

AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS RESULTANTES DE ACIDENTES POSTULADOS PARA REATORES DE PESQUISA

NELSON L. D. FERREIRA, * JOSE MESSIAS DE OLIVEIRA NETO
Coordenadoria para Projetos Especiais - COPESP
* Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN

RESUMO

Neste trabalho foram analisadas as consequências resultantes de acidentes postulados para reatores de pesquisa. Foram considerados um reator do tipo piscina aberta, com 5 MWt de potência, e um reator do tipo PWR, com 50 MWt de potência. Foi avaliada a influência de fatores tais como o termo-fonte, as condições meteorológicas e a distribuição populacional nos resultados obtidos. Considerou-se ainda o reator localizado próximo a um grande centro populacional e numa área rural.

INTRODUÇÃO

O objetivo principal da análise de consequências é estimar os impactos adversos sobre a população e o meio ambiente, resultantes de liberações acidentais de radionuclídeos. Este tipo de análise pode ser aplicada, dentre outras finalidades, à avaliação do risco ao público, fornecer subsídios para estudos à respeito da localização de reatores e para o planejamento de ações de emergência.

No presente estudo foram analisadas as consequências de acidentes postulados para reatores de pesquisa. Para tanto, foram adotados dois reatores de referência: 1) o IEA-R1, que é um reator do tipo piscina aberta, moderado e refrigerado a água leve, que utiliza elementos combustíveis do tipo MIR, considerando-se que o mesmo opera a uma potência de 5 MWt; 2) o BR3, que é um reator belga, do tipo PWR, que opera a uma potência de cerca de 50 MWt.

Para ambos os reatores, foram consideradas duas situações distintas quanto a localização dos mesmos: o reator localizado próximo a um grande centro populacional e o reator localizado numa área com características demográficas típicas de uma região rural.

FASES PRINCIPAIS DA ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIAS

No presente estudo as consequências foram previstas utilizando-se o código computacional CRAC2 [1], [2]. O cálculo das mesmas é feito por meio da integração de modelos que representam o material radioativo imediatamente após a sua liberação da contenção; modelos de dispersão e transporte atmosférico; modelos dosimétricos; modelos de respostas de emergência e modelos de efeitos na saúde do homem.

Categorização dos Acidentes. Nesta fase é definido o espectro dos acidentes postulados para o IEA-R1 e o BR3. Devida às diferenças existentes quanto ao tipo, a potência e a maneira de operação de cada um

destes reatores, foi dado um tratamento diferenciado com respeito à análise dos acidentes postulados para os mesmos.

Sendo o BR3 um reator do tipo PWR, adotou-se uma caracterização de acidentes semelhante à utilizada para reatores de potência do mesmo tipo. Para este reator, foi considerado o conjunto de cinco termos-fonte, denominados *Siting Source Terms* (SST1 a SST5), apresentado no estudo de Aldrich et alii [3] para auxiliar na tomada de decisões em processos de escolha de sítio e de planejamento de emergência. Estes acidentes estão baseados nos cinco grupos de acidentes apresentados em [4], que foram definidos em função do nível de degradação do núcleo, da integridade da contenção e de falhas nos dispositivos técnicos de segurança do núcleo e da contenção.

Para a determinação de cada um dos cinco termos-fonte considerou-se o inventário radioativo do BR3, no instante correspondente ao início do acidente, o qual foi calculado utilizando-se o código ORIGEN2 [5]. Os radionuclídeos considerados são aqueles definidos no *Reactor Safety Study* [6], onde os mesmos foram agrupados nas seguintes classes, de acordo com suas propriedades físicas e químicas semelhantes: gases nobres (Kr, Xe); iodo elementar e orgânico; metais alcalinos (Cs, Rb); terras raras (Ba, Sr); grupo dos metais nobres (Ru, Rh, Co, Mo, Tc) e óxidos refratários (La, Zr, Nb, Ce, Pr, Nd, Np, Pu, Am, Cm).

De uma maneira geral, os parâmetros que caracterizam uma liberação de material radioativo para o meio ambiente são os seguintes: tempo de liberação, duração da liberação, altura da liberação, conteúdo de energia da pluma e fração de liberação. Na Tabela 1 são apresentadas as frações de liberação para cada um dos cinco termos-fonte adotados para o reator BR3.

