

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS CONSTRUTIVOS DE COLETORES PARABÓLICOS LINEARES.

Milton Matos Rolim – miltonrolim@itep.br

Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Centro Tecnológico do Araripe

Naum Fraidenaich – nf@ufpe.br

Olga de Castro Vilela – ocv@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear

Resumo. Este trabalho apresenta um estudo detalhado da otimização de parâmetros construtivos de coletores parabólicos lineares, em função da concentração geométrica. Foi simulada uma coluna de 16 coletores LS-2, em série, como dispostos em uma central solar termoelétrica. É estudada a variação da eficiência de conversão da energia solar em energia térmica, através da variação da concentração. A influência dos erros óticos, causados pelos mais diversos fatores, entre eles a variação do tamanho aparente do Sol ao longo do dia e do ano, se mostrou fundamental no dimensionamento do coletor parabólico linear, indicando que o fator local, isto é, a latitude pode ter grande influência na escolha da melhor concentração geométrica do coletor.

Palavras-chave: Energia Solar, Concentrador Solar, Coletor Cilíndrico parabólico, Fator de Intercepção.

1. INTRODUÇÃO

O projeto de um coletor ideal depende da distância focal (f), ângulo de borda (ϕ) e dimensão angular do sol (θ_s). A distância focal desempenha o papel de um fator de escala. Uma vez definida a abertura e o ângulo de borda do coletor fica automaticamente definida a distância focal. A relação de concentração pode ser calculada a partir dos parâmetros anteriores. Neste trabalho são apresentados estudos detalhados da produção de energia térmica de uma coluna de concentradores em função da concentração, operando sob diversas condições de radiação solar e temperatura.

Devido a influência que o ângulo de borda e as dimensões do disco solar exercem sobre o desempenho do coletor, a sensibilidade da eficiência térmica com esses parâmetros também foi estudada. Os resultados mostram que existe uma concentração que maximiza a energia térmica útil produzida pelo concentrador.

2 REVISÃO DE CONCEITOS

2.1 Concentração

A relação de concentração pode ser definida como concentração geométrica, expressa pela relação entre área de abertura do coletor (A_{col}) e área da superfície absorvedora (A_{abs}) e como concentração em irradiância, definida como a relação das irradiâncias nas superfícies do absorvedor (I_{abs}) e na abertura do coletor (I_{col}), Eq. (1).

$$C = \frac{A_{col}}{A_{abs}} \quad C_I = \frac{I_{abs}}{I_{col}} \quad (1)$$

Estas definições estão intimamente ligadas à definição de ângulo de aceitação (θ_a), que estabelece a fração de raios incidentes na abertura que conseguem atingir o absorvedor. No caso ideal raios, dentro do intervalo angular (θ_a), são aceitos e os raios que se encontram fora do intervalo são rejeitados (Rabl, 1985).

De acordo com os trabalhos de Winston (1970) e Baranov; Melnikov (1966), os limites termodinâmicos da concentração de concentradores tridimensional e bidimensional, são respectivamente:

$$C_{máxima3D} = \frac{1}{(\text{sen } \theta_a)^2} \quad \text{e} \quad C_{máxima2D} = \frac{1}{\text{sen } \theta_a} \quad (2)$$

onde (θ_a) é o ângulo de aceitação.

2.2 Coletor cilindro parabólico linear

O coletor parabólico de foco linear necessita de acompanhamento do Sol para manter o paralelismo entre o feixe de radiação e o plano de simetria longitudinal da parábola. A Fig. 1 apresenta esquematicamente a geometria para cálculo da concentração geométrica em um coletor parabólico linear. Na Fig. 1 (O) é o foco da parábola, (B) o ponto em que o eixo de simetria encontra a superfície refletora (centro do espelho), ($2X_A$) é a abertura do coletor, (A) a borda do coletor, (ϕ) o ângulo de borda do coletor (AOB), (f) a distância focal, (θ_a) o ângulo de aceitação.

O diagrama de raios no refletor parabólico bidimensional é independente do ângulo entre o raio incidente e o plano (xy), plano perpendicular ao tubo absorvedor. Por tal motivo, a distância focal do coletor parabólico linear não muda com a elevação. Porém, existem duas propriedades dos coletores parabólicos lineares para as quais esta elevação do Sol,

em relação ao plano de projeção do raio faz diferença. A primeira é a perda de radiação no final do coletor e a segunda, o aumento do intervalo angular do Sol projetado (Rabl, 1985). Este último efeito merece um estudo particular já que depende do local de instalação.

