

## **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS DESVIOS ÓTICOS E DE RASTREAMENTO NA CONCENTRAÇÃO DE COLETOR PARABÓLICO LINEAR**

**M. H. O. Pedrosa Filho**<sup>1,2</sup>, **O. C. Vilela**<sup>1</sup>, **N. Fraidenraich**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Pesqueira.  
BR 232, km 208, Prado, Pesqueira-PE, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear.  
Av. Prof. Luiz Freire, s/n, Recife-PE, Brasil  
e-mail: manael.henrique@yahoo.com.br

**RESUMEN:** En este trabajo son estudiados los efectos de las desviaciones ópticas y del seguimiento solar en la concentración de un sistema parabólico lineal con absorbedor plano. Se analizan las características de la imagen formada en la región focal de la parábola, en relación al tamaño de la imagen y distribución de energía a través del absorbedor. La importancia de elegir la precisión del sistema de seguimiento solar asociada con la calidad de la superficie óptica se muestra a través de simulaciones de tres superficies reflectoras de diferentes características - Superficie perfecta sin desviación, superficie de buena calidad y superficie óptica de baja calidad. Para valores altos de las desviaciones ópticas fue observada una distribución uniforme de la radiación sobre el absorbedor. El promedio de la concentración obtenido en las simulaciones varió de 37 soles para las superficies de baja calidad hasta 87 soles para las superficies de alta calidad. La concentración más alta que se puede obtener de esta geometría es de 106 soles.

**Palabras-clave:** Concentración solar, desviaciones ópticas, distribución de energía.

### **INTRODUÇÃO**

Nesse trabalho foi estudado um sistema de concentração solar para compor uma bancada de ensaios no laboratório de óptica do Grupo FAE (Fontes Alternativas de Energia) da UFPE (Universidade Federal de Pernambuco). O conceito adotado foi de um concentrador formado por uma calha parabólica de foco linear a ser montado sobre um rastreador solar, utilizado para direcionar a radiação para o concentrador, garantindo o alinhamento com o eixo da parábola.

O estudo realizado visa conhecer as características da radiação solar distribuída na região do absorvedor no que se refere aos limites práticos de concentração.

A segunda lei da termodinâmica estabelece um limite de concentração de aproximadamente 215 para coletores bidimensionais (Rabl, 1985). Na prática, os valores obtidos são menores devido a uma série de fatores como o desenho óptico dos concentradores, irregularidades das superfícies do sistema óptico, a dispersão dos raios solares na atmosfera e aos desvios do posicionamento do rastreador. Para uma cavidade parabólica 2D com absorvedor plano, considerando-se o meio ângulo do cone solar ( $\theta_s$ ) igual a 4,65 mrad, a máxima concentração que se pode obter é de 104,8 sois, o que representa menos de 50% do limite termodinâmico. Isso ocorre pelo simples fato de que a calha parabólica não é um concentrador ideal.

Adicionalmente, o aumento aparente do tamanho angular do sol provocado pela dispersão raios na atmosfera (Puliaev et al., 2000), e pelas distorções produzidas na superfície refletora (Buie et al., 2003), também produz uma redução na concentração da radiação.

Os erros de alinhamento do rastreador também afetam o valor final da concentração devido a um deslocamento produzido na imagem. Algoritmos sofisticados de cálculo de posicionamento solar (Grena et al., 2007) associados a sistemas de controle permitem aumentar a precisão dos sistemas de posicionamento.

Uma análise das características da imagem formada no foco da parábola, a distribuição do fluxo de energia ao longo do absorvedor, e os possíveis níveis de concentração foram avaliados.

### **CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CONCENTRADOR**

O sistema a ser analisado consiste de uma calha parabólica com diâmetro da abertura de 1,64 m e distância focal de 1 m, revestido com superfície refletora que atua como estrutura ótica de concentração, instalada sobre um rastreador solar. O absorvedor, localizado no plano focal, tem geometria plana. Suas dimensões são definidas de acordo com a geometria da parábola e o meio-ângulo de abertura do cone solar ( $\theta_s$ ).

A geometria do concentrador impõe limitações físicas na coleção dos raios solares que atingem a sua abertura. Em concentradores convencionais – não ideais - como parábolas e lentes, o desenho óptico faz com que os limites teóricos não sejam alcançados, devido à característica de aceitação angular não ser ideal rejeitando e/ou aceitando raios além de sua abertura. O maior valor da concentração média que se pode obter para concentradores do tipo calha parabólica com absorvedor plano é dado por (Rabl, 1985):

$$C_{geom} = \left( \frac{\text{sen} \varphi_r \cos(\varphi_r + \theta_s)}{\text{sen}(\theta_s)} \right) - 1 \quad (1)$$

Utilizando a Eq. 1, obtém-se para a concentração média geométrica desse tipo de concentrador um valor da ordem de 104,8 sóis. O valor do ângulo de borda ( $\varphi_r$ ) utilizado foi de  $44,5^\circ$ . O valor de ( $\theta_s$ ) assumido foi de 4,65 mrad. O valor obtido para a concentração não considera possíveis desvios óticos e desalinhamentos do sistema.

