



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**CONTRIBUIÇÃO AO TRANSPORTE DE MATERIAIS
FÍSSEIS NA ARMAZENAGEM
EM TRÂNSITO**

TERESINHA DE MORAES DA SILVA

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear - Aplicações.**

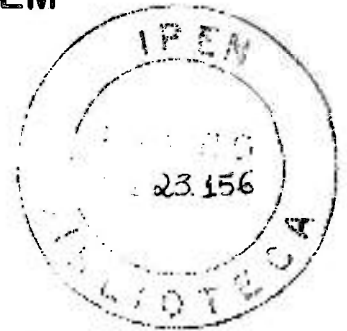
**Orientador:
Dr. Gian-Maria A.A. Sordi**

**São Paulo
2005**



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**CONTRIBUIÇÃO AO TRANSPORTE DE MATERIAIS
FÍSSEIS NA ARMAZENAGEM
EM TRÂNSITO**



TERESINHA DE MORAES DA SILVA

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações.

Orientador:
Dr. Gian-Maria A.A. Sordi

**São Paulo
2005**

“A serenidade é o teto da alma que pede o serviço por solução.”
André Luiz

*Aos meus pais José Sebastião de Moraes e Elvira Corcione de Moraes,
Ao meu marido Felisberto,
Às minhas riquezas Raphael Eduardo, Regina Avelina e Júlia Renata,
À minha sogra D. Maria do Carmo,
Aos meus irmãos e à minha irmã*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela fé, esperança que oferece a cada ser humano.

A meus pais pela felicidade de tê-los.

Ao meu marido Felisberto por ser a pessoa especial do meu caminho.

Ao meu orientador Dr. Gian-Maria A.A. Sordi por sua orientação dedicada, sua capacidade, sua amizade e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

À Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao chefe do Serviço de Radioproteção do IPEN/CNEN/SP, MSc. Demerval Leônidas Rodrigues, pelas palavras de incentivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao gerente do Centro do Combustível Nuclear Dr. Micheangelo Durazzo.

À MSc. Leda Cristina Fanaro pelos ensinamentos e esclarecimentos recebidos neste trabalho.

Ao MSc. Alfredo Abe pela valiosa colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CF(EN) André Luis Ferreira Marques do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo por viabilizar a visita técnica à INB para obtenção de dado experimental para o trabalho desenvolvido.

Aos amigos MSc. Fábio Fumio Suzuki, MSc. Matias Puga Sanches, MSc. Ângela Cristina Nogueira Batista, MSc. Gláucia Regina Tanzilo Santos, MSc. Gilberto Hage Marcondes pela valiosa colaboração nas diversas situações ocorridas durante a fase de desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos de radioproteção Cláudio Calixto de Almeida, Paulo Brasil Sanchez Cambises, Robson de Jesus Ferreira pela cooperação no dia a dia profissional e pelo companherismo demonstrado.

À Dra. Elita Fontinele Urano de Carvalho por sua sensibilidade e amizade.

A todos que de alguma maneira estiveram me auxiliando para chegar à conclusão deste trabalho.

CONTRIBUIÇÃO AO TRANSPORTE DE MATERIAIS FÍSSEIS NA ARMAZENAGEM EM TRÂNSITO

Teresinha de Moraes da Silva

RESUMO

As normas internacionais e nacionais concernentes ao transporte de materiais físséis estabelecem para tanto dois índices: Índice de Transporte (IT) e Índice de Segurança de Criticalidade (ISC). Além disso, em trânsito para uso não exclusivo, o maior destes índices não pode ultrapassar o valor 50. Considerando-se vários grupos a serem transportados, a soma dos índices de transporte não pode ultrapassar 200, e a distância entre eles deve ser 6 metros. Este trabalho visou, como primeiro objetivo, verificar quando um índice é superior ao outro em relação aos materiais físséis estudados, ou seja, os óxidos de urânio UO_2 , U_3O_8 e siliceto de urânio U_3Si_2 , levando em conta os diferentes enriquecimentos. O resultado encontrado é que o índice de segurança de criticalidade sempre é superior. Como segundo objetivo, buscou-se verificar se há alguma alteração no caso do envelhecimento desses compostos, isto é, alteração no Índice de Transporte (IT), em virtude da radiação gama dos radioisótopos descendentes em equilíbrio secular. Verificou-se que não há alteração uma vez que a contribuição dos descendentes ainda que apreciável em relação ao IT original é muito pequeno com relação ao ISC. Como terceiro objetivo, pretendeu-se verificar a distância de 6 metros, entre cada grupo de material físsil. O resultado mostrou que no meio ar, a distância de 1 metro é suficiente, exceção para o composto UO_2 a 100% de enriquecimento, que chega a 2 metros, enquanto no meio água, a distância de 40 cm é suficiente para todos os compostos estudados. Este fato reveste-se de grande importância quando se considera o custo de área necessária no transporte e na armazenagem.

CONTRIBUTION TO FISSILE MATERIALS TRANSPORTATION IN TRANSIT STORAGE

Teresinha de Moraes da Silva

ABSTRACT

The national and international standards for the transportation of fissile materials establish two indexes: Transport Index (TI) and Criticality Safety Index (ISC). Besides, in non-exclusive transit, the largest of these indexes cannot overtake the value 50. Considering several groups to be transported, the sum of the transportation indexes cannot overtake 200 and the distance between them should be 6 meters. This work aimed, as a primary target, to verify when an index is superior to another, in relation to the fissile materials studied, i.e., uranium oxides UO_2 , U_3O_8 and uranium silicide U_3Si_2 , taking into account the different enrichment grades. The result found is that the Criticality Safety Index is always greater. As a second goal, it was tried to verify if there is any alteration in the case of these compounds aging process, i.e., alteration in Transport Index (TI) due to gamma radiation of daughters radioisotopes in secular equilibrium. No alteration, was verified as the daughters contribution although considerable related to the transport index is very small concerning the criticality safety index. As a third target, it was tried to justify a distance equal to 6 meters, between each group of fissile material. The result showed that, in air media, the distance of 1 meter is sufficient, except for the UO_2 compound at 100% of enrichment, which reaches 2 meter while in the water means the distance of 40cm is enough for the compounds studied. This fact is of great importance when the cost of the necessary area in the transportation and storage is taken into consideration.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Energia nuclear e as suas reações	9
1.2	Objetivos do presente trabalho	11
1.3	Partes originais do presente trabalho	12
2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS E EXIGÊNCIAS NORMATIVAS	14
2.1	Fissão nuclear	14
2.2	Criticalidade	15
2.2.1	Fatores de avaliação de criticalidade para sistemas infinitos e finitos ..	15
2.2.2	Probabilidade de fuga dos nêutrons de um sistema finito: definição de reatividade	17
2.3	Principais fatores de segurança considerados no transporte de materiais fisséis	20
2.3.1	Índice de segurança de criticalidade	20
2.3.2	Índice de transporte	22
2.4	Requisitos adicionais exigidos pelas normas de transporte	23
2.4.1	Tipos de embalagens	23
2.4.2	Tipos de etiquetas	24
2.4.3	Transporte sob uso exclusivo ou não	28
3	PROCEDIMENTOS	28
3.1	Descrição sucinta dos programas utilizados	28
3.1.1	Programa <i>Gamtec II</i>	28
3.1.2	Programa <i>Citation</i>	29
3.1.3	Programa <i>Keno IV</i>	30
3.2	Cálculos para preenchimento de dados de entrada nos programas utilizados	31
3.2.1	Cálculo referente à massa do elemento urânio para cada enriquecimento	31
3.2.2	Cálculo referente à massa dos compostos de urânio	32
3.2.3	Cálculo referente às densidades dos compostos de urânio	32
3.2.4	Cálculo referente à densidade atômica do urânio	32

3.3	Cálculo da taxa de dose total	33
3.3.1	Cálculo da taxa de dose	35
3.3.2	Cálculo do Índice de transporte	36
4	RESULTADOS	37
4.1	Resultado prático para o índice de transporte nas instalações das Indústrias Nucleares do Brasil - INB	61
4.2	Resultado prático realizado nas instalações do Centro do Combustível Nuclear - IPEN-CNEN/SP	62
5	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	63
6	FUTUROS TRABALHOS	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
	APÊNDICES	78
	Apêndice A - Valores do fator de multiplicação efetivo (K-efetivo) para os diferentes arranjos do composto de urânio UO_2 , em meio ar e água	78
	Apêndice B - Valores do fator de multiplicação efetivo (K-efetivo) para os diferentes arranjos do composto de urânio U_3O_8 , em meio ar e água	100
	Apêndice C - Valores do fator de multiplicação efetivo (K-efetivo) para os diferentes arranjos do composto de urânio U_3Si_2 , em meio ar e água	122
	Apêndice D - Gráficos dos compostos de urânio estudos	144
	Gráfico 1	144
	Gráfico 2	145
	Gráfico 3	146
	Gráfico 4	147
	Gráfico 5	148
	ANEXOS	149
	Anexo A - Célula do programa <i>Gamtec II</i>	149
	Anexo B - Conjunto para execução do programa <i>Citation</i>	150
	Anexo C - Conjunto para execução do programa <i>Keno-IV</i>	151
	Anexo D - Transformação Radioativa para a série do urânio	152
	Anexo E - Transformação Radioativa para a série do actínio	153

1 INTRODUÇÃO

1.1 Energia nuclear e as suas reações

Hoje, a energia nuclear é um componente significativo do suplemento de energia no mundo [1]. Ela é a terceira fonte de geração utilizada no mundo, com 16% do sistema elétrico. Nos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), a energia nuclear fica atrás apenas do carvão, com 40%, e do gás, com 18%. Existem atualmente 440 usinas nucleares operando em 31 países. Destes, 17 dependem da energia nuclear para suprir no mínimo 25% de suas necessidades. Os líderes são Lituânia (80%), França (78%), Bélgica (60%), Eslováquia (55%), Bulgária (47%), Suécia (52,4%), Suíça (44,5%) e Alemanha (30,3%) [2].

Em 1932, Chadwick demonstrou a existência de nêutrons que, atualmente, levou à idéia, aceita sobre a constituição do núcleo, ou seja, de que ele é construído de prótons e nêutrons [3]. Os nêutrons, por serem partículas pesadas sem carga, têm propriedades que os tornam especialmente interessantes e importantes na ciência e tecnologia contemporâneas. Para determinar a massa do nêutron Chadwick estudou a reação $^{11}\text{B}(\alpha, n)^{14}\text{N}$ e deduziu que as massas do nêutron e próton eram iguais dentro de cerca de 0.3%. As conclusões finais da verificação de Chadwick foram fornecidas por Feather (1932), o qual observou a reação inversa $^{14}\text{N}(n, \alpha)^{11}\text{B}$ na câmara de nuvem [4].

O uso mais impressionante de nêutrons é em reações em cadeia envolvendo materiais físséis. As reações nucleares são a única fonte de nêutrons, e as reações (α, n) em elementos leves que levaram à descoberta do nêutron ainda são usadas para produzir estas partículas. Quando se mistura um grama de rádio, Ra, com atividade equivalente a $3,710^{10}\text{Bq}$ (1Ci) com vários gramas de berílio em pó, são produzidos cerca de 10^7 nêutrons rápidos por segundo como resultado da reação $^9\text{Be} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + ^1_0\text{n} + 5,71 \text{ Mev}$ [5,6].

A produção dos nuclídeos $^{140}_{57}\text{La}$ e $^{139}_{56}\text{Ba}$ a partir do urânio, que tem o número atômico 92 e uma massa atômica de quase 240, necessitava de um tipo,

até então, desconhecido de reação nuclear no qual o núcleo de urânio se divide em fragmentos que são eles próprios núcleos de massa atômica intermediária [7]. Previu-se, então, a partir da sistemática dos nuclídeos estáveis e com base na fórmula semi-empírica de energia de ligação, que os núcleos produtos teriam energias muito grandes e produziriam numerosos pares de íons quando passassem através de um gás. Quando se colocou uma fina camada de urânio numa câmara de ionização apropriada conectada a um amplificador e irradiada com nêutrons, observaram-se grandes picos de ionização correspondendo a energias de até 100 MeV.[7]. Estes pulsos de ionização são extremamente amplos comparados com aqueles de partículas alfa isoladas, sendo fáceis de ser reconhecidos. Trabalhos químicos posteriores mostraram que ao lado dos produtos de reação mencionados acima, outros elementos de número de massa média se formavam, incluindo bromo, molibdênio, rubídio, antimônio, telúrio, iodo e cério. Havia, portanto, amplas evidências químicas e físicas para a quebra do núcleo de urânio, processo este chamado de fissão. A descoberta da fissão nuclear foi um dos resultados das tentativas de se fazer elementos transurânicos de número atômico maior que 92 por meio de reações (n,γ) seguidas do decaimento β do núcleo produto. Quando pequenas amostras de isótopos separados do urânio, preparados num espectrógrafo de massa, foram bombardeadas, descobriu-se que os nêutrons lentos causam a fissão do ^{235}U , mas não do ^{238}U ; nêutrons rápidos, com energias maiores que 1 MeV, causam tanto a fissão do ^{235}U como do ^{238}U . O ^{232}Th e ^{231}Pa sofrem fissão, mas somente quando bombardeados com nêutrons rápidos [7]. A fissão também pode ser produzida no urânio e tório por partículas alfa de grande energia, prótons, dêuterons e raios γ . Os núcleos ^{239}Pu e ^{233}U , formados pelas reações (n,γ) do ^{238}U e ^{232}Th , respectivamente, seguidos pelo decaimento β dos produtos, sofrem fissão quando bombardeados com nêutrons lentos ou rápidos, [7] assim como outros nuclídeos artificiais de número atômico elevado. Finalmente, encontraram-se alguns núcleos de número atômico elevado que sofrem fissão espontânea por exemplo, o próprio urânio; neste processo, o núcleo se divide no estado fundamental sem o bombardeio por partículas externas. Além dos dois grandes fragmentos de fissão, emitem-se nêutrons e raios γ . [7].

Neste trabalho compostos de urânio fissil, tais como óxidos de urânio UO_2 , U_3O_8 e siliceto de urânio U_3Si_2 , são estudados em diferentes enriquecimentos, em determinados arranjos de pacotes, tomando como referência as recomendações internacionais e nacionais para o transporte de material nuclear [8, 9,10]. Define-se enriquecimento como sendo o aumento do isótopo ^{235}U para quantidades maiores do que 0,72%, da porcentagem encontrada no urânio natural.[11]. Este enriquecimento isotópico em escala industrial é realizado por meio dos processos tecnológicos de difusão gasosa e centrifugação do gás hexafluoreto de urânio [12,13,14]. O combustível de um reator nuclear de pesquisa ou de um reator de potência para produção de energia elétrica pode ser obtido partindo-se de uma unidade de reconversão até a produção de pastilhas ou de placas do elemento combustível seguindo a fase de montagem do conjunto de varetas, placas que formam o elemento combustível [15]. Em cada fase do processo, deve ser dada atenção quanto à segurança em relação à criticalidade, desde o dimensionamento dos equipamentos, a distribuição destes, o manuseio dos compostos de urânio em processamento até a fase de estocagem e transporte do material fissil, tanto na instalação como fora dela. [16,17,18,19].

Define-se como criticalidade o processo de fissão auto-sustentado [20] que será discutido no próximo capítulo.

1.2 Objetivos do presente trabalho

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os seguintes tópicos referentes ao índice de transporte (IT) e ao índice de segurança de criticalidade (ISC) para os materiais físeis compostos do urânio enriquecido: dióxido de urânio (UO_2), octóxido de urânio (U_3O_8) e siliceto de urânio (U_3Si_2) nuclearmente puros.

- a) No caso do urânio enriquecido quando o índice de transporte, IT, obtido por meio da dose computada é maior do que aquele calculado para o índice de segurança de criticalidade por meio da fórmula $ISC=50/N$, sendo **N** o número de embalados ou pacotes a serem transportados;

O índice de transporte e o índice de segurança de criticalidade são os indicadores limitantes da quantidade de material fissil que pode ser transportado

de cada vez em segurança. Estes índices serão adequadamente discutidos no próximo capítulo;

- b) Se o índice de transporte ou de segurança de criticalidade de 50 para uma carga única de material físsil é realmente válido para obediência das doses apresentadas nos meios de transporte e evitar transtornos do começo de uma fissão em cadeia autosustentada;
- c) Se a regra usada em proteção radiológica que considera transportar em cada pacote ou em múltiplos pacotes no máximo um quinto em massa da massa segura, é respeitada pelo índice de transporte do embalado individual, como também pela carga de uso exclusivo: ou em alguns casos a quantidade transportada poderá ser diferente daquela normalizada pelos índices de transporte, IT e ISC, dependendo do valor de enriquecimento do urânio;
- d) Se seria mais realista uma fórmula, para o material físsil, mais adequada ou várias fórmulas, em função do enriquecimento ou da composição química do material, para a determinação do índice de segurança de criticalidade;
- e) Em que grau de envelhecimento do elemento combustível o cálculo do índice de transporte por dose, IT, se torna mais crítico do que aquele fornecido pela equação para materiais físséis, isto é, o ISC;
- f) A pertinência de manter a distância de 6 metros para o material físsil armazenado em trânsito entre diferentes grupos de embalados.

1.3 Partes originais do presente trabalho

As recomendações do Organismo Internacional de Energia Atômica (OIEA) [10] e a norma nacional da Comissão Nacional de Energia Nuclear, (CNEN) [8] afirmam que não se pode agrupar os embalados com índice de transporte ou índice de segurança de criticalidade maior do que 50. Cada grupo desses deve ter uma distância mínima de 6 metros um do outro. Por que dos 6 metros [8, 9,10] ?. Quando um índice é maior do que o outro [8, 9,10,11] ?. Isso não está explicitado em nenhuma publicação, razão pela qual, teve-se o ensejo

de realizar este trabalho, o qual visa efetuar um estudo sobre estes itens e, portanto, esclarecer até que ponto são fidedignos.

Deve-se salientar que, desde a primeira norma sobre transporte seguro de materiais radioativos do OIEA [21], nunca foram ensaiados estes números, como também nunca foi mencionada a sua procedência. O que se sabe é que eles têm a precípua função de salvaguardar os trabalhadores e indivíduos do público dos efeitos nocivos das radiações ionizantes e, para tanto, obedecer aos seus limites anuais e limites anuais médios de dose [22,23,24]. Portanto, acredita-se que todos estes objetivos, isto é, seus resultados, discussões e conclusões são originais.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E EXIGÊNCIAS NORMATIVAS

2.1 Fissão Nuclear

A fissão nuclear ocorre quando um nêutron é capturado por um núcleo com número atômico grande, tipicamente o isótopo do urânio 235, mas em princípio isto ocorre com qualquer outro núcleo de número atômico grande [25].

A probabilidade de fissão, comparada com a de outras reações, é um assunto de interesse teórico e importância prática. O núcleo de ^{235}U pode capturar um nêutron térmico para formar um núcleo composto [^{236}U], ou o nêutron pode ser espalhado. O núcleo composto tanto pode sofrer fissão como emitir raios γ e decair para o estado fundamental do ^{236}U , que emite uma partícula α de 4,5 MeV e tem uma meia-vida de $2,4 \cdot 10^7$ anos. A seção de choque total do ^{235}U para nêutrons com velocidade de 2.200m/s, isto é, velocidade média dos nêutrons térmicos, é de 698 b, a seção de choque para absorção total é 683 b, e a seção de choque para fissão é 577 b. Entende-se por seção de choque a área na qual a partícula incidente interage com o núcleo. Sua unidade é barn, $1\text{b}=10^{-24} \text{ cm}^2$. A razão entre a seção de choque para captura radioativa e a seção de choque para fissão é 0,18, de modo que a probabilidade da captura radioativa é de cerca de 18% daquela da fissão. A abundância natural do ^{235}U é de somente 0,72%, com o resultado de que as seções de choque para fissão e captura radioativa do urânio natural são muito menores do que aquelas do isótopo separado ^{235}U [26].

A seção de choque para fissão varia com a energia do nêutron, de uma maneira complexa, para o ^{235}U . Na região térmica, isto é, na região de velocidade próxima a 2200 m/s, a seção de choque de fissão varia aproximadamente com o inverso da velocidade dos nêutrons $1/v$; começando em 0,28 ev, há muitas ressonâncias próximas, com pelo menos 20 ressonâncias identificadas abaixo de 20 ev. Em energias mais elevadas, a seção de choque para fissão é relativamente pequena, chegando a somente cerca de um barn na vizinhança de 1 MeV;

Entende-se por ressonância intervalos de energia muito pequenos, nos quais a probabilidade de fissão é extremamente elevada [26].

Em 1942, Enrico Fermi e seus colaboradores conseguiram obter a primeira reação nuclear em cadeia auto-sustentável, determinando a fissão nuclear, isto é, a divisão do átomo de urânio com a produção de 2 a 3 nêutrons por fissão e com liberação de uma grande quantidade de energia, cerca de 200 MeV [27].

2.2 Criticalidade

O estado de criticalidade é atingido quando em um sistema tem-se uma reação em cadeia de nêutrons auto-sustentada [28, 29, 30, 31].

Uma condição crítica não apenas depende da quantidade de material físsil, mas também de sua concentração, forma geométrica e de qualquer outro material misturado ou nas vizinhanças do material físsil [32]. Os isótopos físsis do urânio são ^{233}U , ^{235}U . O urânio natural e o urânio empobrecido, isto é, com concentração inferior a 0,72% do isótopo ^{235}U , sem serem irradiados ou que tenham sido irradiados apenas em reatores térmicos, não são considerados materiais físsis [8,9].

O controle de criticalidade aplica-se a todos os processos envolvidos no ciclo do combustível nuclear, tais como: enriquecimento do urânio, fabricação de elementos combustíveis, reprocessamento de combustíveis usados e no transporte de material físsil [16,17,18].

2.2.1 Fatores de avaliação de criticalidade para sistemas infinitos e finitos

Avalia-se a criticalidade por um fator de multiplicação de nêutrons. Para sistemas infinitos usa-se k_{∞} , enquanto para sistemas finitos é utilizado o $k_{\text{-efetivo}}$. [28]

O k_{∞} representa a razão entre o número de nêutrons em uma geração pelo número de nêutrons na geração precedente. Uma geração é definida em termos da história do nêutron: um nêutron nasce na fissão, desacelera-se e causa

outra fissão para iniciar a próxima geração. O fator de multiplicação infinito, k_{∞} , recebe influências quanto ao enriquecimento do material, à moderação e à absorção. Por moderação entende-se a perda de energia dos nêutrons rápidos até chegarem a energias térmicas em um meio formado por núclídeos leves, tal como o hidrogênio. Para caracterizar a moderação define-se a razão moderadora por material fissionável. Esta razão, também chamada de grau de moderação por exemplo $H/^{235}\text{U}$, $C/^{235}\text{U}$, $H/^{239}\text{Pu}$) é de decisiva importância para o comportamento de reatividade de um sistema.[28]. A definição de reatividade é vista no final do item 2.2.1.

Os fatores que influenciam o fator de multiplicação infinito, k_{∞} , podem ser representados pela fórmula dos quatro fatores, a saber:[28,30]

- a) Para nêutrons rápidos existe uma certa probabilidade de que eles causarão a fissão nuclear. Esta probabilidade é representada na fórmula dos quatro fatores, pelo fator de fissão rápido, isto é, por ϵ .
- b) Probabilidade de escape da ressonância representada pela letra p . Uma parte dos nêutrons criados pela fissão nuclear é perdida durante o processo de desaceleração dos nêutrons em virtude da ressonância de absorção. A probabilidade de que um nêutron possa escapar da ressonância de absorção é chamada de probabilidade de escape da ressonância.
- c) Nem todo nêutron absorvido nos materiais fissionáveis, isto é que penetram no núcleo dos materiais produzem uma fissão nuclear. Enquanto em média são emitidos ν nêutrons, permanecem livres um número menor por causa de sua absorção no próprio material. O número médio de nêutrons por fissão liberados por nêutron absorvido no material é designado por η na fórmula dos quatro fatores.
- d) Apenas uma parte dos nêutrons que se tornam térmicos é absorvida no material fissionável, o restante é perdido por absorção em outros núclídeos. A probabilidade de que um nêutron térmico seja absorvido no material fissionável é chamada de utilização térmica, representada pela letra f . na fórmula dos quatro fatores que influenciam o k_{∞} .

Portanto, o fator de multiplicação infinito pode ser escrito como apresentado na equação 2.1.

$$k_{\infty} = \epsilon.p.\eta.f \quad (2.1)$$

O k_{efetivo} representa sistemas finitos. Pode ser representado pela equação 2.2.

$$k_{\text{efetivo}} = k_{\infty} \cdot U = \epsilon.p.\eta.f.U \quad (2.2) \quad [28,30]$$

Sendo U a fração de nêutrons que permanece no sistema.

Um sistema finito é designado como crítico quando o $k_{\text{efetivo}} = 1$. Para sistemas com $k_{\text{efetivo}} < 1$ significa que o sistema é subcrítico; $k_{\text{efetivo}} > 1$ significa que um sistema é supercrítico, isto é, a população de nêutrons no sistema está aumentando. Comparando-se dois sistemas em relação ao respectivo k_{efetivo} , será mais reativo aquele com maior valor de k_{efetivo} . Portanto, a reatividade representa o quanto o k_{efetivo} é maior do que 1. A manipulação de materiais nucleares que contêm elementos físeis, que não se encontram no núcleo de reatores, merece cuidados especiais no sentido de garantir que a condição de criticalidade ou supercriticalidade nuclear não seja atingida, para evitar a ocorrência de acidentes que possam ocasionar doses elevadas de radiação e a liberação de produtos radioativos para o meio ambiente.

2.2.2 Probabilidade de fuga dos nêutrons de um sistema finito: definição de reatividade

A probabilidade de os nêutrons poderem escapar de um sistema finito depende principalmente da geometria, das dimensões, das propriedades de reflexões das paredes do contêiner, mas também da distância entre o ponto de origem do nêutron e das paredes do contêiner, e ainda da probabilidade de que os nêutrons percorrerão esta distância durante seu tempo de vida. Desses dois grupos de efeitos o primeiro tem fundamento puramente geométrico, por exemplo, pela zona de fissão de um reator. O segundo grupo depende das propriedades físicas do nêutron e do sistema de multiplicação. Apenas os nêutrons que são gerados perto da superfície terão uma chance de atingir a vizinhança do sistema. A probabilidade de percorrer essas distâncias dependerá da velocidade, em

outras palavras, da energia dos nêutrons. Os nêutrons que teriam que cobrir uma distância maior do que a faixa média para atingir a vizinhança permacerão no sistema. Este efeito na taxa de fuga (1-U), que depende do meio e da energia do nêutron, é ocasionalmente expresso pela área de migração M^2 , dada em cm^2 .

O efeito da geometria de um sistema fissionável na fuga pode ser totalmente descrito pela curvatura geométrica do fluxo B_g^2 (cm^{-2} , m^{-2}), que é derivada da equação de difusão. Este parâmetro, também chamado de curvatura, em inglês, *buckling*, pode ser calculado para várias formas geométricas e por medidas reais. Mesmo para corpos geométricos complicados, a curvatura pode ser fornecida, sendo, freqüentemente, apresentada na forma de curvas. Pelo uso da curvatura geométrica, B_g^2 , pode-se simplesmente fazer a transformação das dimensões associadas ao contêiner com um valor do k_{efetivo} especificado em geometrias esféricas, cilíndricas ou planas. É necessário, contudo, calcular a distância de extrapolação linear, λ , que depende da energia do nêutron, da geometria do contêiner e do material refletor do contêiner. Este comprimento desempenha, assim dizendo, uma ampliação imaginária da zona de fissão e indica a distância a partir das vizinhanças da zona de fissão verdadeira na qual desaparece a densidade do fluxo de nêutron. Para sistemas não refletidos um valor grosseiro de λ é de aproximadamente 2,5 cm, e para sistemas com refletores de água espessos o valor de λ aproxima-se de 6,5 cm.[28,30,31].

O produto da área de migração e o da curvatura $M^2 B_g^2$ fornece a razão entre os nêutrons que fogem e os nêutrons absorvidos na zona de fissão. A fração de nêutrons perdidos por fuga para sistemas, com material fissionável que não seja muito pequeno (a dimensão do sistema pouco maior que o comprimento de extrapolação), é dada pela equação 2.3:

$$1 - U = \text{fuga}/(\text{absorção} + \text{fuga}) = M^2 B_g^2 / (1 + M^2 B_g^2) \quad (2.3)$$

A fração de nêutrons que permanecem no sistema é então evidenciada na equação 2.4.

$$U = \text{absorção}/(\text{absorção} + \text{fuga}) = 1/(1 + M^2 B_g^2) \quad (2.4)$$

O fator de multiplicação efetivo k_{efetivo} pode assim ser escrito como segue na equação 2.5

$$K_{\text{efetivo}} = k_{\infty} \cdot U = k_{\infty} / (1 + M^2 B_g^2) \quad (2.5)$$

No caso de um sistema crítico ($k_{\text{efetivo}} = 1$), a equação acima pode ser reescrita pela equação 2.6.

$$B_g^2 = (k_{\infty} - 1) / M^2 = (\varepsilon \cdot p \cdot \eta \cdot f - 1) / M^2 \quad (2.6)$$

A forma da equação 2.6 $(\varepsilon \cdot p \cdot \eta \cdot f - 1) / M^2$ apenas contém parâmetros relacionados ao material e também é chamada de curvatura do material B_m^2 .

Assim, em um sistema crítico

$$B_g^2 = B_m^2 \quad (2.7)$$

O fator de multiplicação efetivo K_{efetivo} pode também ser expresso como segue na equação 2.8

$$K_{\text{efetivo}} = (1 + M^2 B_m^2) / (1 + M^2 B_g^2) \quad (2.8)$$

Dessa maneira é possível calcular o fator de multiplicação efetivo de um sistema se as relações geométricas B_g^2 e as propriedades do material B_m^2 do sistema de multiplicação forem conhecidas. Para este propósito a curvatura do material pode ser determinada experimentalmente ou por cálculos baseados em experimentos. Se B_m^2 for positivo, então o meio é capaz de obter uma condição crítica; se for negativo B_m^2 , k_{∞} é sempre menor que 1. $B_m^2 = 0$ significa $k_{\infty} = 1$. A curvatura B_g^2 , por outro lado, é sempre positiva. Frequentemente, em vez de usar o K_{efetivo} , usa-se a reatividade ρ evidenciada pela equação 2.9

$$\rho = (K_{\text{efetivo}} - 1) / k_{\text{efetivo}} = 1 - (1 / K_{\text{efetivo}}) \quad (2.9)$$

No estado de criticalidade tem-se a $\rho = 0$ [28].

2.3 Principais fatores de segurança considerados no transporte de materiais físseis

2.3.1 Índice de segurança de criticalidade

Todo material físsil deverá ser transportado obedecendo ao critério de subcriticalidade [8,10,30,32]. Isto representa um k -efetivo menor que 1. O transporte de material físsil obedece às regulamentações do OIEA [9,10,34], e às normas nacionais da CNEN [8] e do ministério dos transportes [33].

Nestas publicações avaliou-se a segurança de criticalidade dos materiais físseis durante o transporte, introduzindo-se o índice de segurança de criticalidade para garantir a subcriticalidade do sistema durante o transporte. Este índice é um número que representa todo embalado ou pacote e contêiner que contenha material físsil, a fim de fornecer controle sobre o acúmulo de pacotes que possam se tornar críticos por causa do fator de multiplicação de nêutrons por reflexão e moderação se empilhados juntos. As recomendações de subcriticalidade no transporte de materiais físseis vinha de regulamentações anteriores, porém a avaliação realizada juntamente com o índice de transporte IT aplicado a quaisquer materiais radioativos só foi introduzida nas recomendações internacionais atuais [9,10]. Portanto, atualmente, os índices de transportes são considerados separadamente e ambos devem ser identificados, o que introduz preocupações extras para evitar criticalidade.

O material físsil a ser transportado deve estar dentro de um estado de subcriticalidade em que o fator de multiplicação de nêutrons efetivo seja menor que 0,95, isto é, k -efetivo deve obrigatoriamente ser inferior a 0,95 [35,36] como também os pacotes a serem transportados devem ter um quinto da massa segura correspondendo ao índice de segurança de criticalidade 50. Diversos cálculos computacionais são necessários [37] para se chegar ao valor da massa segura para relacioná-la com o índice de segurança de criticalidade, a saber:

- Determinar a célula de razão de moderação ótima, uma vez que esta representa o ponto mais reativo do sistema com k_{∞} máximo em determinada concentração de urânio para determinado enriquecimento. Por sistema entende-se o composto de urânio. A cada concentração do urânio forma-se

uma célula, para a qual o programa *Gamtec* [38] determina um k-infinito para essa concentração em que se formou a célula. Repete-se esse cálculo em diferentes células para diferentes concentrações do urânio até a densidade teórica do composto considerado. A finalidade é determinar a concentração de urânio que forneça o máximo k_{∞} . Para isso é necessário a cada enriquecimento considerado calcular a massa de urânio, como também a massa do composto de urânio, a densidade do composto de urânio para cada concentração considerada, além da densidade da água e dos elementos que compõem a molécula do composto de urânio. Com estes valores calculam-se as densidades atômicas do urânio 235, 238, densidades atômicas da água e dos constituintes da molécula do composto de urânio. Essas densidades atômicas são dados de entrada para o programa *Gamtec*. Nesse estudo, calculou-se a densidade do oxigênio e silício na concentração e no enriquecimento do urânio em estudo e suas respectivas densidades atômicas para cada célula formada;

- Determinar o raio crítico de um cilindro infinito, pois a geometria dos pacotes ou embalados considerada é cilíndrica. Portanto, ao raio crítico calculado, aplicou-se o fator de segurança 0,9 [29] determinando o raio seguro em cada enriquecimento considerado. Este raio crítico é calculado por meio do programa *citation* [39].
- Determinar o raio crítico de uma esfera para determinada célula de razão de moderação ótima de um determinado enriquecimento, a fim de calcular a massa crítica do composto do urânio e a massa crítica do urânio. Esta massa crítica é calculada determinando-se o volume da esfera crítica, aplicando a fórmula $\frac{4}{3}\pi R^3$ e multiplicando a densidade do urânio correspondente à concentração de urânio na razão de moderação ótima do composto de urânio em estudo. No trabalho buscou-se a menor massa crítica do composto de urânio ou a menor massa crítica de urânio correspondente à maior massa segura do composto de urânio ou a maior massa segura do urânio para determinado enriquecimento. Para isso, após calcular-se as massas críticas referentes à célula correspondente ao maior k_{∞} , isto é, a célula de razão de moderação ótima, determinaram-se várias massas críticas correspondentes a concentrações do urânio com valores decrescentes daquela correspondente à

célula de razão de moderação ótima, com o objetivo de determinar-se a menor massa crítica do composto de urânio em determinado enriquecimento e sua menor massa crítica em urânio, a qual corresponde à maior massa do elemento urânio segura. A maior massa segura corresponde a 45% da massa crítica [29] do composto de urânio ou do elemento urânio. Com essas etapas de cálculos, chega-se à massa do elemento urânio segura para a qual se relaciona um quinto dessa massa ao valor 50, que corresponde ao Índice de segurança de criticalidade, isto é, 20% da massa segura onde o transporte se realiza com massa subcrítica, indo a favor da segurança.

- Modelagem dos embalados ou pacotes para determinar o k-efetivo médio. Necessitou-se formar o seguinte conjunto em cada composto de urânio estudado e a cada enriquecimento considerado. Célula de razão de moderação ótima, célula de água, célula do material que constitui o cilindro (aço-inox), fechando com as coordenadas de um cubóide. Estudaram-se os arranjos com reflexão de 30 cm de água [9,10], obtendo-se um valor do k-efetivo médio nas distâncias consideradas entre os pacotes. Estudou-se cada cilindro isoladamente com reflexão de 30 cm de água tanto para o meio ar como água, em diferentes enriquecimentos, para ter-se uma referência do valor do k-efetivo médio com os arranjos estudados.

2.3.2 Índice de Transporte

A partir da massa de urânio segura determinada para cada enriquecimento, trabalhou-se com um quinto dessa massa, calculando-se a atividade do ^{235}U e a respectiva taxa de dose referente a essa atividade, como também a atividade do ^{238}U e sua respectiva taxa de dose para cada enriquecimento considerado. Calculou-se a taxa de dose equivalente total referente à radiação gama somando-se a taxa de dose de ambos os isótopos existentes em um quinto da massa segura. Usando-se a definição de Índice de Transporte como sendo a taxa de dose gama à distância de 1 metro do embalado em unidades de $\mu\text{Sv/h}$ dividida por 10, determinou-se o Índice de Transporte para 20% da massa segura a cada enriquecimento dos compostos estudados [8, 9,10,40].

