

NUCLEBRÁS/CDTN		NOTA TÉCNICA		DETR.PD 122 /80	PG. 1 / 10														
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES				DATA 17/09/80															
DIVISÃO DE FÍSICA DO NÚCLEO . 1 071																			
DET.R.PD-072-79																			
TÍTULO	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS PROGRAMAS ESPECTRAIS FASER, VSOP E GELS APLICADOS A COMBUSTÍVEL RECICLADO DO TIPO $(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2$																		
NOTAS CORRELATAS	<p>OBJETIVO</p> <p>Apresentar a comparação dos resultados dos códigos FASER, VSOP e GELS aplicados a um elemento combustível de tipo $(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2$, reciclado do núcleo de um reator operando no ciclo dotório.</p> <p>RESUMO E CONCLUSÕES</p> <p>Esta Nota Técnica é uma revisão da Nota Técnica DETR.PD 099/80, e a substitui e anula. Esta revisão tornou-se necessária uma vez que se detetou um erro em um dos dados de entrada, referentes ao caso teste calculado com o código GELS, cujos resultados constituiram a base para aquela Nota Técnica.</p> <p>A Figura 1 apresenta a comparação de k_{∞}^{x}"burnup" obtidos com FASER-Th, VSOP e GELS. Em BOC (1.89 MWd/kg HM) as diferenças pro-GELS, comparado a FASER-Th e VSOP, são da ordem de 3200 e 5900pcm, respectivamente. Os resultados de GELS são superiores aos de VSOP durante todo o intervalo de queima; em EOC (30.24 MWd/kg HM) esta diferença é da ordem de 3350 pcm. A diferença entre GELS e FASER-Th se anula por volta de 21.17 MWd/kg HM; acima deste valor os resultados de FASER-Th superam os de GELS, chegando a cifra de 300 pcm para uma queima de 24.57 MWd/kg HM.</p> <p>ÍNDICE</p> <table> <tbody> <tr> <td>English Summary</td> <td>2/10</td> </tr> <tr> <td>1. Introdução</td> <td>3/10</td> </tr> <tr> <td>2. Cálculos para Comparação dos Códigos GELS, VSOP e FASER-Th</td> <td>4/10</td> </tr> <tr> <td>3. Resultados e Conclusões</td> <td>5/10</td> </tr> <tr> <td>Referências</td> <td>5/10</td> </tr> <tr> <td>Tabelas</td> <td>7/10</td> </tr> <tr> <td>Figuras</td> <td>9/10</td> </tr> </tbody> </table>					English Summary	2/10	1. Introdução	3/10	2. Cálculos para Comparação dos Códigos GELS, VSOP e FASER-Th	4/10	3. Resultados e Conclusões	5/10	Referências	5/10	Tabelas	7/10	Figuras	9/10
English Summary	2/10																		
1. Introdução	3/10																		
2. Cálculos para Comparação dos Códigos GELS, VSOP e FASER-Th	4/10																		
3. Resultados e Conclusões	5/10																		
Referências	5/10																		
Tabelas	7/10																		
Figuras	9/10																		
																			
mab																			
Nº. CÓPIAS 8																			
AUTOR (ES)	VISTO	DATA	APROVAÇÃO	VISTO	DATA														
E.P. DE ANDRADE	<i>[initials]</i>	17/9/80	CHEFE DO LAB. OU GRUPO																
			CHEFE DA DIVISÃO	<i>[initials]</i>	17/9/80														
			CHEFE DO DEPARTAMENTO	<i>[initials]</i>	LS 9/80														
CLASSIFICAÇÃO CONFIDENTIAL INFORMATION	RESERVADO			TAREFA: 11.21/Task 3 UTILIZAÇÃO DE TÔRIO EM REATORES A ÁGUA PRESSURIZADA															

1 Q72

ENGLISH SUMMARY

This work presents the comparison of results calculated with the spectral codes GELS, VSOP and FASER, all applied to a $(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2$ - recycled fuel assembly.

This report is a revision of DETR.PD 099/80 which is superceded by the present report. This revision became necessary because it was found a mistake in one of the input data corresponding to the test case calculated with GELS.