A Eq. 2 (Duffie e Beckmann, 1991) fornece o tamanho total da imagem que é refletida no absorvedor, utilizando os parâmetros propostos acima do concentrador, obtém-se um tamanho de 0,0153 m da imagem, tamanho este que deve ter o absorvedor para que possa captar todos os raios oriundos da superfície parabólica do coletor.

$$W = \frac{2 \cdot r_r \cdot \text{sen}(\theta_s)}{\cos(\varphi_r + \theta_s)} = \frac{a \cdot \text{sen}(\theta_s)}{\text{sen}(\varphi_r) \cdot \cos(\varphi_r + \theta_s)} \quad (2)$$

### DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA SOBRE O ABSORVEDOR

Um software de traçamento de raios foi utilizado com o objetivo de se obter a distribuição de energia sobre o absorvedor observando-se os efeitos dos erros na concentração e distribuição da imagem (NREL, 2008).

Nesse software, o sistema óptico é organizado em estágios que estão inseridos em um sistema de coordenadas global. um estágio é definido como uma parte do sistema óptico e é composto por elementos, cada elemento consiste de uma superfície, que possui uma forma geométrica e propriedades óticas definidas. Os estágios podem ser definidos de duas formas, estágio óptico é aquele que interage fisicamente com os raios, mudando sua trajetória, e o estágio virtual que não interage com os raios, servindo assim como lugar geométrico onde será possível a avaliação da incidência dos raios. Para aplicações solares esse estágio representa o absorvedor, Fig. 1.

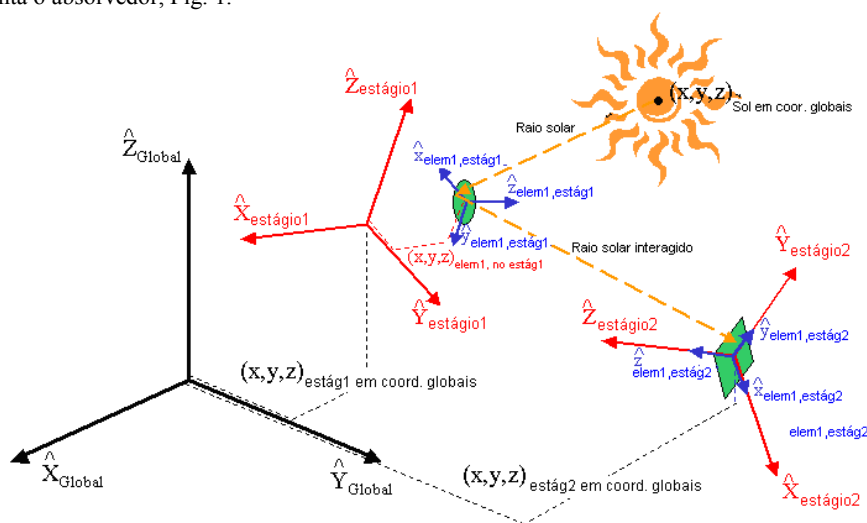


Figura 1: Sistema de coordenadas global e dos estágios. Fonte: NREL (2008)

Em relação às coordenadas globais, os valores positivos do eixo X apontam na direção oeste, os valores positivos do eixo Y apontam no sentido da normal local e os valores positivos do eixo Z na direção norte. Em relação às coordenadas do estágio e dos elementos mostrados na Fig. 1, os eixos X e Y representam as coordenadas no plano do estágio e do elemento e o eixo Z representa a normal do estágio e do elemento.

Considera-se o sistema composto por dois estágios, o primeiro, representando a posição do coletor parabólico, um refletor parabólico de foco linear (2D) (1º estágio) com abertura de 1,64 m, comprimento de 3 m e distância focal de 1 m, cuja interação com os raios é por meio da reflexão e o segundo do absorvedor plano, que consiste em um absorvedor plano retangular (0,0153 x 3 m), situado na região focal do coletor parabólico, com coordenadas globais de (0,1,0) estando esta superfície voltada para o 2º estágio, e portanto, com coordenadas do estágio (0,0,-1)

A Fig. 2 mostra o resultado do traçamento dos raios, estando o sol alinhado com o sistema, ou seja, os raios incidem paralelos ao eixo da parábola. Observa-se a reflexão dos raios do concentrador parabólico convergindo para o absorvedor situado no foco.

