

DETR.PD-072/79

NUCLEBRÁS/CDTN	NOTA TÉCNICA	DETR.PD 113 /80	PG. 1 / 10
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES			DATA 03/07/80
DIVISÃO DE ELEMENTO COMBUSTÍVEL			0 751

TÍTULO

ANÁLISE DO MODELO DE DENSIFICAÇÃO
DO CÓDIGO GAPCON THERMAL-3

NOTAS CORRELATAS	OBJETIVO
	<p>Analisar e desenvolver modelo de densificação para UO_2.</p>

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO	RESUMO E CONCLUSÕES
<p>SUPED * (1)</p> <p>ASPC.PD * (1)</p> <p>DETR.PD (2)</p> <p>DIAAC.PD * (1)</p> <p>DIECB.PD (1)</p> <p>DIFNU.PD * (1)</p> <p>DISCO.PD ()</p> <p>DITES.PD ()</p> <p>LABFRE.PD ()</p> <p>LABTEH.PD ()</p> <p>AUTOR (ES) (1)</p> <p>SEDOTE.PD * (1)</p>	<p>Faz-se uma análise qualitativa e quantitativa do modelo de densificação do código GAPCON THERMAL-3.</p> <p>Resultados experimentais mostram que a temperatura é um fator importante no fenômeno da densificação. Portanto um novo modelo foi proposto que leva em conta a temperatura, a potência linear, a densidade inicial e a queima. Os valores obtidos através do GAPCON THERMAL-3 mostram uma correlação razoável apenas para o valor inicial da densidade de 94 % DT.</p>

OUTROS	ÍNDICE	
	1. Introdução	2/10
	2. Modelo do GAPCON THERMAL-3	2/10
	3. Modelo de Janvier-Bruet	3/10
	4. Análise Qualitativa dos Modelos	4/10
	5. Comparação com Dados Experimentais	4/10
	6. Conclusão	5/10
	Referências	6/10
	Figuras	7/10

* Apenas folha de rosto



AUTOR (ES)	VISTO	DATA	APROVAÇÃO	VISTO	DATA
L.C.M Pinto	<i>[Signature]</i>	7. Julho. 80	CHEFE DO LAB. OU GRUPO	<i>[Signature]</i>	15.07.80
			CHEFE DA DIVISÃO		

CLASSIFICAÇÃO	TAREFA:
	21.01

ANÁLISE DO MODELO DE DENSIFICAÇÃO DO CÓDIGO GAPCON THERMAL-3

1. INTRODUÇÃO

Faz-se neste trabalho uma análise qualitativa e quantitativa do modelo de densificação utilizado no código GAPCON THERMAL-3 [1] . Apresenta-se ainda o modelo proposto por Janvier-Bruet [2] no qual fizemos pequena modificação para que o mesmo possa ser aplicado em função da densidade inicial ρ .

Mostra-se que o modelo do GAPCON é inadequado para previsão da densificação pois o mesmo não considera o efeito da temperatura, o que não acontece com o modelo de Janvier-Bruet.

2. MODELO DO GAPCON-THERMAL-3 [1]

O modelo usado nesta versão do código GAPCON é o modelo de R. O. Meyer que calcula a densificação em função da queima e da densidade diferencial $\Delta\rho$ que é a diferença ($\rho_s - \rho$) sendo ρ a densidade inicial do combustível e ρ_s a sua densidade após um teste de ressinterização:

O modelo calcula a redução radial da pastilha combustível pela expressão,

$$\text{DELPI} = - \left[M \cdot \ln(Q) + B \right] \cdot \frac{\text{DFS}}{6 \cdot \rho} \quad (1)$$

onde:

Q : queima (MWD/Ton)

DFS : diâmetro da pastilha (pol.)

ρ : densidade inicial da pastilha (g/cm^3)

B : parâmetro que é função de M, tal que:

$$B = -1,609 M \quad \rho < 92 \% \text{ D.T.}$$

$$B = -2,996 M \quad \rho \geq 92 \% \text{ D.T.}$$

O parâmetro M por sua vez assume os valores

$$M = \Delta\rho / (7,601 - 1,6094) \quad \rho < 92\% \text{ D.T.}$$

$$M = \Delta\rho / (7,601 - 2,996) \quad \rho \geq 92\% \text{ D.T.}$$

Este modelo considera que para uma queima de 2000 MWD/ton a densificação já se completou. Também considera não haver densificação sensível para queimas inferiores a 20 MWD/ton, fazendo-se DELPI = 0 para $Q < 20 \text{ MWD/Ton}$.