Figure 1 shows the k_{∞} versus burnup from these codes. GELS overestimates the reactivity calculated by VSOP during the whole burnup interval: at 1,89 MWd/kgHM the difference is of 5900 pcm and at 30,24 MWd/kgHM of 3350 pcm. GELS overestimates the reactivity calculated by FASER-Th from BOC (3200 pcm at 1,89 MWd/kgHM) up to 21,2 MWd/kgHM, from this point on it underestimates the result of FASER-Th (300 pcm at 24,6 M d/kgHM).

1 073**COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS PROGRAMAS ESPECTRAIS FASER,
VSOP E GELS APLICADOS A COMBUSTÍVEL RECICLADO DO TIPO $(\text{Th},\text{U})\text{O}_2$** **1. INTRODUÇÃO**

Esta Nota Técnica é uma revisão da Nota Técnica DETR.PD 099/80, e a substitui e anula. Esta revisão tornou-se necessária uma vez que se detetou um erro em um dos dados de entrada, referentes ao caso teste calculado com o código GELS, cujos resultados constituíram a base para aquela Nota Técnica.

As referências [1] e [2] analisam a utilização do combustível $(\text{Th},\text{U})\text{O}_2$ em reator PWR convencional, 1300 MWe "Standard" da KWU. Nestas análises utilizou-se os programas VSOP^(*), do KFA-Jülich, para cálculo de espectro e MEDIUM, da KWU, para cálculo do núcleo. O enriquecimento de recarga e as necessidades de urânio natural e de trabalho de separação apresentados nestas referências são superiores aos valores correspondentes registrados em [3], o que leva a acreditar ser a razão de conversão em [3] superior à de [1] e [2].

Os códigos FASER [4] e MEDIUM [5], que constituem o sistema utilizado no projeto neutrônico do núcleo dos reatores PWR convencionais da KWU, estão acoplados de forma a permitir a simulação de qualquer estágio da história do núcleo. O mesmo não acontece com relação aos programas VSOP e MEDIUM; VSOP só foi modificado de modo a perfurar biblioteca em forma de tabela para MEDIUM. A utilização de VSOP e MEDIUM só é viável no cálculo de ciclos com potência nominal; em cálculos envolvendo variação desta potência, coeficientes de reatividade, "shutdown margin", etc., gasta-se um tempo excessivo de computação.

As vantagens de cálculo FASER-Th + MEDIUM numa análise idêntica à apresentada na referência [1] só é possível após uma fase de testes para qualificação do programa FASER-Th. Como não existem

(*) VSOP - Very Superior Old Programs (baseado nos códigos ZUT, TUZ, GAM, THERMOS, GATHER, FEVER, EXTERMINATOR).

1 074

experiências críticas aplicáveis (especialmente contendo U-233) e nem planejamento para tais experiências a curto prazo, optou-se pela qualificação inicial do programa através de sua comparação com outros do mesmo tipo. Inicialmente foram escolhidos para comparação os programas: GELS (GKSS) [6], CEPAK (Combustion Engineering)^(*) e VSOP (KFA).

Este trabalho apresenta a comparação dos resultados de k_{ω} x "burnup" - obtidos com os programas GELS, VSOP e FASER-Th para uma mesma célula representativa de um elemento combustível com combustível do tipo $(Th,U)O_2$ reciclado, com 3,75 w/o em urânio físsil - e as variações da razão de conversão e da massa dos isótopos pesados com a queima desta mesma célula, obtidos com GELS.

A comparação dos resultados obtidos com GELS e FASER-2, aplicados ao elemento combustível do tipo UO_2 com ou sem veneno queimável (borossilicato), é apresentada na referência [7]. Esta comparação mostrou que GELS subestima os resultados de FASER-2 em cerca de 1300 pcm a uma queima de 20 MWd/kgU, quando aplicado ao elemento combustível puro; quando este elemento possui veneno queimável, do tipo borossilicato, a discrepância nos resultados dos dois programas é bem menor.

2.

CÁLCULOS PARA COMPARAÇÃO DOS CÓDIGOS GELS, VSOP E FASER-Th

Para a comparação dos códigos GELS, VSOP e FASER-Th foi escolhido um elemento combustível do tipo BIBLIS-B, com o combustível $(Th-U)O_2$ com 3,75 w/o em urânio físsil (Th-232: 94.9 w/o; U-233: 2.04 w/o; U-234: 0.43 w/o; U-235: 1.71 w/o; U-236: 0.78 w/o; U-238: 0.13w/o). A Tabela 1 apresenta os dados^(**) da célula representativa deste elemento combustível.

