



**AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO**

**OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE RADIOPROTEÇÃO NAS
INSTALAÇÕES RADIOGRÁFICAS DE GAMAGRAFIA**

JOÃO ANTONIO FILHO

**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
1999**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE radioproteção NAS INSTALAÇÕES RADIOGRÁFICAS DE GAMAGRAFIA

JOÃO ANTONIO FILHO

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Ciências na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear.

Orientador

Dr. Gian-Maria A. A. Sordi



SÃO PAULO

1999

A Luzimary,
Luziane e Gisely,
dedico

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meu sincero agradecimento ao Professor Dr. Gian-Maria A. A. Sordi, pela honra de sua inestimável orientação, apoio encorajamento e compreensão durante o desenrolar deste trabalho, pela revisão cuidadosa das minutas e os comentários e sugestões sobre o trabalho.

Ao Professor Dr. Waldeciro Colaço do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio encorajamento e compreensão durante o desenrolar deste trabalho, pela revisão cuidadosa e os comentários e sugestões sobre o trabalho.

Aos professores Sueldo Vita da Silveira, Coordenador do Laboratório de Proteção Radiológica e Carlos Alberto Brayner de Oliveira Lira, chefe do Departamento de Energia Nuclear, por terem proporcionado as condições necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco pelo apoio que me foi dado.

A todos os integrantes do Laboratório de Monitoração Individual Externa do Departamento de Energia Nuclear.

A todos integrantes do Laboratório de Proteção Radiológica do Instituto Pesquisas energéticas e Nucleares –IPEN.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida através do PIDCT da Universidade Federal de Pernambuco.

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE RADIOPROTEÇÃO NAS INSTALAÇÕES RADIOGRÁFICAS DE GAMAGRAFIA

João Antonio Filho

Resumo

Com o objetivo de determinar o limite de dose otimizado para trabalhadores em instalações radiográficas de gamagrafia, foi realizado um estudo de otimização da radioproteção utilizando a técnica de *Análise de Prioridade com Atributos Múltiplos*. Foram estudadas e analisadas 217 opções de proteção, distribuídas em 34 cenários de irradiação nas instalações fechada do tipo bunker, aberta fixa e aberta móvel. Na determinação do limite de dose otimizado foram considerados os seguintes atributos: – custos das barreiras de proteção, custos atribuídos ao dano biológico para diferentes valores de alfa, área de isolamento, limites de doses equivalentes individuais anuais e dose coletiva. As variáveis utilizadas na avaliação incluíram: carga de trabalho efetiva, tipo e atividade das fontes emissoras de radiação γ (^{192}Ir e ^{60}Co), distância fonte operador, tipo e espessura dos materiais utilizados nas barreiras de proteção (concreto, barita, cerâmica, chumbo, liga de aço, tungstênio). As soluções analíticas ótimas obtidas no processo de otimização que resultou na indicação do limite de dose otimizado, foram determinadas por meio das análises de sensibilidade e avaliações direta e lógica. Desta forma, independentemente dos valores de coeficiente monetário atribuído ao dano biológico, dos juros anuais aplicados ao custo de proteção e do tipo de instalação estudada, concluiu-se que o limite primário de dose equivalente anual para trabalhadores (atualmente 50 mSv.) pode ser facilmente reduzido para o limite de dose equivalente anual otimizado de 5 mSv.

OPTIMIZATION OF RADIATION PROTECTION IN GAMMAGRAPHIC FACILITIES

João Filho, Antonio

Abstract

To determine optimized dose limits for workers, a study of optimization of radiation protection was undertaken in gammagraphic facilities closed, using the Technique Multiple Attributes Utility Analysis. A total of 217 protection options, distributed in 34 irradiation scenarios for three facility types (fixed open, moveable and closed (bunker)) were analyzed. In the determination of the optimized limit dose, the following attributes were considered: costs of the protection barriers, costs attributed to the biological detriment for different alpha (the reference value of unit collective dose), size of the isolation area, constrained limits dose of annual individual equivalent doses and collective dose. The variables studied in the evaluation included: effective work load, type and activity of the sources of radiation (^{192}Ir and ^{60}Co), source-operator distance related to the characteristic of the length of the command cable and the guide tube, type and thickness of the materials used in the protection barriers (concrete, barite, ceramic, lead, steel alloy and tungsten). The optimal analytic solutions obtained in the optimization process that resulted in the indication of the optimized dose limit were determined by means of a sensitivity analysis and by direct and logic evaluations. Thus, independent of the values of the monetary coefficient attributed to the biological detriment, of the annual interest rate applied to the protection cost and of the type of installation studied, it was concluded that the primary limit of annual equivalent dose for workers (now 50 mSv) can be easily reduced to an optimized annual dose limit of 5 msv.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 – INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 3 |
| 2.1 – RADIOGRAFIA INDUSTRIAL..... | 3 |
| 2.2 – TIPOS DE INSTALAÇÕES..... | 4 |
| 2.3 – PRINCÍPIOS DO SISTEMA DE LIMITAÇÃO DE DOSES | 4 |
| 2.3.1 – <i>Sistema de limitação de doses</i> | 7 |
| 2.3.2 – <i>Determinação do Detrimento</i> | 9 |
| 2.4 – PRINCÍPIO DA JUSTIFICAÇÃO..... | 11 |
| 2.5 – PRINCÍPIO DA OTIMIZAÇÃO DA RADIOPROTEÇÃO | 12 |
| 2.5.1 – <i>Análise custo-eficácia</i> | 15 |
| 2.5.2 - <i>Análise custo-benefício</i> | 15 |
| 2.5.3 – <i>Análise custo-benefício diferencial</i> | 15 |
| 2.5.4 – <i>Análise custo-benefício expandida</i> | 15 |
| 2.5.5 – <i>Análise de preferência com critérios múltiplos</i> | 16 |
| 2.5.6 – <i>Análise de prioridade com atributos múltiplos</i> | 17 |
| 2.6 – TÉCNICA DE ANÁLISE DE PRIORIDADE COM ATRIBUTOS MÚLTIPLOS | 17 |
| 3 – METODOLOGIA | 20 |
| 3.1 – TIPO DE INSTALAÇÃO | 20 |
| 3.1.1 – <i>Geometria dos cenários de irradiação da Instalação aberta</i> <i>fixa</i> | 20 |
| 3.1.2 – <i>Geometria dos cenários de irradiação na Instalação aberta</i> <i>móvel</i> | 23 |
| 3.1.3 – <i>Geometria dos cenários de irradiação da Instalação</i> <i>fechada</i> | 26 |
| 3.2 – CARGA DE TRABALHO | 29 |
| 3.3 – CENÁRIOS DE IRRADIAÇÃO | 29 |
| 3.4 – BARREIRAS DE PROTEÇÃO | 31 |

| | |
|---|------------|
| 3.5 – OPÇÕES DE PROTEÇÃO..... | 32 |
| 3.6 – CUSTO ANUAL DE PROTEÇÃO..... | 39 |
| 3.7 – CÁLCULO DA DOSE EQUIVALENTE..... | 43 |
| 3.7.1 – <i>Instalação aberta fixa</i> | 44 |
| 3.7.2 – <i>Instalações fechadas e abertas móveis</i> | 48 |
| 3.7.3 – <i>Dose equivalente individual para indivíduos do público</i> | 48 |
| 3.7.4 – <i>Dose equivalente coletiva anual</i> | 49 |
| 3.8 – FUNÇÕES DE PRIORIDADES PARCIAIS..... | 51 |
| 3.9 – FATORES DE CRESCIMENTO..... | 53 |
| 3.10 – DESEMPENHO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO..... | 54 |
| 3.11 – OTIMIZAÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO..... | 55 |
| 3.12 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE..... | 56 |
| 3.12.1 – <i>Análise de sensibilidade I</i> | 56 |
| 3.12.2 – <i>Análise de sensibilidade II</i> | 56 |
| 3.12.3 – <i>Análise de sensibilidade III</i> | 57 |
| 3.12.4 – <i>Análise de sensibilidade IV</i> | 57 |
| 4 – RESULTADOS..... | 58 |
| 4.1 – INSTALAÇÃO ABERTA FIXA..... | 58 |
| 4.2 – INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL - ¹⁹² Ir..... | 62 |
| 4.3 – INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO – ¹⁹² Ir..... | 66 |
| 4.4 – INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO - ⁶⁰ Co..... | 68 |
| 4.5 – INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO - ¹⁹² Ir..... | 72 |
| 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... | 74 |
| 5.1 – INSTALAÇÃO ABERTA FIXA..... | 74 |
| 5.2 – INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL..... | 85 |
| 5.3 – INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO - ¹⁹² Ir..... | 89 |
| 5.4 – INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO - ⁶⁰ Co..... | 97 |
| 5.5 – INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO - ¹⁹² Ir..... | 103 |
| 6 – CONCLUSÃO..... | 110 |
| 7 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 112 |
| APÊNDICE 1..... | 113 |