Para o IEA-R1, a postulação dos acidentes baseou-se em estudos anteriores [7], [8], [9], onde foram analisados acidentes em reatores de pesquisa com características semelhantes ao IEA-R1. No presente trabalho, foram postulados dois tipos de acidentes: 1) um ABP, escolhido de maneira a representar o acidente postulado cujo risco potencial ao público é maior que o gerado por qualquer outro acidente considerado crível, o qual consiste de um

acidente de perda de refrigerante (LOCA) acompanhado do derretimento parcial do núcleo; 2) um acidente que consiste do bloqueio da entrada de refrigerante em um ou mais elementos combustíveis, aqui denominado ABER, tendo como consequência o derretimento parcial dos elementos combustíveis envolvidos.

Na determinação do termo-fonte do ABP e do ABER foi considerado o inventário radioativo do IEA-R1, no instante correspondente ao início do acidente, o qual foi calculado utilizando-se o código CINDER2 [10]. Na Tabela 2 são apresentadas as frações de liberação para cada acidente.

Tabela 1. Frações de Liberação Para os Termos-Fonte SST1 a SST5.

GRUPO DE RADIO-NUCL.	TERMO-FONTE				
	SST1	SST2	SST3	SST4	SST5
Xe/Kr	1,00	0,90	6×10^{-8}	3×10^{-6}	3×10^{-7}
I	0,45	3×10^{-3}	2×10^{-4}	1×10^{-7}	1×10^{-8}
Cs/Rb	0,67	9×10^{-3}	1×10^{-5}	6×10^{-7}	6×10^{-8}
Te/Sb	0,64	3×10^{-2}	2×10^{-5}	1×10^{-9}	1×10^{-10}
Ba/Sr	0,07	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-11}	1×10^{-12}
Ru	0,05	2×10^{-3}	2×10^{-6}	-	-
La	9×10^{-3}	3×10^{-4}	1×10^{-6}	-	-

Tabela 2. Frações de Liberação Para os Acidentes ABP e ABER.

GRUPOS DE RADIONUCLÍDEOS	ACIDENTE	
	ABP	ABER
Xe-Kr	1,00	$9,375 \times 10^{-2}$
I	0,50	$4,688 \times 10^{-4}$
Cs-Rb	0,01	$4,688 \times 10^{-6}$
Te-Sb	0,01	$4,688 \times 10^{-6}$
Ba-Sr	0,01	$4,688 \times 10^{-6}$
Ru	0,01	$4,688 \times 10^{-6}$
La	0,01	$4,688 \times 10^{-6}$

Meteorologia. Nesta fase é avaliado o transporte, a dispersão e a deposição dos radionuclídeos liberados na atmosfera. Dado um termo-fonte específico, que caracteriza uma liberação, e utilizando-se dados meteorológicos selecionados de um sítio específico (velocidade e direção do vento, categoria de estabilidade atmosférica e intensidade de precipitação pluviométrica) são calculadas as concentrações de radionuclídeos na atmosfera e no solo, integradas no tempo. No cálculo da dispersão atmosférica é utilizado o modelo Gaussiano, além do que considera-se que a direção do vento mantém-se inalterada durante e após a liberação. Os níveis de concentração integrada no tempo são corrigidos, de maneira a levarem em conta os seguintes fatores: decaimento radioativo, duração da liberação, altura da camada de mistura, processos de remoção seca e úmida, efeitos de *building wake* e ascensão da pluma.

No presente trabalho procurou-se utilizar dados que pudessem representar as condições médias esperadas, ou seja, representar de uma maneira mais realística, o tanto quanto possível, as condições

climáticas para o sítio e vizinhanças. Os dados utilizados são relativos ao sítio IPEN e considerou-se que o cenário de condições meteorológicas abrangeu toda a região considerada na análise, mantendo-se constante durante o período correspondente à duração da liberação.