Pela subrotina DENSF do GAPCON os cálculos são feitos de tal forma que a densificação é irreversível e também considera-se que no fenômeno da densificação não deve haver expansão radial mas apenas contração por isso caso DELPI > 0 faz-se DELPI = 0.

3. MODELO DE JANVIER-BRUET [2]

O cálculo de densificação por este modelo leva em conta 4 variáveis que podem influenciar o fenômeno da densificação, sendo elas

- O tempo de irradiação t [h]
- Potência específica q [w/cm³]
- Temperatura [°C]
- Parâmetro A, que indica o valor limite da densificação sendo o resultado de um teste de ressinterização.

Para o desenvolvimento do modelo os autores levaram em conta as seguintes condições limites:

. A densificação atinge um limite que pode ser conhecido por um teste de ressinterização teste este feito à temperatura de 1720°C e durante 20 horas, $\Delta l/l \rightarrow A \times 10^{-2}$

. A cinética de densificação deverá ser atômica para temperaturas $T < 450^\circ\text{C}$, isto é: o fenômeno será independente da temperatura para $T < 450^\circ\text{C}$, estando de acordo com o trabalho de Stehle e Assmann [3]

0 754

. Para baixas temperaturas $\Delta l/l$ deverá tender a zero quando a potência específica tender para zero ($\Delta l/l \rightarrow 0$, se $q \rightarrow 0$) considerando-se estas condições limites e ainda os dados experimentais do programa de irradiação denominado ANEMONE [2] os autores propoem o seguinte modelo:

$$\Delta l/l = A \left[1 - \exp \left(-\exp(\phi) \cdot A^{-0,922} \cdot t^{0,7} \right) \right] \quad (2)$$

sendo a função $\phi(q,T)$ definida por

$$\phi(q,T) = (4,5 \times 10^{-3} q - 10,2) \cdot \exp \left(- 2,24 \times 10^{-3} (T-450) \cdot H(T) \right) \quad (3)$$

e a função $H(T)$ assume apenas 2 valores inteiros:

$$\begin{aligned} H(T) &= 0 \text{ para } (T-450) < 0 \\ &= 1 \text{ para } (T-450) \geq 0 \end{aligned}$$

4. ANÁLISE QUALITATIVA DOS MODELOS

Para esta análise baseamo-nos nos resultados experimentais de M.D. Freshley e outros [4] que desenvolveram um programa de irradiação com o fim exclusivo de estudar os diversos parâmetros que têm influência no fenômeno de densificação sob irradiação. Pela análise do conjunto de pontos experimentais fornecidos pelos autores (cerca de 150 pontos) nota-se claramente, que a densificação é função da queima, temperatura, densidade inicial e potência linear.

Portanto o modelo utilizado pelo código GAPCON nos parece por demais simplificado pois considera apenas a queima e densidade inicial da pastilha. Já o modelo de Janvier-Bruet considera não só a queima, mas também a temperatura e a potência linear na vareta e, ainda, indiretamente, considera a densidade inicial através do parâmetro A já referido

5. COMPARAÇÃO COM DADOS EXPERIMENTAIS

5.1 Modelo do GAPCON

Nas figuras 1,2 e 3 temos uma comparação entre valores calculados pela subrotina DENSF do GAPCON e valores experimentais fornecidos por H.Bairiot e outros [5]. Conforme podemos ver na Figura 3 a correlação é razoável para $\rho = 94\%$ DT mas ruim para 91% DT.

5.2 Modelo de Janvier-Bruet

Embora os dados de irradiação da referência [4] sejam bastante detalhados não são fornecidos dados sobre ressinterização das pastilhas antes da irradiação, isto é, não se consegue o valor do parâmetro. A para que o modelo possa ser aplicado.

Por isso fizemos uma modificação no modelo de modo que o mesmo possa ser aplicado em função da densidade inicial que é um parâmetro de praxe em qualquer irradiação, assim

$$A = - \frac{100}{3} \left[\frac{\rho}{97,65} - 1,0 \right] \quad (4)$$

com esta modificação e ajustando-se o modelo aos dados da referência [4] teremos a nova versão com o expoente de t mudado de 0,7 para 1,15 e a dependência com a temperatura passa a ser $\exp [-0,001 (T-25)]$.