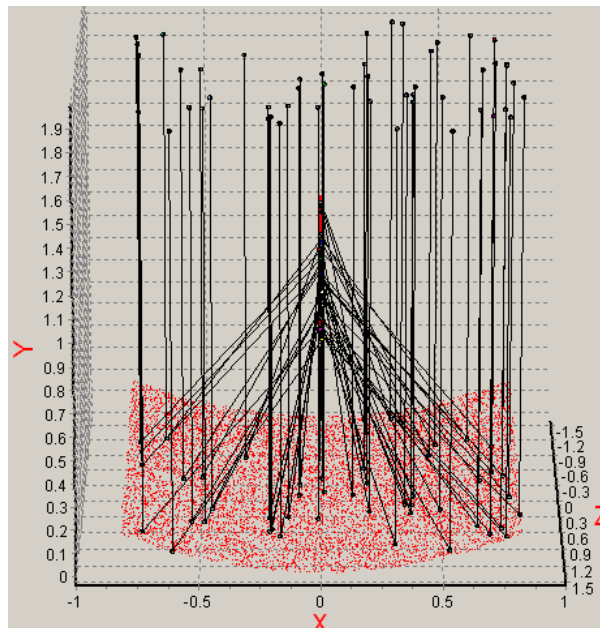


Figura 2: Resultado da simulação do sistema.

A Fig. 3 mostra a distribuição da energia no absorvedor do sistema, gerada pelo software Soltrace. Foram considerados nulos os erros ópticos e de alinhamento. O perfil da distribuição do cone solar foi considerado constante.

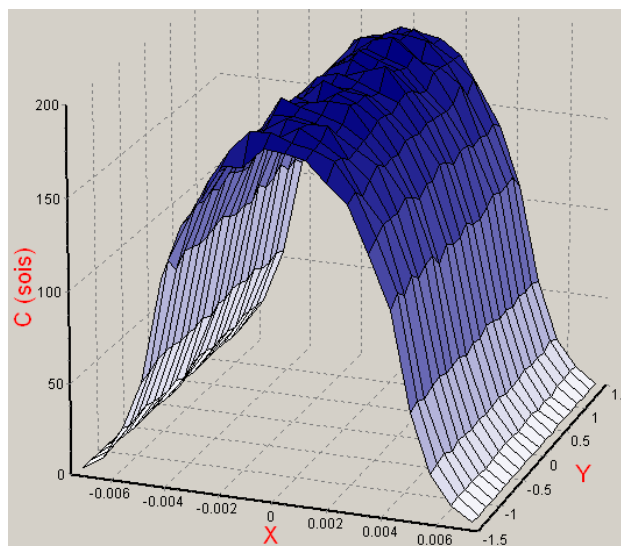


Figura 3: Distribuição da energia sobre o absorvedor desconsiderando os erros.

Nesta simulação obteve-se um valor de concentração médio de 106 sóis, valor comparável ao obtido anteriormente com a (Eq. 1). A concentração máxima obtida foi de aproximadamente 199 sóis e o tamanho da imagem estimado por meio do gráfico foi de aproximadamente 0,0153 m. Na prática, com as devidas considerações sobre os erros ópticos as concentrações obtidas são bem menores.

#### Considerações sobre os erros ópticos

Em um sistema concentrador de radiação solar, a redução da concentração obtida em relação aos valores máximos teóricos pode ser atribuída a diferentes efeitos tais como, imperfeições dos materiais utilizados (superfícies refletoras), erros de posicionamento do sistema de rastreamento e ao alinhamento dos componentes ópticos e os efeitos físicos relativos ao trajeto da radiação solar na atmosfera.

As imperfeições das superfícies refletoras estão relacionadas com a imagem refletida por uma superfície que é distorcida devido a dois principais efeitos, o primeiro é a interação da superfície com a radiação incidente que, devido às micro-ruídos da mesma, forma uma nuvem dispersa na imagem refletida ( $\sigma_{\text{especular}}$ ). O segundo efeito é o desvio de contorno ( $\sigma_{\text{contorno}}$ ) provocado pelas imperfeições da superfície dos espelhos devido ao processo de fabricação (Buie et al., 2003). O resultado dessas distorções é um aumento aparente do tamanho angular do sol visto pelo absorvedor.

Os efeitos do desvio especular ( $\sigma_{\text{especular}}$ ) e de contorno ( $\sigma_{\text{contorno}}$ ) podem ser visualizados na Fig. 4.

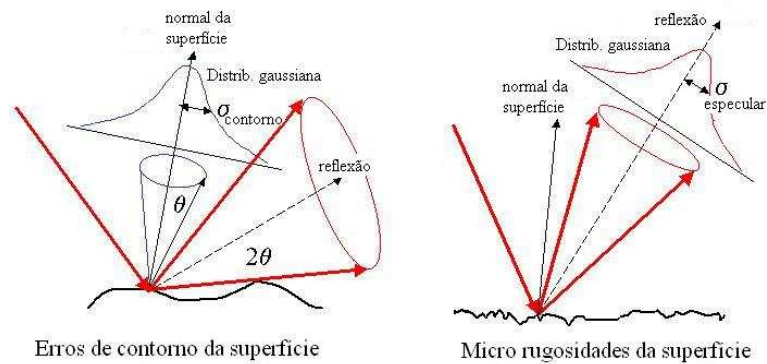


Figura 4: Efeito dos desvios especular e de contorno. Adaptada de NREL, 2008.