De maneira a analisar-se a influência exercida por diferentes cenários meteorológicos nas consequências resultantes, foram postulados 12 cenários distintos, em que são consideradas as categorias de estabilidade atmosférica de Pasquill B, D e F, assim como é considerada a ocorrência ou não de precipitação. Os cenários denominados MET1, MET4, MET7 e MET10 apresentam categoria de estabilidade D; MET2, MET5, MET8 e MET11 apresentam categoria F e MET3, MET6, MET9 e MET12 apresentam categoria B, sendo que para MET1, MET2 e MET3 não é considerada a ocorrência de precipitação. Os cenários MET4 a MET12 também diferem entre si quanto ao local em que ocorre precipitação. Em todos os cenários considerou-se uma velocidade média do vento igual a 3,1 m/s, conforme apresentada no RAS do reator IPEN-MB-01 [11]. Os dados de frequência de direção do vento utilizados são referentes à rosa-dos-ventos apresentada em [11].

Distribuição Populacional. Conforme mencionado anteriormente, foram consideradas duas situações distintas com relação a localização do reator. Em ambos os casos foi considerada a população distribuída numa área com raio de 75 km, a partir do reator. Para a distribuição que considera o reator localizado próximo a um grande centro populacional, tomou-se como referência a cidade de São Paulo, com reator localizado no sítio do IPEN. Os dados demográficos utilizados foram obtidos da referência [11] e do último censo realizado pelo IBGE, em 1980 [12], sendo que a população distribuída na área considerada totalizou cerca de 14 milhões de habitantes. Na distribuição que considerou o sítio localizado numa área rural do estado de São Paulo, foram utilizados dados hipotéticos, sendo considerada uma população total de cerca de 3,5 milhões de habitantes.

De maneira a analisar-se a influência exercida por diferentes distribuições populacionais, foram postuladas distribuições distintas, as quais consideram áreas com densidades populacionais uniformes e não uniformes, com centros populacionais localizados a diferentes distâncias do reator. Estas distribuições foram denominadas POP1 a POP9. A distribuição POP1 representa a distribuição "real" da população na área considerada.

Dosimetria. As doses de radiação que indivíduos e a população podem receber são calculadas em função de diferentes caminhos de exposição, das concentrações de radionuclídeos na atmosfera e no solo e empregando-se fatores de conversão de dose previamente estabelecidos.

Os caminhos de exposição considerados neste trabalho foram: exposição externa devida a passagem da pluma (*cloudshine*); exposição externa devida aos radionuclídeos depositados sobre o solo (*groundshine*); exposição interna devida aos radionuclídeos inalados durante a passagem da pluma e exposição interna devida a inalação de radionuclídeos ressuspensos. As exposições

são divididas em duas categorias: exposição imediata, a qual ocorre durante e logo após a passagem da pluma (é da ordem de horas a dias) e exposição crônica, a qual ocorre durante um longo período de tempo (da ordem de anos a dezenas de anos).

No presente estudo não foram consideradas as ações de emergência, tais como a evacuação e a abrigagem, as quais visam reduzir as exposições.

Efeitos na Saúde do Homem. Os efeitos na saúde do homem são agrupados em duas classes: efeitos imediatos e efeitos latentes. Os efeitos imediatos incluem mortes imediatas e doenças que se manifestam a curto prazo (períodos de dias a um ano) após a exposição. Os efeitos latentes incluem as mortes devidas a câncer, os danos na tireóide (nódulos benignos e malignos) e as alterações genéticas, ocorrendo muitos anos após o período inicial de exposição, sendo resultantes de exposição imediata e de exposição crônica.

Os efeitos imediatos são calculados com base nas doses individuais, em critérios de dose-resposta estabelecidos e na distribuição de população considerada. Os efeitos latentes são calculados com base na dose coletiva (homem.Sv) e nos fatores de risco estabelecidos (número esperado de mortes devidas a câncer por milhão de homem.Sv, por exemplo).

Foram utilizados os modelos dosimétricos e de efeitos na saúde incorporados ao código CRAC2 [1], [2].

RESULTADOS

Foram considerados os seguintes tipos de consequências radiológicas: mortes imediatas, mortes devidas a câncer latente (excluindo a tireóide) e nódulos (benignos e malignos) na tireóide.

Reator BR3. Observou-se que as mortes imediatas ocorreriam somente para o termo-fonte SST1, sendo que o valor médio (esperado) é de 5070 mortes (nos cálculos considerou-se a distribuição populacional POP1 (zona urbana) e as condições meteorológicas representadas por MET4).