Na figura 4 temos uma comparação entre valores medidos e calculados varrendo-se as densidades 90% DT, 94% DT e 97% DT. A correlação é razoável.

6. CONCLUSÃO

O fenômeno da densificação não pode ser previsto levando-se em conta apenas a queima e a densidade inicial, pois o fenômeno é dependente da temperatura conforme pode-se observar nos dados experimentais de M.D. Freshley e outros [4], bem como Stehle e Assman [3] que consideram a influência da temperatura.

Conforme se sabe o perfil de temperatura varia ao longo de uma irradiação desta forma o modelo de Janvier-Bruet inclui esta variação ao considerar a influência da potência linear e da temperatura super

ficial, com os quais o perfil pode ser determinado. cremos que o modelo do GAPCON possa ser válido em condições em que o perfil de temperatura permaneça constante.

O modelo de Janvier-Bruet modificado apresentou uma correlação razoavelmente boa.

REFERÊNCIAS

- [1] BEYER, C.E. et al. GAPCON-THERMAL-2: A Computer Program for calculating the thermal behavior of an Oxide Fuel Rod., BNWL - 1898, 1975
- [2] JANVIER, J.C. & BRUET, M. Modelling of in-Pile densification of various types of UO₂ from Experimental Results Département de Metallurgie de Grenoble, Fevereiro - 1978.
- [3] ASSMANN, H. & STEHLE, H. Thermal and in reactor densification of UO₂ mechanisms and experimental results. 4th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, San Francisco, California, USA 15-19 August 1977.
- [4] FRESHLEY, M.D. et al Irradiation-Induced Densification of UO₂ Pellet Fuel Journal of Nuclear Materials 62 (1976) 138-166
- [5] BAIRIOT, H. et al Influence of Fuel Rod Characteristics on Performance IAEA-SM-233/39