As distorções no alinhamento dos componentes do concentrador como lentes, parábolas, espelhos dispostos na estrutura do concentrador provocam os desvios de deslocamento ( $\sigma_{\text{deslocamento}}$ ). Os desvios de rastreamento ou tracking estão relacionados com a precisão do sistema de posicionamento e com a metodologia de controle do mesmo ( $\sigma_{\text{rastreamento}}$ ). Os efeitos combinados dos desvios provocados pela superfície do concentrador, desvios de deslocamento e de rastreamento compõem o erro óptico do sistema concentrador ( $\sigma_{\text{optico}}$ ), Eq. 3.

$$\sigma_{\text{optico}}^2 = 4 \cdot \sigma_{\text{contorno}}^2 + \sigma_{\text{especular}}^2 + \sigma_{\text{deslocamento}}^2 + \sigma_{\text{rastreamento}}^2 \quad (3)$$

O fenômeno físico relativo à dispersão dos raios solares em sua trajetória através da atmosfera, é aqui denominado desvio de tamanho do sol. A dispersão causada pela atmosfera foi avaliada por meio do monitoramento das variações do diâmetro aparente do sol. Puliaev et al. (2000) realizaram medidas entre os anos de 1997 e 1999 que resultaram em um valor do meio ângulo solar de 4,649 mrad com um desvio de 0,002 mrad. O efeito conjunto desses fatores na perda de concentração é dado pelo desvio total ( $\sigma_{\text{tot}}$ ) do sistema, obtido como a média quadrática de todos os desvios.

$$\sigma_{\text{tot}}^2 = \sigma_{\text{optico}}^2 + \sigma_{\text{sol}}^2 \quad (4)$$

Onde  $\sigma_{\text{sol}}$  é o desvio do raio angular do sol.

O tamanho angular da imagem do sol formada na região focal está definido pela composição dos erros ópticos, ou seja, por  $\sigma_{\text{tot}}$ . Quando o tamanho do absorvedor é definido considerando-se apenas a abertura angular do sol, ou desconsiderando-se algum tipo de desvio óptico, uma parcela da radiação incidente na região focal estará localizada fora da região absorvedora.

#### Simulação dos efeitos dos desvios ópticos na concentração

Utilizando-se o software Soltrace foram simuladas diferentes situações relativas aos desvios de formação da imagem. Além da própria distribuição de radiação proveniente do disco solar, é possível especificar no software as características ópticas de todos os elementos através dos valores de índices de refração, refletividade, transmissividade, desvio especular ( $\sigma_{\text{especular}}$ ) e da superfície ( $\sigma_{\text{contorno}}$ ). Variando-se os valores do desvio especular ( $\sigma_{\text{especular}}$ ) e do desvio de contorno ( $\sigma_{\text{contorno}}$ ) foram obtidas as concentrações médias e máximas sobre o absorvedor. A influência do desvio especular sobre a concentração é mostrada na Fig. 5.

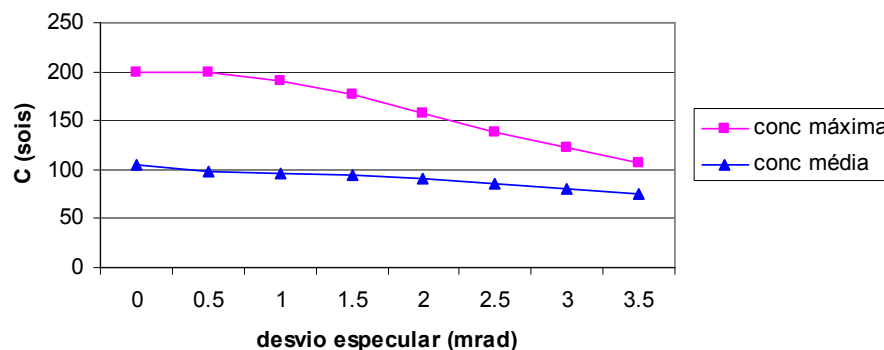


Figura 5: Variação da concentração com o desvio especular.

Observa-se que para desvios de até 0,5 mrad a concentração máxima permanece praticamente a mesma, de aproximadamente 200 sóis. Entre ( $\sigma_{\text{especular}} = 0$  mrad) e ( $\sigma_{\text{especular}} = 3,5$  mrad) a concentração máxima varia de 198 sóis até aproximadamente 105 sóis. Os valores de concentração média apresentam um comportamento mais uniforme, variando entre 105 sóis para ( $\sigma_{\text{especular}} = 0$ ) e 75 sóis para ( $\sigma_{\text{especular}} = 3,5$  mrad).