Considerando-se a ocorrência do termo-fonte SST1 e a distribuição populacional POP1 (zona urbana), observou-se que as mortes imediatas somente ocorreriam para os casos em que considerou-se a ocorrência de precipitação, com categorias de estabilidade atmosférica B e D, conforme mostra a Tabela 3.

Com relação as várias distribuições populacionais observou-se que as mortes imediatas somente ocorreriam para as distribuições que apresentam populações em distâncias de até 1,5 km da instalação (considerou-se o termo-fonte SST1 e as condições meteorológicas MET4).

Na Figura 1 são mostradas as curvas CCDF para o número de mortes devidas a câncer latente para os termos-fonte SST1 a SST5. Na Figura 2 são apresentadas as curvas CCDF para o número de mortes devidas a câncer latente para os experimentos MET1 a MET12, enquanto que na Figura 3 são mostradas as curvas CCDF para o número de mortes devidas a câncer latente para as distribuições populacionais POP1 a POP9. Observou-se que a influência

exercida pelos diferentes termos-fonte e pelas diferentes distribuições populacionais foi mais significativa em comparação com a influência exercida pelas diferentes condições meteorológicas. Resultados semelhantes foram observados com relação aos nódulos na tireóide.

O cenário que produziria o maior número de consequências é composto pela distribuição populacional POP1 e condições meteorológicas MET4, sendo considerada a ocorrência do termo-fonte SST1. Na Tabela 4 são apresentados os riscos individuais de mortes imediatas, de mortes devidas a câncer latente e de nódulos na tireóide, resultantes para este cenário, considerando-se o reator localizado numa área urbana e numa área rural. Os riscos individuais foram calculados considerando-se que a frequência anual de ocorrência do termo-fonte SST1 é de 10^{-3} , conforme definida na referência [3].

Tabela 3. Valores médios e máximos para o número de mortes imediatas para os experimentos MET1 a MET12, condicionais ao termo-fonte SST1. (Hipóteses: termo-fonte SST1 e distribuição populacional POP1 (zona urbana)).

Experi- mento	Mortes Imediatas	
	Média	Máximo
MET1	0	0
MET2	0	0
MET3	0	0
MET4	5.070	5.560
MET5	0	0
MET6	292	314
MET7	5.070	5.560
MET8	0	0
MET9	292	314
MET10	5.070	5.560
MET11	0	0
MET12	292	314

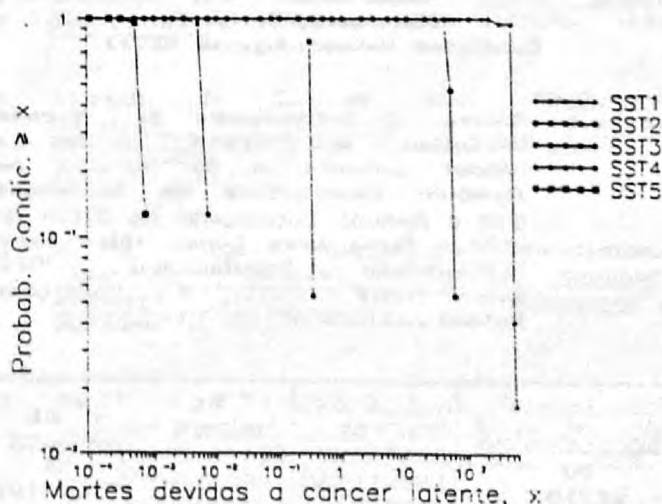


Fig. 1 Curvas CCDF para o Número de Mortes Devidas a Câncer Latente, Condicionais aos Termos-Fonte SST1 a SST5. (Hipóteses: Distribuição Populacional POP1 (Zona Urbana) e Condições Meteorológicas MET4)