| | |
|---|------------|
| GRANDEZAS E UNIDADES..... | 113 |
| APÊNDICE 2..... | 119 |
| <i>INSTALAÇÃO ABERTA FIXA.....</i> | <i>119</i> |
| APÊNDICE 3..... | 148 |
| <i>INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL.....</i> | <i>148</i> |
| APÊNDICE 4..... | 163 |
| <i>INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ¹⁹²Ir.....</i> | <i>163</i> |
| APÊNDICE 5..... | 181 |
| <i>INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ⁶⁰Co.....</i> | <i>181</i> |
| APÊNDICE 6..... | 194 |
| <i>INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO.....</i> | <i>194</i> |
| APÊNDICE 7..... | 222 |
| <i>MEMÓRIA DE CÁLCULO.....</i> | <i>222</i> |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 238 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 2.1 – REPRESENTAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE RISCO À SAÚDE DO TRABALHADOR E DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL, CONSIDERANDO OS NÍVEIS DE ACEITABILIDADE E/OU TOLERABILIDADE EM TERMOS DE CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA..... | 8 |
| FIGURA 3.1- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS ÁREAS DE TRABALHO UTILIZADAS NAS INSTALAÇÕES RADIOGRÁFICAS. | 21 |
| FIGURA 3.2– REPRESENTAÇÃO DAS GEOMETRIAS DOS CENÁRIOS DE IRRADIAÇÃO, SEM BARREIRA DE PROTEÇÃO, UTILIZADA NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. | 21 |
| FIGURA 3.3– REPRESENTAÇÃO DAS GEOMETRIAS DOS CENÁRIOS DE IRRADIAÇÃO, COM DIFERENTES BARREIRAS DE PROTEÇÃO, UTILIZADA NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA..... | 22 |
| FIGURA 3.4– REPRESENTAÇÃO DAS GEOMETRIAS DOS CENÁRIOS DE IRRADIAÇÃO UTILIZADA NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL, COM DIFERENTES BARREIRAS DE PROTEÇÃO. | 24 |
| FIGURA 3.5 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA GEOMETRIA DE IRRADIAÇÃO EM ZONA URBANA PARA OS ENSAIOS EFETUADOS AO NÍVEL DO SOLO, MOSTRANDO O POSICIONAMENTO DAS JUNTAS EM RELAÇÃO ÀS RESIDÊNCIAS E À BARREIRA DE PROTEÇÃO. | 24 |
| FIGURA 3.5A - GEOMETRIA UTILIZADA NO CÁLCULO DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL PARA INDIVÍDUOS DO PÚBLICO, EM ZONA URBANA NA RESIDÊNCIA DE REFERÊNCIA “R ₄ ”. | 25 |
| FIGURA 3.6 - ESQUEMA DE UMA VALA COM DUCTO (VISTA LATERAL), EM ZONA URBANA, COM INDICAÇÃO DAS DIMENSÕES CARACTERÍSTICAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO. | 25 |
| FIGURA 3.6A – REPRESENTAÇÃO DA GEOMETRIA DE IRRADIAÇÃO DOS ENSAIOS RADIOGRÁFICOS REALIZADOS EM UMA VALA NA ZONA URBANA, MOSTRANDO A BARREIRA DE PROTEÇÃO NATURAL. | 26 |
| FIGURA 3.7 - REPRESENTAÇÃO DA CASAMATA COM TETO NA INSTALAÇÃO FECHADA | |

(VISTA LATERAL)27

FIGURA 3.7A - REPRESENTAÇÃO CASAMATA COM TETO NA INSTALAÇÃO FECHADA (VISTA FRONTAL).....27

FIGURA 3.8 - REPRESENTAÇÃO DA CASAMATA SEM TETO NA INSTALAÇÃO FECHADA (VISTA FRONTAL).....28

FIGURA 3.8A – REPRESENTAÇÃO DA CASAMATA SEM TETO NA INSTALAÇÃO FECHADA (VISTA LATERAL).28

FIGURA 3.9 – FUNÇÃO DE PRIORIDADE SIMPLES DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL.52

FIGURA 4.1- COMPORTAMENTO DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL CALCULADA NAS RESIDÊNCIAS PARA AS 10 JUNTAS RADIOGRAFADAS.....63

FIGURA 4.2 – COMPORTAMENTO SIMÉTRICO DA DOSE EQUIVALENTE ANUAL CALCULADA NAS RESIDÊNCIAS “R” PARA TRÊS CONJUNTOS DE 10 RESIDÊNCIAS, DISPOSTAS EM FORMA SEQUENCIAL.....64

FIGURA 4.3 – COMPORTAMENTO DA DOSE EQUIVALENTE ANUAL CALCULADA NA CABINA DE COMANDO DA PONTE ROLANTE, EM FUNÇÃO DO DESLOCAMENTO LATERAL, NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA FONTE DE ¹⁹²Ir COM ATIVIDADE DE 7,4 TBq.67

FIGURA 4.4 – COMPORTAMENTO DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL CALCULADA NA CABINA DE COMANDO DA PONTE ROLANTE, EM FUNÇÃO DO DESLOCAMENTO LATERAL, NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO, PARA FONTE DE ⁶⁰Co COM ATIVIDADE DE 1,85 TBq.69

FIGURA 5.1 – CUSTO ANUAL DE PROTEÇÃO, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA.75

FIGURA 5.2 - CUSTO ANUAL DE PROTEÇÃO EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO, ENVOLVENDO O CUSTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO E DO DETRIMENTO BIOLÓGICO, NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA.75

FIGURA 5.3 – CURVA DA ÁREA DE ISOLAMENTO UTILIZADA NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA EM FUNÇÃO DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL, PARA DIFERENTES ESPESSURAS DE CHUMBO.....77

FIGURA 5.4 – CURVA DA ÁREA DE ISOLAMENTO¹ EM FUNÇÃO DA DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL PARA AS DIFERENTES ESPESSURAS DE AÇO, UTILIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA.77

FIGURA 5.5 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO CUSTO DE PROTEÇÃO, EM

FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 80

]FIGURA 5.6 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 80

FIGURA 5.7 – PREFERÊNCIA DO ATRIBUTO DOSE COLETIVA ANUAL, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 80

FIGURA 5.8 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO “ÁREA DE ISOLAMENTO”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 81

FIGURA 5.9 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P ”, “ X_P+X_Y ”, “ $X_P+X_Y+X_A$ ” E DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “ H ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 81

FIGURA 5.10 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS “CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P ”, “ X_P+X_Y ”, “ $X_P+X_Y+X_A$ ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “ H ” E COLETIVA “ S_C ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 82

FIGURA 5.11 – PREFERÊNCIA RELATIVA PELOS ATRIBUTOS “CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P ”, “ X_P+X_Y ” E “ $X_P+X_Y+X_A$ ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “ H_1 ”, DOSE COLETIVA “ S_C ” E ÁREA DE ISOLAMENTO “ A ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA FIXA. 82

FIGURA 5.12 - CUSTOS DA BARREIRA DE PROTEÇÃO “ X_P ” EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 85

FIGURA 5.13 - CUSTO TOTAL DE PROTEÇÃO “ X_P+X_Y ” EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 86

FIGURA 5.14 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P E X_P+X_Y ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 86

FIGURA 5.15 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “ H ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO OTIMIZADA, NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 87

FIGURA 5.16 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO OTIMIZADA, NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 87

FIGURA 5.17 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO TOTAL DE PROTEÇÃO “ X_P+X_Y ” E DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “ H ” EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO OTIMIZADA, NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL. 87

| | |
|--|----|
| FIGURA 5.18 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO TOTAL DE PROTEÇÃO “ X_P+X_Y ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H” E DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ” EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO OTIMIZADA, NA INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL..... | 88 |
| FIGURA 5.19- CUSTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO “ X_P ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 90 |
| FIGURA 5.20 - CUSTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO “ X_P ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 91 |
| FIGURA 5.21 – CUSTO TOTAL DE PROTEÇÃO “ $X_P+X_A+X_Y$ ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 91 |
| FIGURA 5.22 – CUSTO TOTAL DE PROTEÇÃO “ $X_P+X_A+X_Y$ ”, EM FUNÇÃO DA OPÇÃO DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 91 |
| FIGURA 5.23 - PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 93 |
| FIGURA 5.24 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE COLETIVA “ S_C ” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 93 |
| FIGURA 5.25 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO CUSTO DE PROTEÇÃO X_P , X_P+X_Y E $X_P+X_Y+X_A$, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 93 |
| FIGURA 5.26 – PREFERÊNCIA RELATIVA PELO ATRIBUTO ÁREAS DE ISOLAMENTO “A” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 94 |
| FIGURA 5.27 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO “ X_P , X_P+X_Y E $X_P+X_Y+X_A$ ” E DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 95 |
| FIGURA 5.28 - PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P , X_P+X_Y E $X_P+X_Y+X_A$ ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H” E DOSE COLETIVA “ S_C ” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 95 |
| FIGURA 5.29- PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO “ X_P , X_P+X_Y E $X_P+X_Y+X_A$ ” DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H”, DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ” E À ÁREA DE ISOLAMENTO “A” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS | |

| | |
|---|-----|
| NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir | 96 |
| FIGURA 5.30 - CUSTO ANUAL DE PROTEÇÃO " X_P , X_P+X_Y , $X_P+X_Y+X_A$ ", NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 98 |
| FIGURA 5.31 - CUSTOS DE PROTEÇÃO " X_P , X_P+X_Y , $X_P+X_Y+X_A$ ", " X_P+X_Y " DAS OPÇÕES NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 99 |
| FIGURA 5.32 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL "H", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 99 |
| FIGURA 5.33 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO DOSE COLETIVA ANUAL " S_C ", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO COM ^{60}Co | 100 |
| FIGURA 5.34- PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO CUSTOS DE PROTEÇÃO " X_P ", " X_P+X_Y " E " $X_P+X_Y+X_A$ " EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 100 |
| FIGURA 5.35– PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO ÁREA DE ISOLAMENTO "A", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO COM ^{60}Co | 100 |
| FIGURA 5.36 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO " X_P ", " X_P+X_Y ", " $X_P+X_Y+X_A$ ", DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL "H" EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS, NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 102 |
| FIGURA 5.37 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO, " X_P ", " X_P+X_Y ", " $X_P+X_Y+X_A$ ", DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL "H" E DOSE COLETIVA ANUAL " S_C ", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 102 |
| FIGURA 5.38 - PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO, " X_P , X_P+X_Y , $X_P+X_Y+X_A$ ", DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL "H" E DOSE COLETIVA ANUAL " S_C " E ÁREA DE ISOLAMENTO "A", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co | 102 |
| FIGURA 5.39 - CUSTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO " X_P " DAS OPÇÕES NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO PARA ^{192}Ir | 104 |
| FIGURA 5.40 - CUSTO DA BARREIRA DE PROTEÇÃO " X_P " DAS OPÇÕES NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO PARA ^{192}Ir | 105 |
| FIGURA 5.41 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO "DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL "H", EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA | |

| | |
|--|-----|
| INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO..... | 106 |
| FIGURA 5.42 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO “DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO. | 106 |
| FIGURA 5.43 - PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTOS DE PROTEÇÃO “ X_P , X_P+X_Y E $X_P+X_Y+X_A$ ”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO..... | 106 |
| FIGURA 5.44 – PREFERÊNCIA RELATIVA DO ATRIBUTO ÁREA DE ISOLAMENTO “A”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO. | 107 |
| FIGURA 5.45 – PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO “ $X_P+X_Y+X_A$ ” E DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO..... | 107 |
| FIGURA 5.46 - PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO “ X_P ”, “ X_P+X_Y ”, “ $X_P+X_Y+X_A$ ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H” E DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ” EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO OTIMIZADAS NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO..... | 108 |
| FIGURA 5.47 - PREFERÊNCIA RELATIVA DOS ATRIBUTOS CUSTO DE PROTEÇÃO “ X_P ”, “ X_P+X_Y ”, “ $X_P+X_Y+X_A$ ”, DOSE EQUIVALENTE INDIVIDUAL ANUAL “H”, DOSE COLETIVA ANUAL “ S_C ” E ÁREA DE ISOLAMENTO “A”, EM FUNÇÃO DAS OPÇÕES DE PROTEÇÃO NA INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO. | 108 |

1 – INTRODUÇÃO

A radiografia industrial é uma técnica de inspeção de ensaio não destrutivo (END) largamente utilizada no controle de qualidade de peças e equipamentos, pelas indústrias naval, siderúrgica e nuclear, onde são exigidos altos padrões de segurança. No Brasil⁽¹⁾, existiam em 1992, 127 instalações de radiografia industrial, oficialmente cadastradas na Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, operando com 248 geradores de raios-X, 4 aceleradores e 293 irradiadores empregados na gamagrafia, sendo 93,9% com fonte de ^{192}Ir e 6,1% com fonte de ^{60}Co .

Todas as atividades operacionais da radiografia industrial no Brasil são licenciadas e regulamentadas pela CNEN. As normas^{(2),(3)} pertinentes, do ponto de vista da radioproteção, estão fundamentadas no sistema de limitação de doses da CNEN, o qual está baseado nos princípios do sistema de limitação de doses recomendado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica-CIPR-26⁽⁴⁾.

A otimização da radioproteção é um requisito básico do sistema de limitação de doses, aplicado a todas as situações onde a exposição às radiações possa ser controlada pelas medidas de proteção. Vários pesquisadores têm utilizado a técnica de análise custo-benefício no processo de otimização nas diferentes áreas de aplicações das radiações ionizantes, tais como: usinas de mineração e beneficiamento de urânio⁽⁵⁾, projeto de plantas de usinas nucleares⁽⁶⁾, retenção de materiais radioativos transportados pelo ar⁽⁷⁾, avaliações de elementos específicos em programas de radioproteção⁽⁸⁾, otimização do risco de radiação na aplicação de regulamento para gerenciamento de rejeito radioativo⁽⁹⁾, nos casos de decisão de realojar a população após evacuação em casos de acidentes⁽¹⁰⁾, na revisão de projetos de instalações radiográficas⁽¹¹⁾ operando com raios-X, na avaliação do detrimento à saúde⁽¹²⁾, etc. Este trabalho tem como objetivos:

- a) Estudar a otimização do sistema de radioproteção na gamagrafia, com a finalidade de definir limites de dose otimizados, levando-se em conta os compromissos da qualidade nos ensaios radiográficos e a obediência ao sistema de limitação de doses;
- b) Verificar se é possível, partindo de cenários de irradiação com doses mais elevadas, modificá-los em obediência ao princípio de otimização, no sentido de melhorar o sistema de proteção e diminuir as doses até um valor inferior a 1/10 do limite fixado pela norma nacional (50 mSv/ano) de corpo inteiro para trabalhador;
- c) Verificar quantas otimizações sucessivas e seus respectivos custos serão necessárias para se chegar aos valores de dose pretendidos (≤ 5 mSv/ano, por exemplo);
- d) Estudar a possibilidade de se estabelecer no futuro uma norma nacional específica para a gamagrafia que, se obedecida, acarreterá uma redução das doses sem que o usuário necessite invocar as técnicas de ajuda para a tomada de decisão utilizadas na radioproteção; e
- e) Verificar a robustez dos resultados obtidos por meio das análises de sensibilidade dos atributos de proteção utilizados neste trabalho.

2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 – Radiografia industrial

A radiografia industrial⁽¹³⁾ teve seu início com o emprego dos aparelhos geradores de raios-X e, mais tarde, na década de 50, sua aplicação foi ampliada com a utilização dos radioisótopos emissores de radiação- γ . A utilização dos radioisótopos nos ensaios não-destrutivos é conhecida como gamagrafia, que utiliza o alto poder de penetração da radiação na matéria para examinar o interior dos materiais. Dentre os radioisótopos^(13;14) empregados na gamagrafia, destacam-se: ^{192}Ir e ^{60}Co .

A técnica radiográfica^(13;15) utilizada na detecção de defeitos em equipamentos e/ou peças soldadas ou fundidas, está fundamentada nas propriedades resultantes da interação da radiação com o material ensaiado e com a emulsão da película radiográfica. Na gamagrafia, os raios- γ , ao atravessarem variadas seções do objeto radiografado, sofrem diferentes graus de atenuação que dependem, entre outras grandezas, das espessuras e das densidades específicas de uma particular seção do objeto.

Assim, o objeto radiografado que apresentar variações de espessura, mistura de metais ou impurezas, tais como vazios, falta de fusão, escória, bolhas de ar, terá sua imagem projetada na película radiográfica, imagem esta conhecida como imagem latente^(15, 16), que, após a revelação, se transformará em imagem visível. A visualização⁽¹⁵⁾ do(s) defeito(s) no objeto radiografado será observada pela presença dos inúmeros pontos ou conjuntos de pontos com diferentes graus de escurecimento, fornecendo diferentes densidades óticas.

2.2 – Tipos de instalações

As empresas que atuam na área de radiografia industrial são classificadas, de acordo com a UNSCEAR^(17,18), em duas categorias: aquelas em que as instalações radiográficas são permanentes e os materiais são ensaiados em condições controladas e aquelas em que as fontes de radiação são usadas em condições precárias, como canteiros de obras e frentes de serviço. A CNEN⁽³⁾ classifica as instalações radiográficas em dois tipos: instalações fechada e aberta. Na instalação fechada, os serviços são executados no interior de uma casamata (bunker), enquanto na aberta, são executados nas frentes de serviço.

2.3 – Princípios do sistema de limitação de dose

O perigo das radiações ionizantes tem sido reconhecido pelos cientistas desde o início do século⁽¹⁹⁾. Entretanto, os princípios básicos da radioproteção recomendados pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica - CIPR estão fundamentados em resultados de experiências e pesquisas de mais de cinquenta anos, tendo evoluído com o transcorrer do tempo.