A influência do desvio de contorno é mostrada na Fig. 6, observa-se, como esperado (vide Eq.3) que os efeitos desses desvios, na composição do desvio total são maiores. As variações obtidas na concentração máxima são de 199 sóis para 63 sóis (de 0 a 3,5 mrad) e na concentração média de 105 para 46 sóis.

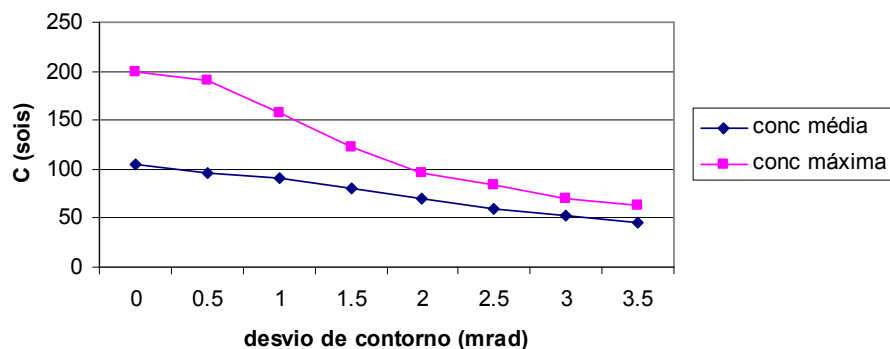


Figura 6: Variação da concentração com o desvio de contorno

O efeito conjunto dos desvios simulados acima será tratado posteriormente para superfícies refletoras com diferentes características.

#### Efeitos dos desvios considerando-se superfícies refletoras reais

Considerando-se todos os desvios ópticos, simulou-se uma situação mais próxima da real para a obtenção do comportamento da concentração média.

As simulações foram realizadas adotando-se  $\sigma_{\text{sol}} = 4,65$  mrad (Buie et al., 2003),  $\sigma_{\text{especular}} = 1$  mrad (Butler e Pettit, 1977), e utilizando-se dois tipos de superfícies refletoras, uma de boa qualidade ( $\sigma_{\text{contorno}} = 0,2$  mrad) e outra de baixa qualidade ( $\sigma_{\text{contorno}} = 8$  mrad) (Buie et al., 2003). A partir dos valores estabelecidos, foi calculado, para superfícies consideradas de boa qualidade, um desvio total ( $\sigma_{\text{tot}}$ ) de 4,77 mrad. Para superfícies de baixa qualidade ( $\sigma_{\text{tot}}$ ) é da ordem de 16,6 mrad.

A influência do desvio de rastreamento sobre o desvio total do sistema, é mostrada na Fig. 7 para os dois tipos de superfície refletora (alta e baixa qualidade).

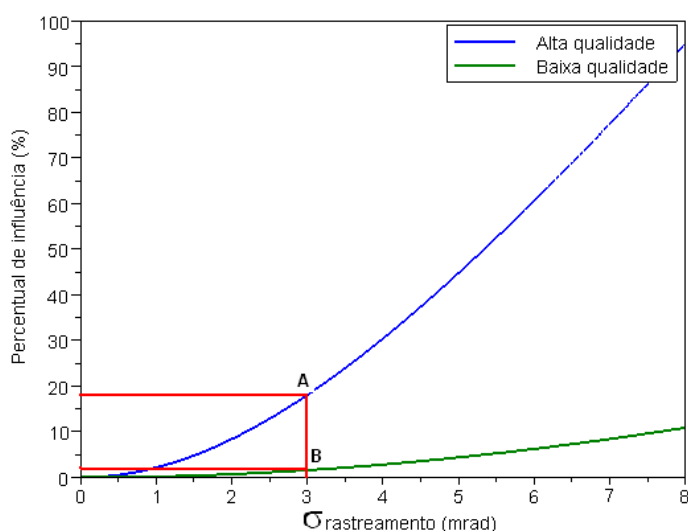


Figura 7: Influência do desvio do rastreamento sobre o desvio total.

Como se pode observar (Fig. 7), para um refletor de baixa qualidade, um desvio de rastreamento de 3 mrad causa uma influência pequena, da ordem de 2% (ponto B) no desvio total do sistema. Para um espelho de alta qualidade, esse mesmo desvio (3 mrad) representa uma influência de cerca de 18% (ponto A) do desvio total. Esses dados evidenciam a importância da escolha adequada com as devidas considerações sobre a qualidade do refletor e do sistema de rastreamento.

A distribuição da radiação sobre a região absorvedora é mostrada na Fig. 8 para os dois tipos de refletores considerados (alta e baixa qualidade).