O programa GELS permite a simulação de todos os dados da célula apresentada na Tabela 1, exceto os tamanhos dos "time-steps" que, em GELS, são constantes e iguais a ΔT , exceto para o primeiro e segundo time-steps, cujos valores são 4,166 e (ΔT -4,166) dias, respectivamente.

(*) CEPAK compõe-se de FORM, THERMOS e CINDER.

(**) recebidos do Dr. Schlosser - KWU-R122.

1 075

O elemento combustível representado na Tabela 1 foi queimado por um período total de 800 dias a plena carga; esta queima foi simulada com o programa GELS, com ΔT de 50 dias.

3.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A Figura 1 apresenta a comparação de k_{∞} x "burnup" obtidos com FASER-Th, VSOP e GELS. Em BOC (1.89 MWd/kg HM) as diferenças pro-GELS, comparado a FASER-Th e VSOP, são da ordem de 3200 e 5900pcm, respectivamente. Os resultados de GELS são superiores aos de VSOP durante todo o intervalo de queima.; em EOC (30.24 MWd/kg HM) esta diferença é da ordem de 3350 pcm. A diferença entre GELS e FASER-Th se anula por volta de 21.17 MWd/kg HM; acima deste valor os resultados de FASER-Th superam os de GELS, chegando a cifra de 300 pcm para uma queima de 24.57 MWd/kg HM.

A Tabela 2 apresenta a variação de k_{∞} , da razão de conversão e da massa dos metais pesados com a queima, calculadas por GELS.

REFERÊNCIAS

- [1] GERMANY, F.R. Ligh Water Reactor with Th-U-Cycle and U Recycle Only. August 1978 (INFCE/WG8/Germany FR/Doc.3)
- [2] ANDRADE, E.P. Cálculo das Necessidades de Urânio Natural e Trabalho de Separação em PWR Convencional com o Ciclo Th/HEU_{rec}. Belo Horizonte, NUCLEBRÁS/CDTN, 1980 (DETR.PD-091/80)
- [3] SHAPIRO, N.L; REC, J.R.; MATZIE, R.A. Assessment of Thorium Fuel Cycle in Pressurized Water Reactors. February 1977 (EPRI-NP-359)
- [4] FITE, J. Zellabbrandprogram FASER. Erlangen, KWU, 1974 (634/74)

1 076

[5]

WAGNER, R. et alii. Erstellung eines 3º dim. Abbrandprogrammes für Druckwasserreaktoren. Erlangen, KWU, 1974
(674/74)

[6]

PENNDORF, K. et alli. GELS-A - Geesthacht Light Water Reactor Spectral Code - Version "A". Geesthactht, GKSS, 1977

[7]

ANDRADE, E.P. Relatório da Missão de Um Engenheiro do CDTN no Instituto de Física da GKSS - em Geesthacth (RFA) - no Período de 16/04/78 a 15/05/78 - Belo Horizonte, NUCLEBRÁS/CDTN, 1978 (DETR-051/78)

TABELA 1

CÉLULA DE TÓRIO, 3.75 w/o U_{fissil}, U_{reciclado}

Potência da célula	197.1	w/cm
Massa de combustível	0.52131E-2	kg/cm
Concentração de Boro constante	600	ppm B _{nat}
Densidade do moderador	0.7285	g/cm ³

"Time steps"

1	x	2 dias
1	x	18 dias
1	x	40 dias
10	x	60 dias

"Burnup" Médio da Célula : 24.954 MWd/kg.HM
após a queima

"Buckling" : 0.0 l/cm²

Região	Diâmetro Externo, cm	Temperatura, °C
1 (Combustível)	0.9318	1023.2
2 ("gap"+revestimento)	1.077	605.0
3 (água+grade)	1.62216	572.2
4 (região extra)	1.6983	572.2