2.4 Requisitos adicionais exigidos pelas normas de transporte

2.4.1 Tipos de embalagens

As exigências das normas internacionais [9,10] e nacionais [8,33] estabelecem que cada material a ser transportado deverá estar de acordo com os requisitos exigidos abrangendo os meios de transporte a) rodoviário ou ferroviário, quaisquer veículos; b) aquático, qualquer navio ou área do convés, compartimento ou porão; c) aéreo, em qualquer tipo de aeronave. Entende-se por material radioativo qualquer material contendo radionuclídeo em que tanto a atividade específica Bq/g como atividade total estejam acima do valor de isenção. Valor este especificado para cada radionuclídeo. Os materiais radioativos deverão estar contidos em embalagens que devem apresentar um conjunto de componentes necessários para encerrar completamente o conteúdo radioativo, podendo consistir de um ou mais invólucros ou recipientes, de materiais absorventes, de estruturas para espaçamento, de blindagem para radiações, e de dispositivos para resfriamento, para absorção de choques mecânicos e para isolamento térmico. Podem apresentar-se como uma caixa, tambor ou recipiente similar, e também como contêiner ou tanque. Em função do radionuclídeo, da sua atividade, as embalagens podem ser classificadas em três tipos, a saber: embalagem **tipo A**, projetada para resistir as condições normais de transporte, submetida aos seguintes ensaios: jato de água, queda livre, empilhamento e penetração. Podendo conter atividades limitadas pelos valores de A_1 e A_2 , sendo A_1 atividades referentes à fontes seladas e A_2 atividades referentes à fontes não seladas. A embalagem **tipo B**, projetada para resistir às condições de um acidente de transporte. Inicialmente, este tipo de embalagem também é submetida ao mesmo tipo de ensaio que a embalagem tipo A, acrescida de ensaios de queda tipo queda I a partir de uma altura de 9 metros, queda II: sobre uma barra e queda III sobre um bloco de 500 quilos. Ensaios térmicos são realizados a 800 °C por 30 minutos, como também ensaio de imersão 15 metros de profundidade por 8 horas. A embalagem **tipo C** é projetada para resistir às condições de acidente aeronáutico. Ensaios do tipo A e tipo B são realizados acrescidos dos ensaios de punção, impacto, térmico e imersão. O ensaio de impacto é realizado sobre uma base rígida a 90 m/s (324 km/h); o ensaio térmico 800° C por 60

minutos, e o ensaio de imersão 200 m de profundidade por 1 hora.. As embalagens tipo A e B são projetada para suportar grandes atividades, maiores do que $3.10^3 A_1$ e $3.10^3 A_2$, sendo que o expedidor notificará as autoridades competentes de todos os países pelos quais o transporte passará, com antecedência de uma semana. A embalagem contendo o radionuclídeo a ser transportado é designada por embalado ou pacote. Os tipos de embalados ou pacotes para transporte de determinado material radioativo, por determinado meio de transporte, com vistas ao desempenho adequado da respectiva embalagem em termos de sua integridade, devem ser selecionados entre um dos cinco tipos primários, a saber: embalados exceptivos, embalados industriais, embalados tipo A, embalados tipo B e embalados tipo C. Para cada tipo de embalado deve ser identificada a natureza do conteúdo radioativo e avaliada a sua atividade, pois para cada tipo de embalado tem-se uma determinada atividade associada. No pacote exceptivo a embalagem é do tipo industrial ou comercial comum, contendo pequena quantidade de material radioativo com atividade limitada para os estados físicos, sólido, líquido e gás. Sob forma especial tanto para sólido como para gás o valor da atividade é 10^{-3} do tipo A1. O valor da taxa de dose máxima em qualquer ponto da superfície externa do embalado exceptivo é menor ou igual a $5\mu\text{Sv/h}$. O embalado industrial com conteúdo radioativo limitado deve ser classificado, por nível de integridade, em um dos três tipos: industrial I, industrial II e industrial III. O valor da taxa de dose externa a 3 m do embalado industrial, sem blindagem, deve ser de até 10 mSv/h . Os embalados tipo A, isto é, com embalagem tipo A, têm seu conteúdo radioativo sujeito a limite de atividade não superiores a A_1 , para material radioativo sob forma especial, e atividade não superior a A_2 nos demais casos. Se o embalado tipo A contiver material físsil haverá necessidade de aprovação do projeto pela autoridade competente do país de origem. Os embalados tipo B, isto é, com embalagem tipo B têm seu conteúdo radioativo sem limite de atividade preestabelecido. Este tipo de pacote é subdividido em B(U) se o projeto estiver sujeito à aprovação unilateral, ou seja, apenas do país de origem do pacote, e em B(M) se a aprovação for multilateral, isto é, requerer aprovação de todos os países por onde o pacote transitar. [8,10]

2.4.2 Tipos de etiquetas ou rótulos de riscos

Os embalados são classificados por categoria e valor de radiação máxima, na superfície externa de cada um, isto é, taxa de dose na superfície externa do embalado e a 1 metro. Assim sendo, os embalados que recebem etiquetas cor branca são classificados na categoria I- Branco, tendo taxa de dose na superfície externa menor ou igual a $5 \cdot 10^{-3}$ mSv/h. O embalado rotulado por etiquetas de cor amarela pertence às seguintes categorias: categoria II- Amarela com taxa de dose maior que $5 \cdot 10^{-3}$ mSv/h e menor ou igual a $5 \cdot 10^{-1}$ mSv/h, na superfície externa do embalado; categoria III- Amarela com taxa de dose maior que $5 \cdot 10^{-1}$ mSv/h e menor ou igual a 2 mSv/h; categoria III- Amarela e sob uso exclusivo com taxa de dose na superfície do embalado maior que 2 mSv/h e igual ou menor que 10 mSv/h. [8,9,10]. Para taxas de dose a 1 metro do embalado, define-se o índice de transporte, IT. Este índice de transporte é um número adimensional, que é determinado dividindo-se a taxa de dose em $\mu\text{Sv/h}$ por 10. Admite-se até uma casa decimal. Isto é válido para todos os radionuclídeos. Logo, para etiqueta categoria I o índice de transporte é zero, para a categoria II o índice de transporte é maior que zero e menor que ou igual a 1, na categoria III o índice de transporte é maior que 1 e menor ou igual a 10. Para a categoria III sob uso exclusivo o índice de transporte é maior que 10. Exemplificando, quando fala-se que o IT é igual a 10, significa que a 1 metro do pacote a taxa de dose gama é de $100\mu\text{Sv/h}$. Para os materiais fisséis deve ser indicado o índice de segurança de criticalidade[40,41]. Ver Figura 2.1 referente às etiquetas.ou rótulos de risco. As recomendações internacionais estabelecem que na etiqueta seja mencionado o maior valor entre os dois índices, além do número do organismo das nações unidas ONU especificado para cada material classe de material e atividade [40].





FIGURA 2.1. Tipos de etiquetas

2.4.3 Transporte sob uso exclusivo ou não

Num transporte de material radioativo pode-se transportar mais do que um pacote. Neste caso, tem-se a seguinte classificação: não sob uso exclusivo e sob uso exclusivo para o limite da soma total de índices de transporte num único contêiner ou num meio de transporte [8,10,33,34]. Entende-se por **uso exclusivo** quando o transporte só permite um expedidor, enquanto **não sob uso exclusivo** é permitido diferentes expedidores, diferentes agrupamentos de pacotes num mesmo meio de transporte.

O valor do índice de transporte 50 para uso não exclusivo é válido tanto para material não fissil como fissil para contêineres pequenos e grandes; veículo e aeronave de passageiro. O valor altera-se para material não fissil em aeronave de carga, que sobe para 200, enquanto para material fissil continua o valor 50. Para embarcação lacustre ou fluvial são os mesmos valores 50 para ambos os materiais, isto é, não fissil e fissil. Para embarcação marítima o valor 50 é mantido para porão, compartimento ou praça definida do convés destinada a pacotes ou pequenos contêineres, enquanto para grande contêiner o valor passa para 200, desde que os embalados sejam acondicionados de forma que a soma total dos IT em qualquer grupo individual não exceda a 50, e que cada grupo seja manuseado e acondicionado de maneira que os grupos estejam separados entre si pela distância mínima de 6 metros. Para embarcação no todo: pacotes ou pequenos contêineres possuem um valor 200 tanto para material não fissil como fissil, porém, com a restrição de serem mantidos grupos de 4 com soma de 50 para cada grupo, e que cada grupo seja manuseado e acondicionado de modo que os

grupos estejam separados entre si pela distância mínima de 6 metros. Para classificação sob uso exclusivo referente ao material não fissil não há limite para contêiner grande, veículo, aeronave de carga, embarcação lacustre ou fluvial e embarcação marítima; porém, para material fissil contêiner grande, veículo, aeronave de carga, embarcação lacustre ou fluvial, embarcação marítima porão, o limite passa a ser 100; sendo o IT total superior a 50, a expedição deve ser manuseada e acondicionada de forma que fique separada pela distância mínima de 6 metros de qualquer outro pacote, tanque ou contêiner contendo material radioativo. O limite 200 é para embarcação no todo. Estes pacotes deverão ser transportados em ou sobre um veículo, desde que não sejam removidos do veículo enquanto este estiver a bordo da embarcação. Para embarcações de uso especial, tais como aquelas destinadas ao transporte de combustível irradiado, a soma total dos índices de transporte será sujeita a aprovação multilateral com base em condições específicas.

A distância mínima de 6 metros entre os diferentes tipos de transporte de material fissil foi mencionada várias vezes [42]. Por esta razão utilizou-se o programa *Keno-IV* [43] e realizaram-se modelagens entre os pacotes a diferentes distâncias para verificar o comportamento do k-efetivo médio em meio ar e água com reflexão de 30 cm de água.[44]. A finalidade é saber em qual distância o k-efetivo médio dos arranjos se mantém constante, e portanto testar a validade dos 6 metros de distância.

3 PROCEDIMENTOS

O presente trabalho teve como procedimentos a utilização de programas computacionais referentes às determinações de parâmetros integrantes da física nuclear, tais como determinações de seções de choque para nêutrons térmicos, fator de multiplicação infinito para sistemas infinitos, fator de multiplicação efetivo para sistemas finitos, determinação do raio crítico para cilindros, determinação do raio crítico para esfera.

Os cálculos de criticalidade são conservativos, isto é, são realizados para a condição de razão de moderação ótima de nêutrons (proporção de átomos de hidrogênio para átomos de ^{235}U que resulta na máxima reatividade nuclear) e reflexão completa de nêutrons por um refletor de 30 cm de água (a reflexão completa de nêutrons por água considera, em si, um acidente muito improvável, ou seja, a inundação completa do sistema).

3.1 Descrição sucinta dos programas utilizados

3.1.1 Programa *Gamtec II*

O programa *Gamtec II* [38] foi utilizado para a geração das constantes nucleares em multigrupo de energia. As sessões de choque são fornecidas em 16 grupos de energia e a estrutura de grupos é a da biblioteca Hansen & Roach [45] sendo porém utilizada na sua geração a própria biblioteca de dados nucleares acoplada ao programa *Gamtec II*.

Este programa utiliza a linguagem simbólica Fortran II, representado por um sistema matricial composto por 14 linhas e 70 colunas comumente chamado célula ou planilha. Basicamente, alteram-se três linhas nessa composição matricial para cada enriquecimento estudado. A primeira linha indica o tipo de composto de urânio, com seu respectivo enriquecimento e sua

concentração em urânio, isto é, a célula de razão de moderação ótima; na linha 6 dessa matriz encontram-se as colunas 14, 15; 19, 20; 24, 25; e 29, 30 que possuem números de identificação das respectivas sessões de choque para os isótopos considerados. Assim sendo, o isótopo do urânio ^{235}U é identificado na coluna 14 e 15 pelo número 10; enquanto o isótopo ^{238}U é representado nas colunas 19, 20 pelo número 12. As colunas 24 e 25 podem representar nesses materiais em estudo o silício pelo número 26, e o oxigênio pelo número 23. As colunas 29 e 30 representam a molécula de água número 21. Na linha 11 preenchem-se as densidades atômicas expressas átomos/barn.cm [38] para os isótopos de urânio, silício ou oxigênio, e água. As colunas 12 a 20 são preenchidas com os resultados dos cálculos feitos para a densidade atômica do ^{235}U , enquanto as colunas 22 a 30 são preenchidas com os resultados dos cálculos feitos para a densidade atômica do ^{238}U . As colunas 32 a 40 são preenchidas com os resultados dos cálculos referentes ao silício ou ao oxigênio. As colunas 42 a 50 são preenchidas com os resultados da densidade atômica da água. Ver. Anexo A.

3.1.2 Programa *Citation*

Introduziu-se o programa *citation* [39] nesse estudo dos compostos de urânio a fim de calcular-se o raio crítico de uma esfera e raio crítico de um cilindro infinito. O programa “*citation*” soluciona a equação de difusão de nêutrons expressa em multigrupo de energia, pelo método de diferenças finitas.

Para obter -se os respectivos raios críticos, um conjunto deve ser formado da seguinte maneira: a) célula de razão de moderação ótima do composto de urânio no enriquecimento considerado; b) célula de água; c) dados que compõem o programa *citation* para cálculo de determinado raio crítico para determinada geometria em estudo. A primeira linha do programa *citation* especifica o tipo de geometria para o qual se determina o raio crítico. As demais linhas representam cinco seções representadas por três algarismos cada uma: 001, 003, 004, 005 e 028. Neste estudo referente ao raio crítico, altera-se a seção 003. Para o programa calcular o raio crítico de uma esfera preenche-se a linha 35

da coluna 15 com o algarismo 3; enquanto para o programa *citation* calcular o raio crítico de um cilindro infinito substitui-se o algarismo 3 por 2. Ver Anexo B.

Calcula-se o raio crítico de uma esfera com a finalidade de calcular o seu respectivo volume e posteriormente calcular a massa crítica daquela, uma vez que a geometria esférica é a mais reativa para um material físsil [28,30,31,32]. Calcula-se o raio crítico de um cilindro infinito para determinar-se o raio crítico e seu respectivo raio seguro a fim de modelar-se cilindros onde o material físsil estará contido formando o embalado ou pacote.

3.1.3 Programa *Keno -IV*

O programa *Keno IV* [43] possui diferentes finalidades para os cálculos de criticalidade. Neste estudo usou-se o programa para calcular o fator de multiplicação efetivo dos nêutrons. Este programa está baseado no método de Monte Carlo, possuindo fatores de ponderação com a finalidade de melhorar a exatidão estatística do valor do fator de multiplicação efetivo médio que o programa calcula. Neste método, consideram-se os nêutrons como partículas individuais que interagem com os núcleos de maneira aleatória obedecendo a certas leis fundamentais de probabilidade. O programa resolve a equação de transporte de Boltzman. Ao se transportar, manusear arranjos de embalados ou pacotes físsis, faz-se necessário determinar o fator de multiplicação efetivo médio (k_{efetivo}) do arranjo, uma vez que o estado de subcriticalidade deve ser mantido. Para fazer-se as modelagens dos embalados com a finalidade de determinar o fator de multiplicação efetivo dos nêutrons, um conjunto deve ser formado pela célula de razão de moderação ótima, célula de água e célula do material do qual a embalagem é formada e que conterà o material radioativo. A seguir vem o comando dos parâmetros que compõem o programa *Keno IV*. Alguns parâmetros são: tempo de contagem, número de gerações de nêutrons, número de nêutrons formados por geração. Nesse estudo consideraram-se 500 gerações de nêutrons com formação de $15 \cdot 10^3$ nêutrons por geração. O tempo de contagem foi de 600 minutos [46]. O programa identifica o material radioativo, a célula de água e o material que envolve o material radioativo. O meio onde os arranjos são modelados é considerado como também a forma geométrica. Na

modelagem dos embalados consideraram-se cilindros. Um cubóide, isto é, um paralelepípedo com coordenadas x , $-x$, y , $-y$ mais a altura do cilindro é um parâmetro do programa a ser preenchido em cada modelagem. Para os compostos de urânio usou-se um cilindro definido pelo raio seguro, espessura e altura. A coordenada x formou-se para cada modelagem considerando o raio seguro, mais espessura e metade da distância entre o espaçamento dos cilindros a serem modelados nos diferentes arranjos realizados. Fizeram-se para as demais coordenadas do cubóide as mesmas considerações. Considerou-se um eixo cartesiano que dividiu a altura do cilindro, por esta razão tem-se $+h/2$ e $-h/2$. Ao formar o cubóide com reflexão de 30 cm de água, somam-se 30 cm ao valor da metade das alturas do cilindro, isto é, $+h/2$ e $-h/2$. No cubóide consideram-se os 16 grupos de energia multiplicados pelo fator de ponderação 0.5. Ver Anexo C .

3.2 Cálculos para preenchimento de dados de entrada nos programas utilizados

No capítulo 2, dissertou-se sobre os cálculos realizados, neste capítulo apresentam-se as equações utilizadas.

3.2.1 Cálculo referente à massa do elemento urânio para cada enriquecimento.

Utiliza-se a equação 3.1

$$mU = \frac{1}{\left(\frac{E}{m^{235}U}\right) + \left(\frac{1-E}{m^{238}U}\right)} \quad (3.1)$$

onde:

mU é a massa do elemento urânio expressa em gramas

E é a porcentagem do enriquecimento

$m^{235}U$, $m^{238}U$ são as massas dos respectivos isótopos de urânio expressos em gramas.

3.2.2 Cálculo referente à massa dos compostos de urânio expressas em gramas

Composto dióxido de urânio $UO_2 \rightarrow mU + 2 \times mO$

Composto siliceto de urânio $U_3Si_2 \rightarrow 3x \text{ mU} + 2 \times m \text{ Si}$

Composto trióxido de urânio $U_3O_8 \rightarrow 3 \times mU + 8 \times mO$

3.2.3 Cálculo referente às densidades dos compostos de urânio

Usa-se a equação 3.2

$$\rho \text{ do composto} = \frac{mcx[U]}{U} \text{ g/cm}^3 \quad (3.2)$$

onde:

ρ representa a densidade do composto de urânio para determinada concentração de urânio

mc é a massa do composto de urânio considerada expressa em grama

$[U]$. representa a concentração de urânio expressa em g/cm^3

U representa a massa do elemento urânio no composto considerado expressa em gramas

3.2.4 Cálculo referente à densidade atômica do urânio

A densidade atômica do urânio DAU é expressa em átomos/ barn.cm [38]

Usa-se a equação 3.3.

$$DAU = \frac{\text{númerodeAvogadro} \times \rho}{mc} = \text{átomos / barn.cm} \quad (3.3)$$

onde,

Número de avogadro= $6,02E+23$

ρ é a densidade do urânio expressa em g/cm^3

mc é a massa do composto considerado

As densidades atômicas do ^{235}U , do ^{238}U e da água são calculadas utilizando as equações 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7. Elas são expressas em átomos/barn.cm [38]

$$DA^{235}\text{U} = E \times \text{DAU} \quad (3.4)$$

onde:

$DA^{235}\text{U}$ é a densidade atômica para o ^{235}U

E é o valor do enriquecimento considerado expresso em porcentagem

DAU é a densidade atômica do urânio

$$DA^{238}\text{U} = (1-E) \times \text{DAU} \quad (3.5)$$

onde:

$DA^{238}\text{U}$ = densidade atômica para ^{238}U

$1-E$ = 1 menos a porcentagem do enriquecimento

$$\rho_{H_2O} = 1 - \frac{[U]}{\rho_{teórica_do_composto}} \quad (3.6)$$

onde:

ρ_{H_2O} = densidade da água

$[U]$ representa a concentração de urânio expressa em g/cm^3

ρ teórica do composto sendo para $\text{UO}_2 = 10,96\text{g/cm}^3$ [47], $\text{U}_3\text{O}_8 = 8,3\text{g/cm}^3$ [15], $\text{U}_3\text{Si}_2 = 12,2\text{g/cm}^3$ [15].

$$\text{DAH}_2\text{O} = \frac{\text{número de Avogadro} \times \rho_{H_2O}}{\text{mol } H_2O} \quad (3.7)$$

A densidade atômica do oxigênio no composto U_3O_8 corresponde a 8 vezes a densidade atômica do urânio, enquanto a densidade atômica do silício

3.3 Cálculo da taxa de dose total

A taxa de dose total é em relação aos isótopos ^{235}U , ^{238}U expressa em mSv/h a 1 metro de distância para uma massa equivalente ao índice de segurança de criticalidade igual a 50, isto é, um quinto da massa segura.

As atividades correspondentes a um quinto da massa segura para os isótopos do ^{235}U e do ^{238}U são calculadas utilizando as equações 3.8 e 3.9. Estas atividades estão expressas em MBq [48].

$$A = \lambda \times N \quad (3.8)$$

$$N = \frac{m \cdot N^{\circ} \text{ Avogadro}}{\text{Mol}} \quad (3.9)$$

Sabendo-se que λ constante de desintegração do $^{235}\text{U} = 3,0910 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$ [48], calculou-se o número de átomos que se desintegram por segundo.

$$N = \frac{\text{massa correspondente a um quinto da massa segura do isótopo } ^{235}\text{U} \times 6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{235 \text{ gramas}}$$

O mesmo tipo de cálculo fez-se para o isótopo de ^{238}U .

$$A_{238} = \lambda_{238} \times N$$

λ constante de desintegração do isótopo $^{238}\text{U} = 4,88 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ [48]

$$N = \frac{\text{massa correspondente a um quinto da massa segura do isótopo } ^{238}\text{U} \times 6,023 \cdot 10^{23} \text{ átomos}}{238 \text{ gramas}}$$

3.3.1 Cálculo da Taxa de Dose

A taxa de dose pode ser calculada utilizando-se a expressão 3.10. [49]

$$\dot{H} = \frac{A \times \Gamma}{d^2} \quad (3.10)$$

onde:

A representa a atividade expressa em Bq;

Γ representa a constante de taxa Querma expressa em mSv/h.m²; [50]

d representa a distância. Neste trabalho a distância considerada é 1 metro.

Para ²³⁵U o valor da constante Querma é $\frac{7,07 \cdot 10^{-2} \text{ R.m}^2}{\text{h Ci m}^2}$ em unidades

R.m² / h.Ci.m² [51] as transformações para taxa de dose expressa em mSv/h.m² necessitou considerar que 100 R equivale a 0,96 Sv no tecido, logo 1R equivale a 9,6 mSv [49]

Portanto, para ²³⁵U a taxa de dose é calculada conforme a equação 3.11:

$$\dot{H} = \frac{A_{235} \times 0,0707 \text{R} \times 9,6 \text{mSv. m}^2}{37 \cdot 10^9 \text{ Bq. h. m}^2} \quad (3.11)$$

Para urânio 238 a taxa de Querma vale $2,110^{-2} \text{mSv.m}^2 / 10^9 \text{Bq. m}^2 \cdot \text{h}$ [52].

Portanto, a taxa de dose referente ao isótopo ²³⁸U é calculada segundo a equação 3.12.

$$\dot{H} = \frac{A_{238} \times 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ mSv.m}^2}{10^9 \text{ Bq.m}^2 \cdot \text{h}} \quad (3.12)$$

A soma das taxas de doses equivalentes dos dois isótopos forneceu a taxa de dose equivalente gama total a um metro de distância.

3.3.2 Cálculo do Índice de Transporte

A partir do valor encontrado para a taxa de dose equivalente total expressa em mSv/h, obtida pelos cálculos acima especificados, multiplicou-se por 10^2 determinando-se o valor do Índice de Transporte a 1 metro do embalado.[8,10].

4 RESULTADOS

As tabelas referenciadas abaixo representam os resultados obtidos:

Tabela 4.1 apresentando valores calculados do máximo fator de multiplicação infinito para diferentes enriquecimentos nos compostos de urânio em estudo;

Tabela 4.2 apresentando os valores calculados para os raios críticos e raios seguros dos cilindros a serem modelados em diferentes enriquecimentos (E%) para os compostos de urânio.

Tabela 4.3 apresentando os valores calculados para a menor massa crítica (kg) e respectiva massa segura (kg) em urânio para os diferentes enriquecimentos(E%).

Tabela 4.4 apresentando os valores calculados para taxa de dose total, índice de transporte e índice de segurança de criticalidade para o composto UO_2 a partir da massa de urânio segura.

Tabela 4.5 apresentando os valores calculados para taxa de dose total, índice de transporte e índice de segurança de criticalidade para o compostos U_3O_8 a partir da massa de urânio segura.

Tabela 4.6 apresentando os valores calculados para taxa de dose total, índice de transporte e índice de segurança de criticalidade para o compostos U_3Si_2 a partir da massa de urânio segura.

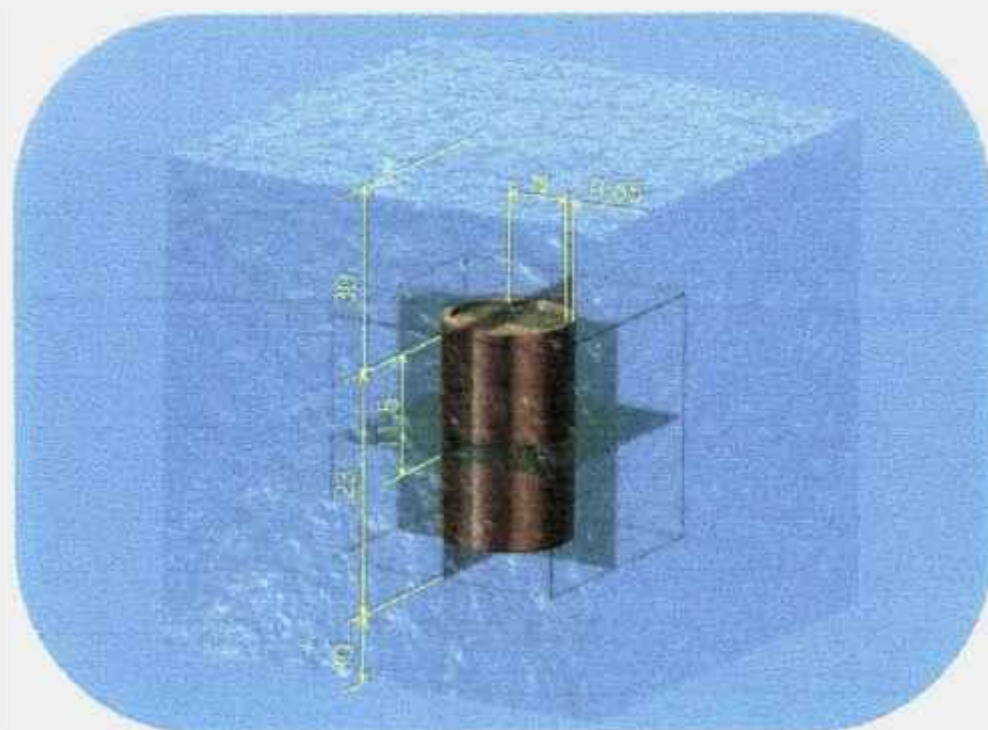
Tabelas de 4.7 a 4.9 representam os cálculos referentes a um sistema isolado para cada composto de urânio em estudo. Representando o valor do fator de multiplicação efetivo médio para cada enriquecimento considerado e meio.

Estes valores são os valores referência para os diferentes arranjos modelados. Ver figura 4.1

Tabelas 4.10 a 4.42 são evidenciados os resultados das modelagens dos cilindros para diferentes arranjos, diferentes distâncias, no meio ar e meio água. Ver figura 4.2 e 4.3

Tabelas 4.7 a 4.9 representam os valores encontrados para o fator de multiplicação efetivo, k -efetivo, para os diferentes enriquecimentos (E%), considerando um cilindro isolado, com reflexão de 30 cm de água tanto no meio ar como no meio água para os compostos de UO_2 , U_3O_8 e U_3Si_2 .

FIGURA 4.1 Cilindro Isolado com 30 cm de água



Diferentes **arranjos** utilizados na fase de modelagem dos cilindros

A cor roxa representa o arranjo 2 2 1

A cor verde representa o arranjo 3 3 1

A cor laranja representa o arranjo 4 4 1

A cor azul representa o arranjo 5 5 1

FIGURA 4.2 DIFERENTES ARRANJOS MEIO AR

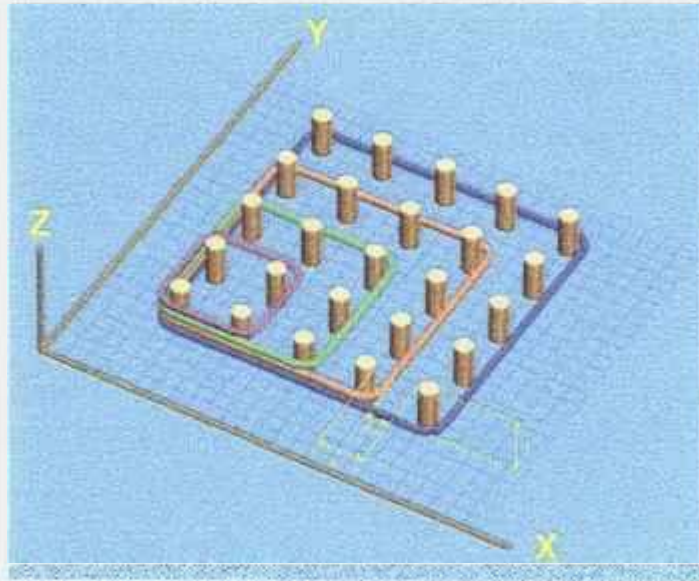


FIGURA 4.3 DIFERENTES ARRANJOS MEIO ÁGUA

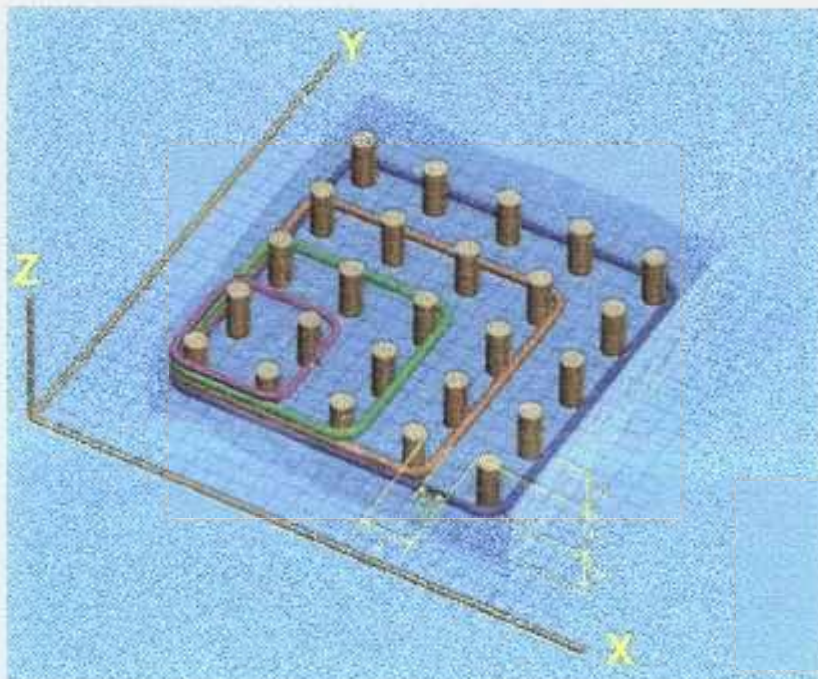


TABELA 4.1 - Valores do máximo fator de multiplicação infinito (k_{∞} máx.) a determinada concentração de urânio (conc.U) g/cm^3 , para diferentes enriquecimentos (E%) nos compostos de urânio em estudo.

E %	UO_2		U_3O_8		U_3Si_2	
	K_{∞} máx.	(conc. U)	K_{∞} máx.	(conc.U)	K_{∞} máx.	(conc.U)
3	1,3	3,0	1,3	2,0	1,3	3,0
4	1,4	3,0	1,4	2,0	1,4	2,0
5	1,6	2,0	1,4	2,0	1,5	2,0
7	1,6	0,8	1,5	2,0	1,5	2,0
10	1,6	1,0	1,7	1,0	1,6	1,0
20	1,7	3,0	1,7	0,9	1,7	0,9
30	1,7	0,6	1,7	0,6	1,7	0,6
40	1,8	0,4	1,7	0,5	1,8	0,5
50	1,8	0,4	1,8	0,4	1,8	0,4
93	1,8	0,3	1,8	0,3	1,8	0,3
100	1,8	0,3	1,8	0,3	1,8	0,3

TABELA 4.2 - Raios críticos r_k , (cm) e raios seguros, r_s , (cm) calculados para os cilindros a serem modelados em diferentes enriquecimentos (E%) dos compostos de urânio.

E%	UO_2^*		U_3O_8		U_3Si_2	
	r_k cm	r_s cm	r_k cm	r_s cm	r_k cm	r_s cm
3	16,6	14,9	16,2	14,6	16,3	14,7
4	14,0	12,6	13,9	12,5	14,4	12,9
5	13,1	11,7	12,7	11,4	13,0	11,7
7	11,5	10,3	11,5	10,4	11,7	10,5
10	10,3	9,3	10,9	9,8	11,1	9,9
20	8,9	8,0	9,7	8,7	9,5	8,5
30	8,3	7,5	9,0	8,1	9,1	8,2
40	8,0	7,2	8,4	7,6	8,8	7,9
50	7,6	6,8	8,0	7,2	8,0	7,2
93	7,1	6,4	5,8	5,2	7,9	7,1
100	7,0	6,3	5,7	5,1	7,0	6,3

*[27]

TABELA 4.3 - Resultados referentes à menor massa crítica (kg) e respectiva massa segura(kg) em urânio para os diferentes enriquecimentos (E%).

E%	UO ₂ [27]		U ₃ O ₈		U ₃ Si ₂	
	mk kg	ms kg	mk kg	ms kg	mk kg	ms kg
3	108	48	144,8	65,2	118	53,1
4	57	24,5	64,5	29,0	64,7	29,1
5	37	16,5	37,2	16,7	42,2	18,9
7	22	9,9	22,4	10,0	24,5	11,0
10	13	5,9	13,7	6,2	14,7	6,6
20	5	2,3	5,95	2,67	5,25	2,4
30	3,2	1,4	3,50	1,6	3,7	1,7
40	2,35	1,05	3,12	1,4	2,7	1,2
50	1,75	0,78	1,95	0,87	1,98	0,89
93	0,85	0,36	0,91	0,41	0,92	0,41
100	0,80	0,35	0,87	0,39	0,90	0,40

TABELA 4.4 -Resultados referentes ao cálculo da Taxa de Dose Total, \dot{H} , Índice de Transporte, IT, e Índice de Segurança de Criticalidade, ICS, para UO₂ a partir da massa de urânio segura. (MUS= massa de urânio segura).

E%	MUS (kg)	1/5MUS (kg)	Massa ²³⁵ U(g)	MBq ²³⁵ U	\dot{H} ²³⁵ U mSv/h	MBq		\dot{H} ²³⁸ U mSv/h	\dot{H} Total mSv/h	IT	ISC
						²³⁸ U	²³⁵ U				
3	48,0	9,6	288,0	22,8	4,2E-04	115,0	24 E-04	2,8E-03	0,3	1,5	
4	24,5	4,9	196,0	15,0	2,7E-04	58,0	12 E-04	1,5E-03	0,2	2,0	
5	16,5	3,3	165,0	13,0	2,3E-04	38,7	81 E-05	1,0E-03	0,1	2,5	
7	9,9	1,98	138,0	11,0	2,0E-04	23,0	48 E-06	6,6E-04	0,0	3,5	
10	5,9	1,18	118,0	9,0	1,6E-04	13,0	27 E-05	4,3E-04	0,0	5,0	
20	2,3	0,46	92,0	7,3	1,3E-04	4,5	94 E-06	2,2E-04	0,0	10,0	
30	1,4	0,28	84,0	6,0	1,1E-04	2,4	50 E-06	1,6E-04	0,0	15,0	
40	1,05	0,21	84,0	6,0	1,1E-04	1,5	31 E-06	1,4E-04	0,0	20,0	
50	0,78	0,16	80,0	6,0	1,1E-04	0,9	2,0 E-05	1,3E-04	0,0	25,0	
93	0,36	0,07	65,1	5,1	9,3E-05	0,1	21 E-07	9,5E-05	0,0	46,5	
100	0,35	0,07	70,0	5,0	9,2E-05	-----	-----	9,2E-05	0,0	50,0	

TABELA 4.5 - Resultados referentes ao cálculo da Taxa de Dose Total, \dot{H} , Índice de Transporte, IT, e Índice de Segurança de Criticalidade para U_3O_8 a partir da massa de urânio segura. (MUS= massa de urânio segura).

E%	MUS (kg)	1/5MUS (kg)	Massa ^{235}U (g)	^{235}U MBq	$\dot{H}_{^{235}U}$ mSv/h	^{238}U MBq	$\dot{H}_{^{238}U}$ mSv/h	\dot{H} Total mSv/h	IT	ISC
3	65,2	13,0	391,0	31,0	5,7E-04	156,0	32 E-04	3,8E-03	0,4	1,5
4	29,0	5,8	232,0	18,0	3,3E-04	68,0	14 E-04	1,7E-03	0,2	2,0
5	16,7	3,3	165,0	13,0	2,4E-04	39,0	81 E-05	1,1E-03	0,1	2,5
7	10,0	2,0	140,0	11,0	2,0E-04	23,0	48 E-05	68E-05	0,0	3,5
10	6,2	1,2	120,0	9,0	1,6E-04	13,0	27 E-05	4,3E-04	0,0	5,0
20	2,7	0,5	108,0	8,0	1,5E-04	5,0	10 E-05	2,5E-04	0,0	10,0
30	1,6	0,3	96,0	7,0	1,3E-04	3,0	63 E-06	1,9E-04	0,0	15,0
40	1,4	0,28	112,0	8,8	1,6E-04	2,0	4.2E-05	2,0E-04	0,0	20,0
50	0,87	0,17	87,0	7,0	1,3E-04	1,1	2,3 E-05	1,5E-04	0,0	25,0
93	0,41	0,08	76,3	6,0	1,1E-04	0,7	15 E-06	1,2E-04	0,0	46,5
100	0,39	0,08	78,00	6,0	1,1E-04	-----	-----	1,1E-04	0,0	50,0

TABELA 4.6 - Resultados referentes ao cálculo da Taxa de Dose Total, \dot{H} , Índice de Transporte e Índice de Segurança de Criticalidade para U_3Si_2 a partir da massa de urânio segura. (MUS= massa de urânio segura).