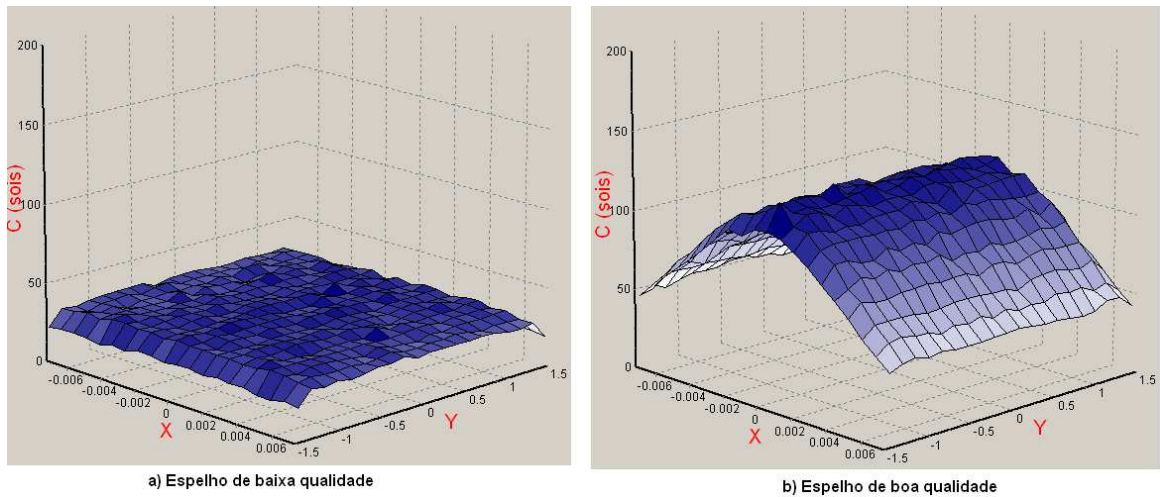


Figura 8: Distribuição da energia sobre o absorvedor com espelhos de baixa e boa qualidade.

Observa-se na Fig. 8 que a utilização de espelhos de baixa qualidade reduz drasticamente o valor médio da concentração (da ordem de 32 sóis), uma característica interessante dessa configuração é a grande uniformidade obtida na distribuição da radiação sobre o absorvedor. A utilização de espelhos de boa qualidade produz uma distribuição menos uniforme, entretanto com maiores valores de concentração média (87 sóis).

### DESALINHAMENTO DO TRACKER

Estabelecendo-se coordenadas globais para o posicionamento do rastreador tais que correspondam a ângulos específicos de desalinhamento entre o eixo da parábola e os raios solares (Fig. 9) é possível simular o efeito de erro de tracking no deslocamento da imagem formada na região focal.

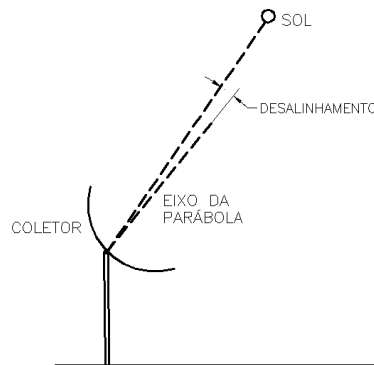


Figura 9: Parábola com desalinhamento em relação ao vetor solar.

A Fig. 10 ilustra o deslocamento da imagem formada ao longo do absorvedor da parábola para ângulos de desalinhamento de tracking de 0°, 0,2° e 0,4°. A simulação foi realizada para ângulos de desalinhamento de até 0,7°. Não foram considerados os efeitos dos desvios ópticos de contorno e especular.

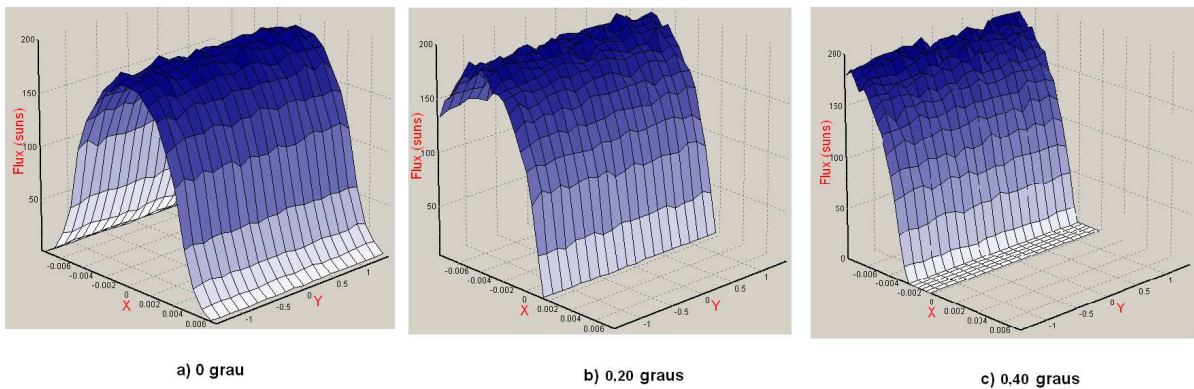


Figura 10: Deslocamento da imagem com desalinhamento do rastreador.



Os resultados das simulações da Fig. 10 foram obtidos considerando-se apenas o desalinhamento do sol transversal em relação à parábola. Embora fosse esperado um aumento da imagem formada na região focal, a simulação com o Soltrace não mostra esse efeito.