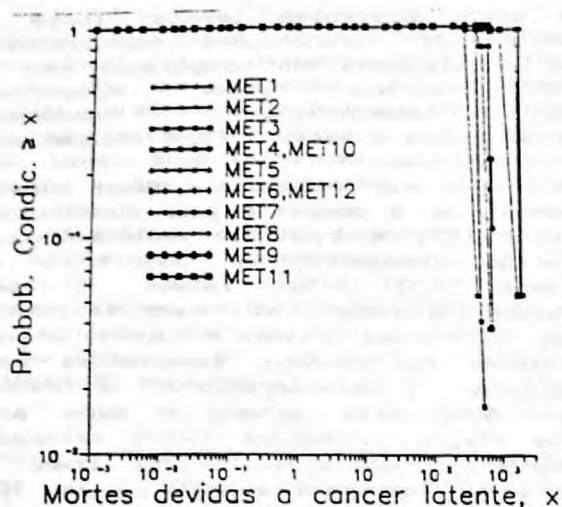


Fig. 2 Curvas CCDF para o Número de Mortes Devidas a Câncer Latente, para os Experimentos MET1 a MET12, Condicionais ao Termo-Fonte SST1. (Hipóteses: Termo-Fonte SST1 e Distribuição Populacional POP1 (Zona Urbana))

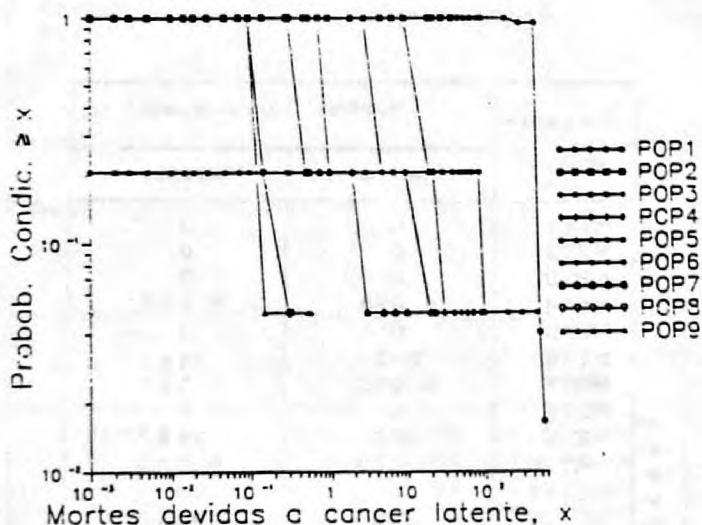


Fig. 3 Curvas CCDF para o Número de Mortes Devidas a Câncer Latente, para as Distribuições Populacionais POP1 a POP9, Condicionais ao Termo-Fonte SST1. (Hipóteses: Termo-Fonte SST1 e Condições Meteorológicas MET4)

Tabela 4. Riscos Individuais de Mortes Imediatas, de Mortes Devidas a Câncer Latente e de Nódulos na Tireóide Resultantes de Acidentes com o Reator Localizado no Sítio do IPEN e Numa Área Rural. (Hipóteses: Distribuição Populacional POP1, Termo-Fonte SST1 e Condições Meteorológicas MET4).

LOCALIZAÇÃO DO SÍTIO	Nº DE MORTES IMEDIATAS /PESSOA. ANO	Nº DE MORTES DEVIDAS A CÂNCER LATENTE /PESSOA. ANO	Nº DE NÓDULOS NA TIREÓIDE /PESSOA. ANO
SÍTIO DO IPEN	$7,9 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{-9}$
ÁREA RURAL	$8,0 \times 10^{-7}$	$3,2 \times 10^{-12}$	$1,2 \times 10^{-11}$

(a) Considerou-se a população existente num raio de 1,5 km, área urbana, que é de 63.803 habitantes.

(b) Considerou-se a população existente num raio de 1,5 km, área rural, que é de 144 habitantes.

(c) Considerou-se uma população de 14 milhões de habitantes.

(d) Considerou-se uma população de 3,5 milhões de habitantes.

Reator IEA-R1. Para os acidentes postulados para o reator IEA-R1 observou-se que não ocorreriam mortes imediatas.

Com relação aos efeitos latentes, são válidas as observações obtidas na análise com o reator BR3, ou seja, também constatou-se que o termo-fonte e a distribuição populacional influenciaram de maneira mais significativa quando comparada à influência exercida pelas condições meteorológicas nos resultados obtidos.