A primeira preocupação da CIPR⁽²⁰⁾ foi com o trabalhador, quando estabeleceu o primeiro limite de dose para efeitos determinísticos, em termos da "dose de tolerância". Pensava-se que os efeitos da radiação só eram observados a partir de um certo limiar de dose e que doses abaixo desse limiar eram toleráveis, porque os efeitos não eram observáveis.

Anos mais tarde, a CIPR por meio de estudos e experiências adquiridas, principalmente baseados nos efeitos decorrentes das explosões nucleares de Hiroshima e Nagasaki, no Japão, reconheceu os efeitos genéticos e alguns efeitos tardios da radiação, em particular os tumores malignos (câncer). A partir do reconhecimento desses efeitos, foi assumida a hipótese conservativa da

relação linear entre o detrimento (risco) biológico e a dose total recebida abaixo dos limiares de dose para efeitos determinísticos.

Desde então, a CIPR estabeleceu os limites de dose para membros do público, abandonando o conceito de "dose de tolerância" em favor do conceito de "risco aceitável". Isso levou ao estabelecimento da proposta de doses máximas permissíveis associando o risco zero aos *efeitos determinísticos* (doses abaixo dos limiares para tais efeitos) e um risco aceitavelmente pequeno aos *efeitos estocásticos* (doses muito inferiores aos limiares de dose para efeito estocástico), quando comparados com outros perigos de vida.

Entretanto, o desconhecimento dos valores dos limites de doses máximas permissíveis propostos, associado aos riscos e ao conhecimento de que certos efeitos da radiação eram irreversíveis e cumulativos, levou a CIPR⁽²⁰⁾ a recomendar que fossem feitos todos os esforços para reduzir a exposição a todo tipo de radiação ao menor nível possível. Surgiram, então, os primeiros princípios básicos da filosofia da radioproteção, a saber:

- Princípio do limite, que "*consiste na obediência ao limite de dose máxima permissível*";
- Princípio da tendência, que "*consiste no comprometimento de reduzir a dose ao menor valor possível*".

Porém, na formulação desses princípios, algumas perguntas ficaram sem respostas concretas, como:

"Se os limites de dose forem obedecidos, poderemos ter uma proteção radiológica branda, pois o caso não justificaria uma proteção mais segura?"

"À medida que se aumenta o custo de proteção de uma determinada prática, tem-se um aumento do nível de proteção, mas o custo de proteção cresce exponencialmente com o aumento do nível de proteção (redução do valor da dose) e, então, cabe a pergunta: até que ponto o aumento do custo justifica o benefício?"

Assim, em razão de questões como essas e outras, a CIPR⁽²¹⁾ enfatizou que as "doses máximas permissíveis" recomendadas fossem os valores máximos e reformulou o princípio da tendência com um novo enunciado: "*Todas as doses devem ser mantidas tão pequenas quanto praticáveis e qualquer irradiação desnecessária deve ser evitada*".

Em 1973, em virtude da dificuldade de sua aplicação no processo de redução de dose, a CIPR⁽²²⁾ redefiniu esse princípio, reconhecendo explicitamente a necessidade de se levar em conta dois fatores importantes:

O fator econômico e

O fator social

Um novo enunciado para o princípio da tendência foi estabelecido: "*Em qualquer irradiação que possa envolver algum grau de risco, as exposições desnecessárias devem ser evitadas e todas as doses devem ser mantidas tão pequenas quanto facilmente exequíveis, levando em conta os fatores econômicos e sociais*". Com esse enunciado, tornou-se inequívoca a formulação dos dois princípios, agora conhecidos como:

Princípio da Justificação – O risco associado com a limitação de dose deve ser convenientemente pequeno em relação ao benefício resultante da prática, onde "*o risco para trabalhadores não deve exceder aqueles aceitos na maioria das ocupações industriais e científicas reconhecidas como tendo alto grau de segurança*". E para indivíduos do público, "*o risco deve ser menor ou igual ao regularmente aceito na sua vida diária e será justificado em termos do benefício*" que, de outro modo, não poderia ser recebido.

Princípio da Otimização - A limitação de dose deve ser estabelecida em um valor suficientemente pequeno, tal que qualquer nova redução do risco não seja justificada.

2.3.1 – Sistema de limitação de doses

O sistema de limitação de doses culminou com a publicação da ICRP-26⁽⁴⁾, resultado de experiências adquiridas e revisões dos princípios básicos da filosofia da radioproteção^(20;21;22). Esses princípios eram fundamentados na limitação de dose para indivíduos (com limites correspondendo a um risco aceitável) e na redução do impacto radiológico da prática justificada, combinada com o custo do detrimento e da proteção. Atualmente, o sistema de limitação de doses é formado por três princípios básicos:

- da justificação - *“Nenhuma atividade será adotada, a não ser que sua introdução produza um benefício líquido positivo”*;
- da otimização da proteção - *“Todas as exposições serão mantidas em níveis tão pequenos quanto racionalmente exequíveis, levando-se em consideração os fatores econômicos e sociais”* (conhecido como princípio ALARA);
- da limitação do risco individual - *“As doses equivalentes em indivíduos não devem exceder os limites recomendados pela CIPR para as circunstâncias apropriadas”*.

Tendo em conta o que é estabelecido nos três princípios básicos do sistema de limitação de doses, vale ressaltar os seguintes aspectos:

O primeiro princípio não somente é mais pertinente à autoridade competente do país – uma vez que proíbe atividades humanas utilizando radiações ionizantes que produzam mais malefícios do que benefícios à população envolvida, mas também é relativo à sua utilização pelo usuário da radiação ionizante sempre que possa fazer uma seleção entre várias técnicas ou procedimentos.

O segundo princípio visa, em resumo, a redução das doses (nas três categorias em que são divididos os irradiados, isto é, trabalhadores, indivíduos do público e pacientes) para níveis mínimos de risco, que sejam aceitos pela população em função dos benefícios trazidos pelo uso das radiações

ionizantes. No caso da categoria de trabalhadores, a relação entre risco à saúde e dose equivalente individual pode ser entendida pela Figura 2.1:

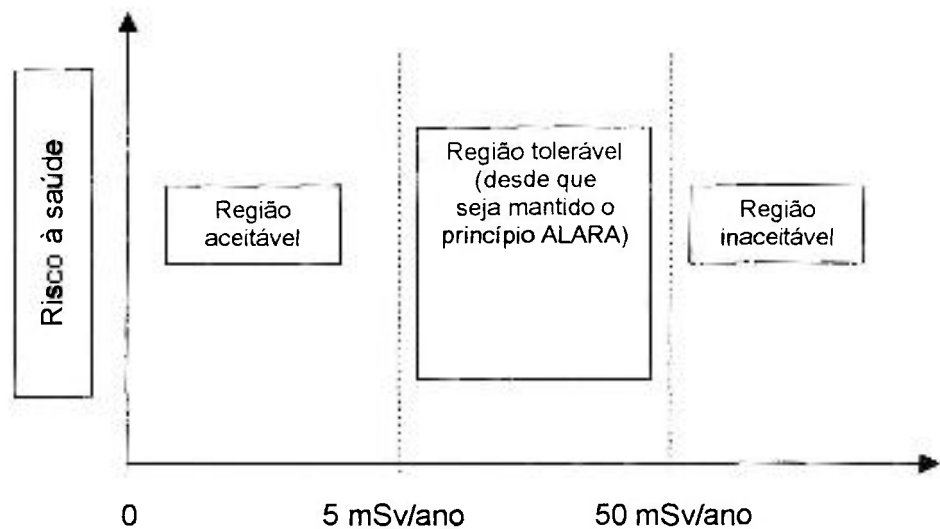


Figura 2.1 – Representação da relação entre risco à saúde do trabalhador e dose equivalente individual anual, considerando os níveis de aceitabilidade e/ou tolerabilidade em termos de condições de proteção radiológica.

É exatamente na região tolerável que deve ser aplicado o princípio “ALARA”, fazendo melhorias nas condições de proteção radiológica, tanto em projetos, como em procedimentos, a fim de diminuir as doses recebidas pelo trabalhador. Esta é a filosofia da norma “Diretrizes Básicas de Radioproteção” da CNEN, de 1988 ⁽²⁾, que está baseada nas recomendações da Comissão Internacional de Proteção Radiológica – CIPR, de 1977⁽⁴⁾ e da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, de 1982⁽²³⁾. Quando todos os trabalhadores do país receberem doses inferiores a 3/10 dos atuais limites, poderão ser adotadas as normas internacionais da CIPR, de 1991⁽²⁴⁾ e da AIEA, de 1996 ⁽²⁵⁾. Se tivesse que abaixar os níveis de dose anuais, de 50 mSv a⁻¹ para os 3/10, quando forem adotados os novos limites médios anuais, numa primeira instância, e para 1/10, numa segunda instância, bastará acrescentar, no primeiro caso, à fonte que se dispõe, duas camadas semi-redutoras de blindagem para diminuir a dose de um fator 4 e, portanto, de 50 mSv a⁻¹ para 12,5 mSv a⁻¹, onde poderão ser aplicados os novos limites internacionais.