O comportamento da concentração média com o aumento do ângulo de desalinhamento, considerando-se três casos de superfícies refletoras: sem desvios ópticos, superfície considerada de boa qualidade e superfície de baixa qualidade é mostrado na Fig. 11. Para todas as simulações foi utilizado a largura do absorvedor de 0,015 m que é o tamanho teórico da imagem quando são desconsiderados os erros ópticos.

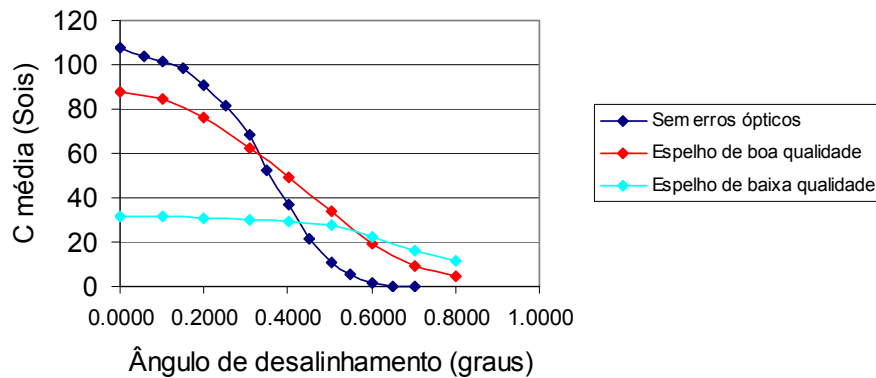


Figura 11: Simulação da variação da concentração média com o aumento do desvio de rastreamento.

Observa-se que o deslocamento da imagem com relação ao absorvedor devido ao aumento do ângulo de desalinhamento provoca uma diminuição da região iluminada (Figs. 10 e 11). Uma redução na concentração média aparece como resultado desse efeito. Na condição sem erros ópticos, observa-se que com o aumento do desvio do rastreamento, a variação da concentração é bastante acentuada. Nessa condição, para valores de ângulo de desalinhamento maiores que 0,65° nenhuma imagem será formada sobre o absorvedor. Um erro de tracking da ordem de 0,1 grau - classificado como alta precisão - provoca uma queda de 5% na concentração. Para espelhos de boa qualidade, observa-se inicialmente uma diminuição do valor da concentração, porém a taxa de variação é menor que no caso anterior. Com a utilização de espelhos de baixa qualidade, a variação do erro de rastreamento praticamente não causa influência significativa no valor médio da concentração até o ângulo de 0,6° (10 mrad), a partir deste valor, a taxa de variação da concentração é maior.

#### Considerações sobre fator de interceptação e tamanho do absorvedor

Observando-se a Fig. 8 B verifica-se que uma redução no tamanho do absorvedor resulta em um aumento no valor da concentração média do sistema. Essa é uma estratégia usualmente proposta com essa finalidade. Entretanto, o aumento da concentração é acompanhado pela perda de energia que incidirá fora do absorvedor (Fig. 12). Uma forma de avaliar a perda de energia em um dispositivo concentrador é através do fator de interceptação da imagem. Define-se o fator de interceptação ( $\gamma$ ) como sendo a fração da energia que chega a um absorvedor em relação à energia que incide na abertura de um coletor solar (Duffie e Beckmann, 1991). A equação 5 permite o cálculo do fator de interceptação que graficamente é representado em função do produto entre o desvio óptico e a concentração ( $\sigma C$ ).

$$\gamma = \frac{I_{in}}{I_b} = \frac{\int_{-A}^B I(w)dw}{\int_{-\infty}^{\infty} I(y)dy} \quad (5)$$

onde  $I_{in}$  representa a irradiação total que chega ao absorvedor, já considerados todos os desvios ópticos e  $I_b$  é a radiação direta que chega a abertura do coletor. Baseado nestas definições e em simulações para diferentes tamanhos de absorvedor, obtém-se o fator de interceptação da calha parabólica (Figura 12).

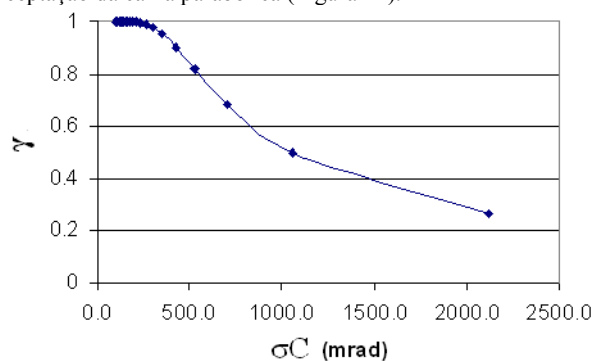


Figura 12: Fator de interceptação para calha parabólica.