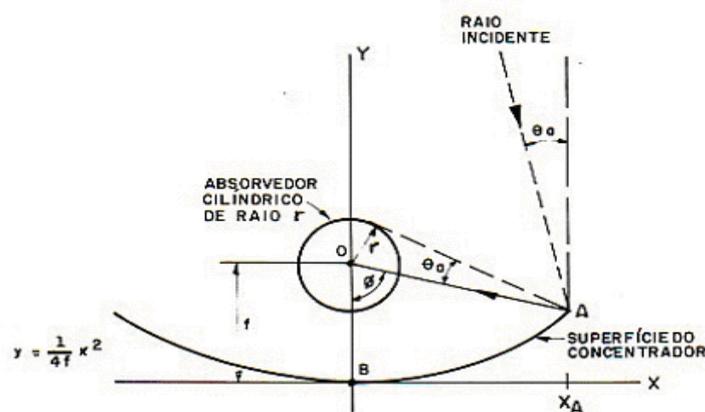


Figura 1 - Geometria no coletor parabólico de foco linear.
Extraído de Fraidenraich e Lyra (1995).

Se o absorvedor é centralizado em torno da linha de foco (O) e se o raio do absorvedor (r) é tal que os raios com o maior desvio igual a (θ_a) são tangentes à superfície do absorvedor, a concentração geométrica é dada por:

$$C_{cil} = \frac{2X_A}{W} \quad (3)$$

onde $W=2\pi r$ é o perímetro externo do absorvedor. Portanto

$$C_{cil} = \frac{2AO \overline{\sin \phi}}{2\pi r \overline{\sin \theta_a} AO} = \frac{\overline{\sin \phi}}{\pi \overline{\sin \theta_a}} = \frac{\overline{\sin \phi}}{\pi} \frac{1}{\overline{\sin \theta_a}} \quad \text{ou} \quad C_{cil} = \frac{\overline{\sin \phi}}{\pi} C_{m\acute{a}xima2D} \quad (4)$$

onde ($C_{m\acute{a}xima2D}=1/\overline{\sin \theta_a}$) é a concentração máxima de concentrador bidimensional, apresentada na Eq. (2). O máximo da Eq. (4) é dado para o ângulo de borda $\phi=90^\circ$.

Segundo Rabl (1985), o Sol corresponde a um disco de raio angular $\theta_a = 4,8$ mrad ou $0,275^\circ$, quando observado da Terra. Neste caso (concentrador cilíndrico parabólico), a concentração máxima, dada pela Eq. (4), é aproximadamente 66,3.

Entretanto observa-se que os concentradores construídos e instalados em centrais solares possuem uma concentração da ordem de 25 a 27. Precisamente, este trabalho procura identificar o intervalo de relações de concentração que melhor se adequa ao funcionamento de concentradores cilindro parabólicos destinados a converter radiação solar em energia térmica.

2.3 Relação entre o ângulo de borda e comprimento da parábola

Rolim (2007) fez um estudo comparando a melhoria da concentração e o aumento do comprimento do espelho de um coletor parabólico linear, normalizados para a concentração máxima. Foi observado que, a partir de 70° (ângulo de borda dos coletores LS-2) até 90° (ângulo teórico de maior concentração possível), existe um ganho de apenas 5% na concentração, contra um aumento de 32% no comprimento do espelho.

Lisboa (2007) confirma que a escolha do ângulo em torno de 70° se mostrou mais adequada para o protótipo utilizado nos seus estudos, principalmente pela redução significativa dos efeitos do vento sobre os coletores. Ao contrário, segundo Gordon (2007), nos novos coletores tem-se optado por ângulos maiores que 90° , para fazer coincidir a linha do centro de massa dos refletores, com a linha focal do coletor parabólico linear.

2.4 Iluminação do absorvedor

De acordo com Pedrosa Filho (2010), devido ao espalhamento da radiação causado inicialmente pela dispersão da atmosfera e posteriormente pela interação dos raios solares com a superfície refletora (irregularidades da superfície refletora e desvios da normal à superfície parabólica, com relação ao perfil teórico), considera-se, na prática, que o sol "visto" pelo absorvedor tem um diâmetro angular maior do que o descrito por observações laboratoriais. A consequência deste efeito é que haverá um maior espalhamento da energia que incidirá no absorvedor, causando, portanto, uma perda de eficiência, pois uma parcela da energia que adentrará pela abertura do concentrador, não incidirá no absorvedor.