O que a proteção radiológica pretende, não é exatamente isto, pois em instalações de grande porte (reatores, aceleradores, irradiadores para esterilização, dentre outras) tal procedimento encareceria sobremaneira o custo, o que vem de encontro ao fato de que a radioproteção deve ter, por lema, economia e eficácia. Nesse caso, o que se deve fazer é identificar as ações dos trabalhadores, através das quais eles recebem suas maiores frações de dose e, então, melhorar a proteção relativa àquelas ações, por meio de projetos e/ou procedimentos de trabalho. Evidentemente, existirão várias opções de melhorias da proteção, com diferentes custos, para sua implantação e implementação. É lógico atribuir, a uma opção mais cara, uma dose menor, e vice-versa.

Então, surge a questão: "Deve ser selecionada a opção mais cara e, conseqüentemente, chegar-se mais rapidamente à região aceitável, ou selecionar a mais barata e, conseqüentemente, demorar-se muito mais tempo para alcançar a meta de 1/10 dos limites anuais?" A tomada de decisão é efetuada fazendo-se uso de técnicas auxiliares no processo de otimização ^(22, 26, 27, 28). Em conclusão: "este esquema de trabalho deve ser repetido múltiplas vezes, até se chegar à meta desejada de 1/10 dos limites de dose". Os europeus, para chegarem aos 3/10 dos limites anuais vigentes, levaram, em média, quatorze anos.

Finalmente, o terceiro princípio estabelece um limite superior de risco, para trabalhadores e o público, acima do qual a atividade humana se torna inaceitável, mas isto não significa dizer que mesmo abaixo deste valor, a atividade humana seja aceitável.

2.3.2 – Determinação do Detrimento

Na prática, a implementação do princípio da otimização só foi possível em 1973. Até então, não existia uma metodologia operacional para avaliar o valor total do impacto radiológico entre ganho econômico e ganho social proveniente da redução da dose e do custo necessário para realizar essa redução, de forma a introduzir o princípio "ALARA".

O problema da avaliação do impacto radiológico foi resolvido com a introdução do conceito de dose equivalente coletiva⁽²²⁾ " S_k ", em função do conceito de detrimento objetivo e subjetivo à saúde. A dose equivalente coletiva é expressa pela relação:

$$S_k = N_k \times \bar{h}_k \quad 2.1$$

representando

N_k o número de pessoas do grupo "k",

\bar{h}_k a dose equivalente individual média no grupo "k".

O detrimento é definido como sendo o valor esperado da expectativa matemática do dano à população, provocado por uma dose de radiação oriunda de uma prática ou fonte, levando-se em consideração a probabilidade de ocorrência dos efeitos deletérios " p_i " e sua gravidade " g_i ". Dessa forma, se p_i é a probabilidade de ocorrência do i-ésimo efeito cuja gravidade é expressa pelo fator de ponderação " g_i ", o detrimento " G_k ", num grupo "k" composto de " N_k " pessoas, será dado por:

$$G_k = N_k \times \sum_i p_{i,k} \times g_{i,k} \quad (2.2)$$

Admitindo-se a hipótese conservativa da linearidade entre o detrimento biológico e a dose equivalente coletiva, a probabilidade " $p_{i,k}$ " para cada efeito deletério é proporcional à dose equivalente média " \bar{H}_k " recebida pelo indivíduo do grupo "k" e, portanto, tem-se:

$$p_{i,k} = r_{i,k} \times \bar{h}_k \quad (2.3)$$

onde $r_{i,k}$ é o coeficiente de probabilidade de risco do i-ésimo efeito biológico sobre o grupo "k" da população. Introduzindo a equação 2.3 na equação 2.2 e usando a definição de dose coletiva da equação 2.1, tem-se a equação que define o detrimento total, ou seja,

$$G_k = \sum_i S_i \times r_{i,k} \times g_{i,k} \quad (2.4)$$

onde a somatória se estende sobre todos os efeitos biológicos que podem ser provocados pela dose equivalente média.

Se desejar conhecer o detrimento total na população de um país, de uma região ou do globo terrestre, para uma determinada prática que faz uso das radiações ionizantes ou até para todas as práticas que empregam as radiações ionizantes, deve-se somar todos os detrimentos de todos os grupos "k" envolvidos, a saber:

$$G = \sum_k G_k = \sum_k S_k \times \sum_i r_{i,k} \times g_{i,k} \quad (2.5)$$

2.4 – Princípio da justificação

O princípio da justificação, também conhecido como análise custo-benefício, é utilizado para avaliar a possibilidade de introdução de uma atividade humana que envolve exposição à radiação^(4,26,28). Ele é representado pela expressão:

$$B = V - (P + X + Y) \quad (2.6)$$

onde:

B é o benefício líquido resultante da prática;

V é o benefício bruto;

P é o custo de produção, incluindo o custo para a sociedade dos detrimentos não radiológicos e o custo de proteção prevenindo os riscos não radiológicos;

X é o custo resultante do nível de proteção selecionado; e

Y é o custo atribuído ao detrimento biológico da radiação provocado pela operação, associado ao nível de proteção selecionado⁽²⁹⁾.

A atividade humana só será justificada se "B" for maior que zero, pois, caso contrário, ela não deverá ser realizada.

2.5 – Princípio da otimização da radioproteção

O princípio da otimização está fundamentado no processo de redução da dose e dos custos de proteção de uma determinada prática envolvendo o uso das radiações ionizantes. Tomando por base o princípio da justificação de uma operação particular, onde o benefício bruto "V" e os custos de produção já estão definidos, e considerando que o benefício líquido "B" é maior que zero ($B > 0$), a otimização ocorrerá quando "B" for máximo. Isto só será possível quando a soma dos custos "X + Y" for mínima, como pode ser observado na equação a seguir:

$$B_{MAX} \Leftrightarrow (X + Y)_{MIN} \quad (2.7)$$

Dessa forma, o benefício líquido máximo recebido pela sociedade só será alcançado quando nenhum benefício líquido adicional for obtido com a redução da dose equivalente coletiva " S^H ". A condição de máximo ou mínimo⁽³⁰⁾ de uma função $y = f(x)$, será obtida quando o valor da segunda derivada da função, para as raízes " x_i " da função ($\frac{dy}{dx} = f'(x)$), for menor ou maior que zero, ou seja, se $\frac{d^2y}{dx^2} = f''(x_i) < 0$ ter-se-á condição de máximo, caso contrário a condição será de mínimo.

Aplicando as condições de máximos e mínimos à equação 2.6, obtém-se:

$$\frac{dB}{dS^H} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{d^2B}{dS^2} < 0 \quad (2.8)$$

$$\frac{dB}{dS^H} - \frac{dV}{dS^H} - \left(\frac{dP}{dS^H} + \frac{dX}{dS^H} + \frac{dY}{dS^H} \right) = 0 \quad (2.9)$$

como "V" e "P" são constantes,

$$\frac{dV}{dS^H} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{dP}{dS^H} = 0, \quad \text{tem-se, assim:}$$

$$-\frac{dX}{dS^H} = \frac{dY}{dS^H} = \alpha \quad (2.10)$$

onde α é a constante de proporcionalidade que expressa o custo do detrimento por unidade de dose equivalente coletiva. Da equação 2.10, podemos escrever:

$$dY = \alpha \times dS^H \quad (2.11)$$

Efetuada a integração da equação 2.11, obtém-se:

$$Y = \alpha \times S^H + C \quad (2.12)$$

Utilizando a condição de contorno, de que o detrimento é nulo para uma dose equivalente coletiva igual a zero tem-se:

$$Y = \alpha \times S^H \quad 2.13$$

Substituindo a equação 2.13 na equação 2.7, obtém-se a condição de benefício máximo, isto é:

$$(X + \alpha \times S^H)_{\text{MIN}} \quad 2.14$$

O custo do detrimento biológico "Y" pode ser dado pela equação:

$$Y = \varepsilon \times G \quad (2.15)$$

onde

ε - é o custo do detrimento unitário, que é definido em função do Produto Nacional Interno Bruto *per capita*;

G - é o detrimento biológico, expresso pela equação 2.5.

Combinando as equações 2.5 e 2.15, chega-se à equação que expressa o custo do detrimento biológico "Y":

$$Y = \varepsilon \times S^H \times \sum_i r_i \times g_i \quad (2.16)$$

Por outro lado, igualando as equações 2.13 e 2.16, obtém-se a expressão que determina o coeficiente monetário do detrimento biológico " α " (unidade monetária/Sv-pessoa):

$$\alpha = \varepsilon \times \sum_i r_i \times g_i \quad (2.17)$$

O conceito básico de otimização⁽²⁷⁾ da proteção é gerar um estado de pensamento em todos aqueles que são responsáveis pelo controle das irradiações, tal que eles próprios continuem a se perguntar: "*será que eu fiz tudo o que racionalmente poderia ter sido feito a fim de reduzir essas doses de radiação?*" Claramente, a resposta a essa questão é assunto de julgamento, pois, no processo de otimização, não existe uma resposta técnica com demarcação clara.