E%	MUS (kg)	1/5MUS (kg)	Massa ^{235}U (g)	^{235}U MBq	$\dot{H}_{^{235}U}$ mSv/h	^{238}U MBq	$\dot{H}_{^{238}U}$ mSv/h	\dot{H} Total mSv/h	IT	ISC
3	53,1	10,6	318,0	25,0	4,6E-4	127,0	27E-04	3,2E-03	0,3	1,5
4	29,1	5,8	233,0	18,0	3,3E-4	69,0	14E-04	1,7E-03	0,2	2,0
5	18,9	3,8	189,0	15,0	2,7E-4	44,0	92E-05	1,2E-03	0,1	2,5
7	11,0	2,2	154,0	12,0	2,2E-4	25,0	53E-05	7,5E-04	0,0	3,5
10	6,6	1,3	132,0	10,0	1,8E-4	14,0	2,9E-04	4,7E-04	0,0	5,0
20	2,4	0,5	96,0	7,6	1,4E-4	4,7	9,8E-05	2,4E-04	0,0	10,0
30	1,7	0,32	96,0	7,0	1,3E-4	2,0	4,2E-05	1,7E04	0,0	15,0
40	1,2	0,24	96,0	7,6	1,4E-4	1,8	3,7E-05	1,7E-04	0,0	20,0
50	0,89	0,20	89,3	7,0	1,3E-4	1,0	21E-06	1,5E-04	0,0	25,0
93	0,41	0,08	76,3	6,0	1,1E-5	0,7	15E-07	1,1E-04	0,0	46,5
100	0,41	0,08	81,6	6,0	1,1E-4	-----	-----	1,1E-04	0,0	50,0

TABELA 4.7 - Valores do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, para os diferentes enriquecimentos (E%), considerando um cilindro isolado, com reflexão de 30 cm de água tanto no meio ar como no meio água para os compostos de UO_2 .

E%	k-efetivo meio ar	k-efetivo meio água
3	$0,68215 \pm 0,00027$	$0,80047 \pm 0,00179$
4	$0,64627 \pm 0,00027$	$0,78552 \pm 0,00027$
5	$0,65118 \pm 0,00029$	$0,79271 \pm 0,00029$
7	$0,61386 \pm 0,00030$	$0,77006 \pm 0,00031$
10	$0,58102 \pm 0,00029$	$0,75045 \pm 0,00028$
20	$0,53657 \pm 0,00028$	$0,75212 \pm 0,00029$
30	$0,53027 \pm 0,00031$	$0,74428 \pm 0,00031$
40	$0,51191 \pm 0,00029$	$0,72863 \pm 0,00030$
50	$0,49710 \pm 0,00030$	$0,72577 \pm 0,00031$
93	$0,49159 \pm 0,00032$	$0,73888 \pm 0,00033$
100	$0,48959 \pm 0,00032$	$0,74063 \pm 0,00032$

TABELA 4.8 Valores do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, para os diferentes enriquecimentos (E%), considerando um cilindro isolado, com reflexão de 30 cm de água tanto no meio ar como no meio água para os compostos de U_3O_8

E%	k-efetivo meio ar	k-efetivo meio água
3	$0,70155 \pm 0,00067$	$0,79841 \pm 0,00025$
4	$0,68223 \pm 0,00028$	$0,79694 \pm 0,00027$
5	$0,66598 \pm 0,00029$	$0,79588 \pm 0,00027$
7	$0,65530 \pm 0,00030$	$0,80288 \pm 0,00029$
10	$0,63410 \pm 0,00030$	$0,78964 \pm 0,00030$
20	$0,62841 \pm 0,00031$	$0,81497 \pm 0,00030$
30	$0,59819 \pm 0,00033$	$0,79796 \pm 0,00031$
40	$0,56308 \pm 0,00031$	$0,77573 \pm 0,00030$
50	$0,54353 \pm 0,00032$	$0,76127 \pm 0,00033$
93	$0,36892 \pm 0,00027$	$0,62755 \pm 0,00031$
100	$0,36460 \pm 0,00036$	$0,62727 \pm 0,00031$

TABELA 4.9 - Valores do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, para os diferentes enriquecimentos (E%), considerando um cilindro isolado, com reflexão de 30 cm de água tanto no meio ar como no meio água para os compostos de U_3Si_2

E%	k-efetivo meio ar	k-efetivo meio água
3	0,67762 ± 0,00025	0,79433 ± 0,00027
4	0,66676 ± 0,00026	0,79211 ± 0,00026
5	0,64825 ± 0,00028	0,78969 ± 0,00027
7	0,63284 ± 0,00029	0,79502 ± 0,00028
10	0,62467 ± 0,00029	0,78550 ± 0,00031
20	0,59613 ± 0,00031	0,79368 ± 0,00032
30	0,58945 ± 0,00032	0,79440 ± 0,00032
40	0,58945 ± 0,00032	0,79440 ± 0,00032
50	0,53051 ± 0,00031	0,71263 ± 0,00033
93	0,56395 ± 0,00033	0,80240 ± 0,00036
100	0,49017 ± 0,00031	0,74144 ± 0,00034

TABELA 4.10 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO_2 enriquecimento de 3%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,70	0,80	0,72	0,81	0,73	0,81	0,73	0,81
0,2	0,69	0,79	0,70	0,80	0,70	0,80	0,71	0,79
0,3	0,69	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79	0,70	0,79
0,4	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79
0,5	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79
0,6	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,7	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,80	0,68	0,79
0,8	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,80	0,68	0,79
0,9	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
1	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
2	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
3	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
4	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
5	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
6	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79

TABELA 4.11 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO_2 enriquecimento de 4%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,67	0,79	0,70	0,80	0,71	0,80	0,72	0,80
0,2	0,66	0,78	0,67	0,78	0,68	0,78	0,68	0,78
0,3	0,65	0,78	0,66	0,78	0,66	0,78	0,67	0,78
0,4	0,65	0,78	0,65	0,78	0,66	0,78	0,66	0,78
0,5	0,65	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,6	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,7	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,8	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,9	0,64	0,78	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
1	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,65	0,78
2	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
3	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
4	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
5	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
6	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78

TABELA 4.12 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com 30 cm de reflexão de água. UO_2 enriquecimento de 5%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,68	0,80	0,71	0,80	0,72	0,81	0,73	0,81
0,2	0,66	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79
0,3	0,66	0,79	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,4	0,65	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
0,5	0,65	0,79	0,65	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
0,6	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,7	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,8	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,9	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
1	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
2	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
3	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
4	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
5	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
6	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79

TABELA 4.13 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 7%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,65	0,78	0,68	0,78	0,70	0,77	0,72	0,79
0,2	0,63	0,77	0,64	0,77	0,66	0,77	0,66	0,77
0,3	0,63	0,77	0,63	0,77	0,64	0,77	0,64	0,77
0,4	0,62	0,77	0,63	0,77	0,63	0,77	0,63	0,77
0,5	0,62	0,77	0,63	0,77	0,62	0,77	0,63	0,77
0,6	0,61	0,77	0,62	0,77	0,62	0,77	0,62	0,77
0,7	0,61	0,77	0,62	0,77	0,62	0,77	0,62	0,77
0,8	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,62	0,77
0,9	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
1	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
2	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
3	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
4	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
5	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77
6	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77	0,61	0,77

TABELA 4.14 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com 30 cm de reflexão de água. UO₂ enriquecimento de 10%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,62	0,76	0,66	0,77	0,68	0,78	0,69	0,78
0,2	0,60	0,75	0,62	0,75	0,62	0,75	0,64	0,75
0,3	0,59	0,75	0,60	0,75	0,61	0,75	0,61	0,75
0,4	0,59	0,75	0,59	0,75	0,60	0,75	0,60	0,75
0,5	0,58	0,75	0,59	0,75	0,59	0,75	0,59	0,75
0,6	0,58	0,75	0,59	0,75	0,59	0,75	0,59	0,75
0,7	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,59	0,75
0,8	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
0,9	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
1	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
2	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
3	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
4	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
5	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75
6	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75	0,58	0,75

TABELA 4.15 Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 20%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,58	0,77	0,62	0,79	0,64	0,79	0,66	0,80
0,2	0,56	0,75	0,57	0,75	0,59	0,75	0,59	0,75
0,3	0,55	0,75	0,56	0,75	0,56	0,75	0,57	0,75
0,4	0,54	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75	0,56	0,75
0,5	0,54	0,75	0,54	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75
0,6	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
0,7	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
0,8	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
0,9	0,53	0,75	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
1	0,53	0,75	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
2	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
3	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
4	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
5	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
6	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75

TABELA 4.16 Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 30%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,58	0,76	0,63	0,78	0,65	0,78	0,67	0,79
0,2	0,55	0,74	0,57	0,74	0,59	0,75	0,60	0,75
0,3	0,54	0,74	0,57	0,74	0,56	0,74	0,57	0,74
0,4	0,54	0,74	0,55	0,74	0,55	0,74	0,55	0,74
0,5	0,54	0,74	0,54	0,74	0,54	0,74	0,55	0,74
0,6	0,53	0,74	0,53	0,74	0,54	0,74	0,54	0,74
0,7	0,53	0,74	0,53	0,74	0,54	0,74	0,54	0,74
0,8	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,54	0,74
0,9	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
1	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
2	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
3	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
4	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
5	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74
6	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74	0,53	0,74

TABELA 4.17 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 40%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,57	0,74	0,61	0,76	0,63	0,77	0,65	0,77
0,2	0,53	0,73	0,55	0,73	0,57	0,73	0,58	0,73
0,3	0,52	0,72	0,53	0,72	0,54	0,72	0,55	0,72
0,4	0,52	0,72	0,52	0,72	0,53	0,72	0,53	0,72
0,5	0,51	0,72	0,52	0,72	0,52	0,72	0,53	0,72
0,6	0,51	0,72	0,52	0,72	0,52	0,72	0,52	0,72
0,7	0,51	0,72	0,51	0,72	0,52	0,72	0,52	0,72
0,8	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,52	0,72
0,9	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
1	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
2	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
3	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
4	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
5	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
6	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72

TABELA 4.18 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 50%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,55	0,74	0,60	0,76	0,63	0,77	0,65	0,77
0,2	0,52	0,72	0,54	0,73	0,55	0,73	0,56	0,73
0,3	0,51	0,72	0,52	0,72	0,53	0,72	0,53	0,72
0,4	0,50	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72	0,52	0,72
0,5	0,50	0,72	0,50	0,72	0,51	0,72	0,51	0,72
0,6	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72	0,51	0,72
0,7	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72
0,8	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72
0,9	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72
1	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72	0,50	0,72
2	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72
3	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72
4	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72
5	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72
6	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72	0,49	0,72

TABELA 4.19 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 93%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,55	0,76	0,60	0,78	0,63	0,79	0,65	0,79
0,2	0,52	0,74	0,54	0,74	0,55	0,74	0,56	0,74
0,3	0,50	0,73	0,51	0,73	0,52	0,74	0,53	0,74
0,4	0,50	0,73	0,51	0,73	0,51	0,73	0,51	0,73
0,5	0,49	0,73	0,50	0,73	0,50	0,73	0,51	0,73
0,6	0,49	0,73	0,50	0,73	0,50	0,73	0,50	0,73
0,7	0,49	0,73	0,49	0,73	0,50	0,73	0,50	0,73
0,8	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
0,9	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
1	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
2	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
3	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
4	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
5	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73
6	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73	0,49	0,73

TABELA 4.20 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. UO₂ enriquecimento de 100%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,55	0,76	0,59	0,78	0,63	0,79	0,65	0,80
0,2	0,51	0,74	0,53	0,74	0,55	0,74	0,56	0,74
0,3	0,50	0,74	0,52	0,74	0,52	0,74	0,53	0,74
0,4	0,49	0,74	0,51	0,74	0,51	0,74	0,51	0,74
0,5	0,49	0,74	0,50	0,74	0,51	0,74	0,50	0,74
0,6	0,49	0,74	0,50	0,74	0,50	0,74	0,50	0,74
0,7	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74
0,8	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74
0,9	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74
1	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74
2	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
3	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
4	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
5	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
6	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74

TABELA 4.21 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento 3%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,72	0,80	0,73	0,80	0,74	0,80	0,74	0,80
0,2	0,71	0,79	0,71	0,80	0,72	0,79	0,72	0,80
0,3	0,70	0,79	0,71	0,79	0,71	0,79	0,71	0,79
0,4	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,71	0,79
0,5	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,71	0,79
0,6	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
0,7	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
0,8	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
0,9	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
1	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
2	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
3	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
4	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
5	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
6	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79

TABELA 4.22 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 4%.

Distâncias M	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,71	0,80	0,72	0,80	0,73	0,81	0,74	0,81
0,2	0,69	0,79	0,70	0,79	0,71	0,79	0,71	0,79
0,3	0,69	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79	0,70	0,79
0,4	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79
0,5	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79
0,6	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,7	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,8	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,9	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
1	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
2	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
3	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
4	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
5	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
6	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79

TABELA 4.23 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 5%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,69	0,80	0,72	0,81	0,73	0,81	0,74	0,81
0,2	0,68	0,79	0,69	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
0,3	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79
0,4	0,67	0,79	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,5	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,6	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,7	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,8	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,9	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
1	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
2	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
3	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
4	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
5	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
6	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79

TABELA 4.24 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 7%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,69	0,81	0,71	0,82	0,73	0,82	0,74	0,82
0,2	0,67	0,80	0,68	0,80	0,69	0,80	0,70	0,80
0,3	0,66	0,80	0,67	0,80	0,67	0,80	0,68	0,80
0,4	0,66	0,80	0,66	0,80	0,67	0,80	0,67	0,80
0,5	0,66	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80
0,6	0,65	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80
0,7	0,65	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80
0,8	0,65	0,80	0,65	0,80	0,66	0,80	0,66	0,80
0,9	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,66	0,80
1	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80
2	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80
3	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80
4	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80
5	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80
6	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80	0,65	0,80

TABELA 4.25 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 10%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,67	0,80	0,70	0,81	0,72	0,81	0,73	0,81
0,2	0,65	0,79	0,66	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,3	0,64	0,78	0,65	0,78	0,66	0,79	0,66	0,79
0,4	0,64	0,78	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,5	0,63	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
0,6	0,63	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
0,7	0,63	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
0,8	0,63	0,78	0,63	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
0,9	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
1	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
2	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
3	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
4	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
5	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
6	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78

TABELA 4.26 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 20%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,68	0,83	0,71	0,84	0,73	0,84	0,75	0,85
0,2	0,65	0,81	0,67	0,81	0,68	0,81	0,68	0,81
0,3	0,64	0,81	0,65	0,81	0,66	0,81	0,66	0,81
0,4	0,63	0,81	0,64	0,81	0,64	0,81	0,65	0,81
0,5	0,63	0,81	0,64	0,81	0,64	0,81	0,64	0,81
0,6	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,64	0,81
0,7	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81
0,8	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81
0,9	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81
1	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81
2	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81	0,63	0,81
3	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81	0,63	0,81
4	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81
5	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81
6	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81	0,62	0,81

TABELA 4.27 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 30%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,65	0,81	0,69	0,83	0,71	0,83	0,73	0,83
0,2	0,62	0,79	0,64	0,80	0,65	0,80	0,66	0,80
0,3	0,61	0,79	0,62	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
0,4	0,60	0,79	0,61	0,79	0,62	0,79	0,62	0,79
0,5	0,60	0,79	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79
0,6	0,60	0,79	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79
0,7	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,8	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,9	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
1	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
2	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
3	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
4	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
5	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
6	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79

TABELA 4.28 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 40%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,62	0,79	0,66	0,81	0,68	0,81	0,70	0,82
0,2	0,59	0,77	0,60	0,77	0,62	0,78	0,63	0,78
0,3	0,57	0,77	0,59	0,77	0,59	0,77	0,60	0,77
0,4	0,57	0,77	0,58	0,77	0,58	0,77	0,58	0,77
0,5	0,56	0,77	0,57	0,77	0,57	0,77	0,58	0,77
0,6	0,56	0,77	0,57	0,77	0,57	0,77	0,57	0,77
0,7	0,56	0,77	0,57	0,77	0,57	0,77	0,57	0,77
0,8	0,56	0,77	0,57	0,77	0,56	0,77	0,57	0,77
0,9	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
1	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
2	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
3	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
4	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
5	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77
6	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77	0,56	0,77

TABELA 4.29 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 50%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,60	0,78	0,64	0,79	0,67	0,80	0,69	0,81
0,2	0,57	0,76	0,58	0,76	0,60	0,76	0,61	0,76
0,3	0,55	0,76	0,56	0,75	0,57	0,76	0,58	0,75
0,4	0,55	0,76	0,56	0,75	0,56	0,76	0,57	0,75
0,5	0,55	0,76	0,56	0,75	0,56	0,76	0,56	0,75
0,6	0,55	0,76	0,55	0,75	0,55	0,76	0,55	0,75
0,7	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,76	0,55	0,75
0,8	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,76	0,55	0,75
0,9	0,55	0,75	0,55	0,75	0,55	0,76	0,55	0,75
1	0,55	0,75	0,55	0,75	0,54	0,76	0,55	0,75
2	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,76	0,54	0,75
3	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,76	0,54	0,75
4	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,76	0,54	0,75
5	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,76	0,54	0,75
6	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,76	0,54	0,75

TABELA 4.30 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 93%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,42	0,65	0,46	0,67	0,49	0,68	0,52	0,69
0,2	0,39	0,62	0,41	0,63	0,42	0,62	0,43	0,63
0,3	0,38	0,62	0,39	0,62	0,40	0,62	0,40	0,62
0,4	0,37	0,62	0,39	0,62	0,38	0,62	0,39	0,62
0,5	0,37	0,62	0,38	0,62	0,38	0,62	0,38	0,62
0,6	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,38	0,62
0,7	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
0,8	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
0,9	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
1	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
2	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
3	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
4	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
5	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62
6	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62	0,37	0,62

TABELA 4.31 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3O_8 enriquecimento de 100%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,44	0,66	0,48	0,69	0,51	0,70	0,54	0,70
0,2	0,41	0,64	0,42	0,64	0,44	0,64	0,45	0,64
0,3	0,39	0,64	0,40	0,64	0,41	0,64	0,42	0,64
0,4	0,39	0,64	0,40	0,64	0,40	0,64	0,40	0,64
0,5	0,39	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64	0,40	0,64
0,6	0,38	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64
0,7	0,38	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64
0,8	0,38	0,64	0,38	0,64	0,39	0,64	0,39	0,64
0,9	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,39	0,64
1	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64
2	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64
3	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64
4	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64
5	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64
6	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64	0,38	0,64

TABELA 4.32 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 3%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,70	0,79	0,71	0,80	0,72	0,80	0,73	0,80
0,2	0,69	0,79	0,69	0,79	0,70	0,79	0,70	0,79
0,3	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79
0,4	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,69	0,79
0,5	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,6	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,7	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,8	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,9	0,67	0,79	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
1	0,67	0,79	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
2	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
3	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
4	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
5	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
6	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79

TABELA 4.33 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 4%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,69	0,79	0,71	0,80	0,72	0,80	0,73	0,80
0,2	0,68	0,79	0,69	0,79	0,69	0,79	0,70	0,79
0,3	0,67	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79	0,68	0,79
0,4	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,5	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,6	0,66	0,79	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,7	0,66	0,79	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,8	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
0,9	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
1	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
2	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
3	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
4	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
5	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
6	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79

TABELA 4.34 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 5%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,68	0,79	0,78	0,80	0,78	0,81	0,78	0,81
0,2	0,65	0,79	0,66	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,3	0,65	0,79	0,65	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79
0,4	0,65	0,79	0,65	0,79	0,66	0,79	0,66	0,79
0,5	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,66	0,79
0,6	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,7	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,8	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,9	0,64	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
1	0,64	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79
2	0,64	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79
3	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
4	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
5	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
6	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78

TABELA 4.35 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 7%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,67	0,80	0,69	0,81	0,72	0,82	0,73	0,82
0,2	0,65	0,79	0,67	0,79	0,67	0,79	0,68	0,79
0,3	0,64	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79	0,66	0,79
0,4	0,64	0,79	0,64	0,79	0,65	0,79	0,65	0,79
0,5	0,63	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79
0,6	0,63	0,79	0,63	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79
0,7	0,63	0,79	0,63	0,79	0,64	0,79	0,64	0,79
0,8	0,63	0,79	0,63	0,79	0,64	0,79	0,63	0,79
0,9	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
1	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
2	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
3	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
4	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
5	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79
6	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79	0,63	0,79

TABELA 4.36 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 10%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,67	0,79	0,70	0,80	0,71	0,81	0,73	0,81
0,2	0,64	0,78	0,66	0,78	0,67	0,78	0,67	0,78
0,3	0,63	0,78	0,64	0,78	0,65	0,78	0,65	0,78
0,4	0,63	0,78	0,63	0,78	0,64	0,78	0,64	0,78
0,5	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,64	0,78
0,6	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78	0,63	0,78
0,7	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,63	0,78
0,8	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,63	0,78
0,9	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,63	0,78
1	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,63	0,78
2	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78
3	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78
4	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78
5	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78
6	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78	0,62	0,78

TABELA 4.37, apresentam-se os valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 20%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,65	0,79	0,68	0,82	0,71	0,83	0,72	0,83
0,2	0,62	0,79	0,64	0,79	0,65	0,79	0,66	0,79
0,3	0,61	0,79	0,62	0,79	0,62	0,79	0,63	0,79
0,4	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79	0,62	0,79
0,5	0,60	0,79	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79
0,6	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,7	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,8	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,9	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
1	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
2	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
3	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
4	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
5	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
6	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79

NA TABELA 4.38 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 30%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,64	0,81	0,68	0,81	0,71	0,83	0,72	0,83
0,2	0,61	0,79	0,63	0,79	0,64	0,79	0,65	0,79
0,3	0,60	0,79	0,61	0,79	0,62	0,79	0,63	0,79
0,4	0,59	0,79	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79
0,5	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,6	0,59	0,79	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,7	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,60	0,79
0,8	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
0,9	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
1	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
2	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
3	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
4	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
5	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
6	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79

TABELA 4.39 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento 40%

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,64	0,81	0,68	0,83	0,71	0,83	0,73	0,84
0,2	0,61	0,80	0,63	0,80	0,64	0,80	0,65	0,80
0,3	0,60	0,79	0,61	0,79	0,62	0,79	0,61	0,80
0,4	0,59	0,79	0,60	0,79	0,61	0,79	0,61	0,79
0,5	0,59	0,79	0,59	0,79	0,60	0,79	0,60	0,79
0,6	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,60	0,79
0,7	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
0,8	0,58	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
0,9	0,58	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
1	0,58	0,79	0,58	0,79	0,59	0,79	0,59	0,79
2	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79
3	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79
4	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79
5	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79
6	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79	0,58	0,79

TABELA 4.40 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 50%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,59	0,77	0,63	0,79	0,66	0,80	0,68	0,80
0,2	0,55	0,75	0,57	0,75	0,59	0,75	0,60	0,75
0,3	0,54	0,75	0,55	0,75	0,56	0,75	0,59	0,75
0,4	0,54	0,75	0,54	0,75	0,55	0,75	0,55	0,75
0,5	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
0,6	0,53	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75
0,7	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,54	0,75
0,8	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
0,9	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
1	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
2	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
3	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
4	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
5	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75
6	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75	0,53	0,75

TABELA 4.41 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios, com reflexão de 30 cm de água. U_3Si_2 enriquecimento de 93%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,62	0,82	0,67	0,84	0,70	0,85	0,72	0,85
0,2	0,59	0,80	0,61	0,80	0,63	0,80	0,64	0,80
0,3	0,58	0,80	0,59	0,80	0,60	0,80	0,60	0,80
0,4	0,57	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80	0,59	0,80
0,5	0,57	0,80	0,57	0,80	0,58	0,80	0,58	0,80
0,6	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80
0,7	0,56	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80
0,8	0,56	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80
0,9	0,56	0,80	0,56	0,80	0,57	0,80	0,57	0,80
1	0,56	0,80	0,56	0,80	0,57	0,80	0,56	0,80
2	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80
3	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80
4	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80
5	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80
6	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80

TABELA 4.42 - Valores do k-efetivo médio para diferentes arranjos e meios com 30 cm de reflexão de água. U_3Si_2 enriquecimento de 100%.

Distâncias m	Arranjo 2 2 1		Arranjo 3 3 1		Arranjo 4 4 1		Arranjo 5 5 1	
	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água	Ar	Água
0,1	0,55	0,76	0,60	0,78	0,63	0,79	0,65	0,80
0,2	0,51	0,74	0,53	0,74	0,55	0,74	0,56	0,74
0,3	0,50	0,74	0,51	0,74	0,52	0,74	0,53	0,74
0,4	0,49	0,74	0,50	0,74	0,51	0,74	0,51	0,74
0,5	0,49	0,74	0,50	0,74	0,50	0,74	0,50	0,74
0,6	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74	0,50	0,74
0,7	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,50	0,74
0,8	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
0,9	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
1	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
2	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
3	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
4	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74	0,49	0,74
5	0,49	0,74	0,48	0,74	0,48	0,74	0,49	0,74
6	0,48	0,74	0,48	0,74	0,48	0,74	0,48	0,74

No Apêndice D são apresentados gráficos referentes aos compostos de urânio para o enriquecimento 3%, 4%, 5% e 20% no meio ar e água, em diferentes arranjos.

4.1 Resultado prático obtido para o Índice de Transporte realizado nas instalações das Indústrias Nucleares do Brasil – INB para o composto de dióxido de urânio UO_2 .

Dados experimentais:

- Massa de urânio enriquecido a 3,3% igual a 58,3 quilos.
- Aparelho de monitoração utilizado EG G Berthold LB 123
- Massa de urânio embalada em um cilindro de aço-inox conhecido por EIMER, tendo diâmetro externo de 0,23 m e altura 0,98 m.

Resultado da monitoração:

- Taxa de dose no cilindro $36\mu Sv/h$.
- Taxa de dose referente à radiação de fundo igual a $1,0\mu Sv/h$.
- A taxa de dose a 1 metro do embalado é $2,2\mu Sv/h$.

O valor do Índice de Transporte dessa massa de urânio físsil foi relacionado com a massa de urânio dos resultados teóricos apresentados na Tabela 4.4 com enriquecimento de 3%.

O fator entre as diferentes massas é $58,3/9,6$ igual a 6,1

O valor do Índice de Transporte teórico é 0,3. Para saber o Índice de Transporte referente aos 58,3 quilos de urânio enriquecido multiplica-se o valor do Índice de Transporte calculado pelo fator encontrado, logo $0,3 \times 6,1 = 1,8$. Porém o Índice de Transporte obtido pela monitoração *in loco* é de 0,1. Esta diferença

entre o valor do Índice de Transporte calculado e o valor monitorado é cerca de 18 vezes.

4.2 Resultado prático realizado nas instalações do Centro do Combustível Nuclear do IPEN/CNEN/SP para o composto de dióxido de urânio UO₂

Dados experimentais:

- Massa de urânio enriquecido a 3,3% igual a 6,3 quilos.
- Aparelho de monitoração utilizado Teletector probe 6150 AD-t.
- A massa está embalada em cilindro de polietileno

Resultado da monitoração:

- A taxa de dose a 1 metro do embalado é 1,03 μ Sv/h.

O material monitorado está salvaguardado há 10 anos, estando em equilíbrio secular com os primeiros descendentes do isótopo 238 do urânio a saber: ²³⁴Th, ²³⁴Pa, desde os primeiros 100 dias. Enquanto o isótopo 235 do urânio está em equilíbrio secular com o ²³¹Th nas primeiras 100 horas.

O valor do índice de transporte encontrado foi 0,1. Este valor de índice de transporte foi comparado com o valor calculado para o índice de transporte no equilíbrio secular para o enriquecimento 3%.

A massa do elemento urânio calculada na Tabela 4.4 correspondente a 9,6 quilos. O fator entre as diferentes massas é 6,3/ 9,6 igual a 0,6. O valor do índice de transporte teórico no equilíbrio secular é 2,2. Para saber o índice de transporte no equilíbrio secular referente aos 6,3 quilos de urânio enriquecido multiplica-se o valor do índice de transporte calculado pelo fator encontrado, logo 2,2 x 0,6= 1,3. Porém o índice de transporte obtido pela monitoração *in loco* é de 0,1. Esta diferença entre o valor do índice de transporte calculado e o valor monitorado é cerca de 13 vezes.

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Com relação ao objetivo (a) citado no item 1.2 do presente trabalho, ou seja, os resultados apresentados nas Tabelas 4.4, 4.5, 4.6 respectivamente referentes aos compostos de urânio, a saber: UO_2 , U_3O_8 e U_3Si_2 , observa-se que a partir de 7% de enriquecimento de ^{235}U o índice de transporte é zero, enquanto em enriquecimentos inferiores a 3, 4 e 5 % o valor do Índice de Transporte é inferior ao do Índice de Segurança de Criticalidade, logo pode ser desprezado. Desta maneira pode-se afirmar que o Índice de Segurança de Criticalidade é sempre superior ao Índice de Transporte para quaisquer faixas de enriquecimento.

Com relação ao item (b) pode-se asseverar que as doses apresentadas nos meios de transporte são insignificantes conforme resultados apresentados nas Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6. Em referência à fissão em cadeia auto-sustentada, também, pode-se dizer que não se verificará, pois considerando que a massa segura de urânio é 45% da menor massa crítica e que sob uso não exclusivo só é possível transportar um quinto dessa massa, isto é, $0,45/5 = 0,09$, só será possível então transportar 9% da menor massa crítica.

Mesmo considerando-se um transporte sob uso exclusivo, no qual é permitido um transporte de no máximo 200, para o índice de segurança de criticalidade teria-se $9 \times 4 = 36\%$ da menor massa crítica. A esse respeito deve-se ressaltar que as normas internacionais anteriores [53] usavam como massa segura 80% da menor massa crítica. Partindo-se desse valor para um índice de segurança de criticalidade, ter-se ia uma massa máxima de 16% em vez de 9%, e em transporte de uso exclusivo $16 \times 4 = 64\%$ da massa segura, o que também nunca resultaria em fissão em cadeia auto-sustentável.

Não se entendeu por que ocorreu essa diminuição, uma vez que, a quantidade de massa já era segura e esta redução encarece o transporte de uma carga radiativa sem uma justificativa plausível.

No que se refere ao item (c), ao transportar-se em cada embalado o correspondente a um quinto da massa de urânio segura, tem-se um índice de segurança de criticalidade 50 para um transporte não sob uso exclusivo, para cada enriquecimento há uma contribuição do ISC em relação à porcentagem de massa de ^{235}U inserida na massa correspondente a um quinto da massa segura. Ao transportar-se embalados na condição de uso exclusivo, quatro quintos de massa segura são transportados elevando o ISC para 200 e obedecendo a uma proporcionalidade entre a contribuição a cada porcentagem de enriquecimento de um fator 4. Portanto, a quantidade transportada deverá obedecer aos fatores 50 para uso não exclusivo e 200 para uso exclusivo. Em virtude disso, a carga transportada, respeitando-se o índice de segurança de criticalidade 50 ou 200, é aceitável não oferecendo riscos de uma reação em cadeia auto-sustentável. Não só em razão do asserido na resposta ao objetivo do (b), mas seria sim possível transportar em segurança uma carga maior, desde que fosse respeitado o valor da massa segura de 80% da menor massa crítica como válido nas normas anteriores.

Quanto ao item (d), após a realização dos estudos faz-se claro que não há necessidade de alterações na maneira de se calcular a massa de urânio segura para o transporte não só sob uso não exclusivo correspondente a um quinto dessa massa de urânio segura determinada por programas específicos, como também para o transporte de embalados sob uso exclusivo correspondente aos quatro quintos da massa de urânio segura, independentemente de seu grau de mais próximos dos dois isótopos do urânio, isto é, ^{238}U , ^{235}U , a contribuição dos filhos não altera a situação encontrada com os isótopos de urânio, unicamente fornecem uma pequena contribuição ao índice de transporte calculado. As contribuições deixam de existir em 20% para o composto UO_2 , 30% para o U_3O_8 e novamente 20% para o composto U_3Si_2 .

Com relação ao item (e), mostra-se a seguir que mesmo em equilíbrio secular com os descendentes, observando a tabela de decaimento da série do urânio e da tabela série do actínio, apresentadas no anexo D, nota-se que o primeiro equilíbrio secular ocorre após cerca de 100 dias com a participação do tório ^{234}Th e do protactínio ^{234}Pa , pois o filho seguinte, o ^{234}U , possui uma meia-vida de $2,510^5$ anos. No caso da série do actínio, o equilíbrio secular com ^{235}U

acontece após cerca de 100 horas, pois o descendente protactínio ^{231}Pa possui uma meia-vida de $3,4310^4$ anos. Passa-se a calcular a contribuição destes radioisótopos nos Índices de Transporte apresentados nas Tabelas 4.4, 4.5, 4.6 do capítulo 4.

Para tanto, far-se-á uso das equações do item 3.3.1 do capítulo 3.

A título de ilustração apresenta-se o cálculo para o dióxido de urânio UO_2 no enriquecimento 3 %; para os demais compostos o cálculo será análogo.

Os resultados da contribuição desses radioisótopos e o valor total dos Índices de Transporte no equilíbrio secular apresentam-se nas Tabelas 5.1 a 5.3 para os diferentes radioisótopos.

Pela Tabela 4.4, sabe-se que a atividade do isótopo do urânio 238 é 115 MBq e para o isótopo do urânio 235 é 22,8 MBq.

As doses a 1 metro de distância que essas atividades fornecem são dadas pela equação 3.11 e 3.12.

$$\dot{H} = A_{235} \times 7,07 \cdot 10^{-2} \times 9,6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \div 37 \cdot 10^9 \text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 \quad (3.11)$$

$\dot{H} = A_{238} \times 2,110^{-2} \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \div 10^9 \text{Bq} \cdot \text{m}^2$ (3.12), conforme apresentadas no capítulo 3 item 3.3.1.

Substituindo-se os valores das atividades nessas equações encontra-se uma dose de $2,410^{-3} \text{mSv/h}$ para ^{238}U e $4,210^{-4} \text{mSv/h}$ para ^{235}U . A soma desses valores resulta em $2,810^{-3} \text{mSv/h}$ fornecendo o Índice de Transporte de 0,3, o qual pode ser encontrado na Tabela 4.4.

Sabendo-se que a constante da taxa Querma para o protactínio, ^{234}Pa é de $0,645 \text{Rm}^2/\text{Ci} \cdot \text{h}$ e para o tório, ^{234}Th é de $0,0030 \text{Rm}^2/\text{Ci} \cdot \text{h}$ [51] aplicando-se a conversão de R para mSv evidenciada no item 3.3.1 e a equação 3.11 para taxa de dose do ^{235}U , tem-se:

$$\dot{H} (^{234}\text{Th}) = 115 \cdot 10^6 \cdot 0,003 \cdot 9,6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \div 3710^9 \text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 = 9,010^{-5} \text{mSv/h} \quad (5.1)$$

$$\dot{H} (^{234}\text{Pa}) = 115 \cdot 10^6 \cdot 0,645 \cdot 9,6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \div 3710^9 \text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 = 1,92 \cdot 10^{-2} \text{mSv/h} \quad (5.2)$$

Fazendo-se um cálculo análogo para o tório ^{231}Th da série do Actínio, tem-se:

$$\dot{H} (^{234}\text{Th}) = 22,8 \cdot 10^6 \cdot 0,0061 \cdot 9,6 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \div 3710^9 \text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2 = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{mSv/h} \quad (5.3)$$

Efetuada-se a somatória das respectivas taxas de dose equivalente dos radionuclídeos que fazem parte do equilíbrio secular, obtém-se o valor $4,87 \cdot 10^{-3} \text{mSv/h}$, valor este que multiplicado por 10^2 determina um Índice de Transporte no valor 0,4. As Tabelas a seguir resumem as contribuições dos radioisótopos em equilíbrio secular nos diferentes enriquecimentos para os compostos de urânio estudados.

TABELA 5.1 - Contribuição dos radioisótopos em equilíbrio secular no Índice de Transporte Composto UO_2 .