Densidades Atômicas - Unidade: 10²⁴ átomos/cm³

<u>Região 1</u>			
<u>Isótopo</u>	<u>Densidade</u>	<u>Isótopo</u>	<u>Densidade</u>
U-235	.33544E-03	FE	.15453E-03
U-346	.15308E-03	NI	.47211E-05
U-238	.24642E-04	CR	.75546E-04
TH32	.18835E-01	ZR	.42195E-01
O	.39673E-01		
U-234	.85216E-04		
U-233	.40274E-03		
<u>Região 3</u>			
<u>Região 4</u>			
H	.48359E-01	H	.44425E-01
O	.24175E-01	O	.22213E-01
FE	.15143E-03	FE	.48706E-02
NI	.30923E-03	NI	.88447E-03
CR	.12637E-03	CR	.14419E-02
B10	,47819E-05	B10	.43929E-05

TABELA 2
VARIAÇÃO DO K_{∞} , DA RAZÃO DE CONVERSÃO E MASSA DOS METAIS PESADOS
COM A QUEIMA. PWR, U-Reciclado, 3.75 w/o DE URÂNIO FÍSSIL NO TÓRIO
RESULTADOS DE GELS

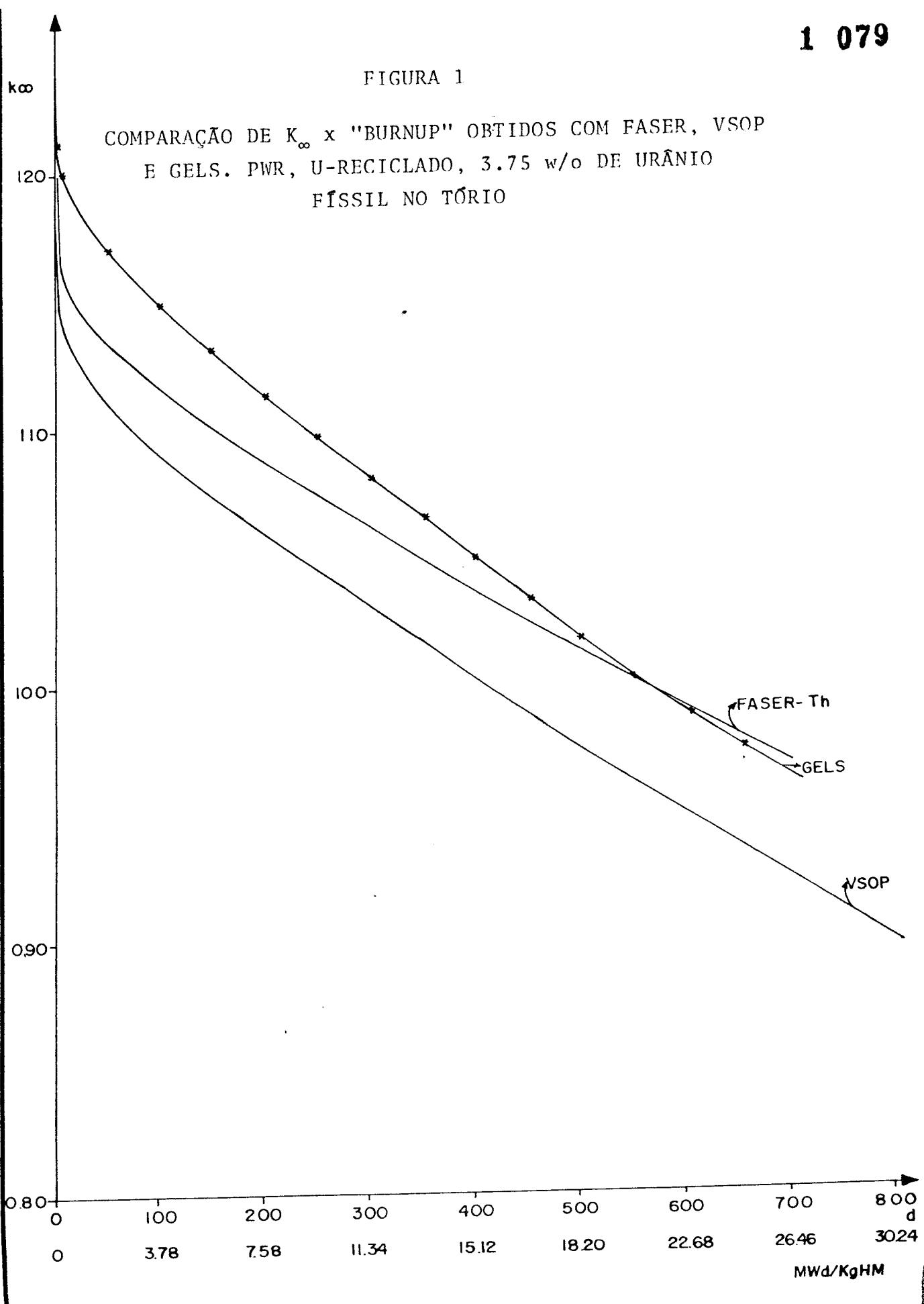
TESTE	DE	GELS	RE-EXECUCAO		DO SAMPLE		CASE DO SCHLOSSER		NP237	BURNUP	MMDDTO-U
			K-EFFKT.	CONVERS.	TH232	PA233	U233	U234			
TIME	STEP	TIME	CONVERS.	RATIO	GRAMS	GRAMS	GRAMS	GRAMS	GRAMS	GRAMS	GRAMS
DAY S		DAY S			0.0	4.9840	0.0	4.06260	0.1	2.2581D-02	8.92690-02
0	1	4.17	1.2344D+00	0.0	4.9840	0.0	4.06260	0.1	2.2581D-02	8.92690-02	4.09120-02
1	2	5.00	1.2007D+00	9.0209D-02	4.9840	0.04	1.0572D-01	2.2602D-02	8.8901D-02	4.09620-02	2.4366D-05
2	3	100.00	1.1693D+00	3.8336D-01	4.9429D	0.0	3.0123D-03	1.0191D-01	2.2849D-02	4.4975D-02	1.4900D-02
3	4	100.00	1.1489D+00	4.8818D-01	4.9372D	0.0	3.9475D-03	9.9720D-02	2.3140D-02	4.0752D-02	2.0390D-02