Entretanto, a introdução de uma prática envolvendo exposição à radiação exige tomadas de decisões coerentes e consistentes. As pessoas responsáveis pelo julgamento (tomador de decisão) fazem uso de técnicas quantitativas que previamente auxiliam a formar juízo crítico sobre a situação avaliada. Seis técnicas disponíveis, que podem ser utilizadas para obter uma opção de proteção ótima, são recomendadas na publicação 55 da ICRP⁽²⁷⁾, e serão discutidas a seguir.

2.5.1 – Análise custo-eficácia

É utilizada para eliminar opções de proteção radiológica que não têm condições de se tornar solução analítica ótima. Assim, se duas opções de proteção, por exemplo, apresentam o mesmo custo de proteção e diferentes valores de doses equivalentes individuais anuais, a escolhida será a de menor dose.

2.5.2 - Análise custo-benefício

Essa técnica de ajuda para tomada de decisão faz uso da equação 2.14, que envolve os custos da proteção física "X" e do detrimento biológico da radiação "Y". Pode-se considerá-la como uma análise custo-benefício integral para distingui-la da análise custo-benefício diferencial, que será mencionada a seguir.

2.5.3 – Análise custo–benefício diferencial

A análise custo-benefício diferencial faz uso da equação 2.10, que considera apenas as variáveis custos de proteção e dose coletiva (não sendo considerado o detrimento biológico), ou seja:

$$-\frac{dX}{dS} = \alpha, \quad (2.18)$$

2.5.4 – Análise custo-benefício expandida

A análise custo-benefício expandida surgiu da necessidade de se utilizar, no processo de otimização, outros parâmetros além do custo de proteção, dose coletiva e do detrimento biológico, em razão de perguntas como:

-"Do ponto de vista de otimização para uma mesma dose coletiva, é preferível ter poucos indivíduos irradiados com doses próximas aos limites anuais ou ter muitos indivíduos irradiados com pequenas doses?"

-“Deve ser considerado o custo do desconforto provocado pelo uso dos equipamentos de proteção individual (EPI)”?

-“Deve ser considerado o custo de um sistema de ventilação em uma usina de reprocessamento ou de mineração?”

-“Deve ser considerada a distribuição de doses individuais, uma vez que se pretende diminuir essas doses?”

Assim sendo, vale observar que, a partir daqui, as técnicas que forem introduzidas incluirão variáveis que serão chamadas de fatores ou atributos, em consonância com a publicação 55 da ICRP⁽²⁷⁾. A técnica de análise custo-benefício expandida introduz um ou dois atributos associados ao detrimento, além dos custos de proteção “X”, isto é, a expressão para o custo do detrimento biológico nesse tipo de análise passa a ser escrita de acordo com a equação a seguir:

$$Y = \alpha \times S + \sum_J \beta_J \times S_J \quad 2.19$$

onde β_J é o valor adicional do novo coeficiente monetário do detrimento biológico atribuído pelo “tomador de decisão”.

Em outras palavras, fraciona-se o atributo “dose coletiva” para simular um ou vários atributos a serem introduzidos e, como fator de ponderação, atribui-se diferentes valores aos coeficientes monetários do detrimento, os quais estão representados pelos β_j , onde j representa cada intervalo de dose coletiva. Essa análise impõe um aumento do custo do detrimento biológico e, portanto, fornece uma alternativa desagradável para o tomador de decisão ou para o interessado no resultado.

2.5.5 – Análise de preferência com critérios múltiplos

Nesse tipo de análise, a escolha da opção ótima é feita por comparação com as demais opções. Essa técnica é normalmente utilizada quando os atributos são heterogêneos, ou quando as opções são completamente díspares, ou ainda quando os atributos envolvidos só podem ser analisados de

forma qualitativa, como no caso da aceitação pública, o que não ocorre com a gamagrafia. Essas comparações são realizadas aos pares, nas quais são analisadas as prioridades relativas das opções.

2.5.6 – Análise de prioridade com atributos múltiplos

A análise de prioridade com atributos múltiplos surgiu da necessidade de se pretender introduzir tantos atributos quantos se desejem analisar, possam eles estar representados linearmente ou não, ser quantificáveis monetariamente ou não. Como exemplos, na compra de um carro surgem as questões: ➤ modelo nacional ou importado? valor de revenda? carro de baixa ou de alta potência de arranque? Esses são exemplos de atributos quantificáveis. No entanto, no caso da preferência de cor (cor preta ou cinza?), tem-se um atributo não-quantificável. Assim, dentre um conjunto de "N" opções analisadas, a escolhida será a opção cuja solução analítica for ótima.

2.6 – Técnica de análise de prioridade com atributos múltiplos

A técnica de análise de prioridade com atributos múltiplos^(27;28) é amplamente aplicável para tomada de decisão, principalmente quando se quer superar o problema das inclusões dos atributos da proteção (custo financeiro, dose coletiva, exigências de treinamento, etc.), difíceis de ser quantificados em termos monetários. Essa técnica é fundamentada no esquema de pontuação para atributos relevantes (valor numérico da função de prioridade total) de uma determinada opção, de forma que, se uma pontuação " U_i " de uma opção "i" for superior à pontuação " U_n " da opção "n", a opção "i" terá prioridade sobre a opção "n". Nos casos das pontuações serem equivalentes para ambas as opções, obviamente não existirá prioridade de uma sobre a outra.

De forma geral, dada uma opção "i" à qual estão associadas "j" atributos cujas prioridades são " u_{ij} ", sendo as respectivas preferências para esses atributos todas independentes, a prioridade total ou a função de prioridade total

com atributos múltiplos para cada opção "i" poderá ser expressa, na forma aditiva, por meio da expressão:

$$U_i = \sum_{j=1}^n k_j \times u_{i,j} \quad (2.20)$$

onde:

U_i é a função de prioridade total para cada opção "i";

k_j é a constante de crescimento que expressa a importância relativa atribuída a cada atributo "j", em relação aos demais. A soma das constantes de crescimento é geralmente normalizada, isto é:

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1 \quad (2.21)$$

$u_{i,j}$ é a função de prioridade parcial, que fornece a importância relativa do atributo "j" para a opção "i".

Os valores numéricos de $u_{i,j}$ variam de 0 a 1. Será igual a zero, quando for obtido o pior resultado ou consequência de maior adversidade para o atributo "j"; será igual a 1, quando for obtido o melhor resultado ou consequência de menor adversidade para o mesmo atributo. A solução analítica ótima será a opção que tiver valor numérico de " U_i " máximo. Em resumo: $u_{i,j}$ fornece a importância relativa do fator "j" quando este é comparado aos demais atributos para a opção "i".

Os valores numéricos das constantes de crescimento $k(X)$ e $k(S)$ serão obtidos admitindo as relações de proporcionalidade dadas por meio das diferenças entre os valores máximos e mínimos associados aos respectivos atributos, como, por exemplo, custo de proteção "X" e custo do detrimento " $Y = \alpha \times S$ ", das opções estudadas. No caso do exemplo citado, teremos a relação:

$$\frac{k(X)}{k(S)} = \frac{R(X)}{\alpha \times R(S)} \quad (2.22)$$

sendo

$R(X)$ o intervalo de variação do valor associado ao atributo custo de proteção.

$R(S)$ o intervalo de variação do valor associado ao atributo dose equivalente coletiva.

Esse tipo de determinação das constantes de crescimento é considerado muito parcial, uma vez que a importância é proporcional ao intervalo de custos para aquele atributo comparado aos demais intervalos dos outros atributos. Nesse caso, por exemplo, se o atributo "X" tiver um intervalo de custos mil vezes superior ao do atributo "S", o valor da constante de crescimento $k(X)$ será de 0,999 e de 0,001 para a constante de crescimento $k(S)$. Esse método é conhecido como avaliação direta.

Um outro método, denominado razões de substituição, que obedece ao bom senso, é mais lógico, porém, mais subjetivo. Consiste em ordenar os atributos em termos do seu grau de importância, normalmente do mais para o menos importante, e depois fazer a pergunta e responder para cada atributo o quanto está disposto a pagar para ir do pior valor em apreço para o seu melhor valor? É evidente que a quantia que se está disposto a pagar deve ser maior para o atributo que foi dada maior importância e menor para aquele que teve menor importância, isto é, atribuem-se valores aos k_j de acordo com o que se julga corresponder à sua importância relativa, usando a lógica e o bom senso, sem menção ao que na realidade se está disposto a pagar para ir do menor (pior) ao melhor valor de cada um dos atributos. Na realidade, sem determinar os valores monetários " A_n ", de uma maneira lógica (subjetiva), se está obedecendo à seguinte equação:

$$k_n = k_{n-1} \times \frac{A_n}{X_{n-1}^* - X_{n-1}^0} \quad (2.23)$$

em que, " X_{n-1}^* " é o melhor valor para o atributo "n-1" e " X_{n-1}^0 " é o pior; A_n é o custo monetário que se está disposto a pagar para ir do pior para o melhor valor. Como não foram determinados os valores de " A_n ", neste trabalho, esse método foi denominado "avaliação lógica", em vez de "método da razão de substituição".