DETR PD-C73/79

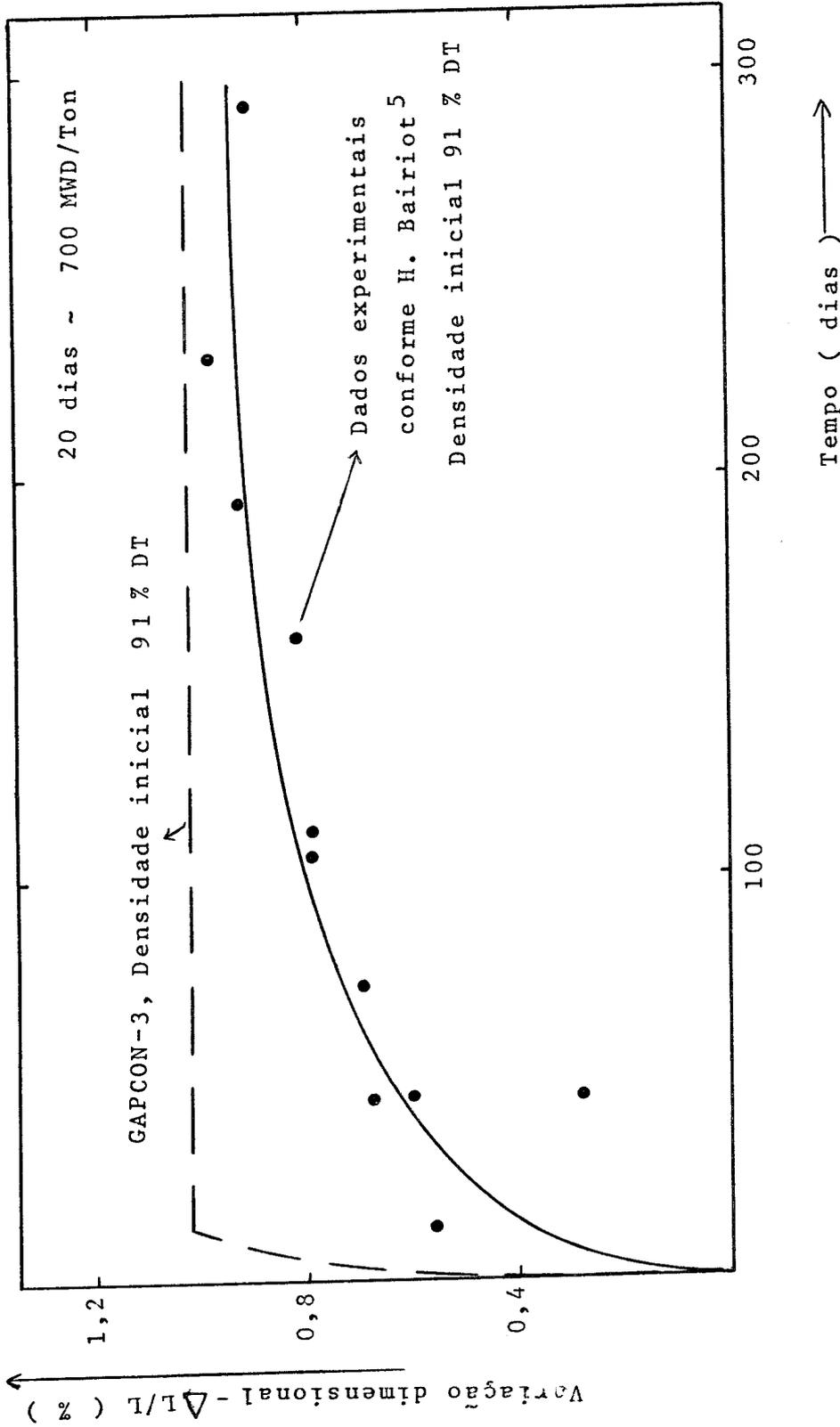


FIGURA 1 : Variação dimensional devido à densificação em função do tempo de irradiação