Utilizando-se a Fig. 12, pode-se determinar, por exemplo, o menor tamanho do absorvedor que corresponde à maior concentração, para o qual é possível coletar toda a energia proveniente do refletor ( $\rho=1$ ), considerando-se os erros óticos. Para  $\sigma_{\text{tot}} = 6,21$  mrad esse tamanho será de 0,045 m com uma concentração média de 33 sóis. O absorvedor proposto anteriormente com 0,015 m (Equação 2), apresentaria uma concentração média de 68 sóis, entretanto, em uma perda de energia da ordem de 31,6% ( $\gamma=0,684$ ).

A relação entre concentração, desvio ótico e fator de interceptação pode ser utilizada como procedimento de otimização de sistemas concentradores de acordo com as exigências da aplicação desejada.

## COMENTÁRIOS FINAIS

A máxima concentração para a geometria parabólica em estudo (foco linear e absorvedor plano) sem desvios óticos é de 106 sóis. Nesse trabalho foram realizadas simulações de situações que permitiram descrever o comportamento da concentração desses sistemas em condições próximas das condições reais, considerando-se os desvios óticos (desvio de contorno, especular) e os desvios de rastreamento.

As características da distribuição de concentração e do tamanho da imagem formada na região focal da parábola foram analisadas para três tipos de superfícies refletoras – superfície perfeita, sem desvio ótico, superfície de boa qualidade e superfície de baixa qualidade. Para valores elevados de desvios óticos observou-se uma uniformização da distribuição da radiação sobre o absorvedor. Os valores de concentração média obtidos nas simulações realizadas variaram de 37 sóis para superfícies de baixa qualidade até 87 sóis para superfícies de alta qualidade.

Uma avaliação do efeito do desalinhamento do rastreador no deslocamento da imagem formada foi apresentada. Na condição sem erros óticos quando o ângulo de desalinhamento atinge valores maiores que  $0,65^\circ$  nenhuma imagem é formada sobre o absorvedor. Nessa configuração um erro de alinhamento da ordem de  $0,1$  graus - classificado como alta precisão - provoca uma queda de 5% na concentração. Para espelhos de boa qualidade, essa queda é da ordem de 3,6%. Com a utilização de espelhos de baixa qualidade, a variação do erro de rastreamento praticamente não causa influência significativa no valor médio da concentração até o ângulo de  $0,6^\circ$  (10 mrad), a partir deste valor, a taxa de variação da concentração é maior.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à CAPES pelo incentivo por meio do fornecimento de bolsas de estudo e a aquisição dos equipamentos e materiais que permitiram a realização deste estudo

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, R. J., Collares-pereira, M., Conde, P. J. (1988). Simple procedure for generating sequences of daily radiation values using a library of Markov transition matrices. *Solar Energy*, 40, 3, 269-279.
- Blanco-muriel, M., Alarcón-padilla, D. C., López-moratalla, T., Lara-coira, M. (2001). Computing the solar vector. *Solar Energy*, 70, 5, 431- 441.
- Buie, D., Dey, C. J., Bosi, S. (2003). The effective size of solar cone for solar concentrating systems. *Solar Energy*, 74, 5, 417 - 427.
- Butler, B. L., Pettit, R. B. (1977). Optical evaluation techniques for reflecting solar concentrator. *Optics Applied to Solar Energy Conversion*. Society of photo-optical instrumentation engineers, 114, 43 - 49.
- Collares-pereira, M., Rabl, A. (1979). The average distribution of solar radiation-correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. *Solar Energy*, 22, 2, 155 - 164.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons.
- Evans, D. L. (1976). On the performance of cylindrical parabolic solar concentrators with flat absorbers. *Solar Energy*, 19, 379 – 385.
- Kolb, Greg J., Diver, Richard B. (2008). Conceptual design of an advanced though utilizing a molten salt working fluid. *SolarPACES Symposium*.
- NREL. (2008). *SolTrace Documentation*.
- Puliaev, S., Penna, J. L., Jilinski, E. G., Andrei, A. H. (2000). Solar diameter observations at Observatório Nacional in 1998-1999. *Astron. Astrophys. Ser.*, 143, 265 - 267.
- Rabl, A. (1985). *Active solar collectors and their applications*. New York: Oxford University Press.

## ABSTRACT

This work studied the effects of deviations and optical tracking system in the concentration of a linear parabolic solar absorber plane. The characteristics of the image formed in the focal region of the parabola, with respect to the image size and distribution of energy throughout the absorber are analyzed. The importance of choosing the precision of the tracker associated with quality optics is shown through simulations of three reflecting surfaces of different characteristics - perfect surface without deviation optical surface quality and surface of low quality. For high values of optical deviations observed a uniform distribution of radiation on the absorber. The average concentration obtained in the simulations ranged from 37 suns for areas of low quality up to 87 suns for high-quality surfaces. The highest concentration that can be obtained for this geometry is 106 suns.

**Key words:** Solar Energy, Solar Concentrators, Ray-tracing, Energy Distribution.