Outras causas pelas quais os raios não atingem o absorvedor são: deslocamentos verticais e horizontais da superfície absorvedora em relação à posição teoricamente definida (região focal) e erros do sistema de rastreamento. Quando se analisa um campo de coletores, e não um único coletor, estes desvios podem ser considerados como de caráter estatístico. Finalmente cabe considerar o aumento do diâmetro do disco solar devido ao ângulo zenital de incidência dos raios solares. Os diferentes desvios, espalhamento e erros podem ser sintetizados por meio de uma

função de distribuição normal (função de erros) que agrupa as diferentes causas mencionadas. A combinação do tamanho do disco solar com a função de erros conduz a uma função de brilho solar efetiva que torna o diâmetro angular do Sol visto pelo absorvedor maior que aquele observado em forma direta (Rabl, 1985).

2.5 Fator de Interceptação.

A quantidade de radiação que atinge efetivamente o absorvedor é quantificada por meio do fator de interceptação (γ). O cálculo do fator de interceptação inicia-se com a função de aceitação angular do concentrador ($F_{(C\theta)}$) que mede a fração de um feixe de raios paralelos que depois de incidir na abertura com ângulo (θ) alcança o absorvedor.

A função de aceitação angular ($F_{(C\theta)}$) depende exclusivamente da geometria da cavidade concentradora. Para determinar a quantidade de energia que chega ao absorvedor esta função é ponderada com a intensidade do brilho solar de acordo com o produto ($F_{(C\theta)}B_{ef}(\theta)$). Em consequência, o fator de interceptação é dado por:

$$\gamma = \int_{-\infty}^{\infty} F(C\theta) \cdot B_{ef} d\theta \quad (5)$$

e se adotamos uma distribuição normal para a função de brilho, o fator (γ) pode ser escrito como

$$\gamma = \int_{-\infty}^{\infty} F(C\theta_i) \frac{1}{\sigma_{tot} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\theta_i^2}{2\sigma_{tot}^2}\right] d\theta_i \quad (6)$$

Cabe notar que a distribuição de brilho caracterizada pelo desvio padrão (σ), se estende bem além de ângulos θ . Por tal motivo o fator de interceptação (γ) pode ser menor do que um para concentrações teóricas calculadas a partir de (σ) como raio do disco solar Eq. (4).

2.6 Eficiência térmica.

A energia térmica útil produzida por um coletor, considerando-se a incidência perpendicular à área da abertura do coletor, pode ser escrita como a diferença entre a radiação absorvida pelo absorvedor e as perdas térmicas.

$$q_u = \rho\tau\alpha A_{col} A_{abert} - q_{perdas} A_{abs} \quad (7)$$

a partir da qual, a eficiência de conversão de energia solar em energia térmica pode ser escrita como

$$\frac{q_u}{I_{col} A_{abert}} = \eta_{ter} = \rho\tau\alpha\gamma - \frac{q_{perdas}}{I_{col}} \frac{1}{C} \quad (8)$$

A refletividade das superfícies refletoras é expressa por (ρ), a transmissividade das superfícies transparentes ultrapassadas pela radiação por (τ), a absorvidade da superfície do absorvedor por (α), o fator de interceptação por (γ) e a irradiância na abertura do coletor por (I_{col}). O termo de perdas térmicas depende da temperatura de operação e do nível de radiação solar.

A Eq. (8) sugere que podemos aumentar a concentração, reduzindo as perdas térmicas. Isto, porém, só é possível para valores menores da concentração calculada pela Eq. (4), que estabelece o limite superior da relação de concentração (C), de acordo com o ângulo de borda e raio do sol escolhidos. O fator gama depende da concentração, já que esta define as dimensões do absorvedor. Para visualizar a importância relativa dos termos da Eq. (8) derivamos com relação a (C)

$$\frac{d\eta_{ter}}{dC} = \rho\tau\alpha \frac{d\gamma}{dC} + \frac{q_{perdas}}{I_{col}} \frac{1}{C^2} \quad (9)$$

Pode se verificar que para pequenos valores de (C) o fator gama permanece constante (Seção 4.1, Fig. 2). Portanto a $d\eta_{ter}/dC$ é positiva. Já para valores elevados de (C) o segundo termo diminui rapidamente e a $d\eta_{ter}/dC$ apresenta a mesma tendência que $d\gamma/dC$, que como pode se verificar é negativa (Seção 4.1, Fig. 2). Entre ambas situações pode se encontrar um máximo, como será mostrado nas próximas Seções.