DETR PD-073/79

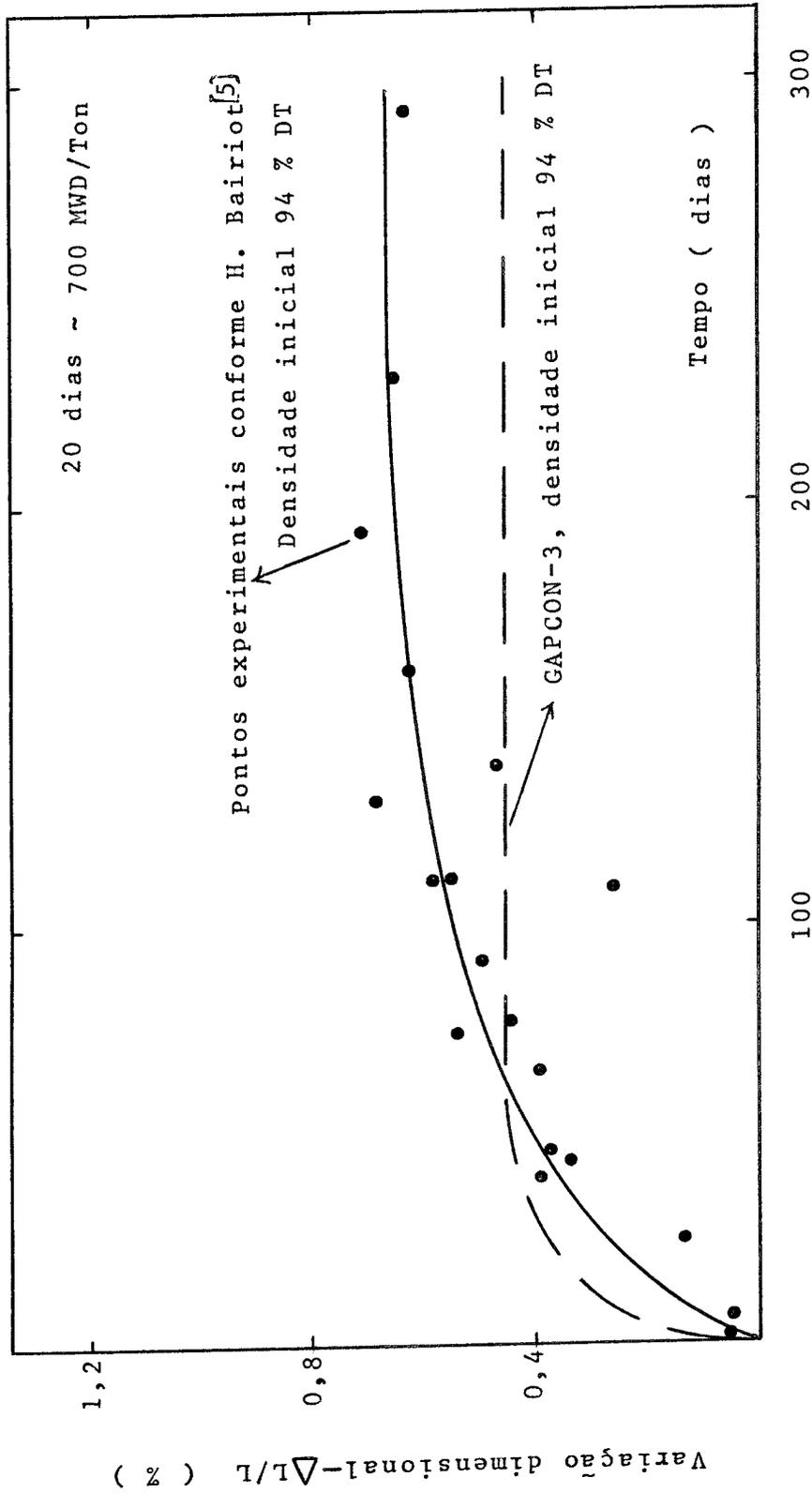


FIGURA 2 : Variação dimensional devido à densificação em função do tempo de irradiação

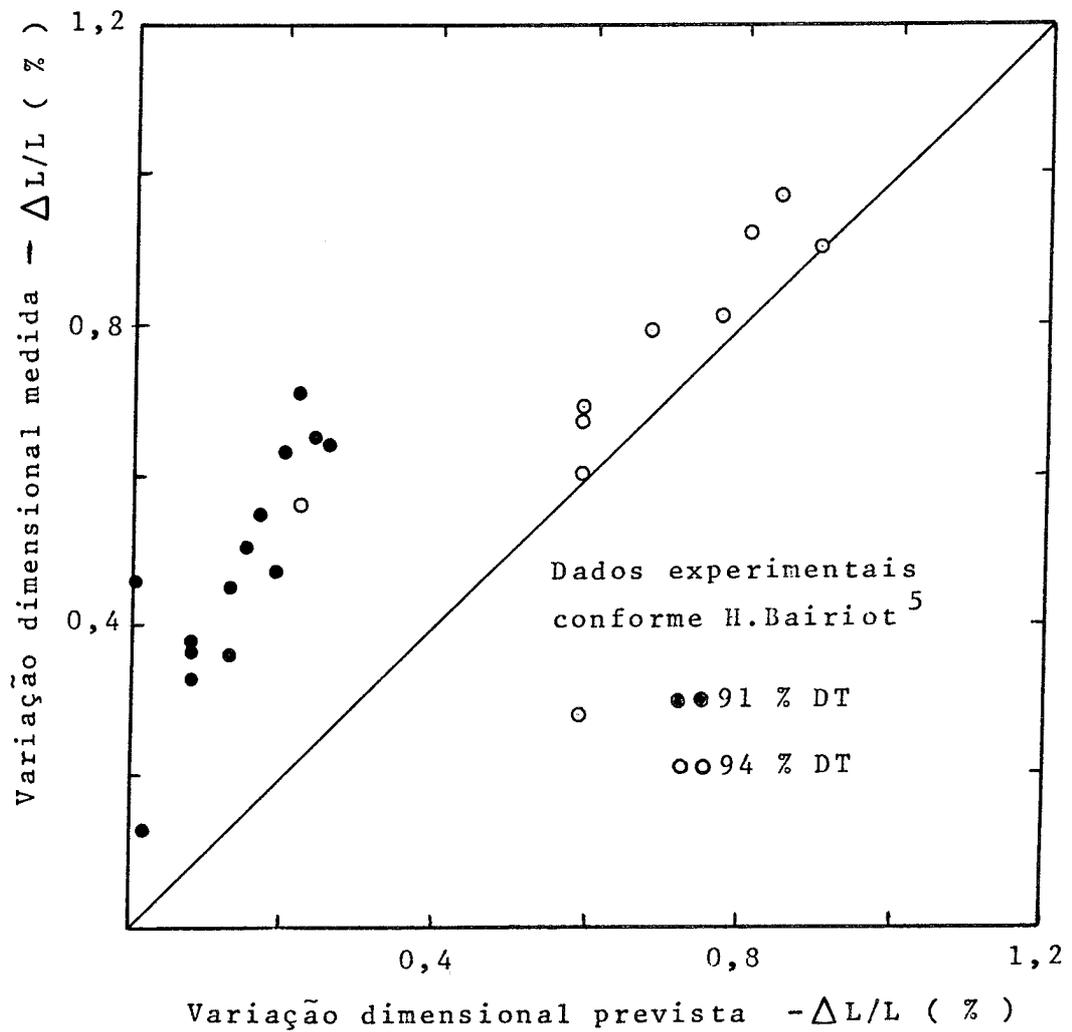


FIGURA 3 : Comparação entre dados experimentais de densificação e valores previstos pelo código GAPCON.^[1]