E%	IT	IT no equilíbrio secular	Contribuição dos Radioisótopos
3	0,3	2,2	1,9
4	0,2	1,2	1,0
5	0,1	0,7	0,6
7	0,0	0,4	0,4
10	0,0	0,2	0,2
20	0,0	0,0	0,0

onde:

E= enriquecimento porcentual

IT = índice de transporte

TABELA 5.2 - Contribuição dos radioisótopos em equilíbrio secular no índice de transporte. Composto U_3O_8

E%	IT	IT no equilíbrio secular	Contribuição dos Radionuclídeos
3	0,4	2,9	2,5
4	0,2	1,3	1,1
5	0,1	0,7	0,6
7	0,0	0,4	0,4
10	0,0	0,2	0,2
20	0,0	0,1	0,1
30	0,0	0,0	0,0

onde:

E = enriquecimento porcentual

IT = índice de transporte

TABELA 5.3 - Contribuição dos radioisótopos em equilíbrio secular no índice de transporte. Composto U_3Si_2

E%	I.T	IT no equilíbrio secular	Contribuição dos Radionuclídeos
3	0,3	2,4	2,1
4	0,2	1,3	1,1
5	0,1	0,8	0,7
7	0,0	0,4	0,4
10	0,0	0,2	0,2
20	0,0	0,0	0,0

onde:

E = enriquecimento porcentual

IT = índice de transporte

Com relação ao Item (f), todo material físsil deverá ser transportado na condição de subcriticalidade. Para isso as normas internacionais e nacionais admitem no

máximo um fator de multiplicação efetivo $K\text{-efetivo} + 2 \text{ sigma} < 0,95$ para diferentes meios.

Nas TABELAS 4.7, 4.8, 4.9 determinou-ser o valor do k-efetivo médio nos meios ar e água para os compostos de UO_2 , U_3O_8 e U_3Si_2 , considerando um cilindro refletido em todas as dimensões por 30 cm de água, podendo-se verificar que o desvio padrão ocorre a partir da quarta casa decimal. Para expressar o valor do k-efetivo médio calculado usaram-se apenas duas casas decimais, e o desvio padrão não será mencionado nas tabelas uma vez que ele não afeta os resultados obtidos. Estes resultados são bem inferiores ao valor limite de 0.95.

As tabelas com os respectivos desvios padrões aparecem no apêndice A para o composto UO_2 , Apêndice B para o composto U_3O_8 e Apêndice C para o composto U_3Si_2 , para os diferentes arranjos considerados neste trabalho.

Por esta razão, nas TABELAS 4.10 a 4.42 não foram especificados os respectivos desvios padrão.

A partir das TABELAS 4.10 a 4.42 extraíram-se as Tabelas 5.4 a 5.6, onde são resumidos os valores das distâncias para cada composto, no seu respectivo enriquecimento, considerando os meios ar e água a partir dos quais o k-efetivo médio é praticamente constante.

TABELA 5.4 - Comportamento do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, em relação às diferentes distâncias nos respectivos enriquecimentos para o composto UO_2 nos meios ar e água para todos os arranjos.

Meio Ar			Meio Água		
E %	k-efetivo médio	Distância m	E %	k-efetivo médio	Distância m
3	0,68	0,6	3	0,80	0,2
4	0,65	0,5	4	0,78	0,2
5	0,65	0,6	5	0,79	0,2
7	0,61	0,9	7	0,77	0,2
10	0,58	0,8	10	0,75	0,2
20	0,54	0,6	20	0,75	0,2
30	0,53	0,9	30	0,74	0,3
40	0,51	0,9	40	0,72	0,3
50	0,50	0,7	50	0,72	0,3
93	0,49	0,8	93	0,74	0,2
100	0,49	2,0	100	0,74	0,2

E = enriquecimento porcentual

TABELA 5.5 - Comportamento do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, em relação às diferentes distâncias nos respectivos enriquecimentos para o composto U_3O_8 , nos meios ar e água, para todos os arranjos.

Meio Ar			Meio Água		
E %	k-efetivo médio	Distância m	E %	k-efetivo médio	Distância m
3	0,70	0,6	3	0,79	0,3
4	0,68	0,6	4	0,79	0,2
5	0,67	0,5	5	0,79	0,2
7	0,66	0,5	7	0,80	0,2
10	0,63	0,9	10	0,78	0,4
20	0,63	0,7	20	0,81	0,2
30	0,60	0,7	30	0,79	0,3
40	0,56	0,9	40	0,77	0,3
50	0,55	1,0	50	0,76	0,2
93	0,37	0,7	93	0,62	0,3
100	0,38	1,0	100	0,64	0,2

E = enriquecimento porcentual

TABELA 5.6 - Comportamento do fator de multiplicação efetivo, k-efetivo médio, em relação às diferentes distâncias nos respectivos enriquecimentos para o composto U_3Si_2 , nos meios ar e água para todos os arranjos.

Meio Ar			Meio Água		
E %	k-efetivo médio	Distância m	E %	k-efetivo médio	Distância m
3	0,68	0,5	3	0,79	0,2
4	0,67	0,4	4	0,79	0,2
5	0,65	0,6	5	0,79	0,2
7	0,63	0,9	7	0,79	0,2
10	0,63	0,6	10	0,78	0,2
20	0,60	0,6	20	0,79	0,2
30	0,59	0,8	30	0,79	0,2
40	0,59	0,7	40	0,79	0,4
50	0,53	0,8	50	0,75	0,2
93	0,57	0,6	93	0,80	0,2
100	0,49	0,8	100	0,74	0,2

E = enriquecimento porcentual

A fim de verificar-se a questão estabelecida em normas para os grupos de embalados com formação de Índice de Transporte ou Índice de Segurança de Criticalidade no valor 50 ou 200, cuja distância necessária é de 6 metros entre os embalados, pelo exposto nas Tabelas 5.4 a 5.6 pode-se concluir que:

- a) Para UO_2 nos diferentes enriquecimentos, os valores do k-efetivo médio são praticamente constantes mantendo-se na faixa de 0,49 a 0,68, para todos os arranjos estudados a partir de distância variáveis desde 0,5 m até 2,0 m em meio ar.
- b) Para U_3O_8 , os valores do k-efetivo médio são praticamente constantes mantendo-se na faixa de 0,37 a 0,70, para todos os arranjos a partir de distâncias variáveis desde 0,5 a 1 m.
- c) Para U_3Si_2 , os valores do k-efetivo médio são praticamente constantes mantendo-se na faixa de 0,49 a 0,68, para todos os arranjos a partir de distâncias variáveis desde 0,4 m a 0,9 m.

Os valores apresentam-se subcríticos indo a favor da segurança, por esta razão acredita-se que a distância de 6 metros entre os embalados a serem transportados pode ser minimizada, pois se destaca que o maior enriquecimento é o dos combustíveis para reatores de pesquisa, cujo enriquecimento não é maior do que 20%. Para esse enriquecimento a distância encontrada nos três compostos de urânio estudados é de 0,6 m para UO_2 e U_3Si_2 e 0,7m para U_3O_8 . Já os reatores de potência usam combustíveis na faixa de enriquecimento de 3 a 5%, em que são verificadas distâncias de 0,6 m para os três compostos UO_2 , U_3O_8 ; e U_3Si_2 .

Pode-se então afirmar que para U_3O_8 e U_3Si_2 uma distância de 1 metro é suficiente para todos os enriquecimentos e que para UO_2 são necessários 2 metros.

No caso do meio ser água, obtiveram-se as seguintes distâncias para os três compostos a saber:

- a) UO_2 , para distância de 0,2 m torna-se constante, exceto nos enriquecimentos 30%,40% e 50% cuja constância aparece em 0,3 m. Os valores do k-efetivo médio apresentaram-se na faixa de 0,72 a 0,79 com exceção no enriquecimento de 3% cujo valor do k-efetivo é 0,80.
- b) U_3O_8 , para distância de 0,2 m a 0,4 m os valores do k-efetivo encontram-se na faixa de 0,62 a 0,80. O valor da distância 0,4 m é para o enriquecimento de 10% cujo k-efetivo é 0,78.

c) U_3Si_2 , para distância de 0,2 m a 0,4m os valores do k-efetivo tornam-se praticamente constantes na faixa de 0,74 a 0,80. Para o enriquecimento de 40% necessitou-se uma distância de 0,4 m para que todos os arranjos possuíssem o mesmo valor do k-efetivo médio de 0,79.

Concluindo quando o meio é água uma distância entre os arranjos de 0,4 m é suficiente para os três compostos.

Estes valores de k-efetivo estão em acordo com o valor do k-efetivo do sistema isolado Ver TABELAS 4.7 a 4.9. Exceções para os compostos: UO_2 no enriquecimento de 100%, para U_3O_8 enriquecimentos de 50% e 100%, para o U_3Si_2 nos enriquecimentos 10% e 93%, pois possuem um k-efetivo médio pouco acima do valor para o sistema isolado destes compostos, mas mesmo assim o valor continua sendo subcrítico.

Uma vez que os compostos de urânio estudados estão se comportando como um sistema isolado, com valores bem abaixo do estabelecido em normas k-efetivo $<0,95$ para o transporte de material físsil, pode-se afirmar que a distância de 1 m entre os grupos de embalados ou pacotes em vez de 6 m é suficiente quando o meio é ar, e 0,4 m quando for água para os compostos de urânio estudados. Exceção feita ao UO_2 no enriquecimento de 100% que pode alcançar até 2 metros.

No transporte destes arranjos de embalados ou pacotes se forem respeitadas as distâncias ora sugeridas em substituição aos 6 m, o custo diminuirá consideravelmente em razão de uma apreciável diminuição da área ocupada, tanto em trânsito como na armazenagem temporária.

Os experimentos práticos apresentados nos itens 4.1 e 4.2 do capítulo 4 evidenciam que a massa de urânio dentro dos cilindros monitorados apresenta uma auto-absorção da radiação gama do ^{235}U . A radiação gama detectada é referente apenas à quantidade transmitida pela camada superficial do embalado. Isso também reforça o fato de que para material físsil o Índice de Transporte sempre será inferior ao Índice de Segurança de Criticalidade.

6 .FUTUROS TRABALHOS

- Efetuar o mesmo trabalho para outros compostos do urânio 235, utilizados na indústria nuclear.
- Estender o trabalho para os demais materiais físséis utilizados na indústria nuclear.
- Realizar o mesmo trabalho para arranjos em que os pacotes estejam empilhados.
- Determinar por cálculo o IT considerando a auto absorção no ar para melhor comparação com os resultados experimentais.
- Estender o trabalho experimental abrangendo os diferentes enriquecimentos e compará-los com os resultados teóricos deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. I.A.E.A Introduction. In: NUCLEAR FUEL CYCLE AND REACTOR STRATEGIES: ***Adjusting to New Realities***, June 3-6, 1997, Vienna. ***Proceedings...***Vienna: I.A.E.A, 1997.p.13.
2. DANTAS, Vera. Energia para crescer. ***Brasil Nuclear***, v.10, nº 26, p.9, dez/2003.
3. KAPLAN, Irving. ***Física Nuclear***. Ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Copyright@ by Editore Guanabara Dois S.A).cap. 8, p.158.
4. BYRNE, J. ***Neutrons, Nuclei and Matter***. an exploration of the physics of slow. Bristol: Institute of Physics Pub., 1994. Capítulo 1, p.10.
5. KAPLAN, Irving. ***Física Nuclear***. Ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Copyright@ by Editore Guanabara Dois S.A).cap. 18, p.461- 462.
6. KRANE, S.K. ***Introductory nuclear physics***. New York, N.Y: John Wiley &Sons, 1988 .cap12, neutron physics .p.445.
7. KAPLAN, Irving. ***Física Nuclear***. Ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Copyright@ by Editore Guanabara Dois S.A).cap. 19, p.501-502.
8. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. ***Transporte de materiais radioativos***. Julho 1988 (CNEN-NE-5.01).
9. I.A.E.A -INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. ***Regulations for the safe transport of radioactive material***. Vienna: 1996 Edition (Revised), Safety Standards Series TS-R-1(ST-1, Revised), (2000).
- 10.I.A.E.A -INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. ***Advisory material for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material***. Vienna, 2002. Safety Standards Series Nº TS-G1.1 (ST2).
- 11.COMCIÊNCIA.***Técnica de enriquecimento de urânio***. Disponível em: < <http://inventabrasilnet.t5.com.br/ieavura.htm> Acessado em >setembro de 2004.
12. URENCO Disponível:<<http://www.urengo.com/im/uploaded/1086887106.pdf> Acessado em > maio de 2005.

13. BREWINGTON JR., Percy. Expansion of government capacity. In: EXECUTIVE CONFERENCE ON URANIUM FUEL SUPPLY, Jan. 23-26, 1977, Monterey, California. **Proceedings...** Illinois: ANS, 1978.
14. CNEN- Comissão Nacional de Energia Nuclear-Centro de Informações Nucleares **Ciclo do Combustível Nuclear**. Panorama Internacional v.II, R.J: CNEN/CIN, 1984.
15. IPEN- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares; Centro do Combustível Nuclear **Relatório de informações técnicas**. São Paulo: IPEN/CCN, 2004 (RIT - CCN-1.00-01 Rev.2).
16. DAMY, M. **Análises de criticalidade do processo de reconversão do UF6 a DUA do departamento de tecnologia de combustíveis do IPEN**. (Relatório técnico – Diretoria de reatores –1996).
17. DAMY, M.A. **Programa computacional para cálculo de distância crítica pelo método do ângulo sólido estendido**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
18. FERREIRA, C.R. **Análise preliminar de criticalidade da usina piloto de preparação do TCAU**, 1984 nº. DOC. R310000006-01.
19. AMERICAN NUCLEAR SOCIETY. **American national standard for nuclear criticality safety in operations with fissionable materials outside reactors**. Illinois: ANSI ,1970. (ANS-8.1/N16.1-1975 Revision of N16.1-1969).
20. NUSSBAUMER D.A **Remarks on licensing of nuclear fuel cycle facilities**: proc. Short course nuclear criticality safety. May, 1973. Albuquerque, New Mexico: R.D.O'Dell, 1974.(TID-26286, .p.162, U.S.Atomic Energy Commission).
21. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Regulations for materials the safe transport on radioactive**. Vienna: IAEA, 1961.(Safety Series 06).
22. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes básicas de radioproteção**. Janeiro, 2005 (CNEN 3.01).
23. ICRP-INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Recommendations of the international commission on radiological protection**. Oxford, Pergamon, 1990. (ICRP 60).
24. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety or radiation sources**. Vienna: 1996 (Safety series 115).

25. MARKS, ALAN. **Nuclear Fission**. Disponível em <http://www.uic.com.au/uicchem.htm>. Acesso em: 11 de outubro de 1999.
26. KAPLAN, Irving. **Física Nuclear**. Ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Copyright@ by Editore Guanabara Dois S.A).cap. 19, p.502-505.
27. NOBEL **prize**. disponível em <http://nobelprize.org/physics/laureades/1938/Fermi-bio.html>. Acessado em: maio,2005>
28. HANDBOOK **criticality and nuclear safety**. part 1. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) MBH, Forschungsgelände, 8046 Garching – Ernest G.Silver, Translator, Oak Ridge, Tennessee, dezembro 1980.
29. HANDBOOK **data on criticality fissionable material uranium 235**: part 2. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) MBH, Forschungsgelände, 8046 Garching – Ernest G.Silver, Translator, Oak Ridge, Tennessee, dezembro 1980. p .23.
30. KNIEF, R.A. **Nuclear criticality safety: theory and practice**. Illinois: ANS/USNRC, 1986.
31. THE NUCLEAR criticality safety problem. In: **Nuclear safety guide**. Tennessee. Oak Ridge: U. S. Nuclear Regulatory Commission/ Office of Nuclear Regulatory Research/ Under Interagency Agreement DOE 40-550-75/ NRC FIN N°. B0163-6, June 1978. (TID-7016-Rev.2).
32. U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. Title 10, Code of Federal Regulations. 7159 Standards for arrays of fissile material packages. Disponível em <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part071-0059.html>>. Acesso em: 29 de junho de 2004.
33. Brasil-Ministério dos Transportes; ANTT-Agência Nacional de Transportes Terrestres. Instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos. Resolução ANTT N° 420, de 12 de fevereiro de 2004. Resolução ANTT N° 701, de 25 de agosto de 2004. Brasília,DF: 2004.
34. UN-United Nations. **The thirteenth revised edition of the recommendations on the transport of dangerous goods (including the model regulations)**. New York/ Genova: 2003.(ST/SG/ AC. 10/1/Rev. 13 (Vol. 1)).vol. 1-2, recommendation on the transport of dangerous goods; model regulations.
35. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Safe transport of radioactive material** . Third Edition Vienna: 2002 TRAINING COURSE SERIES N° 1.p.244-252.

36. AMERICAN NATIONAL STANDARD ANSI N16.5-1975 published by the American Nuclear Society Illinois, USA. **Guide for nuclear criticality safety in the storage of fissile materials**, p.3.
37. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Advisory material for the IAEA regulations for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material** Vienna: (1985 Edition). Third Edition (as amended 1990), (Safety Series, 37).p .176.
38. CARTER, L.L; RICHEY, C.R HUGHEY, C.E; GAMTEC II: Calculations. Richland, Battelle Pacific Northwest Laboratory, 1965.(BNWL-35). **A code for generating consistent multigroup constants utilized in diffusion and transport theory**. March 1965.
39. FOWLER, T.B.; VONDY, D.R.; CUNNINGHAM, G.W.; **Nuclear reactor core analysis code**: CITATION'; Tennessee: OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 1971.(ORNL-TM-2496, Rev.2,0).
40. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Arrangements for transition from the 1985 Edition (as amended 1990) to the 1996**: edition of the IAEA Transport Regulations. Vienna: January 2001. (IAEA- TECDOC-1194).
41. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material**. Vienna:1996 Edition (Revised), Safety Standards Series TS-R-1(ST-1, Revised), (2000) p.53,59.
42. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Advisory material for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material**. Vienna, 2002. Safety Standards Series N° TS-G1.1 (ST2).p. 70- 88.
43. PETRIE, L.M. & CROSS, N.F. **Keno IV-An improved Monte Carlo criticality program**. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Laboratory, Nov.1975 (ORNL-4938).
44. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Advisory material for the IAEA regulations for the safe transport of radioactive material**. Vienna, 2002. Safety Standards Series N° TS-G1.1 (ST2) p.139.
45. HANSEN, G.E.& ROACK, W. H. **Six and sixteen group cross sections for fast and intermediate critical assemblies**. Los Alamos: Los Alamos Scientific Laboratory,Dec. 1961 (LA-2543).
46. HACHIYA, Y.; KOYAMA, T. **Joint united states/japanese criticality data development program plan**. TN-USA: UNCLAS, 1985. p.12 (Conf 850917-2).

47. HANDBOOK ***data on criticality fissionable material uranium 235***: part 2. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) MBH, Forschungsgelände, 8046 Garching – Ernest G. Silver, Translator, Oak Ridge, Tennessee, dezembro 1980. p.19.
48. KAPLAN, Irving. ***Física Nuclear***. Ed. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (Copyright@ by Editore Guanabara Dois S.A).cap. 10, p.195; 207.
49. HINE, J.G.; BROWNELL, G.L. ***Radiation dosimetry*** New York, N.Y.: Academic Press INC, 1956,p.755.
50. ICRU International Commission on Radiation Units and Measurements, ***Fundamental quantities and units for ionizing radiation***. Bethesda,MD: ICRU, 1998.(ICRU-60),p.18.
51. NACHTIGALL, DIETER ***Table of specific gamma ray constants. Tableau des constantes spécifiques de rayonnement gamma. Tabelle spezifischer Gammastrahlenkonstanten***.Mouchen:Verlag,1969.(Thiemig Taschenbuecher) v.34.
52. IAEA- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. ***Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency***. Vienna: August 2002. (IAEA – TEC DOC-1162).
53. IAEA-INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. ***Advisory material for the application of the IAEA transport regulation***. Vienna: 1982.(Safety Series 37) p.90.

APÊNDICE A – Tabelas referentes aos valores do k – efetivo médio para o composto de Urânio UO_2 nos diferentes enriquecimentos

TABELA A1 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 3% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 3 % - Arranjo 2 2 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70629 ± 0,00029	0,80228 ± 0,00029
0,2	0,69688 ± 0,00027	0,79961 ± 0,00028
0,3	0,69047 ± 0,00026	0,79906 ± 0,00027
0,4	0,68769 ± 0,00027	0,79979 ± 0,00027
0,5	0,68536 ± 0,00027	0,79973 ± 0,00027
0,6	0,68460 ± 0,00030	0,79922 ± 0,00026
0,7	0,68423 ± 0,00029	0,79888 ± 0,00029
0,8	0,68347 ± 0,00029	0,79853 ± 0,00029
0,9	0,68426 ± 0,00025	0,79911 ± 0,00026
1	0,68370 ± 0,00028	0,79877 ± 0,00025
2	0,68271 ± 0,00029	0,79867 ± 0,00026
3	0,68261 ± 0,00026	0,79876 ± 0,00027
4	0,68270 ± 0,00029	0,79945 ± 0,00027
5	0,68263 ± 0,00025	0,79871 ± 0,00026
6	0,68266 ± 0,00028	0,79902 ± 0,00027

TABELA A2 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 3% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 3 % - Arranjo 3 3 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72318 ± 0,00026	0,81023 ± 0,00026
0,2	0,70376 ± 0,00028	0,80010 ± 0,00025
0,3	0,69599 ± 0,00026	0,79834 ± 0,00025
0,4	0,68987 ± 0,00029	0,79870 ± 0,00026
0,5	0,68929 ± 0,00028	0,79936 ± 0,00029
0,6	0,68709 ± 0,00025	0,79859 ± 0,00024
0,7	0,68515 ± 0,00030	0,80061 ± 0,00095
0,8	0,68522 ± 0,00025	0,79938 ± 0,00027
0,9	0,68492 ± 0,00026	0,79935 ± 0,00025
1	0,68449 ± 0,00025	0,79978 ± 0,00026
2	0,68287 ± 0,00029	0,79761 ± 0,00029
3	0,68267 ± 0,00026	0,79857 ± 0,00025
4	0,68162 ± 0,00025	0,79953 ± 0,00026
5	0,68325 ± 0,00024	0,79857 ± 0,00029
6	0,68307 ± 0,00029	0,79901 ± 0,00027

TABELA A3 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 3% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 3 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73118 ± 0,00027	0,81211 ± 0,00026
0,2	0,70871 ± 0,00026	0,80039 ± 0,00024
0,3	0,69376 ± 0,00026	0,79861 ± 0,00024
0,4	0,69386 ± 0,00027	0,79908 ± 0,00026
0,5	0,69086 ± 0,00026	0,79919 ± 0,00026
0,6	0,68878 ± 0,00026	0,79938 ± 0,00026
0,7	0,68710 ± 0,00027	0,80024 ± 0,00082
0,8	0,68514 ± 0,00029	0,80196 ± 0,00083
0,9	0,68629 ± 0,00030	0,79703 ± 0,00026
1	0,68474 ± 0,00027	0,79633 ± 0,00027
2	0,68261 ± 0,00026	0,79761 ± 0,00026
3	0,68288 ± 0,00026	0,79880 ± 0,00026
4	0,68905 ± 0,00027	0,79938 ± 0,00027
5	0,68244 ± 0,00029	0,79871 ± 0,00026
6	0,68259 ± 0,00028	0,79902 ± 0,00028

TABELA A4 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 3% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 3 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73653 ± 0,00026	0,81311 ± 0,00026
0,2	0,71212 ± 0,00026	0,80041 ± 0,00025
0,3	0,70111 ± 0,00027	0,79885 ± 0,00025
0,4	0,69525 ± 0,00028	0,79961 ± 0,00026
0,5	0,69081 ± 0,00026	0,79943 ± 0,00026
0,6	0,68935 ± 0,00027	0,79955 ± 0,00025
0,7	0,68809 ± 0,00026	0,79889 ± 0,00025
0,8	0,68682 ± 0,00028	0,79944 ± 0,00026
0,9	0,68613 ± 0,00027	0,79899 ± 0,00027
1	0,68492 ± 0,00026	0,79906 ± 0,00025
2	0,68383 ± 0,00029	0,79867 ± 0,00026
3	0,68267 ± 0,00026	0,79880 ± 0,00026
4	0,68305 ± 0,00027	0,79945 ± 0,00027
5	0,68242 ± 0,00026	0,79107 ± 0,00094
6	0,68221 ± 0,00026	0,79901 ± 0,00029

TABELA A5 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 4% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 4 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67996 ± 0,00057	0,79472 ± 0,00027
0,2	0,66321 ± 0,00027	0,78640 ± 0,00028
0,3	0,65622 ± 0,00028	0,78545 ± 0,00026
0,4	0,65291 ± 0,00028	0,78603 ± 0,00026
0,5	0,65144 ± 0,00027	0,78571 ± 0,00027
0,6	0,64975 ± 0,00027	0,78576 ± 0,00027
0,7	0,64968 ± 0,00028	0,78567 ± 0,00028
0,8	0,64856 ± 0,00026	0,78519 ± 0,00028
0,9	0,64843 ± 0,00027	0,78565 ± 0,00026
1	0,64824 ± 0,00027	0,78515 ± 0,00029
2	0,64773 ± 0,00028	0,78715 ± 0,00027
3	0,64639 ± 0,00028	0,78603 ± 0,00028
4	0,64641 ± 0,00027	0,78582 ± 0,00027
5	0,64661 ± 0,00027	0,78503 ± 0,00026
6	0,64648 ± 0,00029	0,78316 ± 0,00026

TABELA A6 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 4% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 4 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70011 ± 0,00026	0,80128 ± 0,00028
0,2	0,67392 ± 0,00026	0,78610 ± 0,00026
0,3	0,66375 ± 0,00027	0,78695 ± 0,00027
0,4	0,65654 ± 0,00027	0,78557 ± 0,00027
0,5	0,65675 ± 0,00028	0,78510 ± 0,00026
0,6	0,65274 ± 0,00028	0,78502 ± 0,00028
0,7	0,65096 ± 0,00027	0,78568 ± 0,00027
0,8	0,65042 ± 0,00029	0,78521 ± 0,00027
0,9	0,64983 ± 0,00026	0,78570 ± 0,00026
1	0,64949 ± 0,00028	0,78589 ± 0,00027
2	0,64723 ± 0,00027	0,78584 ± 0,00027
3	0,64694 ± 0,00028	0,78603 ± 0,00028
4	0,64721 ± 0,00027	0,78582 ± 0,00027
5	0,64674 ± 0,00028	0,78503 ± 0,00026
6	0,64693 ± 0,00028	0,78528 ± 0,00026

TABELA A7 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 4% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 4 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71230 ± 0,00029	0,80277 ± 0,00028
0,2	0,68076 ± 0,00028	0,78715 ± 0,00026
0,3	0,66808 ± 0,00026	0,78632 ± 0,00028
0,4	0,66017 ± 0,00027	0,78640 ± 0,00028
0,5	0,65706 ± 0,00025	0,78550 ± 0,00029
0,6	0,65415 ± 0,00029	0,78589 ± 0,00026
0,7	0,65288 ± 0,00027	0,78543 ± 0,00029
0,8	0,65133 ± 0,00028	0,78549 ± 0,00025
0,9	0,65050 ± 0,00029	0,78586 ± 0,00029
1	0,64964 ± 0,00029	0,78665 ± 0,00028
2	0,64740 ± 0,00030	0,78536 ± 0,00028
3	0,64725 ± 0,00027	0,78598 ± 0,00029
4	0,64663 ± 0,00026	0,78375 ± 0,00028
5	0,64647 ± 0,00029	0,78455 ± 0,00028
6	0,64638 ± 0,00027	0,78316 ± 0,00028

TABELA A8 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 4% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 4 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72011 ± 0,00027	0,80668 ± 0,00029
0,2	0,68534 ± 0,00028	0,78356 ± 0,00027
0,3	0,67107 ± 0,00028	0,78734 ± 0,00026
0,4	0,66295 ± 0,00028	0,78548 ± 0,00026
0,5	0,65792 ± 0,00028	0,78495 ± 0,00028
0,6	0,65151 ± 0,00028	0,78236 ± 0,00027
0,7	0,65340 ± 0,00026	0,78574 ± 0,00026
0,8	0,65235 ± 0,00028	0,78501 ± 0,00028
0,9	0,65105 ± 0,00028	0,78534 ± 0,00028
1	0,65073 ± 0,00026	0,78505 ± 0,00028
2	0,64787 ± 0,00026	0,78192 ± 0,00027
3	0,64617 ± 0,00026	0,78598 ± 0,00028
4	0,64673 ± 0,00028	0,78375 ± 0,00028
5	0,64635 ± 0,00027	0,78455 ± 0,00028
6	0,64625 ± 0,00026	0,78316 ± 0,00028

TABELA A9 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 5% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 5 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68650 ± 0,00026	0,80147 ± 0,00029
0,2	0,66812 ± 0,00028	0,79096 ± 0,00029
0,3	0,66052 ± 0,00028	0,79240 ± 0,00029
0,4	0,65775 ± 0,00026	0,79941 ± 0,00028
0,5	0,65591 ± 0,00026	0,79005 ± 0,00102
0,6	0,65369 ± 0,00029	0,79028 ± 0,00028
0,7	0,65311 ± 0,00029	0,79916 ± 0,00027
0,8	0,65269 ± 0,00028	0,79095 ± 0,00030
0,9	0,65216 ± 0,00028	0,79170 ± 0,00029
1	0,65254 ± 0,00027	0,78819 ± 0,00029
2	0,65995 ± 0,00029	0,79220 ± 0,00029
3	0,65995 ± 0,00028	0,79843 ± 0,00028
4	0,65995 ± 0,00028	0,79898 ± 0,00029
5	0,65998 ± 0,00027	0,79078 ± 0,00029
6	0,65013 ± 0,00029	0,79980 ± 0,00030

TABELA A10 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 5% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 5 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71038 ± 0,00029	0,80778 ± 0,00028
0,2	0,68092 ± 0,00028	0,79355 ± 0,00028
0,3	0,66828 ± 0,00029	0,79427 ± 0,00028
0,4	0,66206 ± 0,00027	0,79478 ± 0,00029
0,5	0,65320 ± 0,00028	0,79299 ± 0,00029
0,6	0,65105 ± 0,00029	0,79399 ± 0,00030
0,7	0,65027 ± 0,00026	0,79284 ± 0,00030
0,8	0,65057 ± 0,00027	0,79293 ± 0,00029
0,9	0,65920 ± 0,00028	0,79800 ± 0,00029
1	0,65106 ± 0,00028	0,79297 ± 0,00030
2	0,65029 ± 0,00026	0,79290 ± 0,00029
3	0,65058 ± 0,00026	0,79843 ± 0,00028
4	0,65017 ± 0,00026	0,79898 ± 0,00027
5	0,65050 ± 0,00027	0,79078 ± 0,00029
6	0,65004 ± 0,00029	0,79480 ± 0,00027

TABELA A11 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 5% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 5 % - Arranjo 4 4 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72456 ± 0,00029	0,81098 ± 0,00027
0,2	0,68861 ± 0,00028	0,79287 ± 0,00028
0,3	0,67245 ± 0,00029	0,79359 ± 0,00028
0,4	0,66656 ± 0,00026	0,79333 ± 0,00028
0,5	0,66005 ± 0,00027	0,79363 ± 0,00028
0,6	0,65808 ± 0,00028	0,79288 ± 0,00030
0,7	0,65566 ± 0,00027	0,79278 ± 0,00030
0,8	0,65567 ± 0,00027	0,79292 ± 0,00030
0,9	0,65397 ± 0,00026	0,79344 ± 0,00039
1	0,65358 ± 0,00027	0,79426 ± 0,00029
2	0,65121 ± 0,00028	0,79280 ± 0,00027
3	0,65071 ± 0,00026	0,79283 ± 0,00027
4	0,65026 ± 0,00027	0,79273 ± 0,00028
5	0,65068 ± 0,00030	0,79078 ± 0,00027
6	0,65028 ± 0,00029	0,79058 ± 0,00028

TABELA A12 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 5% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 5 % - Arranjo 5 5 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73229 ± 0,00030	0,81363 ± 0,00026
0,2	0,69270 ± 0,00029	0,79417 ± 0,00029
0,3	0,67675 ± 0,00029	0,79366 ± 0,00029
0,4	0,66832 ± 0,00026	0,79299 ± 0,00028
0,5	0,66273 ± 0,00027	0,79348 ± 0,00028
0,6	0,65973 ± 0,00028	0,79316 ± 0,00029
0,7	0,65843 ± 0,00029	0,79384 ± 0,00028
0,8	0,65711 ± 0,00029	0,79409 ± 0,00028
0,9	0,65599 ± 0,00028	0,79529 ± 0,00028
1	0,65399 ± 0,00028	0,79296 ± 0,00029
2	0,65359 ± 0,00028	0,79493 ± 0,00027
3	0,65162 ± 0,00027	0,79487 ± 0,00027
4	0,65151 ± 0,00027	0,79477 ± 0,00027
5	0,65144 ± 0,00028	0,79372 ± 0,00028
6	0,65142 ± 0,00028	0,79283 ± 0,00028

TABELA A13 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 7% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 7 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65892 ± 0,00032	0,78134 ± 0,00027
0,2	0,63548 ± 0,00028	0,77091 ± 0,00031
0,3	0,63548 ± 0,00028	0,77089 ± 0,00031
0,4	0,62227 ± 0,00030	0,77087 ± 0,00030
0,5	0,62211 ± 0,00027	0,77083 ± 0,00030
0,6	0,61328 ± 0,00030	0,77079 ± 0,00029
0,7	0,61324 ± 0,00030	0,77089 ± 0,00031
0,8	0,61334 ± 0,00031	0,77079 ± 0,00029
0,9	0,61344 ± 0,00032	0,77069 ± 0,00029
1	0,61338 ± 0,00030	0,77049 ± 0,00028
2	0,61348 ± 0,00030	0,77053 ± 0,00029
3	0,61337 ± 0,00030	0,77011 ± 0,00030
4	0,61327 ± 0,00030	0,77015 ± 0,00030
5	0,61329 ± 0,00030	0,77017 ± 0,00030
6	0,61325 ± 0,00030	0,77021 ± 0,00030

TABELA A14 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 7% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 7 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68950 ± 0,00030	0,78981 ± 0,00031
0,2	0,64847 ± 0,00030	0,77214 ± 0,00029
0,3	0,63548 ± 0,00028	0,77228 ± 0,00030
0,4	0,63598 ± 0,00028	0,77318 ± 0,00030
0,5	0,63538 ± 0,00028	0,77009 ± 0,00029
0,6	0,62163 ± 0,00030	0,77001 ± 0,00030
0,7	0,62002 ± 0,00030	0,77010 ± 0,00030
0,8	0,61904 ± 0,00030	0,77038 ± 0,00038
0,9	0,61824 ± 0,00044	0,77078 ± 0,00033
1	0,61713 ± 0,00030	0,77038 ± 0,00029
2	0,61355 ± 0,00032	0,77031 ± 0,00031
3	0,61406 ± 0,00030	0,77011 ± 0,00030
4	0,61333 ± 0,00031	0,77056 ± 0,00031
5	0,61333 ± 0,00033	0,77982 ± 0,00028
6	0,61338 ± 0,00031	0,77093 ± 0,00027

TABELA A15 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 7% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 7% - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70861 ± 0,00033	0,77025 ± 0,00030
0,2	0,66160 ± 0,00031	0,77269 ± 0,00030
0,3	0,64204 ± 0,00032	0,77329 ± 0,00030
0,4	0,63277 ± 0,00030	0,77219 ± 0,00033
0,5	0,62727 ± 0,00029	0,77040 ± 0,00030
0,6	0,62352 ± 0,00030	0,77039 ± 0,00029
0,7	0,62144 ± 0,00030	0,77018 ± 0,00029
0,8	0,61993 ± 0,00028	0,77034 ± 0,00046
0,9	0,61824 ± 0,00044	0,77078 ± 0,00033
1	0,61780 ± 0,00031	0,77040 ± 0,00028
2	0,61498 ± 0,00032	0,77031 ± 0,00031
3	0,61405 ± 0,00031	0,77011 ± 0,00030
4	0,61407 ± 0,00029	0,77056 ± 0,00028
5	0,61338 ± 0,00033	0,77982 ± 0,00028
6	0,61373 ± 0,00032	0,77093 ± 0,00027

TABELA A16 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 7% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 7% - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72005 ± 0,00032	0,79574 ± 0,00030
0,2	0,66862 ± 0,00031	0,77256 ± 0,00028
0,3	0,64872 ± 0,00031	0,77367 ± 0,00032
0,4	0,63650 ± 0,00031	0,77053 ± 0,00029
0,5	0,63036 ± 0,00030	0,77066 ± 0,00029
0,6	0,62528 ± 0,00030	0,77974 ± 0,00029
0,7	0,62260 ± 0,00031	0,77011 ± 0,00029
0,8	0,62125 ± 0,00029	0,77014 ± 0,00029
0,9	0,61869 ± 0,00031	0,77039 ± 0,00030
1	0,61896 ± 0,00029	0,77004 ± 0,00028
2	0,61463 ± 0,00031	0,77031 ± 0,00031
3	0,61360 ± 0,00030	0,77011 ± 0,00030
4	0,61366 ± 0,00031	0,77046 ± 0,00030
5	0,61366 ± 0,00031	0,77982 ± 0,00028
6	0,61358 ± 0,00032	0,77093 ± 0,00027