Conforme Duffie e Beckmann (1991) este problema de otimização foi estudado por Löff et al. (1962) e Löff e Duffie (1963), para uma faixa grande de condições, constatando que o receptor ótimo intercepta 90 a 95% da radiação possível. Ou seja, tem um fator de interceptação entre 0,90 e 0,95.

3 MATERIAIS E MÉTODO

Rolim et al. (2009) apresentaram uma metodologia de levantamento da curva de eficiência de coletores cilíndricos parabólicos, baseada na solução analítica de Fraidenraich et al. (1997). Para as perdas térmicas do coletor, utiliza-se uma aproximação quadrática em função da diferença de temperatura entre absorvedor e temperatura ambiente que pode ser determinada experimentalmente (Dudley et al., 1994). Esta metodologia permite a utilização de parâmetros físicos,

como refletividade, absorvidade, características do fluido térmico, que podem ser obtidos de manuais técnicos ou outras publicações.

3.1 Procedimentos

Resultados experimentais, Rabl (1985); Dudley et al. (1994), demonstram uma excelente aproximação da potência das perdas térmicas, por unidade de área (\dot{Q}_{perdas}''), por um polinômio de segundo grau:

$$\dot{Q}_{perdas}'' = U_o \cdot \Delta T + U_1 \cdot (\Delta T)^2 \quad (10)$$

E o coeficiente de perdas (U) pode ser representado como uma função linear de (ΔT), Rolim et al. (2009)

$$U = U_o + 2 \cdot U_1 \cdot (\Delta T) \quad (11)$$

onde (U_o) e (U_1) são constantes características de um coletor em particular e (ΔT) a diferença entre a temperatura do absorvedor e do ambiente ($T_{abs} - T_{amb}$).

A partir da radiação absorvida, Rolim (2007) utilizou a solução analítica da energia útil, desenvolvida por Fraidenraich et al (1997), que leva em conta o comportamento não linear das perdas térmicas, para calcular a potência útil ao longo do coletor. Esta metodologia permite avaliar e dimensionar sistemas compostos por coletores parabólicos lineares, utilizada neste trabalho.

3.2 Características físicas do coletor.

As características físicas do coletor são as apresentadas por Dudley et al. (1994), para os coletores Cermet LS-2 evacuados.

Neste trabalho são usadas as características de uma coluna de 16 coletores LS-2, com absorvedor Cermet, variando-se alguns parâmetros, como temperatura média do fluido, radiação na entrada do coletor, ângulo de borda, erros óticos conforme explicitado em cada simulação.

As simulações a serem apresentadas na próxima Seção se referem ao fator de interceptação (γ) e a eficiência térmica da coluna de coletores LS-2, ambos em função de um conjunto de variáveis definido em cada caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fator de interceptação em função da concentração

A Fig. 2 e Tab. 1 apresentam o fator de interceptação em um coletor parabólico, em função da concentração (C), para diversos valores do desvio padrão dos erros óticos. Os valores foram obtidos utilizando a metodologia de Bendt et al. (1979a) e Bendt et al. (1979b) com a concentração geométrica variada a partir da variação do diâmetro do absorvedor. O coletor considerado tem ângulo de borda de 90° e outras dimensões dadas na em Dudley et al. (1994).

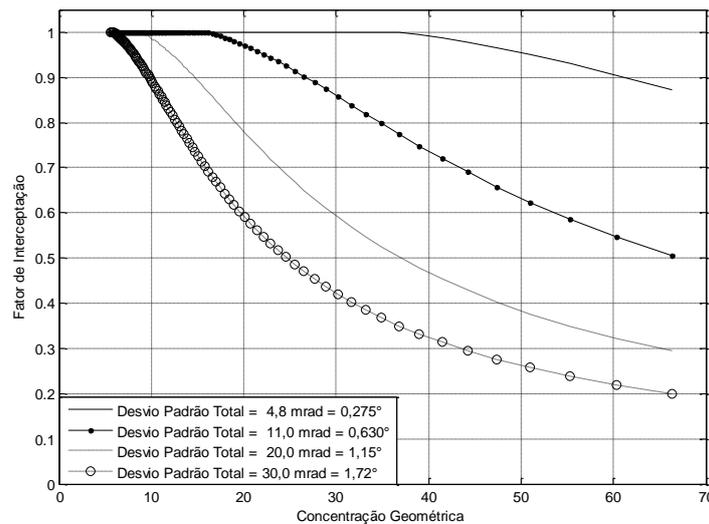


Figura 2 – Fator de Interceptação em função da concentração geométrica (C) (ângulo de borda 90°).