Na Tabela 5 são apresentados os riscos individuais de mortes imediatas, de mortes devidas a câncer latente e de nódulos na tireóide, resultantes da ocorrência do termo-fonte do ABP, para uma área urbana e uma área rural, considerando-se o pior cenário postulado (distribuição populacional POP1 e condições meteorológicas MET4). Os riscos individuais foram calculados considerando-se que a frequência anual de ocorrência do ABP é de $2,1 \times 10^{-6}$. Este valor foi definido no estudo realizado por Allen /13/, onde foi analisado um LOCA para um reator do tipo MTR, com 10 MWt de potência. Como o reator analisado por Allen /13/ apresenta características comuns com o reator IEA-R1, pois ambos utilizam combustível do tipo MTR e seus circuitos primários de refrigeração operam à baixa pressão, julgou-se, para efeito de análise, que seria razoável a aplicação do valor estimado por Allen /13/ ao reator IEA-R1.

Tabela 5. Riscos Individuais de Mortes Imediatas, de Mortes Devidas a Câncer Latente e de Nódulos na Tireóide Resultantes de Acidentes com o Reator Localizado no Sítio do IPEN e Numa Área Rural. (Hipóteses: Distribuição Populacional POP1, Termo-Fonte do ABP e Condições Meteorológicas MET4).

LOCALIZAÇÃO DO SÍTIO	Nº DE MORTES IMEDIATAS /PESSOA. ANO	Nº DE MORTES DEVIDAS A CÂNCER LATENTE /PESSOA. ANO	Nº DE NÓDULOS NA TIREÓIDE /PESSOA. ANO
SÍTIO DO IPEN	0	$2,1 \times 10^{-12}$	$1,1 \times 10^{-11}$
ÁREA RURAL	0	$2,0 \times 10^{-14}$	$1,1 \times 10^{-12}$

(a) Considerou-se uma população de 14 milhões de habitantes.

(b) Considerou-se uma população de 3,5 milhões de habitantes.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, foram obtidas as seguintes conclusões:

- As consequências consideradas são fortemente sensíveis à magnitude do termo-fonte e à distribuição populacional.
- As condições meteorológicas existentes no momento do acidente influem significativamente na ocorrência das consequências. Em particular, no caso do reator BR3, as mortes imediatas somente foram observadas para os casos que consideraram a ocorrência de precipitação.
- Nas situações em que ocorreram mortes imediatas (termo-fonte SST1, para o reator BR3 e ocorrência de precipitação) as mesmas ficaram restritas à distâncias próximas da instalação (até 1,5 km), pois somente nesta região as doses imediatas teriam intensidade suficiente para resultarem em mortes imediatas. A determinação desta região poderá ser muito útil quando do planejamento de medidas de emergência, tal como a evacuação de área.
- As consequências mais severas ocorreram para a situação que considerou o(s) reator(es) localizado(s) próximo(s) a um grande centro populacional.
- É importante observar que as condições meteorológicas empregadas neste estudo foram utilizadas de maneira determinística (probabilidade de ocorrência igual a 1), o que contribuiu para que os resultados obtidos, supõe-se, representem valores superestimados, principalmente com relação às mortes imediatas.
- O número máximo de mortes devidas a câncer latente (incluindo os cânceres na tireóide), resultante dos acidentes que representaram as piores situações postuladas, tanto para o BR3 quanto para o IEA-R1, seria cerca de 610 e 19, respectivamente. Para efeito de análise, considerou-se que estas mortes ocorreriam num período de 30 anos e uma população exposta de 1,1 milhões de habitantes, aproximadamente. Desse modo, as taxas de incidência de mortes devidas a câncer latente resultantes dos piores acidentes postulados para os reatores BR3 e IEA-R1 seriam de 190 e 6 mortes por 10 milhões de pessoas por ano. Estes valores são significativamente menores que a taxa de incidência de mortes devidas a câncer no Brasil, a qual, segundo as estatísticas de mortalidade fornecidas pelo Ministério da Saúde [14], válidas para o ano de 1985, é cerca de 5000 mortes por 10 milhões de pessoas por ano (para os Estados Unidos a taxa anual é de 17040 mortes por 10 milhões de pessoas [6]).
- Os riscos individuais de mortes imediatas resultantes dos acidentes que representaram as piores situações postuladas (para o reator BR3) foram da ordem de aproximadamente 8×10^{-7} mortes imediatas/pessoa.ano. Para uma melhor compreensão do significado deste resultado, pode-se comparar o mesmo com o risco individual de mortes imediatas resultante de todos os acidentes não nucleares ocorridos nos Estados Unidos que é de 6×10^{-4} mortes imediatas/pessoa.ano [6], ficando evidente que o valor do risco obtido no presente estudo é significativamente menor. Se compararmos o mesmo valor com os níveis de risco individual de mortes mostrados na Tabela 6 [15], observa-se que o risco resultante dos

acidentes postulados para o reator BR3 possui a mesma ordem de grandeza que o risco causado por um raio, que representa uma chance em 10 milhões.

