasília), e a localização dos futuros coletores(longitude e latitude de Curitiba)

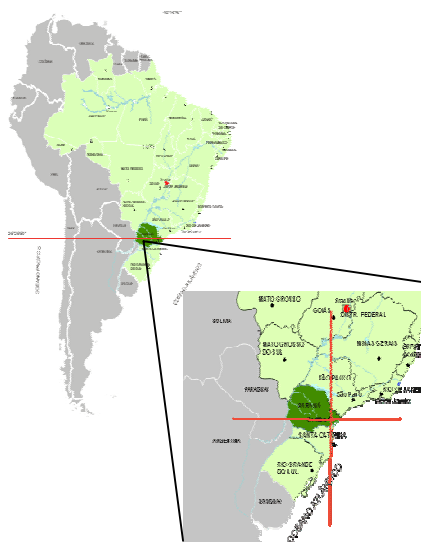


Figura 2- Figura ilustrativa da localização de Curitiba

Oficialmente tem-se que:

- 49°00'e 49°30' LONGITUDE OESTE
- 25°00'e 25°30' LATITUDE SUL

A variável de saída foi a hora solar

A hora solar foi caracterizada primeiramente em função da hora oficial, de uma correção do tempo(equação do tempo) que depende da hora, do dia e mês do ano; e uma correção em relação a diferença geográfica de Curitiba e seu meridiano de referência.

$$\text{Hora solar} = \text{hora de Brasilia} + \text{Equação do Tempo} + (\text{longitude do lugar } (^{\circ}) - \text{longitude do meridiano central} (^{\circ})) \times 4 \text{ (minutos)}$$

Equação 1- Hora Solar

A equação do Tempo incorpora duas variações, uma que representa as posições do Sol Fictício e do Verdadeiro.

Define-se como equação do centro (U) a diferença entre as longitudes eclípticas do Sol Verdadeiro e do Sol Fictício.

$$U = \text{Long Sol}_{\text{verdadeiro}} - \text{Long Sol}_{\text{ficticio}}$$

Equação 2-Equação do Centro

Fazendo a descrição em função dos dias do ano, temos:

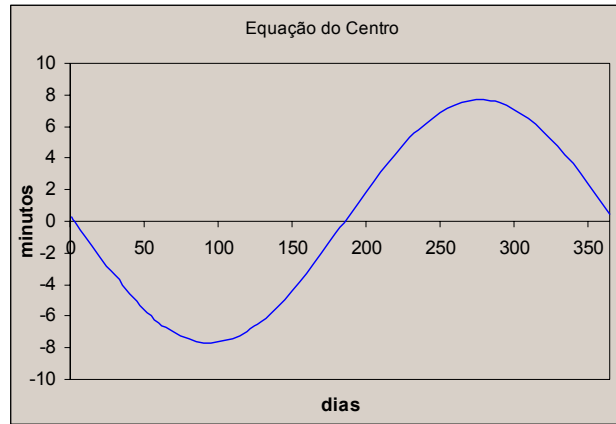


Figura 1 –Equação do Centro x dias do ano

Outra definição importante é a chamada redução ao equador (Q). Esta é definida como a diferença entre a ascensão reta do Sol Verdadeiro e sua longitude eclíptica.

$$Q = \text{Ascensão Sol}_{\text{verdadeiro}} - \text{Longitude Sol}_{\text{verdadeiro}}$$

Equação 3 – Redução ao Equador

Representado pelo seguinte gráfico:

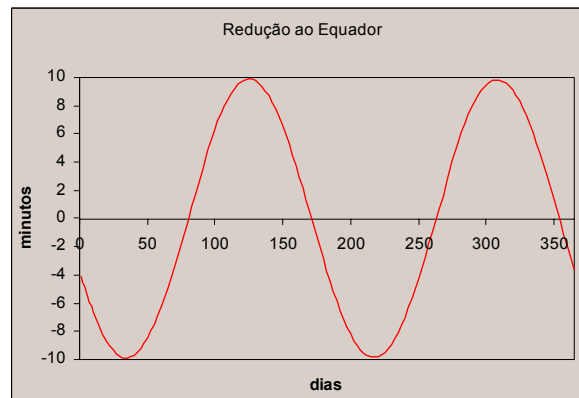


Figura 2 –Redução do Equador x dias do ano

A equação do tempo é representado pela soma da equação do centro e a redução ao equador

$$\text{Equação do Tempo} = U + Q$$

Equação 4- Equação do Tempo

Assim representada :

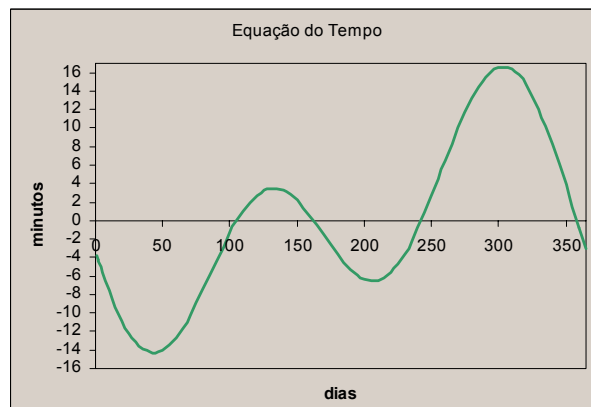


Figura 3 – Correção pela Equação do Centro x dias do ano

## 5. Resíduo de refinaria

A refinaria gera grande variedade de resíduos. cabe a este trabalho estudar os que mais se adaptariam ao sistema de armazenamento solar. Dentre os principais resíduos destacam-se seguindo suas classificações:

Resíduos Classe I – Resíduos Perigosos ao solo

- Coque e enxofre contaminados que não poderiam ser comercializados
- Sedimentos com alto teor de metais pesados
- Resinas catiônicas e aniônicas

Resíduos Classe II e III –Resíduos inertes

- Resíduos Orgânicos

Vale ainda destacar os resíduos sólidos biodegradáveis que são tratados em *Landfarming*, processo biotecnológico :

- Lodos
- Borras oleosas variadas oriundas de tanques e material flotante das lagos
- Lodo da torre de resfriamento
- Emulsão água / óleo

Vale ressaltar o volume de resíduos destinados ao *Landfarming*. O volume aproximado de resíduos pode chegar a 40 m<sup>3</sup> ao mês ao custo que pode chegar à R\$ 520,00 por ano, além de custos adicionais destinados a funcionários, transportes e etc.

Os aterros sanitários são soluções indicadas para a destinação final dos resíduos

## 6. Agradecimentos

- Agência Nacional do Petróleo
- PRH 24
- Departamento de Engenharia Mecânica
- Professor Marcelo Risso Errera
- Professor George Stanescu

## 7. Referências

- Kiely, Gerard, 1996, *Environment Engineering*, McGraw-Hill Book Company.  
Mota, Suetanio, 2000, *Introdução à Engenharia Ambiental*, Segunda edição, Ed. Abes  
Zulauf, Werner Eugenio, 1995, *Resíduos Sólidos Industriais*, Vol.1, Ed. Abes