Observa-se, para todos os tamanhos do disco solar, uma região de fator de interceptação igual a (1) a partir da qual esta diminui mais ou menos rapidamente, na dependência do tamanho do disco solar. Para um disco solar de 11,2 mrad a região de (γ) igual a 1 se estende até uma concentração de 15,8 X.

Tabela 1. Resumo da simulação representada na Figura 2.

Desvio padrão (mrad/°)	Fat. Int. p/Conc. Geom. Máxima		Conc. Geom. Máx. p/Fat. Int. 1,00	
	Fat. Int. (γ)	Conc. Geom (C)	Fat. Int. (γ)	Conc. Geo. (C) _{Max}
4,8/0,275	0,87	66,3	1,00	36,8
11,2/0,642	0,50	66,3	1,00	15,8
20,0/1,15	0,29	66,3	1,00	8,80
30,0/1,74	0,20	66,3	1,00	5,9

A rigor, o fator (γ) correspondente ao primeiro caso da Tab. 1, com concentração geométrica igual a 66,3 deveria ser igual a um (1) até essa concentração (66,3) (vide figura 2). Entretanto isso acontece até uma concentração igual a 36,8, devido a que o disco solar se estende até valores superiores ao desvio padrão (σ). A partir desse valor a radiação deixa de atingir o absorvedor e o fator (γ) começa a diminuir.

A simulação realizada (Fig. 2 e Tab. 1) considera em um primeiro caso, um coletor com abertura e diâmetro do absorvedor invariáveis ($C=66,3$), calculada conforme Eq. (4). A variação das dimensões do disco solar provoca a variação do fator (γ), para tanto menor quanto maior o raio do disco solar. O segundo caso verifica, na região de baixa concentração qual é o valor máximo da concentração para a qual o fator (γ) é igual a um (1). Considerações geométricas e óticas para cada raio do disco solar definem, por meio dos valores representados na Tab. 1, um intervalo onde necessariamente deverão se encontrar os valores da concentração de coletores reais. Por exemplo, para um raio de disco solar de 11,2 mrad a concentração deverá estar necessariamente compreendida entre (66,3) e (15,8) com valores de (γ) compreendidos entre (0,5) e (1).

Utilizando o ângulo de borda igual a 70° a concentração máxima teórica, dada pela Eq. (4), é aproximadamente 62. Simulação com este ângulo de borda e desvio dos erros igual a 11,2 mrad (fator de interceptação igual a 0,86), são dados para concentração entre 23 e 24, valores consistentes com os valores adotados para o coletor LS-2, apresentado em Dudley et al. (1994).

4.2 Eficiência térmica em função do ângulo de borda

A primeira simulação realizada analisa a dependência da eficiência térmica com o ângulo de borda (Fig. 3). Este parâmetro, essencial ao projeto de concentradores, guarda uma relação direta com a concentração geométrica Eq. (4). Na simulação foi considerada a radiação de $I_a = 850 \text{ W/m}^2$, temperatura do fluido na entrada do absorvedor de 304°C , temperatura do fluido na saída do absorvedor de 391°C e a temperatura ambiente $T_{amb} = 27^\circ\text{C}$.

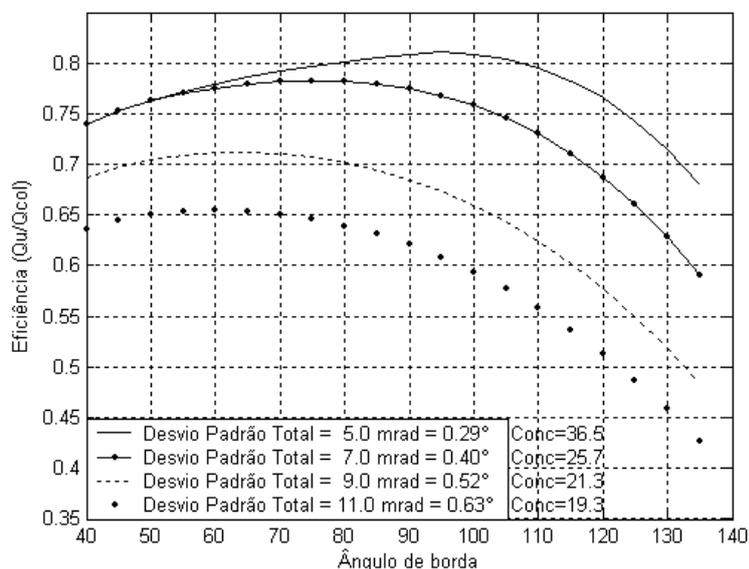


Figura 3 – Eficiência térmica em função do ângulo de borda (Extraída de Rolim, 2007). Os valores da concentração dentro da figura são valores teóricos Eq. (4) para os ângulos de borda que maximizam a eficiência.