3 – METODOLOGIA

3.1 – Tipo de instalação

Neste trabalho, foram estudados três tipos de instalações radiográficas, classificadas da seguinte forma:

- a) Instalação aberta fixa (IAF) - Aquela cujos ensaios radiográficos são realizados em área aberta, isolada por cordas, localizada nas dependências da empresa;
- b) Instalação aberta móvel (IAM) - Aquela cujos ensaios radiográficos são realizados fora da empresa, em locais abertos tais como, canteiros de obras e vias públicas.
- c) Instalação fechada (IF) - Aquela cujos ensaios radiográficos são realizados exclusivamente no interior da casamata localizada nas dependências da empresa.

Para melhor caracterizar as formas das barreiras de proteção, tipos e atividades das fontes de radiação e carga de trabalho foram visitadas várias instituições de gamagrafia.

3.1.1 – Geometria dos cenários de irradiação da Instalação aberta fixa

Na instalação radiográfica aberta fixa, as áreas de trabalho e de isolamento para indivíduos do público foram delimitadas e classificadas⁽²⁾ como mostrado na Figura 3.1. Nas Figuras 3.2 e 3.3, estão representadas as geometrias de irradiação dos cenários utilizados neste tipo de instalação, indicando-se os diferentes pontos onde o operador, os trabalhadores e os indivíduos do público podem permanecer durante a exposição da fonte, e o posicionamento das barreiras de proteção em relação a essas pessoas.

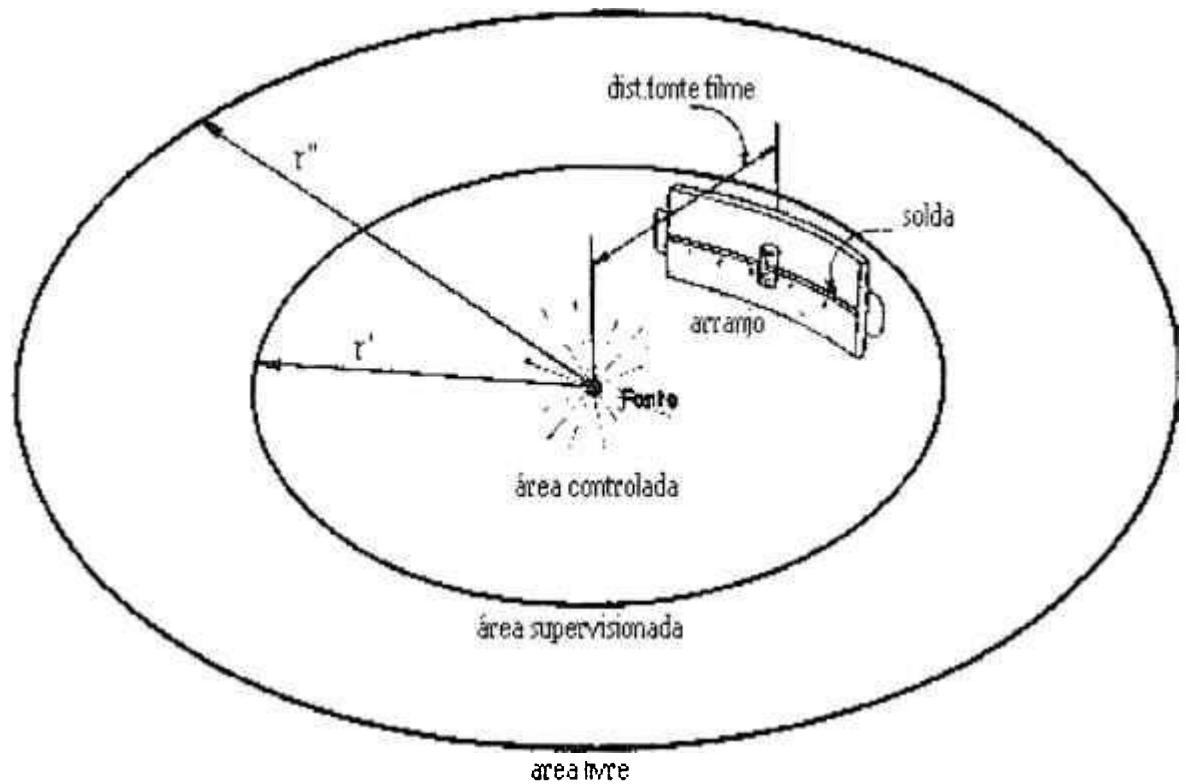
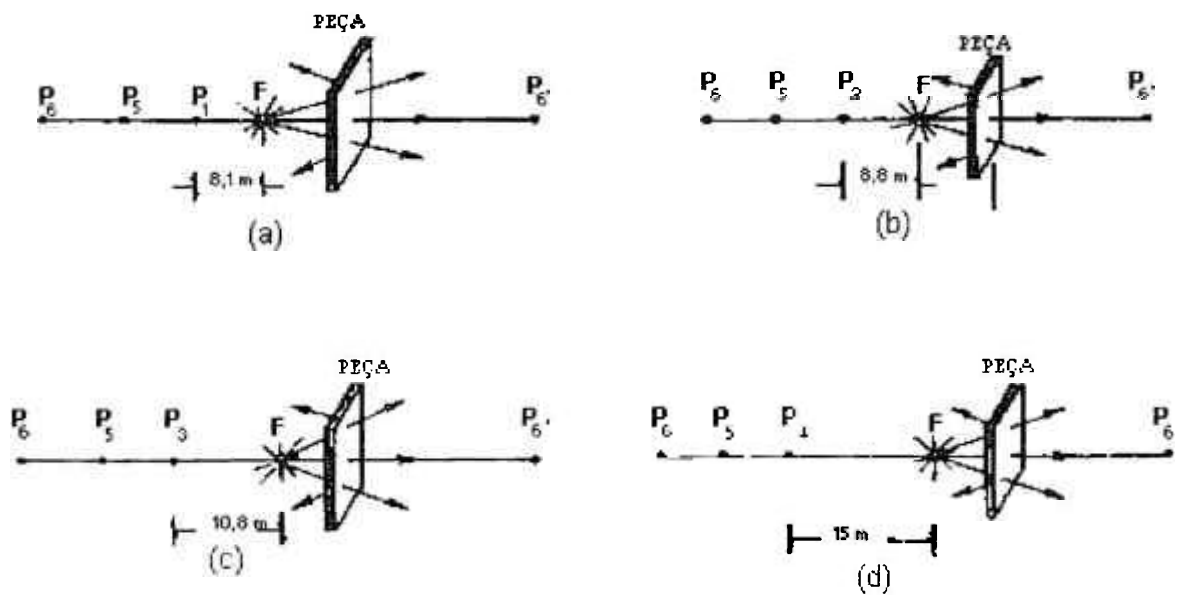
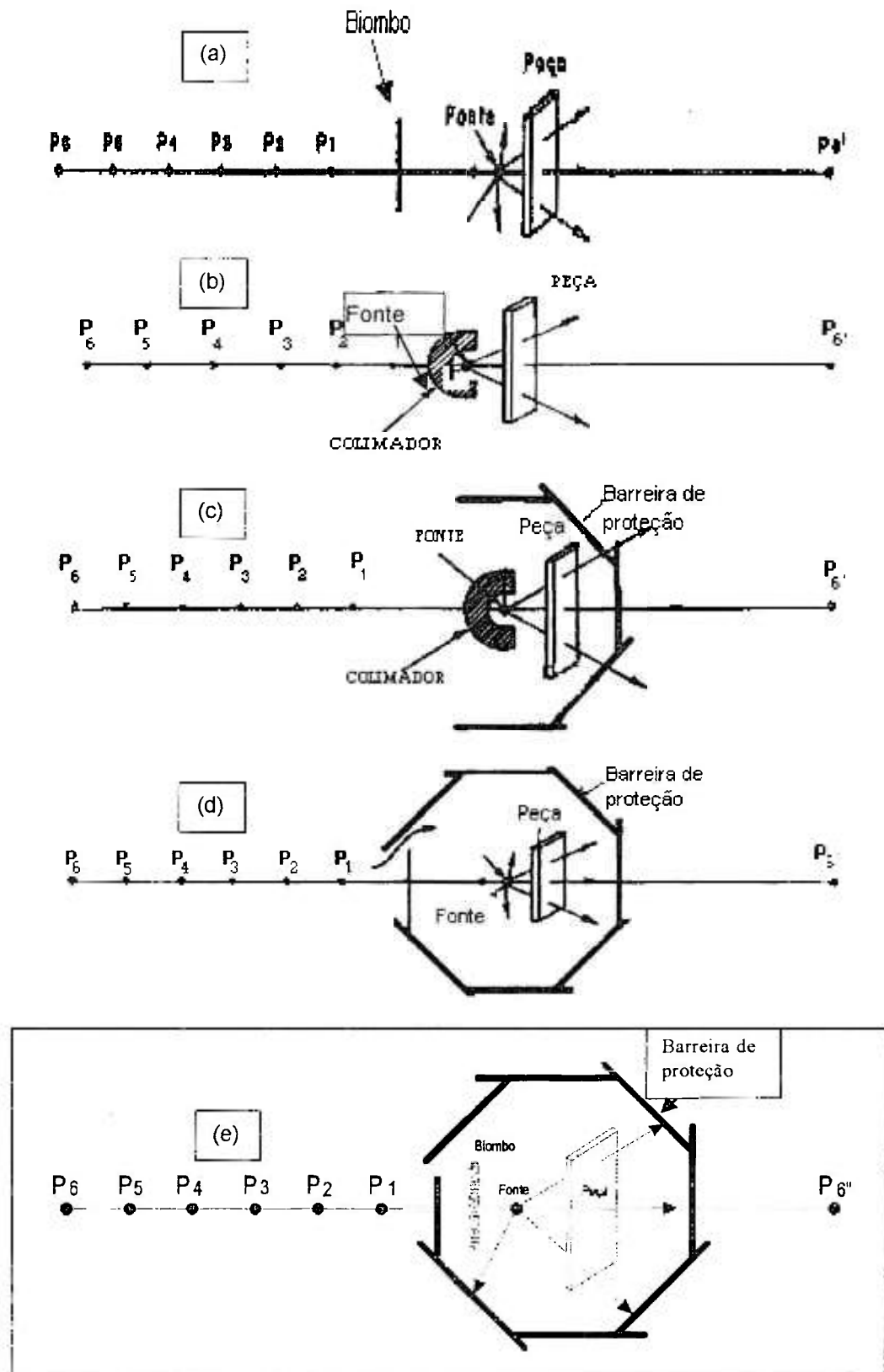