TABELA A17 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 10% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 10 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,62977 ± 0,00030	0,76599 ± 0,00029
0,2	0,60647 ± 0,00030	0,75340 ± 0,00030
0,3	0,59710 ± 0,00028	0,75334 ± 0,00030
0,4	0,59205 ± 0,00030	0,75236 ± 0,00028
0,5	0,58943 ± 0,00030	0,75176 ± 0,00029
0,6	0,58770 ± 0,00030	0,75165 ± 0,00029
0,7	0,58617 ± 0,00028	0,75201 ± 0,00031
0,8	0,58624 ± 0,00031	0,75206 ± 0,00031
0,9	0,58509 ± 0,00030	0,75185 ± 0,00030
1	0,58548 ± 0,00029	0,75206 ± 0,00028
2	0,58335 ± 0,00029	0,75184 ± 0,00029
3	0,58311 ± 0,00030	0,75202 ± 0,00029
4	0,58307 ± 0,00030	0,75252 ± 0,00028
5	0,58303 ± 0,00029	0,75157 ± 0,00028
6	0,58266 ± 0,00029	0,75258 ± 0,00028

TABELA A18 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 10% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 10 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,66240 ± 0,00030	0,77651 ± 0,00029
0,2	0,62167 ± 0,00030	0,75402 ± 0,00028
0,3	0,60562 ± 0,00031	0,75184 ± 0,00029
0,4	0,59815 ± 0,00029	0,75198 ± 0,00029
0,5	0,59342 ± 0,00028	0,75158 ± 0,00030
0,6	0,59091 ± 0,00030	0,75211 ± 0,00028
0,7	0,58932 ± 0,00029	0,75205 ± 0,00028
0,8	0,58789 ± 0,00028	0,75175 ± 0,00029
0,9	0,58751 ± 0,00029	0,75241 ± 0,00030
1	0,58656 ± 0,00030	0,75227 ± 0,00031
2	0,58355 ± 0,00030	0,75184 ± 0,00029
3	0,58319 ± 0,00031	0,75202 ± 0,00029
4	0,58349 ± 0,00030	0,75252 ± 0,00058
5	0,58306 ± 0,00029	0,75157 ± 0,00028
6	0,58307 ± 0,00030	0,75161 ± 0,00030

TABELA A19 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 10% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 10 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68262 ± 0,00030	0,78065 ± 0,00028
0,2	0,62247 ± 0,00030	0,75517 ± 0,00029
0,3	0,61209 ± 0,00028	0,75174 ± 0,00029
0,4	0,60226 ± 0,00028	0,75166 ± 0,00029
0,5	0,59665 ± 0,00030	0,75193 ± 0,00029
0,6	0,59346 ± 0,00032	0,75178 ± 0,00028
0,7	0,58944 ± 0,00033	0,75189 ± 0,00028
0,8	0,58922 ± 0,00032	0,75152 ± 0,00028
0,9	0,58841 ± 0,00029	0,75167 ± 0,00029
1	0,58704 ± 0,00032	0,75188 ± 0,00029
2	0,58433 ± 0,00029	0,75184 ± 0,00029
3	0,58328 ± 0,00028	0,75167 ± 0,00029
4	0,58326 ± 0,00030	0,75252 ± 0,00028
5	0,58324 ± 0,00029	0,75157 ± 0,00028
6	0,58283 ± 0,00027	0,75258 ± 0,00028

TABELA A20 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 10% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 10 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69533 ± 0,00028	0,78366 ± 0,00029
0,2	0,64001 ± 0,00028	0,75517 ± 0,00028
0,3	0,61655 ± 0,00028	0,75249 ± 0,00029
0,4	0,60567 ± 0,00030	0,75140 ± 0,00032
0,5	0,59872 ± 0,00029	0,75147 ± 0,00030
0,6	0,59457 ± 0,00029	0,75208 ± 0,00029
0,7	0,59204 ± 0,00032	0,75149 ± 0,00028
0,8	0,58919 ± 0,00032	0,75191 ± 0,00030
0,9	0,58863 ± 0,00029	0,75199 ± 0,00029
1	0,58806 ± 0,00029	0,75199 ± 0,00028
2	0,58368 ± 0,00029	0,75184 ± 0,00029
3	0,58367 ± 0,00029	0,75202 ± 0,00029
4	0,58326 ± 0,00028	0,75252 ± 0,00028
5	0,58279 ± 0,00028	0,75157 ± 0,00028
6	0,58304 ± 0,00031	0,75258 ± 0,00028

TABELA A21 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 20% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 20 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,58799 ± 0,00028	0,77378 ± 0,00028
0,2	0,56110 ± 0,00026	0,75455 ± 0,00028
0,3	0,55062 ± 0,00026	0,75215 ± 0,00029
0,4	0,54590 ± 0,00026	0,75172 ± 0,00029
0,5	0,54375 ± 0,00026	0,75166 ± 0,00028
0,6	0,54123 ± 0,00029	0,75202 ± 0,00029
0,7	0,53967 ± 0,00026	0,75149 ± 0,00028
0,8	0,53844 ± 0,00028	0,75147 ± 0,00030
0,9	0,53879 ± 0,00028	0,75154 ± 0,00030
1	0,53801 ± 0,00027	0,75136 ± 0,00028
2	0,53608 ± 0,00028	0,75139 ± 0,00029
3	0,53684 ± 0,00028	0,75167 ± 0,00028
4	0,53584 ± 0,00027	0,75094 ± 0,00029
5	0,53584 ± 0,00028	0,75165 ± 0,00029
6	0,53601 ± 0,00028	0,75135 ± 0,00028

TABELA A22 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 20% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 20 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,62436 ± 0,00031	0,79097 ± 0,00028
0,2	0,57814 ± 0,00029	0,75562 ± 0,00027
0,3	0,56049 ± 0,00028	0,75218 ± 0,00028
0,4	0,55206 ± 0,00028	0,75170 ± 0,00030
0,5	0,54817 ± 0,00029	0,75237 ± 0,00030
0,6	0,54441 ± 0,00028	0,75170 ± 0,00029
0,7	0,54289 ± 0,00027	0,75139 ± 0,00030
0,8	0,54170 ± 0,00028	0,75117 ± 0,00031
0,9	0,53879 ± 0,00027	0,75051 ± 0,00029
1	0,53894 ± 0,00026	0,75218 ± 0,00030
2	0,53667 ± 0,00028	0,75126 ± 0,00029
3	0,53731 ± 0,00026	0,75041 ± 0,00028
4	0,53566 ± 0,00026	0,75094 ± 0,00029
5	0,53558 ± 0,00028	0,75165 ± 0,00029
6	0,53571 ± 0,00028	0,75135 ± 0,00028

TABELA A23 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 20% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 20 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,64789 ± 0,00030	0,79828 ± 0,00028
0,2	0,59032 ± 0,00028	0,75696 ± 0,00029
0,3	0,56738 ± 0,00028	0,75192 ± 0,00028
0,4	0,55709 ± 0,00026	0,75204 ± 0,00029
0,5	0,55178 ± 0,00026	0,75171 ± 0,00028
0,6	0,54643 ± 0,00026	0,75207 ± 0,00028
0,7	0,54446 ± 0,00028	0,75140 ± 0,00028
0,8	0,54227 ± 0,00029	0,75153 ± 0,00029
0,9	0,54165 ± 0,00028	0,75241 ± 0,00031
1	0,54001 ± 0,00028	0,75168 ± 0,00031
2	0,53681 ± 0,00025	0,75126 ± 0,00029
3	0,53616 ± 0,00029	0,75143 ± 0,00028
4	0,53603 ± 0,00027	0,75094 ± 0,00029
5	0,53569 ± 0,00028	0,75165 ± 0,00029
6	0,53555 ± 0,00029	0,75135 ± 0,00028

TABELA A24 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 20% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 20 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,66307 ± 0,00028	0,80268 ± 0,00029
0,2	0,59837 ± 0,00029	0,75643 ± 0,00030
0,3	0,57199 ± 0,00026	0,75272 ± 0,00030
0,4	0,56018 ± 0,00029	0,75194 ± 0,00029
0,5	0,55411 ± 0,00027	0,75198 ± 0,00028
0,6	0,54835 ± 0,00027	0,75086 ± 0,00030
0,7	0,54556 ± 0,00027	0,75161 ± 0,00029
0,8	0,54348 ± 0,00026	0,75101 ± 0,00029
0,9	0,54255 ± 0,00026	0,75171 ± 0,00029
1	0,54247 ± 0,00026	0,75160 ± 0,00030
2	0,53717 ± 0,00029	0,75126 ± 0,00029
3	0,53745 ± 0,00027	0,75167 ± 0,00028
4	0,53592 ± 0,00027	0,75094 ± 0,00029
5	0,53560 ± 0,00027	0,75166 ± 0,00029
6	0,53607 ± 0,00028	0,75135 ± 0,00028

TABELA A25 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 30% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 30 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,58954 ± 0,00030	0,76676 ± 0,00033
0,2	0,55976 ± 0,00030	0,74857 ± 0,00031
0,3	0,54381 ± 0,00032	0,74669 ± 0,00032
0,4	0,54245 ± 0,00032	0,74658 ± 0,00031
0,5	0,54006 ± 0,00030	0,74593 ± 0,00033
0,6	0,53764 ± 0,00030	0,74582 ± 0,00028
0,7	0,53681 ± 0,00032	0,74555 ± 0,00033
0,8	0,53573 ± 0,00031	0,74621 ± 0,00030
0,9	0,53508 ± 0,00032	0,74691 ± 0,00033
1	0,53483 ± 0,00031	0,74577 ± 0,00031
2	0,53304 ± 0,00030	0,74566 ± 0,00030
3	0,53198 ± 0,00032	0,74568 ± 0,00031
4	0,53220 ± 0,00029	0,74591 ± 0,00031
5	0,53236 ± 0,00030	0,74647 ± 0,00030
6	0,53263 ± 0,00031	0,74635 ± 0,00034

TABELA A26 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 30% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 30 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,63034 ± 0,00031	0,78155 ± 0,00031
0,2	0,57793 ± 0,00032	0,74970 ± 0,00031
0,3	0,57714 ± 0,00033	0,74660 ± 0,00034
0,4	0,55018 ± 0,00031	0,74638 ± 0,00032
0,5	0,54441 ± 0,00031	0,74566 ± 0,00031
0,6	0,53704 ± 0,00032	0,74556 ± 0,00030
0,7	0,53753 ± 0,00032	0,74617 ± 0,00030
0,8	0,53782 ± 0,00032	0,74636 ± 0,00030
0,9	0,53789 ± 0,00032	0,74633 ± 0,00030
1	0,53607 ± 0,00032	0,74621 ± 0,00033
2	0,53325 ± 0,00031	0,74546 ± 0,00030
3	0,53304 ± 0,00030	0,74604 ± 0,00033
4	0,53321 ± 0,00031	0,74591 ± 0,00031
5	0,53242 ± 0,00030	0,74647 ± 0,00031
6	0,53287 ± 0,00033	0,74635 ± 0,00034

TABELA A27 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 30% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 30 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65735 ± 0,00033	0,78890 ± 0,00032
0,2	0,59188 ± 0,00030	0,75003 ± 0,00032
0,3	0,56656 ± 0,00033	0,74794 ± 0,00032
0,4	0,55450 ± 0,00033	0,74609 ± 0,00030
0,5	0,54783 ± 0,00029	0,74631 ± 0,00030
0,6	0,54387 ± 0,00030	0,74676 ± 0,00030
0,7	0,54144 ± 0,00031	0,74594 ± 0,00031
0,8	0,53938 ± 0,00030	0,74525 ± 0,00032
0,9	0,53773 ± 0,00031	0,74585 ± 0,00031
1	0,53732 ± 0,00032	0,74625 ± 0,00032
2	0,53356 ± 0,00030	0,74566 ± 0,00030
3	0,53263 ± 0,00033	0,74592 ± 0,00030
4	0,53216 ± 0,00031	0,74591 ± 0,00031
5	0,53266 ± 0,00030	0,74647 ± 0,00030
6	0,53262 ± 0,00030	0,74635 ± 0,00034

TABELA A28 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 30% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 30 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67567 ± 0,00032	0,79264 ± 0,00032
0,2	0,60102 ± 0,00032	0,75105 ± 0,00029
0,3	0,57556 ± 0,00033	0,74654 ± 0,00032
0,4	0,55885 ± 0,00029	0,74601 ± 0,00031
0,5	0,55051 ± 0,00031	0,74584 ± 0,00030
0,6	0,54605 ± 0,00032	0,74638 ± 0,00032
0,7	0,54218 ± 0,00031	0,74599 ± 0,00031
0,8	0,54028 ± 0,00032	0,74599 ± 0,00032
0,9	0,53498 ± 0,00030	0,74638 ± 0,00031
1	0,53767 ± 0,00030	0,74592 ± 0,00030
2	0,53394 ± 0,00030	0,74566 ± 0,00030
3	0,53351 ± 0,00031	0,74604 ± 0,00033
4	0,53318 ± 0,00030	0,74591 ± 0,00031
5	0,53221 ± 0,00030	0,74647 ± 0,00030
6	0,53283 ± 0,00031	0,74635 ± 0,00034

TABELA A29 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 40% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 40 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,57014 ± 0,00031	0,74873 ± 0,00033
0,2	0,53918 ± 0,00031	0,73092 ± 0,00031
0,3	0,52799 ± 0,00031	0,72830 ± 0,00031
0,4	0,52208 ± 0,00031	0,72862 ± 0,00031
0,5	0,51921 ± 0,00030	0,72851 ± 0,00032
0,6	0,51721 ± 0,00030	0,72908 ± 0,00032
0,7	0,51731 ± 0,00030	0,72759 ± 0,00031
0,8	0,51739 ± 0,00031	0,72857 ± 0,00030
0,9	0,51437 ± 0,00032	0,72792 ± 0,00031
1	0,51428 ± 0,00030	0,72847 ± 0,00032
2	0,51255 ± 0,00030	0,72903 ± 0,00031
3	0,51197 ± 0,00031	0,72858 ± 0,00033
4	0,51178 ± 0,00030	0,72865 ± 0,00030
5	0,51205 ± 0,00030	0,72845 ± 0,00030
6	0,51200 ± 0,00031	0,72880 ± 0,00029

TABELA A30 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 40% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 40 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,61129 ± 0,00032	0,76428 ± 0,00031
0,2	0,55829 ± 0,00032	0,73135 ± 0,00031
0,3	0,53831 ± 0,00029	0,72906 ± 0,00032
0,4	0,52972 ± 0,00033	0,72853 ± 0,00031
0,5	0,52400 ± 0,00031	0,72878 ± 0,00031
0,6	0,52145 ± 0,00030	0,72830 ± 0,00032
0,7	0,51882 ± 0,00028	0,72839 ± 0,00031
0,8	0,51771 ± 0,00029	0,72865 ± 0,00029
0,9	0,51600 ± 0,00032	0,72816 ± 0,00030
1	0,51562 ± 0,00029	0,72827 ± 0,00030
2	0,51304 ± 0,00028	0,72903 ± 0,00031
3	0,51243 ± 0,00030	0,72858 ± 0,00033
4	0,51222 ± 0,00029	0,72873 ± 0,00031
5	0,51225 ± 0,00030	0,72873 ± 0,00031
6	0,51222 ± 0,00032	0,72880 ± 0,00029

TABELA A31 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 40% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 40 % - Arranjo 4 4 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,63940 ± 0,00031	0,77164 ± 0,00030
0,2	0,57154 ± 0,00031	0,73236 ± 0,00031
0,3	0,54651 ± 0,00033	0,72914 ± 0,00030
0,4	0,53757 ± 0,00032	0,72814 ± 0,00031
0,5	0,52757 ± 0,00030	0,72771 ± 0,00033
0,6	0,52368 ± 0,00029	0,72898 ± 0,00031
0,7	0,52069 ± 0,00031	0,72866 ± 0,00030
0,8	0,51179 ± 0,00031	0,72856 ± 0,00030
0,9	0,51809 ± 0,00029	0,72796 ± 0,00031
1	0,51650 ± 0,00031	0,72855 ± 0,00032
2	0,51349 ± 0,00031	0,72903 ± 0,00031
3	0,51270 ± 0,00029	0,72901 ± 0,00031
4	0,51220 ± 0,00030	0,72865 ± 0,00030
5	0,51257 ± 0,00030	0,72877 ± 0,00030
6	0,51226 ± 0,00028	0,72880 ± 0,00029

TABELA A32 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 40% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 40 % - Arranjo 5 5 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65776 ± 0,00033	0,77560 ± 0,00031
0,2	0,58077 ± 0,00033	0,73351 ± 0,00030
0,3	0,55206 ± 0,00031	0,72878 ± 0,00030
0,4	0,53809 ± 0,00033	0,72886 ± 0,00032
0,5	0,53007 ± 0,00032	0,72826 ± 0,00032
0,6	0,52548 ± 0,00030	0,72859 ± 0,00031
0,7	0,52235 ± 0,00030	0,72814 ± 0,00030
0,8	0,52002 ± 0,00031	0,72817 ± 0,00032
0,9	0,51814 ± 0,00030	0,72865 ± 0,00031
1	0,51753 ± 0,00030	0,72841 ± 0,00031
2	0,51367 ± 0,00030	0,72903 ± 0,00031
3	0,51256 ± 0,00030	0,72858 ± 0,00033
4	0,51241 ± 0,00031	0,72865 ± 0,00030
5	0,51248 ± 0,00031	0,72875 ± 0,00030
6	0,51195 ± 0,00029	0,72880 ± 0,00029

TABELA A33 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 50% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 50 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,55792 ± 0,00031	0,74905 ± 0,00030
0,2	0,52617 ± 0,00031	0,72855 ± 0,00032
0,3	0,51362 ± 0,00031	0,72710 ± 0,00032
0,4	0,50846 ± 0,00029	0,72655 ± 0,00031
0,5	0,50554 ± 0,00030	0,72645 ± 0,00031
0,6	0,50524 ± 0,00030	0,72635 ± 0,00031
0,7	0,50539 ± 0,00030	0,72675 ± 0,00032
0,8	0,50575 ± 0,00031	0,72619 ± 0,00032
0,9	0,50565 ± 0,00031	0,72649 ± 0,00032
1	0,50585 ± 0,00031	0,72659 ± 0,00032
2	0,49858 ± 0,00029	0,72668 ± 0,00031
3	0,49810 ± 0,00030	0,72667 ± 0,00031
4	0,49815 ± 0,00031	0,72662 ± 0,00031
5	0,49808 ± 0,00029	0,72669 ± 0,00030
6	0,49865 ± 0,00030	0,72683 ± 0,00030

TABELA A34 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 50% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 50 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,60089 ± 0,00032	0,76534 ± 0,00031
0,2	0,54521 ± 0,00031	0,73068 ± 0,00031
0,3	0,52487 ± 0,00030	0,72741 ± 0,00031
0,4	0,51755 ± 0,00030	0,72721 ± 0,00031
0,5	0,50974 ± 0,00031	0,72677 ± 0,00031
0,6	0,50740 ± 0,00029	0,72736 ± 0,00034
0,7	0,50523 ± 0,00031	0,72659 ± 0,00032
0,8	0,50346 ± 0,00028	0,72639 ± 0,00033
0,9	0,50289 ± 0,00031	0,72595 ± 0,00031
1	0,50187 ± 0,00030	0,72624 ± 0,00031
2	0,49956 ± 0,00030	0,72668 ± 0,00031
3	0,49879 ± 0,00031	0,72624 ± 0,00032
4	0,49756 ± 0,00031	0,72648 ± 0,00030
5	0,49805 ± 0,00031	0,72689 ± 0,00030
6	0,49827 ± 0,00032	0,72651 ± 0,00030

TABELA A35 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 50% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 50 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,63087 ± 0,00031	0,77420 ± 0,00030
0,2	0,55880 ± 0,00032	0,73103 ± 0,00032
0,3	0,53270 ± 0,00029	0,72766 ± 0,00033
0,4	0,51378 ± 0,00031	0,72657 ± 0,00033
0,5	0,51348 ± 0,00031	0,72682 ± 0,00030
0,6	0,50986 ± 0,00031	0,72643 ± 0,00031
0,7	0,50892 ± 0,00031	0,72641 ± 0,00031
0,8	0,50347 ± 0,00031	0,72639 ± 0,00032
0,9	0,50330 ± 0,00031	0,72629 ± 0,00032
1	0,50225 ± 0,00029	0,72627 ± 0,00031
2	0,49909 ± 0,00032	0,72626 ± 0,00031
3	0,49906 ± 0,00029	0,72624 ± 0,00032
4	0,49821 ± 0,00030	0,72648 ± 0,00030
5	0,49792 ± 0,00030	0,72689 ± 0,00030
6	0,49801 ± 0,00030	0,72651 ± 0,00030

TABELA A36 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 50% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 50 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65006 ± 0,00032	0,77867 ± 0,00031
0,2	0,56947 ± 0,00032	0,73123 ± 0,00031
0,3	0,53874 ± 0,00031	0,72733 ± 0,00031
0,4	0,52764 ± 0,00031	0,72698 ± 0,00031
0,5	0,51650 ± 0,00030	0,72637 ± 0,00033
0,6	0,51095 ± 0,00028	0,72648 ± 0,00031
0,7	0,50785 ± 0,00062	0,72673 ± 0,00030
0,8	0,50464 ± 0,00028	0,72638 ± 0,00031
0,9	0,50491 ± 0,00030	0,72637 ± 0,00031
1	0,50350 ± 0,00030	0,72671 ± 0,00032
2	0,49860 ± 0,00030	0,72668 ± 0,00031
3	0,49882 ± 0,00029	0,72624 ± 0,00032
4	0,49825 ± 0,00030	0,72648 ± 0,00030
5	0,49855 ± 0,00031	0,72689 ± 0,00030
6	0,49839 ± 0,00030	0,72651 ± 0,00030

TABELA A37 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 93% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 93 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,55363 ± 0,00031	0,76408 ± 0,00034
0,2	0,52016 ± 0,00031	0,74172 ± 0,00033
0,3	0,50832 ± 0,00029	0,73964 ± 0,00035
0,4	0,50309 ± 0,00032	0,73882 ± 0,00032
0,5	0,49854 ± 0,00032	0,73898 ± 0,00031
0,6	0,49703 ± 0,00031	0,73883 ± 0,00033
0,7	0,49588 ± 0,00031	0,73906 ± 0,00032
0,8	0,49545 ± 0,00031	0,73904 ± 0,00031
0,9	0,49404 ± 0,00029	0,73886 ± 0,00033
1	0,49344 ± 0,00030	0,73933 ± 0,00033
2	0,49211 ± 0,00031	0,73909 ± 0,00035
3	0,49204 ± 0,00031	0,73884 ± 0,00034
4	0,49171 ± 0,00030	0,73907 ± 0,00032
5	0,49210 ± 0,00033	0,73858 ± 0,00033
6	0,49132 ± 0,00031	0,73930 ± 0,00033-

TABELA A38 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 93% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 93 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,60091 ± 0,00032	0,78379 ± 0,00034
0,2	0,54099 ± 0,00030	0,74311 ± 0,00032
0,3	0,51981 ± 0,00032	0,73904 ± 0,00033
0,4	0,51018 ± 0,00034	0,73947 ± 0,00032
0,5	0,50331 ± 0,00032	0,73898 ± 0,00032
0,6	0,50049 ± 0,00031	0,73926 ± 0,00032
0,7	0,49853 ± 0,00031	0,73945 ± 0,00034
0,8	0,49690 ± 0,00031	0,73964 ± 0,00031
0,9	0,49612 ± 0,00030	0,73883 ± 0,00033
1	0,49529 ± 0,00031	0,73874 ± 0,00034
2	0,49289 ± 0,00031	0,73909 ± 0,00035
3	0,49174 ± 0,00032	0,73884 ± 0,00034
4	0,49146 ± 0,00031	0,73907 ± 0,00032
5	0,49150 ± 0,00032	0,73858 ± 0,00032
6	0,49167 ± 0,00032	0,73930 ± 0,00033

TABELA A39 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 93% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 93 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,63340 ± 0,00034	0,79305 ± 0,00032
0,2	0,55547 ± 0,00031	0,74421 ± 0,00032
0,3	0,52784 ± 0,00031	0,74006 ± 0,00033
0,4	0,51436 ± 0,00032	0,73890 ± 0,00033
0,5	0,50743 ± 0,00030	0,73870 ± 0,00032
0,6	0,50352 ± 0,00031	0,73876 ± 0,00032
0,7	0,50061 ± 0,00029	0,73885 ± 0,00030
0,8	0,49869 ± 0,00032	0,73882 ± 0,00033
0,9	0,49712 ± 0,00030	0,73874 ± 0,00033
1	0,49653 ± 0,00032	0,73936 ± 0,00031
2	0,49316 ± 0,00031	0,73909 ± 0,00035
3	0,49190 ± 0,00029	0,73884 ± 0,00034
4	0,49190 ± 0,00031	0,73907 ± 0,00032
5	0,49168 ± 0,00031	0,73858 ± 0,00032
6	0,49132 ± 0,00030	0,73930 ± 0,00033

TABELA A40 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 93% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 93 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65462 ± 0,00033	0,79776 ± 0,00035
0,2	0,56655 ± 0,00033	0,74479 ± 0,00034
0,3	0,53451 ± 0,00030	0,74039 ± 0,00034
0,4	0,51869 ± 0,00033	0,73901 ± 0,00034
0,5	0,51046 ± 0,00030	0,73953 ± 0,00034
0,6	0,50580 ± 0,00032	0,73878 ± 0,00033
0,7	0,50237 ± 0,00031	0,73872 ± 0,00032
0,8	0,49950 ± 0,00031	0,73894 ± 0,00034
0,9	0,49796 ± 0,00030	0,73863 ± 0,00033
1	0,49715 ± 0,00030	0,73955 ± 0,00031
2	0,49325 ± 0,00030	0,73909 ± 0,00035
3	0,49278 ± 0,00031	0,73884 ± 0,00034
4	0,49197 ± 0,00033	0,73907 ± 0,00032
5	0,49188 ± 0,00032	0,73858 ± 0,00032
6	0,49175 ± 0,00030	0,73936 ± 0,00033

TABELA A41 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 100% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: UO_2 a 100 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,55258 ± 0,00033	0,76577 ± 0,00032
0,2	0,51926 ± 0,00030	0,74370 ± 0,00034
0,3	0,50650 ± 0,00031	0,74378 ± 0,00034
0,4	0,49676 ± 0,00031	0,74368 ± 0,00032
0,5	0,49686 ± 0,00031	0,74033 ± 0,00033
0,6	0,49530 ± 0,00029	0,74045 ± 0,00034
0,7	0,49391 ± 0,00031	0,74045 ± 0,00033
0,8	0,49347 ± 0,00031	0,74035 ± 0,00033
0,9	0,49357 ± 0,00031	0,74043 ± 0,00032
1	0,49228 ± 0,00032	0,74050 ± 0,00033
2	0,49038 ± 0,00031	0,74060 ± 0,00032
3	0,49089 ± 0,00031	0,74063 ± 0,00032
4	0,49099 ± 0,00032	0,74071 ± 0,00031
5	0,49078 ± 0,00031	0,74063 ± 0,00032
6	0,49068 ± 0,00031	0,74054 ± 0,00032

TABELA A42 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 100% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: UO_2 a 100 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,59972 ± 0,00034	0,78588 ± 0,00034
0,2	0,53950 ± 0,00034	0,74567 ± 0,00034
0,3	0,52312 ± 0,00031	0,74520 ± 0,00032
0,4	0,51289 ± 0,00034	0,74519 ± 0,00034
0,5	0,50248 ± 0,00030	0,74171 ± 0,00032
0,6	0,50439 ± 0,00033	0,74500 ± 0,00031
0,7	0,49388 ± 0,00031	0,74477 ± 0,00032
0,8	0,49434 ± 0,00031	0,74427 ± 0,00033
0,9	0,49919 ± 0,00032	0,74519 ± 0,00033
1	0,49351 ± 0,00032	0,74542 ± 0,00033
2	0,49321 ± 0,00032	0,74579 ± 0,00033
3	0,49324 ± 0,00030	0,74525 ± 0,00034
4	0,49314 ± 0,00030	0,74525 ± 0,00034
5	0,49323 ± 0,00028	0,74491 ± 0,00034
6	0,48963 ± 0,00028	0,74535 ± 0,00033

TABELA A43 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 100% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: UO_2 a 100 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	$0,63210 \pm 0,00034$	$0,79568 \pm 0,00034$
0,2	$0,55436 \pm 0,00033$	$0,74682 \pm 0,00034$
0,3	$0,52633 \pm 0,00031$	$0,74167 \pm 0,00034$
0,4	$0,51812 \pm 0,00034$	$0,74401 \pm 0,00034$
0,5	$0,51192 \pm 0,00035$	$0,74402 \pm 0,00034$
0,6	$0,50672 \pm 0,00032$	$0,74528 \pm 0,00032$
0,7	$0,49966 \pm 0,00031$	$0,74488 \pm 0,00033$
0,8	$0,49639 \pm 0,00031$	$0,74524 \pm 0,00032$
0,9	$0,49542 \pm 0,00031$	$0,74023 \pm 0,00031$
1	$0,49597 \pm 0,00031$	$0,74535 \pm 0,00033$
2	$0,49129 \pm 0,00031$	$0,74579 \pm 0,00033$
3	$0,49542 \pm 0,00031$	$0,74525 \pm 0,00034$
4	$0,49531 \pm 0,00031$	$0,74526 \pm 0,00033$
5	$0,49479 \pm 0,00031$	$0,74491 \pm 0,00034$
6	$0,49467 \pm 0,00031$	$0,74535 \pm 0,00032$

TABELA A44 Valores do k-efetivo médio para o composto UO_2 no meio ar e água a 100% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: UO_2 a 100 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	$0,65486 \pm 0,00034$	$0,80075 \pm 0,00031$
0,2	$0,56553 \pm 0,00030$	$0,74644 \pm 0,00032$
0,3	$0,53202 \pm 0,00032$	$0,74507 \pm 0,00034$
0,4	$0,51764 \pm 0,00032$	$0,74583 \pm 0,00033$
0,5	$0,50793 \pm 0,00032$	$0,74517 \pm 0,00033$
0,6	$0,50346 \pm 0,00032$	$0,74498 \pm 0,00032$
0,7	$0,50025 \pm 0,00032$	$0,74488 \pm 0,00033$
0,8	$0,50345 \pm 0,00032$	$0,74076 \pm 0,00032$
0,9	$0,50129 \pm 0,00030$	$0,74526 \pm 0,00034$
1	$0,50044 \pm 0,00033$	$0,74501 \pm 0,00031$
2	$0,49662 \pm 0,00031$	$0,74579 \pm 0,00033$
3	$0,49020 \pm 0,00030$	$0,74084 \pm 0,00035$
4	$0,49549 \pm 0,00031$	$0,74526 \pm 0,00033$
5	$0,49460 \pm 0,00031$	$0,74491 \pm 0,00034$
6	$0,49449 \pm 0,00032$	$0,74535 \pm 0,00033$

APÊNDICE B – Tabelas referentes aos valores do k – efetivo médio para o composto de Urânio U_3O_8 nos diferentes enriquecimentos

TABELA B1 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 3 % - Arranjo 2 2 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72318 ± 0,00026	0,80330 ± 0,00025
0,2	0,71374 ± 0,00026	0,79738 ± 0,00027
0,3	0,70921 ± 0,00026	0,79867 ± 0,00026
0,4	0,70651 ± 0,00027	0,79828 ± 0,00024
0,5	0,70536 ± 0,00028	0,79866 ± 0,00025
0,6	0,70379 ± 0,00026	0,79734 ± 0,00027
0,7	0,70357 ± 0,00025	0,79744 ± 0,00025
0,8	0,70272 ± 0,00026	0,79704 ± 0,00024
0,9	0,70203 ± 0,00026	0,79731 ± 0,00026
1	0,70375 ± 0,00028	0,79865 ± 0,00026
2	0,70162 ± 0,00026	0,79719 ± 0,00024
3	0,70158 ± 0,00026	0,79735 ± 0,00026
4	0,70144 ± 0,00028	0,79722 ± 0,00025
5	0,70179 ± 0,00026	0,79742 ± 0,00026
6	0,70158 ± 0,00026	0,79758 ± 0,00026

TABELA B2 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 3 % - Arranjo 3 3 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73723 ± 0,00026	0,80713 ± 0,00025
0,2	0,71376 ± 0,00028	0,80010 ± 0,00025
0,3	0,71230 ± 0,00026	0,79831 ± 0,00025
0,4	0,70904 ± 0,00026	0,79857 ± 0,00025
0,5	0,70678 ± 0,00028	0,79816 ± 0,00025
0,6	0,70556 ± 0,00026	0,79753 ± 0,00025
0,7	0,70429 ± 0,00026	0,79679 ± 0,00025
0,8	0,70376 ± 0,00027	0,79783 ± 0,00027
0,9	0,70300 ± 0,00026	0,79725 ± 0,00026
1	0,70382 ± 0,00027	0,79812 ± 0,00025
2	0,70137 ± 0,00025	0,79719 ± 0,00024
3	0,70121 ± 0,00027	0,79735 ± 0,00026
4	0,70136 ± 0,00026	0,79722 ± 0,00025
5	0,70270 ± 0,00027	0,79846 ± 0,00024
6	0,70124 ± 0,00027	0,79747 ± 0,00024

TABELA B3 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 3 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,74524 ± 0,00025	0,80897 ± 0,00025
0,2	0,72472 ± 0,00026	0,79963 ± 0,00026
0,3	0,71706 ± 0,00026	0,79831 ± 0,00026
0,4	0,70673 ± 0,00027	0,79829 ± 0,00026
0,5	0,70940 ± 0,00027	0,79886 ± 0,00025
0,6	0,70930 ± 0,00027	0,79887 ± 0,00025
0,7	0,70535 ± 0,00027	0,79789 ± 0,00025
0,8	0,70439 ± 0,00026	0,79712 ± 0,00024
0,9	0,70363 ± 0,00026	0,79765 ± 0,00025
1	0,70344 ± 0,00027	0,79737 ± 0,00025
2	0,70127 ± 0,00027	0,79722 ± 0,00025
3	0,70259 ± 0,00027	0,79807 ± 0,00027
4	0,70127 ± 0,00027	0,79722 ± 0,00025
5	0,70140 ± 0,00026	0,79742 ± 0,00026
6	0,70094 ± 0,00027	0,79747 ± 0,00024

TABELA B4 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 3 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,74893 ± 0,00028	0,80951 ± 0,00029
0,2	0,72752 ± 0,00028	0,80029 ± 0,00028
0,3	0,71861 ± 0,00026	0,79834 ± 0,00027
0,4	0,71180 ± 0,00026	0,79827 ± 0,00027
0,5	0,711074 ± 0,00027	0,79836 ± 0,00027
0,6	0,70908 ± 0,00026	0,79866 ± 0,00025
0,7	0,70708 ± 0,00027	0,79845 ± 0,00025
0,8	0,70427 ± 0,00026	0,79768 ± 0,00024
0,9	0,70433 ± 0,00025	0,79802 ± 0,00025
1	0,70406 ± 0,00026	0,79725 ± 0,00026
2	0,70220 ± 0,00027	0,79719 ± 0,00024
3	0,70153 ± 0,00027	0,79735 ± 0,00026
4	0,70312 ± 0,00029	0,79893 ± 0,00025
5	0,70197 ± 0,00027	0,79742 ± 0,00026
6	0,70094 ± 0,00028	0,79747 ± 0,00024

TABELA B5 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 4 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71028 ± 0,00029	0,80420 ± 0,00026
0,2	0,69562 ± 0,00029	0,79747 ± 0,00029
0,3	0,69059 ± 0,00028	0,79667 ± 0,00029
0,4	0,68749 ± 0,00029	0,79649 ± 0,00029
0,5	0,68542 ± 0,00029	0,79670 ± 0,00029
0,6	0,68478 ± 0,00029	0,79738 ± 0,00029
0,7	0,68447 ± 0,00029	0,79669 ± 0,00029
0,8	0,68329 ± 0,00028	0,79675 ± 0,00026
0,9	0,68319 ± 0,00028	0,79585 ± 0,00027
1	0,68298 ± 0,00028	0,79622 ± 0,00026
2	0,68236 ± 0,00028	0,79747 ± 0,00029
3	0,68151 ± 0,00027	0,79636 ± 0,00026
4	0,68201 ± 0,00026	0,79620 ± 0,00025
5	0,68121 ± 0,00027	0,79659 ± 0,00025
6	0,68122 ± 0,00029	0,79620 ± 0,00027

TABELA B6 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 4 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72864 ± 0,00026	0,80939 ± 0,00028
0,2	0,70531 ± 0,00029	0,79751 ± 0,00028
0,3	0,69747 ± 0,00039	0,79298 ± 0,00190
0,4	0,69151 ± 0,00029	0,79689 ± 0,00028
0,5	0,68859 ± 0,00028	0,79659 ± 0,00028
0,6	0,68726 ± 0,00030	0,79644 ± 0,00029
0,7	0,68575 ± 0,00029	0,79656 ± 0,00029
0,8	0,68451 ± 0,00027	0,79588 ± 0,00025
0,9	0,68339 ± 0,00029	0,79579 ± 0,00026
1	0,68406 ± 0,00028	0,79684 ± 0,00029
2	0,68183 ± 0,00027	0,79612 ± 0,00026
3	0,68156 ± 0,00029	0,79636 ± 0,00026
4	0,68185 ± 0,00028	0,79620 ± 0,00025
5	0,68119 ± 0,00027	0,79659 ± 0,00025
6	0,68159 ± 0,00027	0,79620 ± 0,00027