Como pode ser observado existe um aumento da concentração ótima com a redução do desvio padrão. Neste caso o ângulo de borda do coletor LS-2 (70°) está próximo do valor ótimo (65°) para desvio padrão de 9 mrad.

Tabela 2. Resumo da simulação representada na Fig. 3.

Erros (mrad/°)	Efic termica Max.	Concentração	Âng. Borda
5,0/0,29	0,81	36,5	95°
7,0/0,40	0,78	25,7	75°
9,0/0,52	0,71	21,3	65°
11,0/0,73	0,65	19,3	60°

4.3 Eficiência térmica em função da concentração geométrica. Sensibilidade em relação à temperatura, irradiância e tamanho do disco solar

Para obter a eficiência de transformação da energia solar em energia térmica útil em função da variação da concentração geométrica e utilizando como parâmetros a irradiância, a temperatura de operação e as dimensões do disco solar, foram utilizadas as características do coletor LS-2 com absorvedor Cermet, variando-se apenas o diâmetro do absorvedor, mantendo-se o ângulo de borda de 90° constantes e os demais parâmetros de Dudley et al. (1994).

Na Fig. 4, a diferença entre a temperatura média do fluido do coletor e a temperatura ambiente ($T_m - T_{amb} = 320^\circ\text{C}$), foi obtida dos valores operacionais da central SEGS VI. Em todos os casos a diferença de temperatura do fluido na entrada e saída do coletor foi mantida constante e igual àquela da central SEGS VI ($T_{sat} - T_{ent} = 87^\circ\text{C}$) e a temperatura ambiente igual a 27°C. O desvio padrão da distribuição de energia do sol é de 11,2 mrad e a radiação 900 W/m².

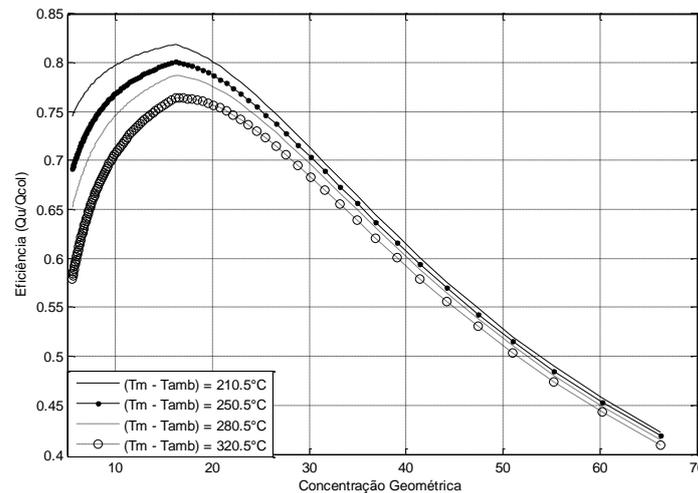


Figura 4 – Eficiência em função da concentração variando com o diâmetro do absorvedor. Ângulo de borda 90°, desvio padrão 11,2 mrad e $I_{col} = 900 \text{ W/m}^2$, $T_m - T_{amb} = 320^\circ\text{C}$

Conforme pode ser observado na Fig. 4 e na Tab. 3, a sensibilidade da eficiência em relação a temperatura de operação é muito pequena.

Tabela 3. Resumo da simulação representada na Figura 4.

$T_m - T_{amb}$ (°C)	Ef. (Q_u / Q_{col}) _{max}	Fat. Int. (γ)	C_g (m)
210,5	0,818	0,9998	16,2
250,5	0,801	0,9998	16,2
280,5	0,787	0,9998	16,2
320,5	0,764	0,9998	16,2

A rigor os coletores solares cilindro parabólicos operam dentro de uma estreita faixa de temperaturas e devido ao fato de a sensibilidade, com relação a este parâmetro, ser muito pequena permite fazer uma escolha bastante precisa da concentração geométrica dos coletores.