Tabela 6. Níveis de Risco Individual de Mortes por Ano, Resultantes de Causas Diversas (para a Grã-Bretanha) [15].

NÍVEIS DE RISCO INDIVIDUAL DE MORTES POR ANO	
1 EM 1.000	RISCO DE MORTE EM "GRUPOS DE ALTO RISCO" EM ATIVIDADES RELATIVAMENTE PERIGOSAS, TAIS COMO A MINERAÇÃO
1 EM 10.000	RISCO GERAL DE MORTE EM ACIDENTES DE TRÁNSITO
1 EM 100.000	RISCO DE MORTE DEVIDO A ACIDENTES DE TRABALHO NAS PARTES MAIS SEGURAS DA INSTALAÇÃO
1 EM 1 MILHÃO	RISCO GERAL DE MORTE DEVIDO A FOGO OU EXPLOÇÃO DE GAS EM RESIDÊNCIAS
1 EM 10 MILHÕES	RISCO DE MORTE DEVIDO A RAIOS

REFERÊNCIAS

- [1] Ritchie, L. T. et alii, "Calculations of Reactor-Accident Consequences, Version 2", NUREG/CR-2326, February, 1983.
- [2] Ritchie, L. T. et alii, "CRAC2 Model Description", NUREG/CR-2552, March, 1984.
- [3] Aldrich, D. C. et alii, "Technical Guidance for Siting Criteria Development", NUREG/CR-2239, December, 1982.
- [4] U. S. Nuclear Regulatory Commission, "Regulatory Impact of Nuclear Reactor Accident Source Term Assumptions", NUREG-0771, 1981.
- [5] Groff, A. G., "ORIGEN2 - A Revised and Updated Version of the Oak Ridge Isotope Generation and Depletion Code", ORNL-5621, July, 1980.
- [6] U. S. Nuclear Regulatory Commission, "Reactor Safety Study - An Assessment of Accident Risks in U. S. Commercial Nuclear Power Plants", WASH-1400, October, 1975.

- [7] Kollas, J. G. et alii, "An Assessment of the Individual and Social Risks of Athens Population Resulting From a Hypothetical Loss-of-Coolant Release of the Greek Research Reactor - 1", DEMO-84/2, March, 1984.
- [8] Williams, H. T. et alii, "1969 Status Report on the Omega West Reactor, with Revised Safety Analysis", LA-4192, May, 1969.
- [9] Kollas, J. G. et alii, "A Comparison of the Consequences of the Design Basis Accident of the Greek Research Reactor with Those of a Serious Realistic Accident", DEMO-85/12, December, 1985.
- [10] Wilson, W. B., "Status of CINDER and ENDF/B-V Based Libraries for Transmutation Calculations", Proc. Conf. Waste Transmutation, Austin, TX, July, 22-24, 1980, pp.673-, March, 1981.
- [11] Relatório de Análise de Segurança do Reator IPEN-MB-01.
- [12] Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, "Sinopse Preliminar do Censo Demográfico - IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980", Rio de Janeiro, 1981.
- [13] Allen, F. R., "Application of Probabilistic Analysis Techniques to a Typical 10 MW MTR", IAEA, Safety and Licensing Guidebook: Research Reactor Core Conversion From the Use of Highly Enriched Uranium Fuels, Volume 2, Appendix B-3, Vienna, 1990.
- [14] Ministério da Saúde, "Estatísticas de Mortalidade - Brasil, 1985," Brasília, 1988.
- [15] Health and Safety Executive, "The Tolerability of Risk From Nuclear Power Stations", 1987.

SUMMARY

The consequences resulting from postulated research reactor accidents have been analyzed in this work. Two types of reactors are considered: a 5MWt open pool reactor and a 50 MWt PWR reactor. The influence of several factors such as source-term, meteorological conditions and population distribution have been evaluated. It also has been considered that the reactor is located near to a large population center and sited in a rural area.