4	5	150.00	1.1307D+00	5.2272D-01	4.9314D	0.0	4.2887D-03	9.8171D-02	2.3433D-02	4.2556D-02	2.5580D-02
5	6	200.00	1.1134D+00	5.4790D-01	4.9255D	0.0	4.4590D-03	9.6833D-02	2.3723D-02	4.2638D+02	3.0380D-02
6	7	250.00	1.0966D+00	5.6646D-01	4.9194D	0.0	4.5816D-03	9.5519D-02	2.4007D-02	4.3774D-02	3.1970D-02
7	8	300.00	1.0802D+00	5.7815D-01	4.9132D	0.0	4.6904D-03	9.4374D-02	2.4428D-02	4.3894D-02	3.2458D-02
8	9	350.00	1.0664D+00	5.9247D-01	4.9068D	0.0	4.7975D-03	9.3205D-02	2.4557D-02	4.4555D-02	3.3205D-02
9	10	400.00	1.0481D+00	6.0868D-01	4.9033D	0.0	4.9052D-03	9.2074D-02	2.4823D-02	4.5823D-02	3.4074D-02
10	11	450.00	1.0324D+00	6.2446D-01	4.8936D	0.0	5.0143D-03	9.0977D-02	2.5053D-02	4.6984D-02	3.4950D-02
11	12	500.00	1.0171D+00	6.3610D-01	4.8888D	0.0	5.1246D-03	8.9915D-02	2.5334D-02	4.7980D-02	3.5950D-02
12	13	550.00	1.0021D+00	6.5050D-01	4.8799D	0.0	5.2362D-03	8.8883D-02	2.5581D-02	4.8515D-02	3.6950D-02
13	14	600.00	9.8743D-01	6.6590D-01	4.8728D	0.0	5.3486D-03	8.7898D-02	2.5821D-02	4.9642D-02	3.7950D-02
14	15	650.00	7.7131D-01	6.8098D-01	4.8652D	0.0	5.4615D-03	8.6934D-02	2.6055D-02	4.9914D-02	3.8950D-02
15	16	700.00	9.5923D-01	6.9591D-01	4.8581D	0.0	5.5746D-03	8.6025D-02	2.6282D-02	4.9931D-02	3.9950D-02
16	17	750.00	9.4575D-01	7.1078D-01	4.8506D	0.0	5.6874D-03	8.5143D-02	2.6503D-02	4.9942D-02	4.0941D-02
17		800.00	9.3271D-01	7.2551D-01	4.8429D	0.0	5.7995D-03	8.4298D-02	2.6716D-02	4.9959D-02	4.1041D-02