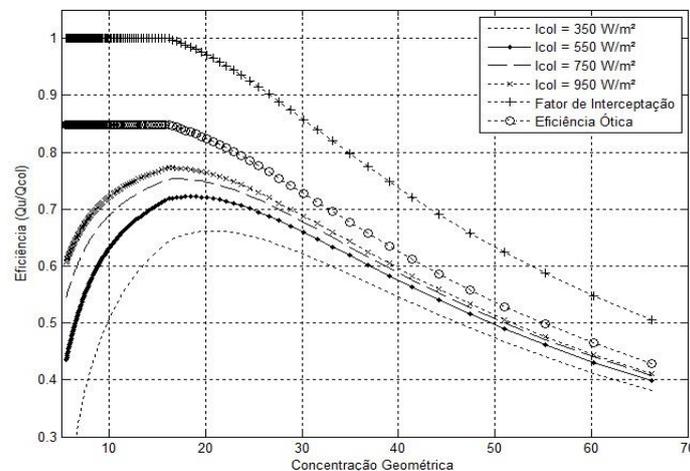


Figura 5 – Eficiência ótica, fator de interceptação e eficiência térmica em função da concentração para diversos níveis de irradiância. Ângulo de borda 90°, desvio padrão 11,2 mrad e $(T_m - T_{amb}) = 320^\circ\text{C}$.

Na Fig. 5 e Tab. 4 pode-se observar que, diferentemente da temperatura de operação, o nível de radiação influencia significativamente o valor da concentração ótima. Este comportamento sugere a necessidade de um conhecimento bastante detalhado do recurso solar para definir a concentração geométrica ótima.

Tabela 4. Resumo da simulação representada na Figura 5.

I_{col} (W/m ²)	Ef. $(Q_u/Q_{col})_{max}$	Fat. Int. (γ)	C_g (m)
350	0,661	0,9654	20,7
550	0,722	0,9849	18,4
750	0,753	0,9974	16,4
950	0,772	0,9998	16,2

Um procedimento adequado seria rodar um programa de simulação para um modelo provido de series temporais da irradiância, ensaiando diversas concentrações para estimar a concentração geométrica que maximiza a eficiência e potencia media anual.

Os resultados mostrados na Fig. 6 e Tab. 5 permitem apreciar que os erros óticos são decisivos na escolha da concentração geométrica de um coletor parabólico linear. Quanto maior os desvios padrão dos erros óticos, menor deverá ser a concentração para obter a máxima eficiência térmica.

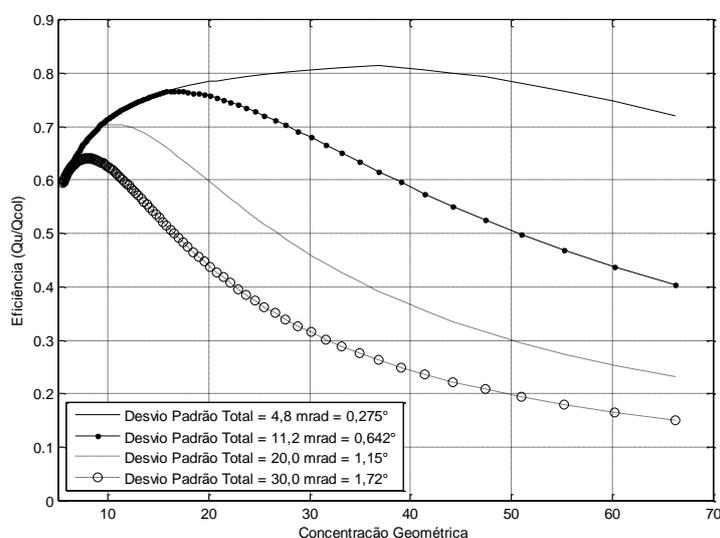


Figura 6 - Eficiência em função da concentração variando com o diâmetro do absorvedor. Ângulo de borda 90°, $(T_m - T_{amb}) = 320$ °C e irradiância igual a 900 W/m²

Este comportamento dos coletores tem importância fundamental no que se refere ao seu desempenho, devido a que o tamanho aparente do sol varia significativamente ao longo do dia (variação com a massa de ar) e como pode-se apreciar a variação da concentração geométrica varia mais de duas vezes para uma variação do disco solar de 4,8 para 11,2 mrad. Novamente pode se dizer que processos de simulação são necessários para determinar a melhor concentração geométrica.

Tabela 5 – Resumo da simulação representada na Figura 6.