TABELA B7 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 4 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73862 ± 0,00030	0,81135 ± 0,00028
0,2	0,71161 ± 0,00030	0,79785 ± 0,00027
0,3	0,69757 ± 0,00081	0,79661 ± 0,00028
0,4	0,69375 ± 0,00030	0,79583 ± 0,00026
0,5	0,69069 ± 0,00027	0,79593 ± 0,00027
0,6	0,68821 ± 0,00029	0,79619 ± 0,00027
0,7	0,68560 ± 0,00027	0,79631 ± 0,00027
0,8	0,68544 ± 0,00028	0,79612 ± 0,00026
0,9	0,68460 ± 0,00029	0,79634 ± 0,00028
1	0,68425 ± 0,00029	0,79694 ± 0,00026
2	0,68238 ± 0,00029	0,79686 ± 0,00028
3	0,68231 ± 0,00029	0,79636 ± 0,00026
4	0,68201 ± 0,00026	0,79620 ± 0,00025
5	0,68121 ± 0,00027	0,79659 ± 0,00025
6	0,68122 ± 0,00029	0,79620 ± 0,00027

TABELA B8 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 4 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,74602 ± 0,00028	0,81336 ± 0,00028
0,2	0,71514 ± 0,00029	0,79864 ± 0,00028
0,3	0,70174 ± 0,00026	0,79622 ± 0,00028
0,4	0,69544 ± 0,00029	0,79650 ± 0,00027
0,5	0,69177 ± 0,00028	0,79617 ± 0,00027
0,6	0,68871 ± 0,00028	0,79701 ± 0,00026
0,7	0,68751 ± 0,00029	0,79659 ± 0,00029
0,8	0,68612 ± 0,00029	0,79636 ± 0,00026
0,9	0,68520 ± 0,00029	0,79701 ± 0,00029
1	0,68409 ± 0,00029	0,79608 ± 0,00027
2	0,68217 ± 0,00027	0,79612 ± 0,00026
3	0,68186 ± 0,00029	0,79636 ± 0,00026
4	0,68185 ± 0,00028	0,79620 ± 0,00025
5	0,68119 ± 0,00027	0,79659 ± 0,00025
6	0,68134 ± 0,00028	0,79620 ± 0,00027

TABELA B9 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 5 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69920 ± 0,00027	0,80469 ± 0,00027
0,2	0,68234 ± 0,00029	0,79653 ± 0,00027
0,3	0,67549 ± 0,00029	0,79562 ± 0,00028
0,4	0,67306 ± 0,00027	0,79552 ± 0,00026
0,5	0,67069 ± 0,00029	0,79525 ± 0,00027
0,6	0,67031 ± 0,00029	0,79494 ± 0,00030
0,7	0,66929 ± 0,00028	0,79535 ± 0,00030
0,8	0,66860 ± 0,00028	0,79572 ± 0,00027
0,9	0,66801 ± 0,00029	0,79556 ± 0,00028
1	0,66827 ± 0,00028	0,79527 ± 0,00025
2	0,66700 ± 0,00028	0,79532 ± 0,00025
3	0,66626 ± 0,00029	0,79544 ± 0,00027
4	0,66620 ± 0,00028	0,79516 ± 0,00028
5	0,66634 ± 0,00027	0,79510 ± 0,00028
6	0,66627 ± 0,00028	0,79533 ± 0,00028

TABELA B10 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 5 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72123 ± 0,00028	0,81110 ± 0,00029
0,2	0,69358 ± 0,00030	0,79515 ± 0,00027
0,3	0,68189 ± 0,00027	0,79530 ± 0,00028
0,4	0,67662 ± 0,00029	0,79515 ± 0,00029
0,5	0,67428 ± 0,00028	0,79524 ± 0,00026
0,6	0,67224 ± 0,00028	0,79568 ± 0,00028
0,7	0,67120 ± 0,00029	0,79500 ± 0,00028
0,8	0,67022 ± 0,00028	0,79563 ± 0,00028
0,9	0,67054 ± 0,00029	0,79560 ± 0,00027
1	0,66907 ± 0,00029	0,79553 ± 0,00027
2	0,66699 ± 0,00028	0,79532 ± 0,00025
3	0,66651 ± 0,00028	0,79544 ± 0,00027
4	0,66649 ± 0,00029	0,79516 ± 0,00028
5	0,66641 ± 0,00029	0,79510 ± 0,00028
6	0,66688 ± 0,00028	0,79533 ± 0,00028

TABELA B11 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 5 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73380 ± 0,00029	0,81434 ± 0,00027
0,2	0,70091 ± 0,00030	0,79791 ± 0,00029
0,3	0,68721 ± 0,00028	0,79546 ± 0,00028
0,4	0,68045 ± 0,00029	0,79514 ± 0,00028
0,5	0,67686 ± 0,00028	0,79577 ± 0,00028
0,6	0,67347 ± 0,00027	0,79567 ± 0,00027
0,7	0,67248 ± 0,00029	0,79559 ± 0,00027
0,8	0,67048 ± 0,00028	0,79504 ± 0,00028
0,9	0,67098 ± 0,00028	0,79560 ± 0,00027
1	0,66964 ± 0,00028	0,79524 ± 0,00028
2	0,66739 ± 0,00028	0,79532 ± 0,00025
3	0,66712 ± 0,00028	0,79544 ± 0,00027
4	0,66652 ± 0,00029	0,79516 ± 0,00028
5	0,66676 ± 0,00029	0,79510 ± 0,00028
6	0,66647 ± 0,00029	0,79533 ± 0,00028

TABELA B12 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 5 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,74179 ± 0,00029	0,81578 ± 0,00028
0,2	0,70563 ± 0,00029	0,79739 ± 0,00027
0,3	0,69233 ± 0,00029	0,79553 ± 0,00028
0,4	0,68166 ± 0,00029	0,79572 ± 0,00028
0,5	0,67803 ± 0,00030	0,79544 ± 0,00027
0,6	0,67524 ± 0,00028	0,79549 ± 0,00027
0,7	0,67286 ± 0,00028	0,79533 ± 0,00026
0,8	0,67132 ± 0,00028	0,79519 ± 0,00028
0,9	0,67010 ± 0,00028	0,79502 ± 0,00027
1	0,66988 ± 0,00028	0,79519 ± 0,00028
2	0,66738 ± 0,00027	0,79532 ± 0,00025
3	0,66697 ± 0,00028	0,79544 ± 0,00027
4	0,66694 ± 0,00028	0,79516 ± 0,00028
5	0,66638 ± 0,00030	0,79510 ± 0,00028
6	0,66680 ± 0,00030	0,79533 ± 0,00028

TABELA B13 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 7 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69350 ± 0,00031	0,81472 ± 0,00029
0,2	0,67351 ± 0,00029	0,80412 ± 0,00030
0,3	0,66663 ± 0,00030	0,80236 ± 0,00030
0,4	0,66321 ± 0,00030	0,80265 ± 0,00028
0,5	0,66066 ± 0,00029	0,80289 ± 0,00032
0,6	0,65928 ± 0,00028	0,80244 ± 0,00033
0,7	0,65900 ± 0,00029	0,80290 ± 0,00034
0,8	0,65812 ± 0,00029	0,80233 ± 0,00032
0,9	0,65764 ± 0,00029	0,80267 ± 0,00029
1	0,65659 ± 0,00031	0,80233 ± 0,00028
2	0,65313 ± 0,00029	0,80312 ± 0,00030
3	0,65516 ± 0,00029	0,80260 ± 0,00029
4	0,65602 ± 0,00031	0,80250 ± 0,00029
5	0,65602 ± 0,00031	0,80250 ± 0,00029
6	0,65545 ± 0,00029	0,80249 ± 0,00029

TABELA B14 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 7 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71951 ± 0,00029	0,82272 ± 0,00029
0,2	0,68422 ± 0,00026	0,80422 ± 0,00026
0,3	0,67357 ± 0,00029	0,80337 ± 0,00029
0,4	0,66756 ± 0,00029	0,80248 ± 0,00029
0,5	0,66407 ± 0,00030	0,80305 ± 0,00032
0,6	0,66211 ± 0,00031	0,80327 ± 0,00033
0,7	0,66040 ± 0,00029	0,80263 ± 0,00029
0,8	0,65961 ± 0,00029	0,80281 ± 0,00030
0,9	0,65827 ± 0,00029	0,80261 ± 0,00030
1	0,65842 ± 0,00029	0,80264 ± 0,00028
2	0,65652 ± 0,00032	0,80312 ± 0,00030
3	0,65520 ± 0,00029	0,80260 ± 0,00029
4	0,65632 ± 0,00028	0,80250 ± 0,00029
5	0,65632 ± 0,00028	0,80250 ± 0,00029
6	0,65577 ± 0,00031	0,80250 ± 0,00029

TABELA B15 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 7 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73466 ± 0,00031	0,82720 ± 0,00029
0,2	0,69476 ± 0,00029	0,80470 ± 0,00029
0,3	0,67863 ± 0,00029	0,80337 ± 0,00029
0,4	0,67105 ± 0,00029	0,80243 ± 0,00029
0,5	0,66652 ± 0,00031	0,80241 ± 0,00029
0,6	0,66351 ± 0,00028	0,80248 ± 0,00028
0,7	0,66203 ± 0,00029	0,80250 ± 0,00029
0,8	0,66053 ± 0,00030	0,80197 ± 0,00033
0,9	0,65764 ± 0,00029	0,80267 ± 0,00029
1	0,65911 ± 0,00030	0,80247 ± 0,00029
2	0,65651 ± 0,00029	0,80317 ± 0,00034
3	0,65532 ± 0,00031	0,80260 ± 0,00029
4	0,65556 ± 0,00028	0,80250 ± 0,00029
5	0,65556 ± 0,00028	0,80250 ± 0,00029
6	0,65507 ± 0,00028	0,80251 ± 0,00029

TABELA B16 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 7 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,74468 ± 0,00029	0,82883 ± 0,00028
0,2	0,70678 ± 0,00030	0,80521 ± 0,00029
0,3	0,68313 ± 0,00030	0,80265 ± 0,00029
0,4	0,67356 ± 0,00029	0,80284 ± 0,00029
0,5	0,66811 ± 0,00030	0,80289 ± 0,00032
0,6	0,66790 ± 0,00030	0,80258 ± 0,00032
0,7	0,66352 ± 0,00030	0,80296 ± 0,00031
0,8	0,66150 ± 0,00029	0,80272 ± 0,00028
0,9	0,66042 ± 0,00030	0,80242 ± 0,00033
1	0,65950 ± 0,00031	0,80252 ± 0,00029
2	0,65710 ± 0,00029	0,80262 ± 0,00033
3	0,65614 ± 0,00029	0,80260 ± 0,00029
4	0,65604 ± 0,00030	0,80250 ± 0,00029
5	0,65604 ± 0,00030	0,80250 ± 0,00029
6	0,65588 ± 0,00029	0,80250 ± 0,00029

TABELA B17 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 10 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67769 ± 0,00030	0,80187 ± 0,00030
0,2	0,65509 ± 0,00029	0,79073 ± 0,00030
0,3	0,64653 ± 0,00031	0,78982 ± 0,00027
0,4	0,64203 ± 0,00029	0,78882 ± 0,00030
0,5	0,63976 ± 0,00029	0,78957 ± 0,00033
0,6	0,63867 ± 0,00032	0,78959 ± 0,00033
0,7	0,63771 ± 0,00030	0,78964 ± 0,00030
0,8	0,63718 ± 0,00030	0,78893 ± 0,00028
0,9	0,63649 ± 0,00030	0,78951 ± 0,00029
1	0,63651 ± 0,00029	0,78964 ± 0,00033
2	0,63457 ± 0,00029	0,78945 ± 0,00030
3	0,63469 ± 0,00029	0,78937 ± 0,00028
4	0,63390 ± 0,00031	0,78929 ± 0,00029
5	0,63387 ± 0,00028	0,78956 ± 0,00030
6	0,63419 ± 0,00030	0,78938 ± 0,00030

TABELA B18 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 10 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70715 ± 0,00031	0,81127 ± 0,00028
0,2	0,66973 ± 0,00031	0,79217 ± 0,00032
0,3	0,65525 ± 0,00031	0,78986 ± 0,00029
0,4	0,64767 ± 0,00031	0,78926 ± 0,00030
0,5	0,64411 ± 0,00028	0,78889 ± 0,00029
0,6	0,64187 ± 0,00031	0,78951 ± 0,00029
0,7	0,64000 ± 0,00029	0,78013 ± 0,00029
0,8	0,63906 ± 0,00031	0,78944 ± 0,00030
0,9	0,63753 ± 0,00031	0,78937 ± 0,00029
1	0,63579 ± 0,00031	0,78905 ± 0,00035
2	0,63497 ± 0,00031	0,78945 ± 0,00030
3	0,63408 ± 0,00031	0,78937 ± 0,00028
4	0,63392 ± 0,00029	0,78929 ± 0,00029
5	0,63381 ± 0,00031	0,78956 ± 0,00030
6	0,63402 ± 0,00030	0,78936 ± 0,00030

TABELA B19 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 10 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72522 ± 0,00030	0,81899 ± 0,00029
0,2	0,68004 ± 0,00031	0,79171 ± 0,00029
0,3	0,66097 ± 0,00030	0,79024 ± 0,00030
0,4	0,65162 ± 0,00030	0,78921 ± 0,00027
0,5	0,64663 ± 0,00028	0,78949 ± 0,00031
0,6	0,64301 ± 0,00031	0,78948 ± 0,00028
0,7	0,64127 ± 0,00029	0,78940 ± 0,00029
0,8	0,64011 ± 0,00032	0,79029 ± 0,00030
0,9	0,63907 ± 0,00028	0,78955 ± 0,00031
1	0,63845 ± 0,00029	0,78014 ± 0,00030
2	0,63502 ± 0,00032	0,78945 ± 0,00030
3	0,63411 ± 0,00030	0,78937 ± 0,00028
4	0,63415 ± 0,00029	0,78929 ± 0,00029
5	0,63414 ± 0,00030	0,78956 ± 0,00030
6	0,63398 ± 0,00029	0,78946 ± 0,00030

TABELA B20 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 10 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73645 ± 0,00030	0,81782 ± 0,00030
0,2	0,68636 ± 0,00030	0,79201 ± 0,00029
0,3	0,66531 ± 0,00030	0,79008 ± 0,00030
0,4	0,65481 ± 0,00031	0,78883 ± 0,00029
0,5	0,64822 ± 0,00031	0,78893 ± 0,00031
0,6	0,64579 ± 0,00030	0,78888 ± 0,00030
0,7	0,64211 ± 0,00030	0,78940 ± 0,00031
0,8	0,64064 ± 0,00031	0,78937 ± 0,00029
0,9	0,63980 ± 0,00030	0,78961 ± 0,00029
1	0,63846 ± 0,00030	0,78953 ± 0,00029
2	0,63515 ± 0,00031	0,78945 ± 0,00030
3	0,63429 ± 0,00032	0,78937 ± 0,00028
4	0,63508 ± 0,00031	0,78929 ± 0,00029
5	0,63410 ± 0,00037	0,78956 ± 0,00029
6	0,63370 ± 0,00029	0,78952 ± 0,00030

TABELA B21 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 20 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68024 ± 0,00031	0,83130 ± 0,00031
0,2	0,65356 ± 0,00031	0,81675 ± 0,00032
0,3	0,64326 ± 0,00032	0,81462 ± 0,00031
0,4	0,63814 ± 0,00032	0,81422 ± 0,00029
0,5	0,63419 ± 0,00043	0,81477 ± 0,00034
0,6	0,63279 ± 0,00032	0,81429 ± 0,00032
0,7	0,63255 ± 0,00046	0,81478 ± 0,00031
0,8	0,63141 ± 0,00031	0,81473 ± 0,00032
0,9	0,63141 ± 0,00031	0,81466 ± 0,00031
1	0,63119 ± 0,00032	0,81437 ± 0,00032
2	0,63139 ± 0,00031	0,81469 ± 0,00031
3	0,62867 ± 0,00048	0,81479 ± 0,00031
4	0,62862 ± 0,00046	0,81470 ± 0,00031
5	0,62844 ± 0,00034	0,81476 ± 0,00031
6	0,62877 ± 0,00031	0,81473 ± 0,00031

TABELA B22 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 20 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71586 ± 0,00033	0,84392 ± 0,00032
0,2	0,67021 ± 0,00032	0,81770 ± 0,00029
0,3	0,65316 ± 0,00032	0,81512 ± 0,00032
0,4	0,64444 ± 0,00032	0,81406 ± 0,00033
0,5	0,64059 ± 0,00032	0,81461 ± 0,00032
0,6	0,63758 ± 0,00032	0,81447 ± 0,00031
0,7	0,63496 ± 0,00032	0,81453 ± 0,00031
0,8	0,63366 ± 0,00032	0,81458 ± 0,00032
0,9	0,63352 ± 0,00032	0,81446 ± 0,00032
1	0,63348 ± 0,00032	0,81425 ± 0,00031
2	0,63022 ± 0,00032	0,81463 ± 0,00030
3	0,62924 ± 0,00032	0,81392 ± 0,00031
4	0,62952 ± 0,00031	0,81403 ± 0,00031
5	0,62887 ± 0,00034	0,81513 ± 0,00031
6	0,62836 ± 0,00032	0,81478 ± 0,00033

TABELA B23 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 20 % - Arranjo 4 4 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73881 ± 0,00032	0,84939 ± 0,00030
0,2	0,68190 ± 0,00032	0,81790 ± 0,00033
0,3	0,66050 ± 0,00032	0,81523 ± 0,00031
0,4	0,64929 ± 0,00031	0,81477 ± 0,00032
0,5	0,64337 ± 0,00033	0,81490 ± 0,00032
0,6	0,63911 ± 0,00033	0,81469 ± 0,00032
0,7	0,63741 ± 0,00032	0,81460 ± 0,00030
0,8	0,63503 ± 0,00031	0,81480 ± 0,00031
0,9	0,63542 ± 0,00031	0,81479 ± 0,00031
1	0,63370 ± 0,00032	0,81451 ± 0,00029
2	0,63033 ± 0,00039	0,81469 ± 0,00031
3	0,62977 ± 0,00032	0,81479 ± 0,00031
4	0,62927 ± 0,00032	0,81443 ± 0,00032
5	0,62895 ± 0,00032	0,81449 ± 0,00032
6	0,62831 ± 0,00032	0,81520 ± 0,00031

TABELA B24 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 20 % - Arranjo 5 5 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,75317 ± 0,00033	0,85246 ± 0,00032
0,2	0,68974 ± 0,00033	0,81826 ± 0,00032
0,3	0,66395 ± 0,00031	0,81516 ± 0,00032
0,4	0,65225 ± 0,00032	0,81526 ± 0,00033
0,5	0,64630 ± 0,00033	0,81462 ± 0,00031
0,6	0,64151 ± 0,00032	0,81485 ± 0,00031
0,7	0,63918 ± 0,00033	0,81464 ± 0,00033
0,8	0,63639 ± 0,00033	0,81455 ± 0,00033
0,9	0,63495 ± 0,00032	0,81509 ± 0,00031
1	0,63365 ± 0,00034	0,81430 ± 0,00032
2	0,63021 ± 0,00030	0,81469 ± 0,00031
3	0,63048 ± 0,00030	0,81479 ± 0,00031
4	0,62946 ± 0,00033	0,81471 ± 0,00032
5	0,62873 ± 0,00032	0,81423 ± 0,00023
6	0,62967 ± 0,00030	0,81477 ± 0,00031

TABELA B25 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 30 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65427 ± 0,00033	0,81649 ± 0,00032
0,2	0,62521 ± 0,00031	0,79989 ± 0,00031
0,3	0,61361 ± 0,00032	0,79813 ± 0,00032
0,4	0,60840 ± 0,00034	0,79843 ± 0,00032
0,5	0,60588 ± 0,00032	0,79801 ± 0,00032
0,6	0,60363 ± 0,00031	0,79810 ± 0,00032
0,7	0,60268 ± 0,00030	0,79820 ± 0,00032
0,8	0,60218 ± 0,00033	0,79695 ± 0,00032
0,9	0,60120 ± 0,00031	0,79732 ± 0,00031
1	0,60056 ± 0,00033	0,79841 ± 0,00031
2	0,59897 ± 0,00031	0,79832 ± 0,00030
3	0,59852 ± 0,00033	0,79842 ± 0,00032
4	0,59782 ± 0,00031	0,79729 ± 0,00032
5	0,59800 ± 0,00034	0,79758 ± 0,00033
6	0,59818 ± 0,00031	0,79742 ± 0,00030

TABELA B26 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 30 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69313 ± 0,00033	0,83093 ± 0,00034
0,2	0,64302 ± 0,00031	0,80097 ± 0,00032
0,3	0,62452 ± 0,00032	0,79872 ± 0,00032
0,4	0,61532 ± 0,00032	0,79847 ± 0,00033
0,5	0,60670 ± 0,00034	0,79816 ± 0,00030
0,6	0,60670 ± 0,00034	0,79837 ± 0,00030
0,7	0,60354 ± 0,00032	0,79841 ± 0,00031
0,8	0,60354 ± 0,00032	0,79833 ± 0,00032
0,9	0,60211 ± 0,00032	0,79688 ± 0,00031
1	0,59987 ± 0,00031	0,79826 ± 0,00032
2	0,59087 ± 0,00031	0,79862 ± 0,00031
3	0,59826 ± 0,00032	0,79708 ± 0,00033
4	0,59842 ± 0,00033	0,79729 ± 0,00032
5	0,59806 ± 0,00032	0,79758 ± 0,00033
6	0,59826 ± 0,00031	0,79755 ± 0,00034

TABELA B27 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 30 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71793 ± 0,00032	0,83785 ± 0,00031
0,2	0,65666 ± 0,00034	0,80121 ± 0,00033
0,3	0,63147 ± 0,00031	0,79809 ± 0,00031
0,4	0,62045 ± 0,00031	0,79806 ± 0,00033
0,5	0,61376 ± 0,00030	0,79506 ± 0,00034
0,6	0,61023 ± 0,00031	0,79820 ± 0,00032
0,7	0,60738 ± 0,00032	0,79820 ± 0,00032
0,8	0,60557 ± 0,00032	0,79835 ± 0,00032
0,9	0,60467 ± 0,00032	0,79714 ± 0,00030
1	0,60245 ± 0,00031	0,79844 ± 0,00032
2	0,59932 ± 0,00032	0,79741 ± 0,00031
3	0,59823 ± 0,00038	0,79499 ± 0,00032
4	0,59935 ± 0,00038	0,79804 ± 0,00032
5	0,59869 ± 0,00038	0,79826 ± 0,00032
6	0,59830 ± 0,00035	0,79566 ± 0,00032

TABELA B28 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 30 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73487 ± 0,00032	0,83990 ± 0,00031
0,2	0,66486 ± 0,00032	0,80116 ± 0,00033
0,3	0,63738 ± 0,00033	0,79876 ± 0,00032
0,4	0,62327 ± 0,00031	0,79747 ± 0,00033
0,5	0,61641 ± 0,00031	0,79791 ± 0,00032
0,6	0,61158 ± 0,00034	0,79759 ± 0,00032
0,7	0,60839 ± 0,00030	0,79898 ± 0,00031
0,8	0,60609 ± 0,00032	0,79818 ± 0,00032
0,9	0,60515 ± 0,00030	0,79837 ± 0,00032
1	0,59991 ± 0,00032	0,79814 ± 0,00031
2	0,59880 ± 0,00032	0,79842 ± 0,00032
3	0,59880 ± 0,00032	0,79842 ± 0,00032
4	0,59910 ± 0,00032	0,79729 ± 0,00032
5	0,59821 ± 0,00031	0,79742 ± 0,00030
6	0,59821 ± 0,00034	0,79742 ± 0,00030

TABELA B29 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 40 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,62052 ± 0,00032	0,79673 ± 0,00034
0,2	0,59041 ± 0,00031	0,77790 ± 0,00033
0,3	0,57913 ± 0,00030	0,77688 ± 0,00033
0,4	0,57404 ± 0,00032	0,77633 ± 0,00031
0,5	0,56453 ± 0,00032	0,77650 ± 0,00032
0,6	0,56878 ± 0,00032	0,77624 ± 0,00032
0,7	0,56783 ± 0,00030	0,77641 ± 0,00031
0,8	0,56673 ± 0,00031	0,77579 ± 0,00031
0,9	0,56580 ± 0,00030	0,77588 ± 0,00033
1	0,56549 ± 0,00031	0,77585 ± 0,00031--
2	0,56468 ± 0,00030	0,77613 ± 0,00031
3	0,56313 ± 0,00030	0,77532 ± 0,00034
4	0,56355 ± 0,00030	0,77619 ± 0,00032
5	0,56365 ± 0,00031	0,77610 ± 0,00032
6	0,56339 ± 0,00032	0,77611 ± 0,00033

TABELA B30 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 40 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,66211 ± 0,00032	0,81176 ± 0,00031
0,2	0,60927 ± 0,00033	0,77998 ± 0,00030
0,3	0,59039 ± 0,00032	0,77606 ± 0,00033
0,4	0,58088 ± 0,00032	0,77642 ± 0,00033
0,5	0,57210 ± 0,00030	0,77652 ± 0,00030
0,6	0,57205 ± 0,00031	0,77601 ± 0,00033
0,7	0,57016 ± 0,00030	0,77603 ± 0,00031
0,8	0,57026 ± 0,00030	0,77610 ± 0,00031
0,9	0,56747 ± 0,00031	0,77629 ± 0,00031
1	0,56773 ± 0,00031	0,77637 ± 0,00031
2	0,56783 ± 0,00031	0,77617 ± 0,00031
3	0,56338 ± 0,00031	0,77627 ± 0,00031
4	0,56356 ± 0,00032	0,77631 ± 0,00032
5	0,56398 ± 0,00031	0,77623 ± 0,00032
6	0,56332 ± 0,00031	0,77611 ± 0,00033

TABELA B31 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 40 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68970 ± 0,00031	0,81885 ± 0,00031
0,2	0,62342 ± 0,00034	0,78009 ± 0,00032
0,3	0,59696 ± 0,00034	0,77615 ± 0,00032
0,4	0,58630 ± 0,00033	0,77687 ± 0,00031
0,5	0,57859 ± 0,00031	0,77584 ± 0,00032
0,6	0,57468 ± 0,00033	0,77619 ± 0,00032
0,7	0,57193 ± 0,00029	0,77842 ± 0,00032
0,8	0,56868 ± 0,00033	0,77619 ± 0,00032
0,9	0,56824 ± 0,00031	0,77845 ± 0,00033
1	0,56824 ± 0,00031	0,77610 ± 0,00033
2	0,56473 ± 0,00032	0,77613 ± 0,00031
3	0,56383 ± 0,00032	0,77532 ± 0,00034
4	0,56387 ± 0,00032	0,77619 ± 0,00032
5	0,56324 ± 0,00031	0,77610 ± 0,00032
6	0,56346 ± 0,00032	0,77611 ± 0,00033

TABELA B32 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 40 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70745 ± 0,00033	0,82268 ± 0,00032
0,2	0,63301 ± 0,00033	0,78051 ± 0,00034
0,3	0,60297 ± 0,00033	0,77801 ± 0,00034
0,4	0,58832 ± 0,00033	0,77670 ± 0,00032
0,5	0,58169 ± 0,00033	0,77593 ± 0,00032
0,6	0,57693 ± 0,00031	0,77686 ± 0,00032
0,7	0,57819 ± 0,00030	0,77626 ± 0,00032
0,8	0,57841 ± 0,00032	0,77592 ± 0,00031
0,9	0,56978 ± 0,00032	0,77593 ± 0,00031
1	0,56857 ± 0,00033	0,77668 ± 0,00032
2	0,56561 ± 0,00032	0,77613 ± 0,00031
3	0,56360 ± 0,00032	0,77532 ± 0,00034
4	0,56352 ± 0,00032	0,77619 ± 0,00032
5	0,56281 ± 0,00032	0,77610 ± 0,00032
6	0,56335 ± 0,00033	0,77611 ± 0,00033

TABELA B33 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 50 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,60161 ± 0,00032	0,78192 ± 0,00031
0,2	0,57098 ± 0,00033	0,76316 ± 0,00032
0,3	0,55955 ± 0,00032	0,76678 ± 0,00032
0,4	0,55446 ± 0,00033	0,76055 ± 0,00032
0,5	0,55117 ± 0,00030	0,76203 ± 0,00032
0,6	0,55893 ± 0,00031	0,76147 ± 0,00035
0,7	0,55235 ± 0,00031	0,75832 ± 0,00032
0,8	0,55113 ± 0,00031	0,75839 ± 0,00034
0,9	0,55110 ± 0,00032	0,75810 ± 0,00033
1	0,55045 ± 0,00031	0,75812 ± 0,00032
2	0,54366 ± 0,00029	0,75144 ± 0,00032
3	0,54855 ± 0,00031	0,75815 ± 0,00032
4	0,54859 ± 0,00032	0,75793 ± 0,00032
5	0,54854 ± 0,00031	0,75793 ± 0,00032
6	0,54854 ± 0,00031	0,75858 ± 0,00031

TABELA B34 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 50 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,64462 ± 0,00034	0,79738 ± 0,00031
0,2	0,58999 ± 0,00032	0,76470 ± 0,00030
0,3	0,56993 ± 0,00035	0,75893 ± 0,00032
0,4	0,56055 ± 0,00033	0,75689 ± 0,00031
0,5	0,56062 ± 0,00032	0,75909 ± 0,00031
0,6	0,55281 ± 0,00034	0,75665 ± 0,00031
0,7	0,55501 ± 0,00032	0,75807 ± 0,00034
0,8	0,55883 ± 0,00031	0,75027 ± 0,00032
0,9	0,55702 ± 0,00031	0,75109 ± 0,00032
1	0,55154 ± 0,00030	0,75773 ± 0,00032
2	0,54973 ± 0,00031	0,75761 ± 0,00031
3	0,54921 ± 0,00030	0,75815 ± 0,00032
4	0,54365 ± 0,00032	0,75127 ± 0,00032
5	0,54828 ± 0,00031	0,75858 ± 0,00031
6	0,54825 ± 0,00030	0,75815 ± 0,00032

TABELA B35 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 50 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67309 ± 0,00035	0,80517 ± 0,00032
0,2	0,60374 ± 0,00030	0,76458 ± 0,00031
0,3	0,57801 ± 0,00034	0,76408 ± 0,00031
0,4	0,56566 ± 0,00034	0,76496 ± 0,00031
0,5	0,56391 ± 0,00031	0,75846 ± 0,00033
0,6	0,55494 ± 0,00033	0,76467 ± 0,00031
0,7	0,55694 ± 0,00031	0,75861 ± 0,00033
0,8	0,55043 ± 0,00032	0,75479 ± 0,00031
0,9	0,55202 ± 0,00030	0,75120 ± 0,00032
1	0,55348 ± 0,00032	0,75086 ± 0,00031
2	0,54939 ± 0,00032	0,75798 ± 0,00032
3	0,54922 ± 0,00031	0,75815 ± 0,00032
4	0,54854 ± 0,00030	0,75793 ± 0,00032
5	0,54835 ± 0,00030	0,75858 ± 0,00031
6	0,54886 ± 0,00031	0,75815 ± 0,00032

TABELA B36 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 50 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69186 ± 0,00034	0,81028 ± 0,00031
0,2	0,61734 ± 0,00033	0,76256 ± 0,00033
0,3	0,58815 ± 0,00031	0,75839 ± 0,00030
0,4	0,57448 ± 0,00032	0,75807 ± 0,00032
0,5	0,56638 ± 0,00033	0,75874 ± 0,00029
0,6	0,55739 ± 0,00029	0,75177 ± 0,00031
0,7	0,55812 ± 0,00030	0,75764 ± 0,00031
0,8	0,55617 ± 0,00031	0,75763 ± 0,00032
0,9	0,55020 ± 0,00031	0,75120 ± 0,00030
1	0,55421 ± 0,00033	0,75833 ± 0,00030
2	0,54986 ± 0,00031	0,75798 ± 0,00032
3	0,54846 ± 0,00031	0,75815 ± 0,00032
4	0,54383 ± 0,00031	0,75793 ± 0,00032
5	0,54856 ± 0,00033	0,75858 ± 0,00031
6	0,54830 ± 0,00032	0,75170 ± 0,00034

TABELA B37 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 93 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,42524 ± 0,00029	0,65271 ± 0,00031
0,2	0,39537 ± 0,00028	0,62903 ± 0,00031
0,3	0,38422 ± 0,00028	0,62674 ± 0,00031
0,4	0,37945 ± 0,00029	0,62658 ± 0,00031
0,5	0,37617 ± 0,00029	0,62644 ± 0,00032
0,6	0,37438 ± 0,00026	0,62641 ± 0,00031
0,7	0,37353 ± 0,00027	0,62656 ± 0,00032
0,8	0,37347 ± 0,00027	0,62636 ± 0,00032
0,9	0,37210 ± 0,00025	0,62536 ± 0,00031
1	0,37205 ± 0,00027	0,62601 ± 0,00031
2	0,37053 ± 0,00027	0,62613 ± 0,00028
3	0,37017 ± 0,00026	0,62571 ± 0,00029
4	0,37019 ± 0,00026	0,62594 ± 0,00031
5	0,36982 ± 0,00027	0,62589 ± 0,00030
6	0,37018 ± 0,00029	0,62615 ± 0,00029

TABELA B38 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 93 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,46919 ± 0,00030	0,67571 ± 0,00031
0,2	0,41305 ± 0,00028	0,63100 ± 0,00030
0,3	0,39351 ± 0,00029	0,62663 ± 0,00031
0,4	0,39487 ± 0,00026	0,62593 ± 0,00030
0,5	0,38028 ± 0,00028	0,62590 ± 0,00032
0,6	0,37755 ± 0,00028	0,62670 ± 0,00031
0,7	0,37600 ± 0,00026	0,62527 ± 0,00031
0,8	0,37520 ± 0,00028	0,62658 ± 0,00030
0,9	0,37411 ± 0,00027	0,62606 ± 0,00031
1	0,37328 ± 0,00028	0,62575 ± 0,00030
2	0,37094 ± 0,00026	0,62607 ± 0,00029
3	0,37017 ± 0,00029	0,62571 ± 0,00029
4	0,36991 ± 0,00027	0,62594 ± 0,00031
5	0,37032 ± 0,00027	0,62589 ± 0,00030
6	0,37000 ± 0,00027	0,62615 ± 0,00029

TABELA B39 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 93 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,49992 ± 0,00032	0,68605 ± 0,00029
0,2	0,42605 ± 0,00029	0,62684 ± 0,00032
0,3	0,40043 ± 0,00029	0,62653 ± 0,00030
0,4	0,38986 ± 0,00029	0,62653 ± 0,00030
0,5	0,38344 ± 0,00029	0,62619 ± 0,00032
0,6	0,37966 ± 0,00027	0,62575 ± 0,00030
0,7	0,37754 ± 0,00028	0,62624 ± 0,00030
0,8	0,37595 ± 0,00028	0,62634 ± 0,00032
0,9	0,37440 ± 0,00026	0,62654 ± 0,00032
1	0,37473 ± 0,00027	0,62637 ± 0,00030
2	0,37078 ± 0,00028	0,62607 ± 0,00029
3	0,37086 ± 0,00025	0,62571 ± 0,00029
4	0,37069 ± 0,00026	0,62594 ± 0,00031
5	0,36974 ± 0,00027	0,62589 ± 0,00030
6	0,37001 ± 0,00028	0,62615 ± 0,00029

TABELA B40 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 93 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,52300 ± 0,00030	0,69134 ± 0,00032
0,2	0,43640 ± 0,00029	0,63182 ± 0,00031
0,3	0,40659 ± 0,00027	0,62640 ± 0,00031
0,4	0,39309 ± 0,00029	0,62577 ± 0,00030
0,5	0,38593 ± 0,00028	0,62543 ± 0,00030
0,6	0,38144 ± 0,00060	0,62754 ± 0,00031
0,7	0,37816 ± 0,00027	0,62626 ± 0,00032
0,8	0,37668 ± 0,00027	0,62577 ± 0,00030
0,9	0,37563 ± 0,00028	0,62616 ± 0,00030
1	0,37473 ± 0,00025	0,62566 ± 0,00032
2	0,37125 ± 0,00025	0,62607 ± 0,00029
3	0,37116 ± 0,00027	0,62563 ± 0,00032
4	0,37992 ± 0,00027	0,62594 ± 0,00031
5	0,37045 ± 0,00026	0,62589 ± 0,00030
6	0,37052 ± 0,00026	0,62615 ± 0,00029