DETR.PD-075/79

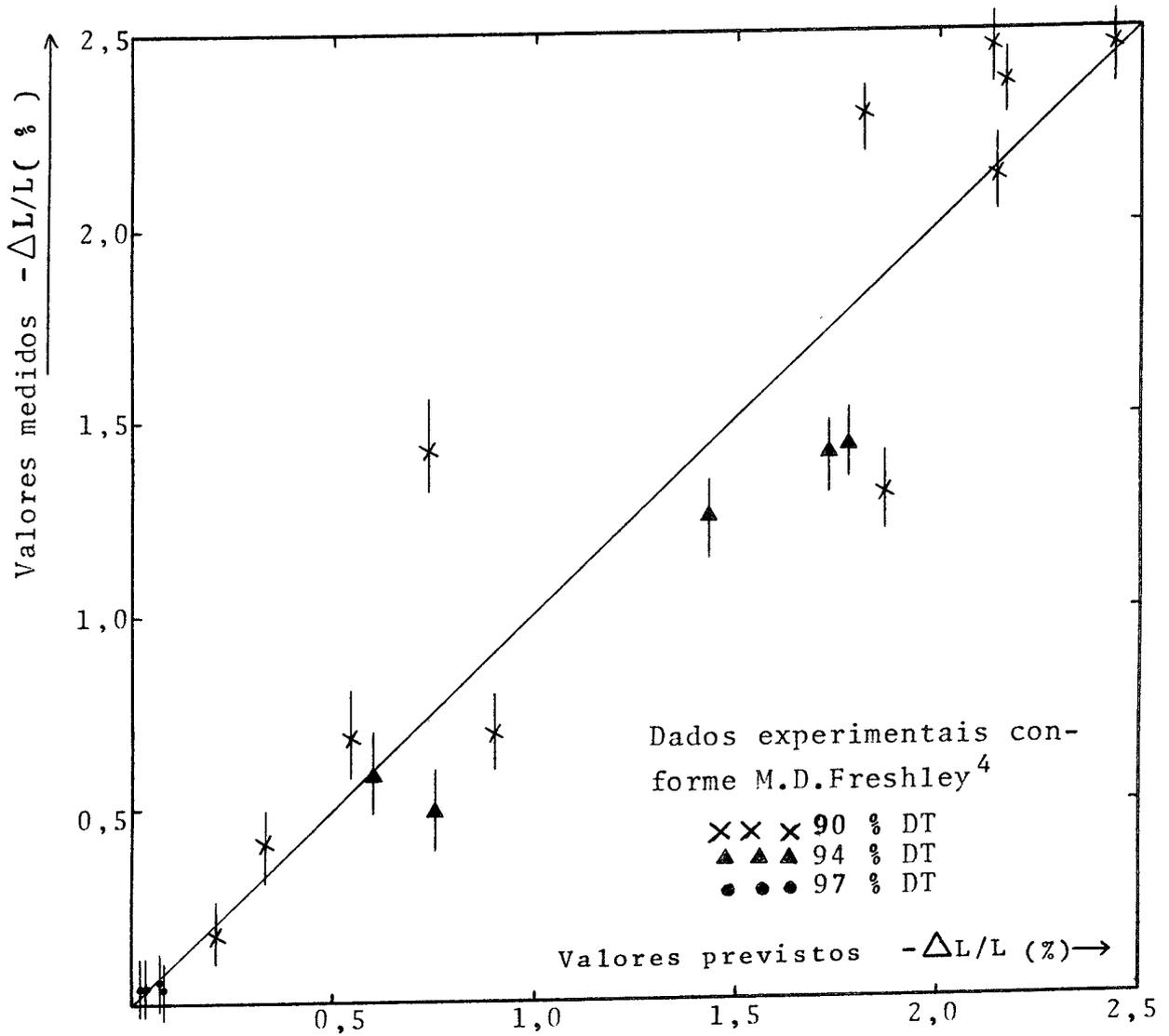


FIGURA 4: A densificação medida em comparação com valores previstos pelo modelo de Janvier-Bruet^[2]