Erros (mrad/°)	Ef. $(Q_u/Q_{col})_{max}$	Fat. Int. (γ)	C_g (m)
4,8/0,275	0,814	1,0000	36,8
11,2/0,642	0,768	0,9974	16,6
20/1,15	0,705	0,9792	10,5
30/1,72	0,641	0,9551	8,0

5 CONCLUSÕES

A eficiência térmica das colunas de coletores assume valores máximos para determinadas relações de concentração.

Os resultados obtidos permitem reproduzir os parâmetros utilizados em concentradores de uso comercial.

Os valores de concentração geométrica que maximizam a eficiência térmica são muito sensíveis a variação da irradiância e tamanho do disco solar, grandezas ambas que variam significativamente ao longo do dia. Contrariamente, a sensibilidade da eficiência térmica é pequena com relação ao intervalo de temperaturas de trabalho.

Existe também uma variação importante com relação ao ângulo de borda.

As conclusões anteriores mostram a necessidade de se realizar trabalhos de simulação detalhados para determinar a concentração geométrica e ângulo de borda que maximizam o desempenho dos coletores.

Devido a que a serie temporal de irradiância e uma manifestação eminentemente local do clima, é de supor que os parâmetros de projeto de concentradores estão também sujeitos a exigências locais.

REFERÊNCIAS

- Bendt, P.; RABL, A.; GAUL, H., 1979a. How to measure the optical quality of focusing solar collectors without laser ray tracing. SERI/TP-34-251. Solar Energy Research Institute.
- Bendt, P.; RABL, A.; GAUL, H.; REED, K. A., 1979b. Optical Analysis and Optimization of Line Focus Solar Collector. SERI/TP-34-094. Solar Energy Research Institute, Golden, CO.
- Dudley, V.; Kolb, G. J.; Mahoney, A. R.; Mancini, T. R.; Matthews, C. W.; Sloan, M.; Kearney, D., 1994. Test Results SEGS LS-2 Solar Collector. SAND 94-1884, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., 1991. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons.
- Fraidenraich N.; Gordon J. M.; Lima R. C. F., 1997. Improved Solutions for Temperature and Thermal Power Delivery Profiles in Linear Solar Collectors. Solar energy Vol. 61 No. 3. pp 141 – 145.
- Fraidenraich, N.; Lyra, F. J. M., 1995. Energia Solar – Fundamentos e tecnologias de conversão heliotermodielétrica e fotovoltaica. Editora Universitária – UFPE.
- Gordon, J. M., 2007Comunicação Pessoal.
- Lisboa, A. H., 2007Comunicação Pessoal.
- Löf, G. O. G.; Duffie, J. A., 1963. Optimization of focusing solar-collector design. Trans. ASME, J. Engrn for Power, 85A, 221, 1963.
- Löf, G. O. G.; Fester, D. A.; Duffie, J. A., 1962. Energy balance on a parabolic cylinder solar reflector. Trans. ASME, J. Engrn for Power, 84A, 24, 1962.
- Pedrosa Filho, M. H. O., Fraidenraich, N., Vilela, O. C., 2010. Avaliação da influência dos desvios óticos e de rastreamento na concentração do coletor parabólico linear. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 14, p. 04-10.
- Rabl, A., 1985. Active Solar Collectors and Their Applications. Oxford University Press. New York.
- Rolim, M. M., 2007. Modelagem Analítica de Geração Solar Térmica de Eletricidade, com Concentradores Parabólicos de Foco Linear. Tese de Doutorado, DEN/UFPE, Recife.
- Wiston, R., 1970. Light Collection within the framework of geometrical optics. J. Opt. Soc. Am. 60, 245, 1970.
- Baranov, V. K.; Melnikov, G. K., 1966. Sob. J. Opt. Tech., 33, 408, 1966.

OPTIMIZATION OF PARABOLIC TROUGH PARAMETERS

Abstract. This paper presents a detailed study on the optimization of linear parabolic collector construction, directly related to the geometric concentration. A column of 16 collectors LS-2, in series, was simulated like in a solar power plant. The variation of conversion efficiency of solar energy into thermal energy is analyzed through the variation of concentration. The influence of optical errors caused by certain factors, the variation of the apparent size of the sun throughout the day and year for example, was essential in the design of the linear parabolic collector. We came to the conclusion that the local factor, i.e. the latitude might have a great influence on selecting the best geometric concentration of the collector.

Key words: Solar Energy, Solar Concentrator, Parabolic Trough, Intercept Factor.