TABELA B41 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3O_8 a 100 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,44154 ± 0,00031	0,66907 ± 0,00031
0,2	0,41015 ± 0,00029	0,64584 ± 0,00029
0,3	0,39927 ± 0,00028	0,64268 ± 0,00031
0,4	0,39392 ± 0,00028	0,64285 ± 0,00031
0,5	0,39429 ± 0,00028	0,64225 ± 0,00031
0,6	0,38972 ± 0,00027	0,64237 ± 0,00029
0,7	0,38842 ± 0,00029	0,64254 ± 0,00032
0,8	0,38803 ± 0,00029	0,64214 ± 0,00032
0,9	0,38743 ± 0,00029	0,64311 ± 0,00032
1	0,38688 ± 0,00028	0,64284 ± 0,00033
2	0,38581 ± 0,00028	0,64243 ± 0,00031
3	0,38527 ± 0,00027	0,64268 ± 0,00030
4	0,38531 ± 0,00026	0,64257 ± 0,00031
5	0,38477 ± 0,00028	0,64215 ± 0,00032
6	0,38431 ± 0,00028	0,64247 ± 0,00033

TABELA B42 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3O_8 a 100 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,48565 ± 0,00032	0,69247 ± 0,00031
0,2	0,42857 ± 0,00029	0,64661 ± 0,00031
0,3	0,40967 ± 0,00029	0,64318 ± 0,00031
0,4	0,40037 ± 0,00028	0,64266 ± 0,00032
0,5	0,39555 ± 0,00028	0,64273 ± 0,00033
0,6	0,39301 ± 0,00028	0,64231 ± 0,00030
0,7	0,39090 ± 0,00029	0,64232 ± 0,00030
0,8	0,38966 ± 0,00031	0,64293 ± 0,00032
0,9	0,38921 ± 0,00028	0,64276 ± 0,00031
1	0,38805 ± 0,00028	0,64230 ± 0,00031
2	0,38595 ± 0,00029	0,64243 ± 0,00031
3	0,38505 ± 0,00027	0,64268 ± 0,00030
4	0,38528 ± 0,00028	0,64215 ± 0,00031
5	0,38504 ± 0,00027	0,64293 ± 0,00032
6	0,38595 ± 0,00027	0,64247 ± 0,00033

TABELA B43 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3O_8 a 100 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,51860 ± 0,00033	0,70270 ± 0,00031
0,2	0,44190 ± 0,00030	0,64798 ± 0,00032
0,3	0,41684 ± 0,00027	0,64323 ± 0,00033
0,4	0,40530 ± 0,00028	0,64289 ± 0,00032
0,5	0,39887 ± 0,00029	0,64284 ± 0,00031
0,6	0,39511 ± 0,00028	0,64189 ± 0,00031
0,7	0,39306 ± 0,00028	0,64288 ± 0,00031
0,8	0,39103 ± 0,00030	0,64276 ± 0,00031
0,9	0,38888 ± 0,00030	0,64295 ± 0,00031
1	0,38903 ± 0,00028	0,64274 ± 0,00032
2	0,38610 ± 0,00028	0,64243 ± 0,00031
3	0,38535 ± 0,00028	0,64268 ± 0,00030
4	0,38541 ± 0,00029	0,64208 ± 0,00031
5	0,38513 ± 0,00028	0,64215 ± 0,00032
6	0,38490 ± 0,00027	0,64247 ± 0,00033

TABELA B44 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3O_8 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3O_8 a 100 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,54165 ± 0,00030	0,70952 ± 0,00031
0,2	0,45249 ± 0,00029	0,64801 ± 0,00031
0,3	0,42175 ± 0,00030	0,64305 ± 0,00033
0,4	0,40872 ± 0,00028	0,64246 ± 0,00032
0,5	0,40139 ± 0,00029	0,64260 ± 0,00032
0,6	0,39666 ± 0,00028	0,64204 ± 0,00029
0,7	0,39424 ± 0,00028	0,64244 ± 0,00031
0,8	0,39203 ± 0,00028	0,64243 ± 0,00032
0,9	0,39098 ± 0,00028	0,64297 ± 0,00032
1	0,38989 ± 0,00027	0,64269 ± 0,00030
2	0,38651 ± 0,00028	0,64243 ± 0,00031
3	0,38577 ± 0,00029	0,64268 ± 0,00030
4	0,38572 ± 0,00029	0,64208 ± 0,00031
5	0,38583 ± 0,00027	0,64215 ± 0,00032
6	0,38548 ± 0,00028	0,64247 ± 0,00033

APÊNDICE C – Tabelas referentes aos valores do k – efetivo médio para o composto de Urânio U_3Si_2 nos diferentes enriquecimentos

TABELA C1 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 3 % - Arranjo 2 2 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70438 ± 0,00030	0,79495 ± 0,00026
0,2	0,69084 ± 0,00028	0,79387 ± 0,00026
0,3	0,68571 ± 0,00026	0,79421 ± 0,00026
0,4	0,68331 ± 0,00028	0,79410 ± 0,00027
0,5	0,68168 ± 0,00028	0,79445 ± 0,00027
0,6	0,67996 ± 0,00028	0,79369 ± 0,00026
0,7	0,67897 ± 0,00028	0,79360 ± 0,00025
0,8	0,67879 ± 0,00026	0,79409 ± 0,00026
0,9	0,67929 ± 0,00028	0,79405 ± 0,00026
1	0,67749 ± 0,00027	0,79376 ± 0,00026
2	0,67793 ± 0,00025	0,79403 ± 0,00027
3	0,67745 ± 0,00028	0,79358 ± 0,00025
4	0,67772 ± 0,00028	0,79382 ± 0,00024
5	0,67785 ± 0,00026	0,79451 ± 0,00025
6	0,67785 ± 0,00026	0,79451 ± 0,00025

TABELA C2 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 3 % - Arranjo 3 3 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71857 ± 0,00027	0,80481 ± 0,00026
0,2	0,69920 ± 0,00025	0,79498 ± 0,00026
0,3	0,69062 ± 0,00024	0,79451 ± 0,00024
0,4	0,68692 ± 0,00027	0,79412 ± 0,00025
0,5	0,68387 ± 0,00025	0,79355 ± 0,00027
0,6	0,68263 ± 0,00028	0,79457 ± 0,00026
0,7	0,68131 ± 0,00025	0,79397 ± 0,00025
0,8	0,68072 ± 0,00027	0,79428 ± 0,00027
0,9	0,67971 ± 0,00026	0,79467 ± 0,00028
1	0,67920 ± 0,00026	0,79406 ± 0,00026
2	0,67777 ± 0,00026	0,79376 ± 0,00026
3	0,67801 ± 0,00026	0,79403 ± 0,00027
4	0,67777 ± 0,00026	0,79358 ± 0,00025
5	0,67755 ± 0,00026	0,79382 ± 0,00024
6	0,67736 ± 0,00026	0,79451 ± 0,00025

TABELA C3 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 3 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72772 ± 0,00028	0,80748 ± 0,00028
0,2	0,70496 ± 0,00027	0,79550 ± 0,00027
0,3	0,69378 ± 0,00027	0,79425 ± 0,00026
0,4	0,68918 ± 0,00026	0,79410 ± 0,00025
0,5	0,68538 ± 0,00026	0,79466 ± 0,00025
0,6	0,68518 ± 0,00026	0,79431 ± 0,00026
0,7	0,68379 ± 0,00026	0,79436 ± 0,00025
0,8	0,68108 ± 0,00025	0,79453 ± 0,00026
0,9	0,68102 ± 0,00028	0,79366 ± 0,00026
1	0,68038 ± 0,00027	0,79411 ± 0,00027
2	0,67810 ± 0,00026	0,79376 ± 0,00026
3	0,67796 ± 0,00026	0,79403 ± 0,00027
4	0,67790 ± 0,00027	0,79358 ± 0,00025
5	0,67718 ± 0,00026	0,79382 ± 0,00024
6	0,67796 ± 0,00028	0,79451 ± 0,00025

TABELA C4 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 3% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 3 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73303 ± 0,00028	0,80762 ± 0,00026
0,2	0,70780 ± 0,00026	0,79529 ± 0,00025
0,3	0,69652 ± 0,00026	0,79394 ± 0,00025
0,4	0,69045 ± 0,00026	0,79430 ± 0,00025
0,5	0,68706 ± 0,00027	0,79391 ± 0,00026
0,6	0,68453 ± 0,00028	0,79400 ± 0,00025
0,7	0,68303 ± 0,00027	0,79405 ± 0,00026
0,8	0,68163 ± 0,00026	0,79414 ± 0,00026
0,9	0,68104 ± 0,00026	0,79426 ± 0,00026
1	0,68088 ± 0,00027	0,79372 ± 0,00025
2	0,67813 ± 0,00026	0,79376 ± 0,00026
3	0,67787 ± 0,00020	0,79403 ± 0,00027
4	0,67743 ± 0,00027	0,79358 ± 0,00025
5	0,67708 ± 0,00026	0,79382 ± 0,00024
6	0,67728 ± 0,00026	0,79451 ± 0,00025

TABELA C5 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 4 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,69649 ± 0,00028	0,79801 ± 0,00026
0,2	0,68030 ± 0,00027	0,79134 ± 0,00026
0,3	0,67353 ± 0,00027	0,79046 ± 0,00026
0,4	0,67100 ± 0,00027	0,79010 ± 0,00028
0,5	0,66717 ± 0,00027	0,79009 ± 0,00024
0,6	0,66756 ± 0,00029	0,79078 ± 0,00027
0,7	0,66711 ± 0,00027	0,79016 ± 0,00026
0,8	0,66646 ± 0,00028	0,78982 ± 0,00027
0,9	0,66556 ± 0,00028	0,79075 ± 0,00026
1	0,66559 ± 0,00028	0,78999 ± 0,00027
2	0,66470 ± 0,00028	0,79042 ± 0,00026
3	0,66439 ± 0,00027	0,79021 ± 0,00027
4	0,66392 ± 0,00027	0,79026 ± 0,00027
5	0,66439 ± 0,00027	0,79022 ± 0,00027
6	0,66440 ± 0,00028	0,79060 ± 0,00027

TABELA C6 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 4 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71696 ± 0,00028	0,80354 ± 0,00026
0,2	0,69155 ± 0,00027	0,79134 ± 0,00027
0,3	0,68056 ± 0,00028	0,79078 ± 0,00026
0,4	0,67532 ± 0,00028	0,79467 ± 0,00028
0,5	0,67182 ± 0,00026	0,79035 ± 0,00025
0,6	0,66913 ± 0,00026	0,79279 ± 0,00027
0,7	0,66906 ± 0,00029	0,79040 ± 0,00027
0,8	0,66796 ± 0,00029	0,79005 ± 0,00027
0,9	0,66666 ± 0,00026	0,79068 ± 0,00026
1	0,66708 ± 0,00027	0,79008 ± 0,00028
2	0,66528 ± 0,00027	0,79042 ± 0,00026
3	0,66453 ± 0,00027	0,79074 ± 0,00026
4	0,66448 ± 0,00027	0,79026 ± 0,00027
5	0,66428 ± 0,00028	0,79021 ± 0,00027
6	0,66448 ± 0,00026	0,79060 ± 0,00027

TABELA C7 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 4 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72643 ± 0,00027	0,80042 ± 0,00026
0,2	0,69792 ± 0,00028	0,79139 ± 0,00025
0,3	0,68460 ± 0,00028	0,79021 ± 0,00025
0,4	0,67842 ± 0,00028	0,79016 ± 0,00027
0,5	0,67551 ± 0,00070	0,79061 ± 0,00027
0,6	0,67157 ± 0,00027	0,79388 ± 0,00027
0,7	0,67047 ± 0,00027	0,79332 ± 0,00027
0,8	0,66917 ± 0,00027	0,79095 ± 0,00027
0,9	0,66786 ± 0,00026	0,79018 ± 0,00027
1	0,66806 ± 0,00028	0,79163 ± 0,00027
2	0,66787 ± 0,00027	0,79042 ± 0,00026
3	0,66427 ± 0,00028	0,79074 ± 0,00026
4	0,66426 ± 0,00028	0,79026 ± 0,00027
5	0,66467 ± 0,00028	0,79301 ± 0,00027
6	0,66398 ± 0,00028	0,78960 ± 0,00027

TABELA C8 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 4% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 4 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73449 ± 0,00028	0,80127 ± 0,00026
0,2	0,70209 ± 0,00028	0,79079 ± 0,00027
0,3	0,68769 ± 0,00029	0,79048 ± 0,00025
0,4	0,67997 ± 0,00027	0,79376 ± 0,00027
0,5	0,67593 ± 0,00027	0,79052 ± 0,00027
0,6	0,67593 ± 0,00027	0,79468 ± 0,00027
0,7	0,67593 ± 0,00027	0,79000 ± 0,00026
0,8	0,66967 ± 0,00027	0,79031 ± 0,00026
0,9	0,66828 ± 0,00028	0,79375 ± 0,00027
1	0,66784 ± 0,00027	0,79379 ± 0,00025
2	0,66558 ± 0,00030	0,79042 ± 0,00026
3	0,66514 ± 0,00028	0,79474 ± 0,00026
4	0,66466 ± 0,00028	0,79026 ± 0,00027
5	0,66402 ± 0,00029	0,79021 ± 0,00027
6	0,66410 ± 0,00029	0,79060 ± 0,00027

TABELA C9 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 5 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68546 ± 0,00028	0,79995 ± 0,00027
0,2	0,65666 ± 0,00028	0,79052 ± 0,00028
0,3	0,64987 ± 0,00027	0,79052 ± 0,00028
0,4	0,65604 ± 0,00028	0,78712 ± 0,00028
0,5	0,65396 ± 0,00028	0,79000 ± 0,00028
0,6	0,65373 ± 0,00029	0,79378 ± 0,00027
0,7	0,65204 ± 0,00029	0,79010 ± 0,00028
0,8	0,65147 ± 0,00029	0,79378 ± 0,00028
0,9	0,64017 ± 0,00028	0,79287 ± 0,00028
1	0,64986 ± 0,00028	0,79005 ± 0,00026
2	0,64886 ± 0,00029	0,79006 ± 0,00028
3	0,63843 ± 0,00026	0,79298 ± 0,00028
4	0,63811 ± 0,00027	0,78964 ± 0,00028
5	0,63825 ± 0,00028	0,78967 ± 0,00028
6	0,63871 ± 0,00029	0,78934 ± 0,00028

TABELA C10 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 5 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,78934 ± 0,00027	0,80787 ± 0,00026
0,2	0,66948 ± 0,00028	0,79067 ± 0,00028
0,3	0,65658 ± 0,00028	0,79067 ± 0,00028
0,4	0,65156 ± 0,00028	0,78943 ± 0,00028
0,5	0,64741 ± 0,00028	0,79059 ± 0,00028
0,6	0,65557 ± 0,00027	0,78979 ± 0,00027
0,7	0,65392 ± 0,00031	0,79004 ± 0,00026
0,8	0,65267 ± 0,00028	0,79008 ± 0,00027
0,9	0,65237 ± 0,00028	0,78963 ± 0,00028
1	0,64117 ± 0,00028	0,79005 ± 0,00026
2	0,64889 ± 0,00029	0,79006 ± 0,00027
3	0,63916 ± 0,00028	0,79498 ± 0,00028
4	0,63834 ± 0,00028	0,78264 ± 0,00028
5	0,63865 ± 0,00027	0,78267 ± 0,00028
6	0,64788 ± 0,00029	0,78934 ± 0,00027

TABELA C11 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 5 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,78934 ± 0,00028	0,81055 ± 0,00028
0,2	0,67254 ± 0,00028	0,79956 ± 0,00028
0,3	0,67254 ± 0,00028	0,79956 ± 0,00028
0,4	0,66477 ± 0,00028	0,79015 ± 0,00028
0,5	0,65994 ± 0,00029	0,79983 ± 0,00028
0,6	0,64685 ± 0,00028	0,78962 ± 0,00028
0,7	0,64526 ± 0,00028	0,78982 ± 0,00029
0,8	0,64381 ± 0,00028	0,79049 ± 0,00027
0,9	0,64282 ± 0,00028	0,78227 ± 0,00028
1	0,64299 ± 0,00032	0,78974 ± 0,00028
2	0,64980 ± 0,00029	0,79006 ± 0,00028
3	0,63801 ± 0,00027	0,78298 ± 0,00028
4	0,63802 ± 0,00028	0,78264 ± 0,00028
5	0,63831 ± 0,00028	0,78267 ± 0,00028
6	0,64875 ± 0,00029	0,78934 ± 0,00027

TABELA C12 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 5% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 5 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,78934 ± 0,00027	0,81233 ± 0,00028
0,2	0,67612 ± 0,00028	0,79067 ± 0,00028
0,3	0,67612 ± 0,00028	0,79067 ± 0,00028
0,4	0,66688 ± 0,00028	0,78983 ± 0,00026
0,5	0,66070 ± 0,00031	0,78934 ± 0,00029
0,6	0,64871 ± 0,00028	0,78245 ± 0,00028
0,7	0,64545 ± 0,00028	0,78296 ± 0,00027
0,8	0,64466 ± 0,00028	0,78959 ± 0,00028
0,9	0,64310 ± 0,00029	0,78267 ± 0,00029
1	0,63835 ± 0,00029	0,78970 ± 0,00029
2	0,63980 ± 0,00028	0,79006 ± 0,00027
3	0,63913 ± 0,00028	0,79023 ± 0,00028
4	0,63812 ± 0,00027	0,78264 ± 0,00028
5	0,63835 ± 0,00029	0,78267 ± 0,00028
6	0,64793 ± 0,00027	0,78934 ± 0,00027

TABELA C12 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 7 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67536 ± 0,00029	0,80760 ± 0,00028
0,2	0,65349 ± 0,00031	0,79633 ± 0,00028
0,3	0,64537 ± 0,00029	0,79425 ± 0,00030
0,4	0,64122 ± 0,00028	0,79514 ± 0,00028
0,5	0,63901 ± 0,00031	0,79490 ± 0,00029
0,6	0,63667 ± 0,00030	0,79481 ± 0,00030
0,7	0,63565 ± 0,00029	0,79478 ± 0,00028
0,8	0,63531 ± 0,00029	0,79468 ± 0,00029
0,9	0,63524 ± 0,00029	0,79548 ± 0,00026
1	0,63466 ± 0,00030	0,79454 ± 0,00028
2	0,63330 ± 0,00029	0,79446 ± 0,00030
3	0,63265 ± 0,00029	0,79534 ± 0,00027
4	0,63278 ± 0,00031	0,79471 ± 0,00029
5	0,63255 ± 0,00032	0,79488 ± 0,00029
6	0,63245 ± 0,00029	0,79485 ± 0,00028

TABELA C13 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 7 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,79440 ± 0,00029	0,81636 ± 0,00029
0,2	0,79725 ± 0,00028	0,79725 ± 0,00028
0,3	0,65992 ± 0,00029	0,79483 ± 0,00029
0,4	0,64681 ± 0,00029	0,79469 ± 0,00031
0,5	0,64273 ± 0,00031	0,79462 ± 0,00029
0,6	0,63971 ± 0,00030	0,79504 ± 0,00028
0,7	0,63838 ± 0,00030	0,79434 ± 0,00029
0,8	0,63804 ± 0,00030	0,79436 ± 0,00029
0,9	0,63655 ± 0,00030	0,79483 ± 0,00030
1	0,63547 ± 0,00030	0,79470 ± 0,00029
2	0,63355 ± 0,00030	0,79446 ± 0,00030
3	0,63271 ± 0,00029	0,79534 ± 0,00027
4	0,63258 ± 0,00031	0,79472 ± 0,00029
5	0,63302 ± 0,00029	0,79488 ± 0,00029
6	0,63254 ± 0,00030	0,79485 ± 0,00028

TABELA C14 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 7 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72109 ± 0,00029	0,82080 ± 0,00029
0,2	0,67773 ± 0,00029	0,79756 ± 0,00028
0,3	0,65948 ± 0,00029	0,79513 ± 0,00029
0,4	0,65070 ± 0,00030	0,79484 ± 0,00029
0,5	0,64550 ± 0,00030	0,79518 ± 0,00028
0,6	0,64222 ± 0,00029	0,79440 ± 0,00028
0,7	0,64039 ± 0,00031	0,79421 ± 0,00029
0,8	0,63864 ± 0,00028	0,79502 ± 0,00029
0,9	0,63816 ± 0,00029	0,79501 ± 0,00029
1	0,63614 ± 0,00029	0,79418 ± 0,00031
2	0,63433 ± 0,00030	0,79446 ± 0,00030
3	0,63297 ± 0,00031	0,79534 ± 0,00027
4	0,63313 ± 0,00030	0,79471 ± 0,00029
5	0,63286 ± 0,00030	0,79488 ± 0,00029
6	0,63290 ± 0,00030	0,79485 ± 0,00028

TABELA C14 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 7% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 7 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73243 ± 0,00030	0,82292 ± 0,00029
0,2	0,66398 ± 0,00029	0,79785 ± 0,00030
0,3	0,66397 ± 0,00031	0,79563 ± 0,00029
0,4	0,65352 ± 0,00029	0,79449 ± 0,00029
0,5	0,64784 ± 0,00030	0,79464 ± 0,00028
0,6	0,64312 ± 0,00030	0,79518 ± 0,00029
0,7	0,64129 ± 0,00028	0,79443 ± 0,00030
0,8	0,63948 ± 0,00030	0,79473 ± 0,00030
0,9	0,63862 ± 0,00029	0,79425 ± 0,00029
1	0,63731 ± 0,00029	0,79414 ± 0,00028
2	0,63381 ± 0,00030	0,79446 ± 0,00029
3	0,63245 ± 0,00028	0,79534 ± 0,00027
4	0,63383 ± 0,00029	0,79471 ± 0,00029
5	0,63311 ± 0,00028	0,79488 ± 0,00029
6	0,63261 ± 0,00030	0,79485 ± 0,00028

TABELA C15 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 10 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67030 ± 0,00030	0,79541 ± 0,00030
0,2	0,64644 ± 0,00031	0,78785 ± 0,00030
0,3	0,63752 ± 0,00029	0,78596 ± 0,00029
0,4	0,63331 ± 0,00030	0,78571 ± 0,00029
0,5	0,63062 ± 0,00030	0,78564 ± 0,00028
0,6	0,62871 ± 0,00029	0,78553 ± 0,00028
0,7	0,62750 ± 0,00030	0,78591 ± 0,00028
0,8	0,62709 ± 0,00030	0,78636 ± 0,00029
0,9	0,62732 ± 0,00029	0,78574 ± 0,00030
1	0,62613 ± 0,00031	0,78627 ± 0,00030
2	0,62472 ± 0,00031	0,78629 ± 0,00030
3	0,64423 ± 0,00028	0,78554 ± 0,00028
4	0,62422 ± 0,00031	0,78603 ± 0,00029
5	0,62447 ± 0,00029	0,78589 ± 0,00029
6	0,62472 ± 0,00028	0,78589 ± 0,00030

TABELA C16 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 10 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70038 ± 0,00030	0,80817 ± 0,00029
0,2	0,66220 ± 0,00029	0,79916 ± 0,00029
0,3	0,64663 ± 0,00029	0,78595 ± 0,00029
0,4	0,63884 ± 0,00030	0,78568 ± 0,00029
0,5	0,63442 ± 0,00030	0,78569 ± 0,00029
0,6	0,63226 ± 0,00031	0,78609 ± 0,00031
0,7	0,62972 ± 0,00031	0,78544 ± 0,00029
0,8	0,62955 ± 0,00027	0,78625 ± 0,00029
0,9	0,62869 ± 0,00030	0,78583 ± 0,00029
1	0,62792 ± 0,00029	0,78536 ± 0,00029
2	0,62587 ± 0,00029	0,78629 ± 0,00030
3	0,62488 ± 0,00029	0,78554 ± 0,00028
4	0,62452 ± 0,00030	0,78603 ± 0,00029
5	0,62395 ± 0,00029	0,78589 ± 0,00029
6	0,62434 ± 0,00028	0,78592 ± 0,00030

TABELA C17 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 10 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71874 ± 0,00032	0,81234 ± 0,00029
0,2	0,67319 ± 0,00032	0,78821 ± 0,00021
0,3	0,65280 ± 0,00028	0,78641 ± 0,00029
0,4	0,64311 ± 0,00030	0,78578 ± 0,00028
0,5	0,63802 ± 0,00031	0,78615 ± 0,00029
0,6	0,63473 ± 0,00029	0,78572 ± 0,00030
0,7	0,63200 ± 0,00028	0,78566 ± 0,00029
0,8	0,63119 ± 0,00030	0,78638 ± 0,00030
0,9	0,62924 ± 0,00030	0,78583 ± 0,00029
1	0,62813 ± 0,00030	0,78602 ± 0,00029
2	0,62562 ± 0,00030	0,78629 ± 0,00030
3	0,62453 ± 0,00028	0,78554 ± 0,00028
4	0,62429 ± 0,00032	0,78603 ± 0,00029
5	0,62434 ± 0,00031	0,78589 ± 0,00029
6	0,62457 ± 0,00029	0,78592 ± 0,00030

TABELA C18 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 10% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 10 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73110 ± 0,00028	0,81444 ± 0,00028
0,2	0,67882 ± 0,00030	0,78843 ± 0,00028
0,3	0,65733 ± 0,00029	0,78628 ± 0,00029
0,4	0,64637 ± 0,00031	0,78571 ± 0,00028
0,5	0,64638 ± 0,00031	0,78571 ± 0,00028
0,6	0,63350 ± 0,00029	0,78592 ± 0,00028
0,7	0,63349 ± 0,00030	0,78630 ± 0,00028
0,8	0,63215 ± 0,00030	0,78653 ± 0,00029
0,9	0,63037 ± 0,00031	0,78537 ± 0,00029
1	0,62590 ± 0,00029	0,78589 ± 0,00030
2	0,62580 ± 0,00029	0,78629 ± 0,00030
3	0,62493 ± 0,00031	0,78554 ± 0,00028
4	0,62452 ± 0,00031	0,78603 ± 0,00029
5	0,62453 ± 0,00030	0,78589 ± 0,00029
6	0,62438 ± 0,00032	0,78592 ± 0,00030

TABELA C19 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 20 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65120 ± 0,00029	0,79368 ± 0,00032
0,2	0,62250 ± 0,00031	0,79503 ± 0,00031
0,3	0,61255 ± 0,00031	0,79467 ± 0,00030
0,4	0,60656 ± 0,00031	0,79520 ± 0,00030
0,5	0,60330 ± 0,00025	0,79465 ± 0,00030
0,6	0,60168 ± 0,00026	0,79469 ± 0,00030
0,7	0,60066 ± 0,00026	0,79427 ± 0,00030
0,8	0,59985 ± 0,00027	0,79683 ± 0,00030
0,9	0,59923 ± 0,00026	0,79421 ± 0,00030
1	0,59865 ± 0,00030	0,79414 ± 0,00032
2	0,59702 ± 0,00031	0,79425 ± 0,00030
3	0,59605 ± 0,00031	0,79382 ± 0,00031
4	0,59635 ± 0,00030	0,79411 ± 0,00030
5	0,59676 ± 0,00030	0,79373 ± 0,00032
6	0,59623 ± 0,00030	0,79373 ± 0,00032

TABELA C20 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 20 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68901 ± 0,00031	0,82477 ± 0,00032
0,2	0,64081 ± 0,00034	0,79683 ± 0,00030
0,3	0,62266 ± 0,00031	0,79576 ± 0,00030
0,4	0,61374 ± 0,00031	0,79389 ± 0,00031
0,5	0,60330 ± 0,00031	0,79379 ± 0,00031
0,6	0,60529 ± 0,00031	0,79399 ± 0,00030
0,7	0,60363 ± 0,00031	0,79389 ± 0,00030
0,8	0,60237 ± 0,00034	0,79443 ± 0,00031
0,9	0,60110 ± 0,00032	0,79371 ± 0,00030
1	0,60105 ± 0,00031	0,79540 ± 0,00032
2	0,59658 ± 0,00032	0,79314 ± 0,00032
3	0,59655 ± 0,00032	0,79425 ± 0,00030
4	0,59635 ± 0,00032	0,79384 ± 0,00031
5	0,59654 ± 0,00030	0,79411 ± 0,00030
6	0,59659 ± 0,00030	0,79373 ± 0,00032

TABELA C21 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 20 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71298 ± 0,00033	0,83091 ± 0,00031
0,2	0,65345 ± 0,00033	0,79716 ± 0,00030
0,3	0,62973 ± 0,00034	0,79463 ± 0,00030
0,4	0,61827 ± 0,00033	0,79455 ± 0,00030
0,5	0,61221 ± 0,00031	0,79435 ± 0,00029
0,6	0,60742 ± 0,00031	0,79336 ± 0,00031
0,7	0,60551 ± 0,00033	0,79375 ± 0,00030
0,8	0,60244 ± 0,00033	0,79390 ± 0,00031
0,9	0,60227 ± 0,00031	0,79355 ± 0,00031
1	0,60129 ± 0,00031	0,79362 ± 0,00032
2	0,59760 ± 0,00032	0,79314 ± 0,00032
3	0,59656 ± 0,00033	0,79325 ± 0,00030
4	0,59671 ± 0,00032	0,79356 ± 0,00032
5	0,59644 ± 0,00033	0,79337 ± 0,00032
6	0,59630 ± 0,00032	0,79373 ± 0,00032

TABELA C22 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 20% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 20 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72501 ± 0,00031	0,83454 ± 0,00031
0,2	0,66223 ± 0,00031	0,79783 ± 0,00032
0,3	0,69489 ± 0,00034	0,79415 ± 0,00036
0,4	0,62236 ± 0,00034	0,79404 ± 0,00031
0,5	0,61454 ± 0,00032	0,79443 ± 0,00031
0,6	0,60928 ± 0,00030	0,79354 ± 0,00030
0,7	0,60609 ± 0,00033	0,79422 ± 0,00032
0,8	0,60464 ± 0,00033	0,79317 ± 0,00030
0,9	0,60336 ± 0,00034	0,79406 ± 0,00031
1	0,59851 ± 0,00031	0,79355 ± 0,00032
2	0,59850 ± 0,00032	0,79314 ± 0,00032
3	0,59692 ± 0,00032	0,79323 ± 0,00033
4	0,59664 ± 0,00033	0,79132 ± 0,00031
5	0,59665 ± 0,00030	0,79343 ± 0,00032
6	0,59689 ± 0,00032	0,79373 ± 0,00032

TABELA C23 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 30 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,64670 ± 0,00033	0,81245 ± 0,00031
0,2	0,61722 ± 0,00031	0,79702 ± 0,00032
0,3	0,60602 ± 0,00031	0,79428 ± 0,00031
0,4	0,59972 ± 0,00031	0,79439 ± 0,00031
0,5	0,59746 ± 0,00031	0,79426 ± 0,00031
0,6	0,59581 ± 0,00030	0,79486 ± 0,00031
0,7	0,59417 ± 0,00032	0,79471 ± 0,00032
0,8	0,59309 ± 0,00030	0,79400 ± 0,00034
0,9	0,59243 ± 0,00028	0,79476 ± 0,00033
1	0,59276 ± 0,00032	0,79433 ± 0,00034
2	0,59046 ± 0,00032	0,79378 ± 0,00031
3	0,59054 ± 0,00030	0,79426 ± 0,00036
4	0,58990 ± 0,00032	0,79428 ± 0,00032
5	0,59047 ± 0,00031	0,79407 ± 0,00032
6	0,58984 ± 0,00033	0,79427 ± 0,00032

TABELA C24 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 30 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68658 ± 0,00033	0,81245 ± 0,00031
0,2	0,63608 ± 0,00033	0,79782 ± 0,00031
0,3	0,61756 ± 0,00034	0,79435 ± 0,00032
0,4	0,60774 ± 0,00032	0,79432 ± 0,00029
0,5	0,60247 ± 0,00033	0,79393 ± 0,00031
0,6	0,59837 ± 0,00031	0,79437 ± 0,00031
0,7	0,59681 ± 0,00034	0,79410 ± 0,00032
0,8	0,59576 ± 0,00034	0,79449 ± 0,00032
0,9	0,59427 ± 0,00033	0,79456 ± 0,00058
1	0,59413 ± 0,00032	0,79468 ± 0,00058
2	0,59119 ± 0,00032	0,79378 ± 0,00031
3	0,59058 ± 0,00031	0,79418 ± 0,00034
4	0,58909 ± 0,00031	0,79411 ± 0,00034
5	0,58974 ± 0,00032	0,79407 ± 0,00032
6	0,58974 ± 0,00032	0,79427 ± 0,00032

TABELA C25 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 30 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71212 ± 0,00034	0,83320 ± 0,00031
0,2	0,64920 ± 0,00032	0,79805 ± 0,00031
0,3	0,62437 ± 0,00032	0,79463 ± 0,00033
0,4	0,61317 ± 0,00029	0,79440 ± 0,00033
0,5	0,60580 ± 0,00032	0,79400 ± 0,00033
0,6	0,60202 ± 0,00034	0,79542 ± 0,00031
0,7	0,59883 ± 0,00031	0,79448 ± 0,00032
0,8	0,59721 ± 0,00032	0,79419 ± 0,00032
0,9	0,59566 ± 0,00031	0,79438 ± 0,00034
1	0,59474 ± 0,00033	0,79458 ± 0,00032
2	0,59117 ± 0,00031	0,79378 ± 0,00031
3	0,59052 ± 0,00031	0,79418 ± 0,00034
4	0,58981 ± 0,00032	0,79409 ± 0,00032
5	0,59006 ± 0,00031	0,79407 ± 0,00032
6	0,59054 ± 0,00033	0,79427 ± 0,00032

TABELA C26 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 30% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 30 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72980 ± 0,00031	0,83603 ± 0,00031
0,2	0,65828 ± 0,00033	0,79831 ± 0,00032
0,3	0,63014 ± 0,00032	0,79845 ± 0,00031
0,4	0,61592 ± 0,00033	0,79404 ± 0,00031
0,5	0,60902 ± 0,00032	0,79442 ± 0,00031
0,6	0,60399 ± 0,00030	0,79446 ± 0,00031
0,7	0,60018 ± 0,00033	0,79431 ± 0,00032
0,8	0,59828 ± 0,00031	0,79363 ± 0,00033
0,9	0,59626 ± 0,00032	0,79413 ± 0,00031
1	0,59549 ± 0,00031	0,79422 ± 0,00032
2	0,59133 ± 0,00031	0,79378 ± 0,00031
3	0,59040 ± 0,00031	0,79418 ± 0,00034
4	0,59030 ± 0,00034	0,79409 ± 0,00032
5	0,59069 ± 0,00031	0,79407 ± 0,00032
6	0,59008 ± 0,00032	0,79427 ± 0,00032

TABELA C27 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 40 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,64442 ± 0,00031	0,81788 ± 0,00031
0,2	0,61404 ± 0,00029	0,80124 ± 0,00033
0,3	0,60225 ± 0,00033	0,79891 ± 0,00032
0,4	0,59693 ± 0,00032	0,79847 ± 0,00034
0,5	0,59301 ± 0,00032	0,79856 ± 0,00032
0,6	0,59144 ± 0,00031	0,79863 ± 0,00032
0,7	0,59055 ± 0,00033	0,79890 ± 0,00031
0,8	0,58956 ± 0,00032	0,79792 ± 0,00030
0,9	0,58902 ± 0,00033	0,79782 ± 0,00032
1	0,58893 ± 0,00033	0,79864 ± 0,00032
2	0,58661 ± 0,00031	0,79816 ± 0,00033
3	0,58659 ± 0,00033	0,79892 ± 0,00032
4	0,58681 ± 0,00031	0,79787 ± 0,00032
5	0,58677 ± 0,00031	0,79789 ± 0,00031
6	0,58670 ± 0,00031	0,79846 ± 0,00033

TABELA C28 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 40 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68673 ± 0,00032	0,83288 ± 0,00033
0,2	0,63416 ± 0,00033	0,80184 ± 0,00033
0,3	0,61476 ± 0,00030	0,79813 ± 0,00032
0,4	0,60405 ± 0,00032	0,79813 ± 0,00032
0,5	0,59772 ± 0,00032	0,79851 ± 0,00031
0,6	0,59542 ± 0,00032	0,79877 ± 0,00032
0,7	0,59694 ± 0,00038	0,79850 ± 0,00032
0,8	0,59255 ± 0,00034	0,79881 ± 0,00031
0,9	0,59025 ± 0,00032	0,79821 ± 0,00031
1	0,58743 ± 0,00030	0,79877 ± 0,00032
2	0,58714 ± 0,00033	0,79816 ± 0,00033
3	0,58643 ± 0,00032	0,79892 ± 0,00032
4	0,58661 ± 0,00033	0,79787 ± 0,00032
5	0,58620 ± 0,00033	0,79833 ± 0,00031
6	0,58620 ± 0,00031	0,79846 ± 0,00033

TABELA C29 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 40 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,71365 ± 0,00033	0,83916 ± 0,00033
0,2	0,64799 ± 0,00033	0,80235 ± 0,00033
0,3	0,62194 ± 0,00033	0,79897 ± 0,00033
0,4	0,61294 ± 0,00033	0,79867 ± 0,00033
0,5	0,60386 ± 0,00032	0,79843 ± 0,00031
0,6	0,59637 ± 0,00033	0,79875 ± 0,00033
0,7	0,59611 ± 0,00033	0,79842 ± 0,00032
0,8	0,59529 ± 0,00033	0,79867 ± 0,00033
0,9	0,59196 ± 0,00031	0,79845 ± 0,00033
1	0,59187 ± 0,00031	0,79895 ± 0,00034
2	0,58735 ± 0,00031	0,79816 ± 0,00033
3	0,58615 ± 0,00033	0,79823 ± 0,00033
4	0,58635 ± 0,00032	0,79787 ± 0,00032
5	0,58667 ± 0,00035	0,79833 ± 0,00031
6	0,58677 ± 0,00033	0,79846 ± 0,00033