TESTE	DE	GELS	RE-EXECUCAO	DO SAMPLE	CASE DO SCHLOSSER	BURHUP	AM243							
						POIS1	POIS2	POIS3	NP239	PU239	PU240	PU241	PU242	GRAMS
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6412D-03	2.9050D-07	2.1521D-07	6.6724D-10	3.9554D-12	6.6307D-15	1.6922D-18	1.5751D-02	0.0
1	4.17	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6412D-03	2.9050D-07	2.1521D-07	6.6724D-10	3.9554D-12	6.6307D-15	1.6922D-18	1.5751D-02	0.0
2	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6319D-03	4.1699D-07	5.3266D-06	1.2360D-08	1.4382D-10	8.5110D-13	1.8901D-03	0.0	0.0
3	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6218D-03	4.2942D-07	1.0263D-05	6.1063D-07	9.6079D-08	2.3386D-09	2.9430D-11	3.7632D-03	0.0
4	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6205D-03	4.3878D-07	1.4422D-05	1.2532D-06	2.9762D-07	1.1711D-08	2.2274D-10	5.6703D-03	0.0
5	200.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6132D-03	4.7125D-07	1.7150D-05	2.0794D-06	3.5029D-07	9.1113D-08	1.3509D-09	9.4505D-03	0.0
6	250.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6057D-03	4.5555D-07	2.8162D-05	1.1101D-06	8.0070D-07	2.6675D-09	9.4505D-03	0.0	0.0
7	300.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5980D-03	4.6339D-07	3.6310D-05	1.7054D-06	1.5450D-07	6.2219D-09	1.1341D-04	0.0	0.0
8	350.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5902D-03	4.7233D-07	2.5053D-05	4.4208D-06	2.3990D-06	2.6527D-07	1.2955D-08	1.3231D-04	0.0
9	400.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5822D-03	4.8095D-07	2.6572D-05	4.1637D-06	4.9160D-07	2.3707D-08	1.5121D-04	0.0	0.0
10	450.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5774D-03	4.8965D-07	2.7762D-05	5.8466D-06	3.9713D-06	4.0549D-07	1.7011D-04	0.0	0.0
11	500.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5661D-03	4.9846D-07	2.8676D-05	6.4610D-06	4.7947D-06	6.6660D-07	6.6660D-07	1.8901D-04	0.0
12	550.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5577D-03	5.0735D-07	2.9360D-05	7.0044D-06	5.6036D-06	1.1649D-06	9.7700D-03	2.6791D-04	0.0
13	600.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5492D-03	5.1630D-07	2.9854D-05	7.4769D-06	6.3951D-06	1.5136D-06	1.4133D-07	2.2631D-04	0.0
14	650.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5406D-03	5.2523D-07	3.0191D-05	7.1348D-06	1.9104D-06	1.9712D-07	2.4571D-04	0.0	0.0
15	700.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5318D-03	5.3477D-07	3.0403D-05	8.2235D-06	7.9161D-06	2.3521D-06	2.5730D-07	2.5461D-04	0.0
16	750.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5229D-03	5.4323D-07	3.0514D-05	8.5079D-06	8.4310D-06	2.8346D-06	3.5322D-07	2.8251D-04	0.0
17	800.00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5138D-03	5.5213D-07	3.0545D-05	8.7407D-06	8.9750D-06	3.3533D-06	4.5465D-07	3.0241D-04	0.0

1 079

FIGURA 1

COMPARAÇÃO DE K_{∞} x "BURNUP" OBTIDOS COM FASER, VSOP
E GELS. PWR, U-RECICLADO, 3.75 w/o DE URÂNIO
FISSIL NO TÓRIO



NUCLEBRÁS

DET R.PD 171 / 80

FIGURA 2

VARIAÇÃO DA RAZÃO DE CONVERSÃO COM O "BURNUP"
PWR.U - RECICLADO. 3.75 w/o DE URÂNIO FISSIL
NO TÓRIO - RESULTADOS DE GELS.