TABELA C30 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 40% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 40 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,73114 ± 0,00034	0,84346 ± 0,00033
0,2	0,65692 ± 0,00032	0,80241 ± 0,00031
0,3	0,61397 ± 0,00032	0,80007 ± 0,00031
0,4	0,61328 ± 0,00031	0,79825 ± 0,00033
0,5	0,60059 ± 0,00032	0,79893 ± 0,00033
0,6	0,60045 ± 0,00031	0,79871 ± 0,00031
0,7	0,59694 ± 0,00032	0,79836 ± 0,00032
0,8	0,59466 ± 0,00033	0,79813 ± 0,00032
0,9	0,59325 ± 0,00032	0,79816 ± 0,00033
1	0,59349 ± 0,00032	0,79892 ± 0,00032
2	0,58705 ± 0,00032	0,79787 ± 0,00032
3	0,58632 ± 0,00032	0,79833 ± 0,00031
4	0,58705 ± 0,00031	0,79846 ± 0,00033
5	0,58656 ± 0,00031	0,79833 ± 0,00031
6	0,58666 ± 0,00031	0,79846 ± 0,00033

TABELA C31 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 50 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	$0,55886 \pm 0,00032$	$0,77546 \pm 0,00033$
0,2	$0,55876 \pm 0,00031$	$0,75670 \pm 0,00030$
0,3	$0,54724 \pm 0,00031$	$0,75462 \pm 0,00032$
0,4	$0,54178 \pm 0,00030$	$0,75504 \pm 0,00031$
0,5	$0,53828 \pm 0,00031$	$0,75469 \pm 0,00031$
0,6	$0,53646 \pm 0,00030$	$0,75454 \pm 0,00030$
0,7	$0,53542 \pm 0,00031$	$0,75435 \pm 0,00031$
0,8	$0,53409 \pm 0,00031$	$0,75454 \pm 0,00033$
0,9	$0,53369 \pm 0,00031$	$0,75400 \pm 0,00032$
1	$0,53330 \pm 0,00030$	$0,75492 \pm 0,00030$
2	$0,53051 \pm 0,00030$	$0,75492 \pm 0,00033$
3	$0,53135 \pm 0,00030$	$0,75557 \pm 0,00032$
4	$0,53078 \pm 0,00030$	$0,75441 \pm 0,00032$
5	$0,53067 \pm 0,00030$	$0,75472 \pm 0,00032$
6	$0,53050 \pm 0,00030$	$0,75453 \pm 0,00032$

TABELA C32 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 50 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	$0,63425 \pm 0,00030$	$0,79290 \pm 0,00031$
0,2	$0,57905 \pm 0,00033$	$0,75817 \pm 0,00032$
0,3	$0,55832 \pm 0,00031$	$0,75503 \pm 0,00033$
0,4	$0,54845 \pm 0,00032$	$0,75444 \pm 0,00031$
0,5	$0,54394 \pm 0,00030$	$0,75557 \pm 0,00032$
0,6	$0,54345 \pm 0,00033$	$0,75486 \pm 0,00032$
0,7	$0,53788 \pm 0,00031$	$0,75442 \pm 0,00030$
0,8	$0,53624 \pm 0,00031$	$0,75463 \pm 0,00031$
0,9	$0,53599 \pm 0,00031$	$0,75449 \pm 0,00031$
1	$0,53454 \pm 0,00032$	$0,75430 \pm 0,00033$
2	$0,53214 \pm 0,00031$	$0,75492 \pm 0,00033$
3	$0,53129 \pm 0,00031$	$0,75557 \pm 0,00032$
4	$0,53136 \pm 0,00032$	$0,75441 \pm 0,00032$
5	$0,53106 \pm 0,00033$	$0,75472 \pm 0,00033$
6	$0,53059 \pm 0,00033$	$0,75453 \pm 0,00032$

TABELA C33 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 50 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,66251 ± 0,00034	0,80090 ± 0,00031
0,2	0,59295 ± 0,00032	0,75895 ± 0,00033
0,3	0,56620 ± 0,00030	0,75522 ± 0,00032
0,4	0,55387 ± 0,00031	0,75528 ± 0,00032
0,5	0,54648 ± 0,00032	0,75441 ± 0,00031
0,6	0,54250 ± 0,00031	0,75468 ± 0,00029
0,7	0,53997 ± 0,00031	0,75488 ± 0,00033
0,8	0,53794 ± 0,00031	0,75493 ± 0,00033
0,9	0,53610 ± 0,00030	0,75538 ± 0,00033
1	0,53558 ± 0,00030	0,75463 ± 0,00032
2	0,53465 ± 0,00030	0,75492 ± 0,00033
3	0,53146 ± 0,00030	0,75557 ± 0,00032
4	0,53124 ± 0,00031	0,75441 ± 0,00032
5	0,53123 ± 0,00030	0,75472 ± 0,00033
6	0,53151 ± 0,00030	0,75453 ± 0,00032

TABELA C34 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 50% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 50 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,68178 ± 0,00033	0,80476 ± 0,00032
0,2	0,60264 ± 0,00033	0,75900 ± 0,00032
0,3	0,55932 ± 0,00031	0,75483 ± 0,00032
0,4	0,55831 ± 0,00031	0,75455 ± 0,00030
0,5	0,54913 ± 0,00030	0,75452 ± 0,00031
0,6	0,54472 ± 0,00032	0,75528 ± 0,00032
0,7	0,54081 ± 0,00032	0,75453 ± 0,00035
0,8	0,53945 ± 0,00030	0,75514 ± 0,00032
0,9	0,53792 ± 0,00031	0,75524 ± 0,00032
1	0,53610 ± 0,00031	0,75470 ± 0,00031
2	0,53222 ± 0,00032	0,75492 ± 0,00033
3	0,53160 ± 0,00031	0,75557 ± 0,00032
4	0,53128 ± 0,00032	0,75441 ± 0,00032
5	0,53119 ± 0,00032	0,75472 ± 0,00033
6	0,53111 ± 0,00032	0,75453 ± 0,00032

TABELA C35 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 93 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,62897 ± 0,00033	0,82529 ± 0,00035
0,2	0,59503 ± 0,00033	0,80560 ± 0,00034
0,3	0,58196 ± 0,00032	0,80312 ± 0,00034
0,4	0,57569 ± 0,00033	0,80329 ± 0,00032
0,5	0,57284 ± 0,00033	0,80291 ± 0,00033
0,6	0,57072 ± 0,00032	0,80209 ± 0,00034
0,7	0,56937 ± 0,00033	0,80256 ± 0,00033
0,8	0,56833 ± 0,00030	0,80283 ± 0,00033
0,9	0,56750 ± 0,00033	0,80301 ± 0,00035
1	0,56621 ± 0,00033	0,80234 ± 0,00035
2	0,56481 ± 0,00034	0,80333 ± 0,00035
3	0,56459 ± 0,00032	0,80232 ± 0,00033
4	0,56405 ± 0,00033	0,80339 ± 0,00032
5	0,56414 ± 0,00031	0,80289 ± 0,00033
6	0,56447 ± 0,00034	0,80234 ± 0,00035

TABELA C36 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 93 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,67563 ± 0,00035	0,84358 ± 0,00033
0,2	0,61586 ± 0,00031	0,80639 ± 0,00033
0,3	0,59389 ± 0,00034	0,80350 ± 0,00033
0,4	0,58417 ± 0,00032	0,80280 ± 0,00034
0,5	0,57777 ± 0,00033	0,80232 ± 0,00035
0,6	0,57399 ± 0,00034	0,80268 ± 0,00034
0,7	0,57199 ± 0,00033	0,80302 ± 0,00034
0,8	0,57012 ± 0,00033	0,80208 ± 0,00033
0,9	0,56919 ± 0,00034	0,80242 ± 0,00035
1	0,56871 ± 0,00033	0,80217 ± 0,00032
2	0,56501 ± 0,00034	0,80333 ± 0,00035
3	0,56474 ± 0,00031	0,80232 ± 0,00033
4	0,56418 ± 0,00033	0,80257 ± 0,00033
5	0,56464 ± 0,00034	0,80286 ± 0,00033
6	0,56450 ± 0,00035	0,80248 ± 0,00037

TABELA C37 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 93 % - Arranjo 4 4 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,70647 ± 0,00034	0,85139 ± 0,00035
0,2	0,63124 ± 0,00035	0,80764 ± 0,00034
0,3	0,60232 ± 0,00031	0,80347 ± 0,00031
0,4	0,58923 ± 0,00032	0,80300 ± 0,00034
0,5	0,58106 ± 0,00064	0,80229 ± 0,00034
0,6	0,57700 ± 0,00034	0,80242 ± 0,00034
0,7	0,57376 ± 0,00035	0,80287 ± 0,00033
0,8	0,57224 ± 0,00032	0,80292 ± 0,00035
0,9	0,57703 ± 0,00032	0,80242 ± 0,00033
1	0,56925 ± 0,00031	0,80241 ± 0,00033
2	0,56558 ± 0,00032	0,80333 ± 0,00035
3	0,56502 ± 0,00031	0,80232 ± 0,00033
4	0,56457 ± 0,00033	0,80339 ± 0,00032
5	0,56912 ± 0,00033	0,80286 ± 0,00033
6	0,56468 ± 0,00031	0,80248 ± 0,00031

TABELA C38 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 93% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 93 % - Arranjo 5 5 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,72772 ± 0,00035	0,85717 ± 0,00034
0,2	0,64167 ± 0,00034	0,80749 ± 0,00034
0,3	0,60871 ± 0,00033	0,80349 ± 0,00034
0,4	0,59322 ± 0,00034	0,80284 ± 0,00031
0,5	0,58377 ± 0,00032	0,80253 ± 0,00034
0,6	0,57199 ± 0,00032	0,80229 ± 0,00034
0,7	0,57382 ± 0,00031	0,80261 ± 0,00033
0,8	0,57193 ± 0,00031	0,80246 ± 0,00036
0,9	0,57020 ± 0,00032	0,80298 ± 0,00034
1	0,56573 ± 0,00034	0,80269 ± 0,00032
2	0,56499 ± 0,00033	0,80333 ± 0,00035
3	0,56543 ± 0,00033	0,80232 ± 0,00033
4	0,56455 ± 0,00030	0,80339 ± 0,00032
5	0,56458 ± 0,00034	0,80286 ± 0,00033
6	0,56458 ± 0,00034	0,80248 ± 0,00037

TABELA C39 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 2 2 1.

Material: U_3Si_2 a 100 % - Arranjo 2 2 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,55271 ± 0,00031	0,76587 ± 0,00034
0,2	0,51861 ± 0,00032	0,74383 ± 0,00031
0,3	0,50602 ± 0,00029	0,74166 ± 0,00034
0,4	0,49744 ± 0,00030	0,74140 ± 0,00034
0,5	0,49536 ± 0,00031	0,80175 ± 0,00034
0,6	0,49536 ± 0,00030	0,74047 ± 0,00034
0,7	0,49234 ± 0,00030	0,74105 ± 0,00033
0,8	0,49234 ± 0,00030	0,74067 ± 0,00032
0,9	0,49266 ± 0,00030	0,74090 ± 0,00031
1	0,49982 ± 0,00030	0,74031 ± 0,00032
2	0,49882 ± 0,00030	0,74073 ± 0,00032
3	0,49014 ± 0,00031	0,74159 ± 0,00033
4	0,49051 ± 0,00030	0,74109 ± 0,00034
5	0,49013 ± 0,00032	0,74075 ± 0,00031
6	0,48935 ± 0,00031	0,74118 ± 0,00034

TABELA C40 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 3 3 1.

Material: U_3Si_2 a 100 % - Arranjo 3 3 1		
Distância (m)	Meio: Ar	Meio: Água
	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,60020 ± 0,00034	0,78571 ± 0,00033
0,2	0,53950 ± 0,00032	0,74570 ± 0,00033
0,3	0,51784 ± 0,00032	0,74126 ± 0,00033
0,4	0,50801 ± 0,00032	0,74176 ± 0,00033
0,5	0,50214 ± 0,00031	0,74109 ± 0,00033
0,6	0,49892 ± 0,00029	0,74119 ± 0,00033
0,7	0,49719 ± 0,00032	0,74112 ± 0,00032
0,8	0,49530 ± 0,00029	0,74109 ± 0,00033
0,9	0,49504 ± 0,00031	0,74067 ± 0,00034
1	0,49361 ± 0,00031	0,74116 ± 0,00034
2	0,49138 ± 0,00032	0,74073 ± 0,00032
3	0,49073 ± 0,00031	0,74159 ± 0,00033
4	0,49927 ± 0,00030	0,74109 ± 0,00034
5	0,49994 ± 0,00031	0,74075 ± 0,00031
6	0,49014 ± 0,00030	0,74139 ± 0,00032

TABELA C41 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 4 4 1.

Material: U_3Si_2 a 100 % - Arranjo 4 4 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,63303 ± 0,00034	0,79616 ± 0,00032
0,2	0,55428 ± 0,00033	0,74558 ± 0,00033
0,3	0,52604 ± 0,00031	0,74214 ± 0,00033
0,4	0,51504 ± 0,00031	0,74049 ± 0,00032
0,5	0,50560 ± 0,00031	0,74110 ± 0,00033
0,6	0,50175 ± 0,00032	0,74105 ± 0,00033
0,7	0,49866 ± 0,00032	0,74102 ± 0,00033
0,8	0,49747 ± 0,00031	0,74066 ± 0,00033
0,9	0,49525 ± 0,00031	0,74103 ± 0,00033
1	0,49431 ± 0,00032	0,74088 ± 0,00031
2	0,49119 ± 0,00031	0,74073 ± 0,00032
3	0,49007 ± 0,00032	0,74159 ± 0,00033
4	0,49970 ± 0,00031	0,74109 ± 0,00034
5	0,48993 ± 0,00030	0,74118 ± 0,00034
6	0,49085 ± 0,00031	0,74109 ± 0,00034

TABELA C42 Valores do k-efetivo médio para o composto U_3Si_2 no meio ar e água 100% de enriquecimento para o arranjo 5 5 1.

Material: U_3Si_2 a 100 % - Arranjo 5 5 1		
	Meio: Ar	Meio: Água
Distância (m)	k – efetivo médio	k – efetivo médio
0,1	0,65571 ± 0,00034	0,80157 ± 0,00032
0,2	0,56624 ± 0,00033	0,74647 ± 0,00033
0,3	0,53247 ± 0,00032	0,74127 ± 0,00032
0,4	0,51748 ± 0,00032	0,74089 ± 0,00033
0,5	0,50917 ± 0,00031	0,74082 ± 0,00032
0,6	0,50388 ± 0,00032	0,74091 ± 0,00033
0,7	0,50053 ± 0,00032	0,74081 ± 0,00033
0,8	0,49829 ± 0,00032	0,74134 ± 0,00034
0,9	0,49674 ± 0,00031	0,74153 ± 0,00033
1	0,49559 ± 0,00031	0,74126 ± 0,00032
2	0,49096 ± 0,00031	0,74073 ± 0,00032
3	0,49008 ± 0,00032	0,74159 ± 0,00033
4	0,49017 ± 0,00031	0,74109 ± 0,00034
5	0,49033 ± 0,00032	0,74075 ± 0,00031
6	0,48979 ± 0,00031	0,74139 ± 0,00032

APÊNDICE D

Composto UO_2 , enriquecimento 3%, arranjo 3 3 1, meio ar



GRÁFICO 1

Inicialmente, o valor do k-efetivo é decrescente tornando-se constante a partir de 0,4 m. Para esse arranjo o comportamento isolado corresponde a um k-efetivo 0,68.(Ver tabela 4.9).

Composto UO_2 , enriquecimento 4%, arranjo 4 4 1, meio ar

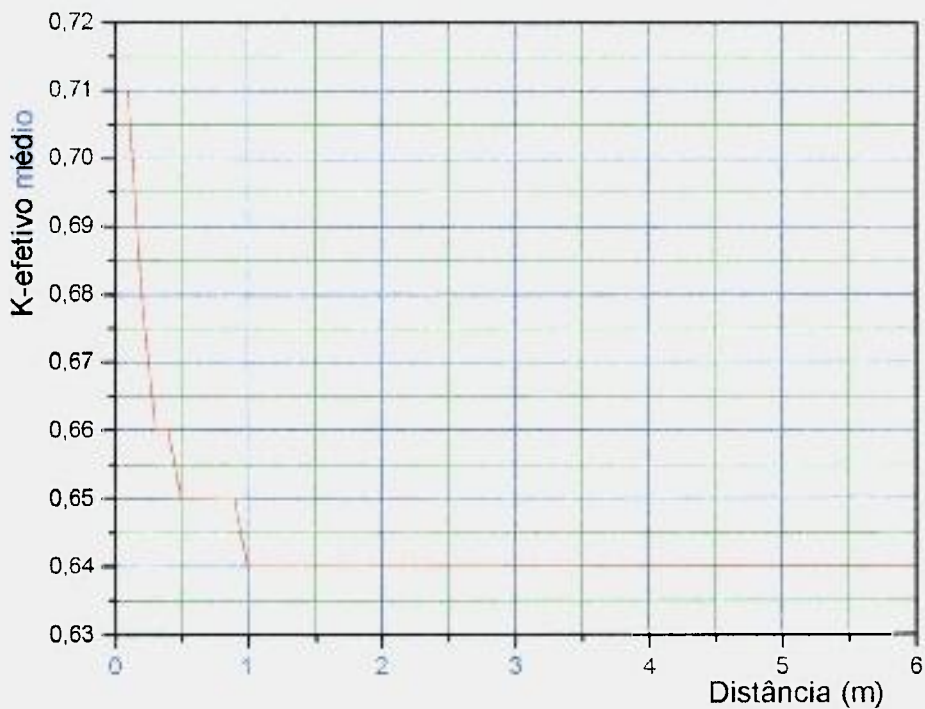


GRÁFICO 2

O valor do k-efetivo passa por três patamares a saber

- a) k-efetivo igual 0,66 para as distâncias 0,3 a 0,4 m
- b) k-efetivo igual 0,65 para as distâncias 0,5 a 0,9 m
- c) k-efetivo igual 0,64 a partir da distância 1 m

O comportamento isolado para esse composto no enriquecimento considerado é 0,65.

Composto UO_2 , enriquecimento 5%, arranjo 5 5 1, meio ar

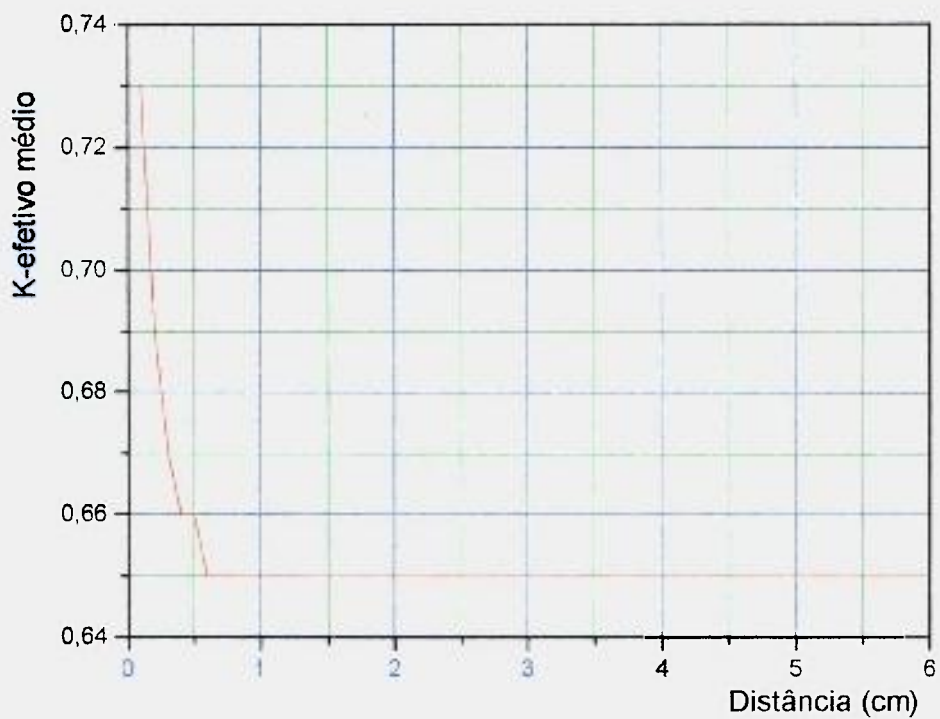


GRÁFICO 3

O valor do k-efetivo apresenta dois patamares a saber

- a) k-efetivo igual 0,66 para as distâncias 0,4 a 0,5 m
- b) k-efetivo igual 0,65 a partir da distância 0,6 m

O comportamento isolado para esse composto no enriquecimento considerado é 0,65.

Composto U_3O_8 , enriquecimento 20%, meio ar

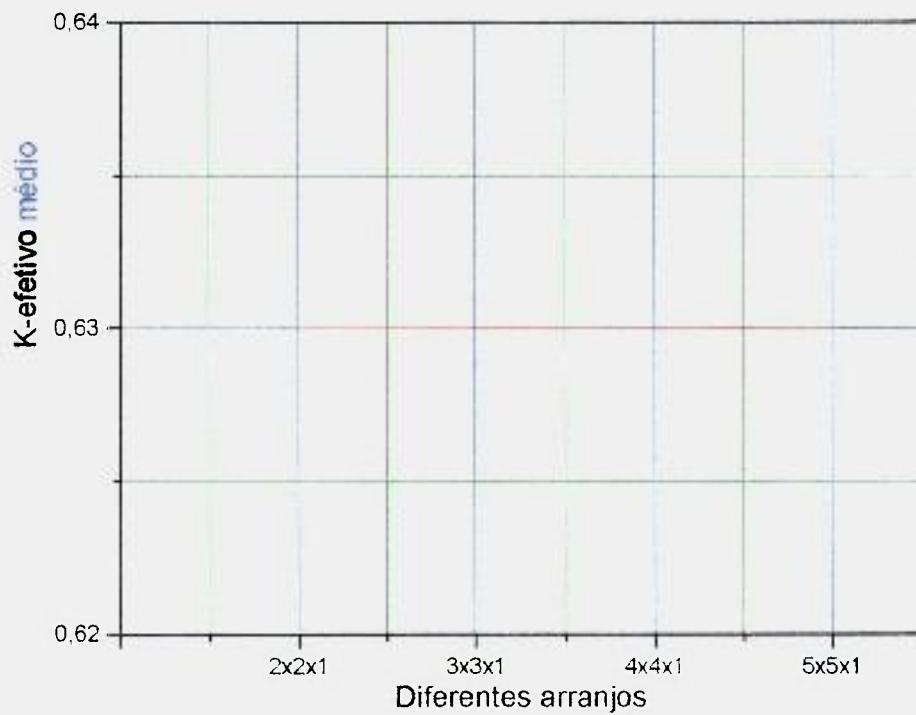


GRÁFICO 4

Para distância 0,7 m até 6 m o valor do k-efetivo médio é 0,63 para os diferentes arranjos estudados.

Composto U_3Si_2 enriquecimento 20%, meio ar, diferentes arranjos

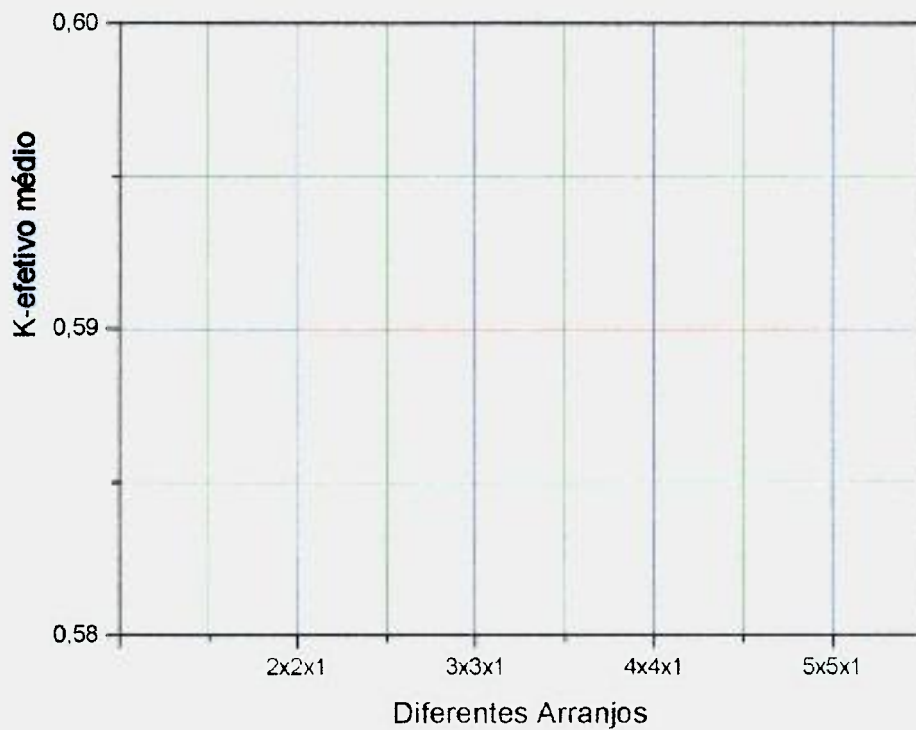


GRÁFICO 5

Distância de 2 m o valor do k-efetivo é 0,59 para os diferentes arranjos. Comportando-se como um sistema isolado. Porém na distância de 0,7m todos os diferentes arranjos apresentam um k-efetivo de 0,63.

ANEXOS

ANEXO A

*** CÉLULA DE $UO_2 + H_2O$ HOMOGENEO (E=3%)D(UO₂)=3.0 *** Linha 1

0 00	1	1	1	0	2	221	2	2	15	0
0 00	13	0	2	713881		3				
0 10	29	4								
0 10	46	5								
1 40	63	10	12	23	21	Linha 6				
0 00	601		.0001		0.0	0.948	7.853982	0.0	0.414	
0 10	625		1.25							
0 10	642		293.15							
0 10	659		293.15							
0 40	676	2.277E-04	7.364E-03	1.518E-02	2.427E-02	Linha 11				
0 00	852	2.870E+06	1.350E+06	8.210E+05	3.880E+05	1.110E+05	1.500E+04			
0 00	858	5.530E+03	1.590E+02	5.830E+02	1.010E+02	3.730E+01	1.068E+01			
1 30	864	3.060E+00	1.125E 00	4.140E -01						

colunas
12 a 20

colunas
22 a 30

colunas
32 a 40

colunas
42 a 50

Conjunto matricial representando a célula utilizada pelo programa *Gamtec* [38].
As linhas 1, 6 e 11 e suas respectivas colunas são alteradas para cada enriquecimento considerado.

ANEXO B

*** CÉLULA DE $U_3Si_2+H_2O$ HOMOGÊNEO (E= 40%) – D (U_3Si_2) = 0.2

```

0 00 1 1 1 0 2 221 2 2 15 0
0 00 13 0 2 713881 3
0 10 29 4
0 10 46 5
1 40 63 10 12 26 21
0 00 601 .0001 0.0 0.948 7.853982 0.0 0.414
0 10 625 1.25
0 10 642 293.15
0 40 676 2.034E-04 3.051E-04 1.017E-03 3.287E-02
0 00 852 2.870E+06 1.350E+06 8.210E+05 3.880E+05 1.110E+05 1.500E+04
0 00 858 5.530E+06 1.590E+03 5.830E+02 1.011E+02 3.730E+01 1.068E+01
1 30 864 3.060E 00 1.125E 00 4.140E- 01

```

*** CÉLULA DE H_2O ***

```

0 00 1 1 1 0 2 221 0 0 2 2 0 15 0
0 00 13 0 2 713881 3
0 10 29 1
0 10 46 5
1 10 63 21
0 00 601 0.0001 0.0 0.948 7.853982 0.0 0.414
0 10 625 1.25
0 10 642 293.15
0 10 659 293.15
1 10 676 3.34300-2

```

CITATION - 1D - 16 GRUPOS.

CÁLCULO DO RAIO CRÍTICO DE UMA ESFERA.

001

```

      0 0      1
1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

003

```

0 0 0 0 3      1 0 0 0 0 0 0 1
0.00001      0.0001      0.0001      0.500

```

004

```

40 40 .40      30 30 .00

```

005

```

1      2

```

CROSS SECTION

028

```

1      3 50
1.000
1
1

```

999

Conjunto formado para o programa *Citation* [39].

Linha 35 da coluna15

Para o cálculo do raio crítico de uma esfera, nessas coordenadas usa-se o algarismo 3 na seção 003 .

Para o cálculo do raio crítico de um cilindro infinito, substitui-se o algarismo 3 pelo algarismo 2 na seção 003 correspondendo às coordenadas linha 35 coluna 15.

ANEXO C

*** CÉLULA DE UO_2+H_2O HOMOGÊNEO (E=3%) – D (UO_2) =3 . 0 ***

```

0 00 1 1 1 0 2 221 2 2 15 0
0 00 13 0 2 713881 3
0 10 29 4
0 10 46 5
0 40 63 10 12 23 21
0 00 601 .0001 0 . 0 0.948 7.853982 0 . 0 0.414
0 10 625 1. 25
0 10 642 293.15
0 10 659 293.15
0 40 676 2.277E-04 7.364E-03 1.518E-02 2.427E-02
0 00 852 2.870E+06 1.350E+06 8.210E+05 3.880E+05 1.110E+05 1.500E+04
0 00 858 5.530E+03 1.590E+03 5.830E+02 1.010E+02 3.730E+02 1.068E+01
1 30 864 3.060E 00 1.125E 00 4.140E-01

```

CÉLULA DE H_2O **

```

0 00 1 1 1 0 2 221 0 0 2 2 0 15 0
0 00 13 0 2 713881 3
0 10 29 1
0 10 46 5
1 10 63 21
0 00 601 0.0001 0 . 0 0 . 948 6.615983 0 . 0 0 . 414
0 10 625 0.933167
0 10 642 293.15
0 10 659 293.15
1 10 676.033427249

```

*** CÉLULA DE AÇO INOX ***

```

0 00 1 1 1 0 2 221 0 0 2 2 0 15 0
0 00 13 0 2 713881 3
0 10 29 4
0 10 46 5
1 40 63 29 31 27 28
0 00 601 0.0001 0 . 0 0.948 6.615983 0 . 0 0 . 414
0 10 625 0.933167
0 10 642 293.15
0 10 659 293.15
1 40 676 .05289852 .008629449 .01451316.001568991

```

* AC . 3% U- 235 . *

600 . 0 500 15000 5 16 15 3*3 3 1 1 1 0 0 0 0000 00 0 5*0 00 2*0

1 - 1 1.0

2 2 1.0

3 3 1.0

(a)

CROSS SECTION

BOX TYPE 1

CYLINDER 1 14.94 11.50 - 11.50 16*0 . 5 (b)

CYLINDER 3 15.59 12.15 - 12.15 16*0 . 5 (c)

CUBOID 0 45.59 -45.59 45 59 -45 59 42.15 -42.15 16*0 . 5 (d)

END KENO ↓

Conjunto necessário para modelagem dos arranjos, programa keno IV [43]

A cada modelagem altera-se:

a: n° de arranjos nas coordenadas x, y, z. neste caso 1 1 1 (sistema isolado).

b: raio seguro da geometria considerada, neste caso, cilindro, mais metade da altura do cilindro, 16 grupos de energia multiplicado pelo fator de ponderação.

c: espessura considerada ao longo do cilindro .

d: cubóide com coordenadas+ x - x + y - y + h/2 - h/2 .16 grupos de energia multiplicado pelo fator de ponderação.

e: representa o meio considerado, 0, meio ar enquanto 2 meio água.

ANEXO D

TABELA SÉRIE URÂNIO 238

<i>Espécie radioativa</i>	<i>Nuclídeo</i>	<i>Tipo de desintegração</i>	<i>Meia-vida</i>	<i>Constante de desintegração, s⁻¹</i>	<i>Energia da partícula, Mev</i>
Urânio I (UI)	$^{92}\text{U}^{238}$	α	4.50×10^9 ano	4.88×10^{-18}	4.20
Urânio X ₁ (UX ₁)	$^{90}\text{Th}^{234}$	β	24,1 dia	3.33×10^{-7}	0,19
Urânio X ₂ (UX ₂)	$^{91}\text{Pa}^{234}$	β	1,18 min	9.77×10^{-5}	2,32
Urânio Z (UZ)	$^{91}\text{Pa}^{234}$	β	6,7 h	2.88×10^{-5}	1,13
Urânio II (UII)	$^{92}\text{U}^{234}$	α	2.50×10^5 ano	8.80×10^{-12}	4,768
Iônio (Io)	$^{90}\text{Th}^{230}$	α	8.0×10^4 ano	2.75×10^{-12}	4,68 min
Rádio (Ra)	$^{88}\text{Ra}^{226}$	α	1620 ano	1.36×10^{-11}	4,777 min
Emanação de Ra (Rn)	$^{86}\text{Rn}^{222}$	α	3,82 dia	2.10×10^{-6}	5,486
Rádio A (RaA)	$^{84}\text{Po}^{218}$	α, β	3,05 min	3.78×10^{-3}	$\alpha: 5.998$ $\beta: ?$
Rádio B (RaB)	$^{82}\text{Pb}^{214}$	β	26,8 min	4.31×10^{-4}	0,7
Astatínio-218 (At ²¹⁸)	$^{85}\text{At}^{218}$	α	1,5-2,0 s	0,4	6,63
Rádio C (RaC)	$^{83}\text{Bi}^{214}$	α, β	19,7 min	5.86×10^{-4}	$\alpha: 5.51$ min $\beta: 3.17$
Rádio C' (RaC')	$^{82}\text{Po}^{214}$	α	1.64×10^{-4} s	4.23×10^3	7,683
Rádio C'' (RaC'')	$^{81}\text{Tl}^{210}$	β	1,32 min	8.75×10^{-4}	1,9
Rádio D (RaD)	$^{82}\text{Pb}^{210}$	β	19,4 ano	1.13×10^{-6}	0,017
Rádio E (RaE)	$^{84}\text{Bi}^{210}$	β	5,0 dia	1.60×10^{-6}	1,155
Rádio F (RaF)	$^{84}\text{Po}^{210}$	α	138,3 dia	5.80×10^{-8}	5,300
Tálio-206 (Tl ²⁰⁶)	$^{81}\text{Tl}^{206}$	β	4,2 min	2.75×10^{-3}	1,51
Rádio G (RaG)	$^{82}\text{Pb}^{206}$	Estável			

ANEXO E

SÉRIE DOS ACTÍNIOS URÂNIO 235

<i>Espécie radioativa</i>	<i>Nuclídeo</i>	<i>Tipo de desintegração</i>	<i>Meia-vida</i>	<i>Constante de desintegração, s⁻¹</i>	<i>Energia da partícula, Mev</i>
Actínio-urânio (AcU)	⁸² U ²³⁵	α	7.10×10^8 ano	3.09×10^{-17}	4.559 min
Urânio Y (UY)	⁹⁰ Th ²³¹	β	25.6 h	7.51×10^{-6}	0.30
Protoactínio (Pa)	⁹¹ Pa ²³¹	α	3.43×10^4 ano	6.40×10^{-13}	5.046 min
Actínio (Ac)	⁸⁹ Ac ²²⁷	α, β	21.6 ano	1.02×10^{-8}	$\alpha: 4.94$ $\beta: 0.046$
Radioactínio (RdAc)	⁹⁰ Th ²²⁷	α	18.17 dia	4.41×10^{-7}	6.03 min
Actínio K (AcK)	⁸⁷ Fr ²²³	α, β	22 min	5.25×10^{-11}	$\beta: 1.2$ $\alpha: 5.34$
Actínio X (AcX)	⁸⁶ Ra ²²³	α	11.68 dia	6.87×10^{-7}	5.864
Astatínio-219	⁸⁵ At ²¹⁹	α, β	0,9 min	1.26×10^{-2}	$\alpha: 6.27$
Emanação de Ac (An)	⁸⁶ Em ²¹⁹	α	3,92 s	0,177	6,810 min
Bismuto-215	⁸³ Bi ²¹⁵	α, β	8 min	1.44×10^{-3}	?
Actínio A (AcA)	⁸⁴ Po ²¹⁵	α, β	1.83×10^{-3} s	3.79×10^2	$\alpha: 7.37$
Actínio B (AcB)	⁸² Pb ²¹¹	β	36.1 min	3.20×10^{-4}	1.39
Astatínio-215	⁸⁵ At ²¹⁵	α	10^{-4} s	7×10^3	8.00
Actínio C (AcC)	⁸³ Bi ²¹¹	α, β	2.15 min	5.28×10^{-3}	$\alpha: 6.617$ min
Actínio C' (AcC')	⁸⁴ Po ²¹¹	α	0.52 s	1.33	7.442 min
Actínio C'' (AcC'')	⁸¹ Tl ²⁰⁷	β	4.79 min	2.41×10^{-3}	1.44
Actínio D (AcD)	⁸² Pb ²⁰⁷	Estável			