Figura 3.1- Representação esquemática das áreas de trabalho utilizadas nas instalações radiográficas.



P_1 , P_2 , P_3 e P_4 - Representam as distâncias fonte-operador, iguais a 8,1; 8,8; 10,8 e 15,0 m, respectivamente; P_5 - A distância fonte trabalhador ($h \leq 15$ mSv/ano); P_6 e P_6' - As distâncias fonte indivíduos do público no lado do operador e lado oposto, respectivamente.

Figura 3.2- Representação das geometrias dos cenários de irradiação, sem barreira de proteção, utilizadas na instalação aberta fixa.



P_1 , P_2 , P_3 e P_4 - Representam as distâncias fonte-operador, iguais a 8,1; 8,8; 10,8 e 15,0 m, respectivamente; P_5 - A distância fonte trabalhador ($h \leq 15$ mSv/ano); P_6 e P_6' - As distâncias fonte indivíduos do público no lado do operador e lado oposto, respectivamente.

Figura 3.3– Representação das geometrias dos cenários de irradiação, com diferentes barreiras de proteção, utilizadas na instalação aberta fixa.

3.1.2 – Geometria dos cenários de irradiação na Instalação aberta móvel

Nos ensaios radiográficos realizados em canteiros de obras e nas zonas urbanas ou rurais, efetuados ao nível do solo e em valas, foram estabelecidas várias condições, algumas em cumprimento às leis municipais impostas para atender às normas técnicas da construção civil, e outras consideradas conforme normas e procedimentos técnicos^(15,31,32,33). Essas condições foram:

- a - Localização do ensaio radiográfico: lateral à via urbana (calçada);
- b - Largura média da calçada: considerada 3 m;
- c - Largura média dos terrenos: 10 m;
- d - Afastamento médio das residências: 4 m.

Além das condições impostas, outras foram necessárias para efeito da avaliação da dose equivalente individual anual para as indivíduos do público; são elas:

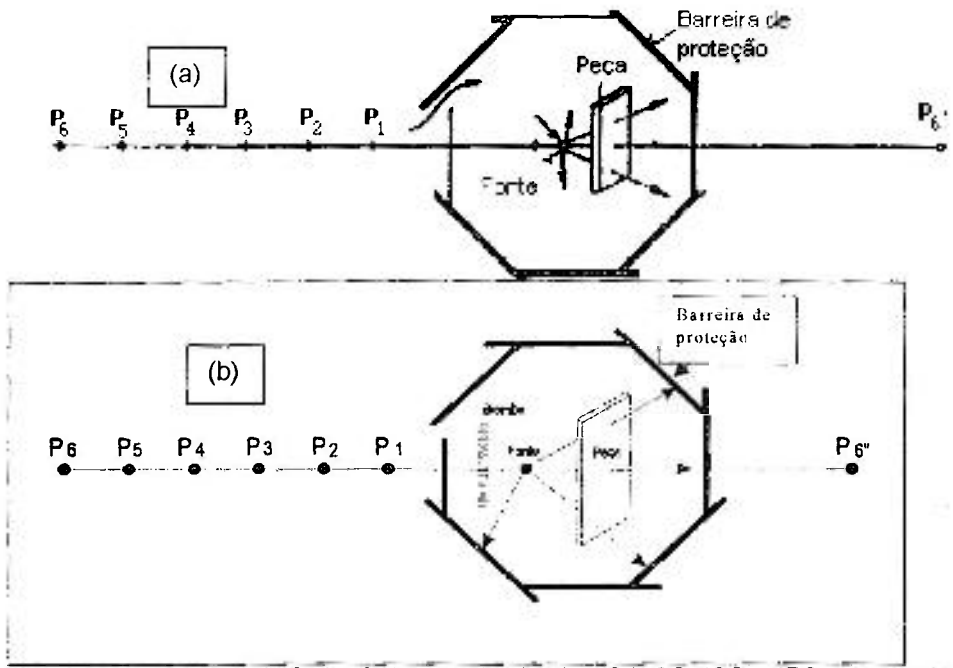
- e - Quantidade de residências : 10;
- f - Distância entre residências : 10 m (de centro a centro);
- g - Número de juntas radiografadas por carga de trabalho anual: 10;
- h - Número de exposições por junta : 4;
- i - Percentual de juntas radiografadas: 50%, 30% e 10%; e
- j - Distâncias entre as juntas radiografadas; 6 m;

Para ensaios radiográficos efetuados em vala, as considerações feitas, além das já citadas, foram:

- L - Profundidade média da vala : 1,5 m;
- m - Largura média da vala: 1,5 m;
- n - Localização da fonte: 0,5 m acima da base da vala e a 0,75 m das laterais; e
- o - Distância do centro da vala ao muro da residência: 2,25 m.

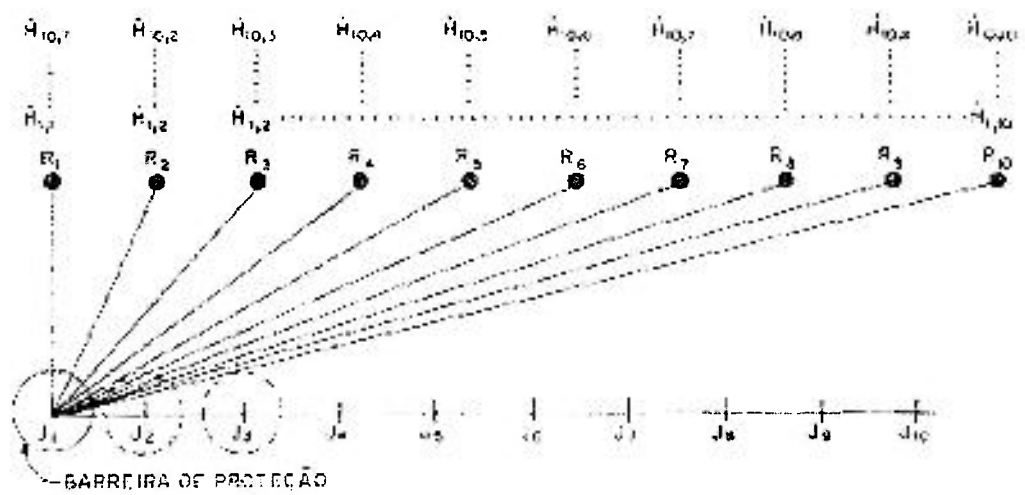
Nas Figuras 3.4, 3.5, 3.5a, 3.6 e 3.6a, estão apresentadas as ilustrações das geometrias de irradiações dos cenários utilizados na instalação aberta móvel. Nos ensaios realizados em vala, as delimitações das áreas de trabalho e de trânsito para as indivíduos do público, foram feitas pelas barreiras de proteção

natural (solo). Para os ensaios realizados ao nível do solo, foram utilizadas como barreiras de proteção placas de chumbo e o colimador de tungstênio



P₁, P₂, P₃ e P₄ - Representam as distâncias fonte-operador, iguais a 8,1; 8,8; 10,8 e 15,0 m, respectivamente; P₅ - A distância fonte trabalhador ($h \leq 15$ mSv/ano); P₆ e P_{6'} - As distâncias fonte indivíduos do público no lado do operador e lado oposto, respectivamente.

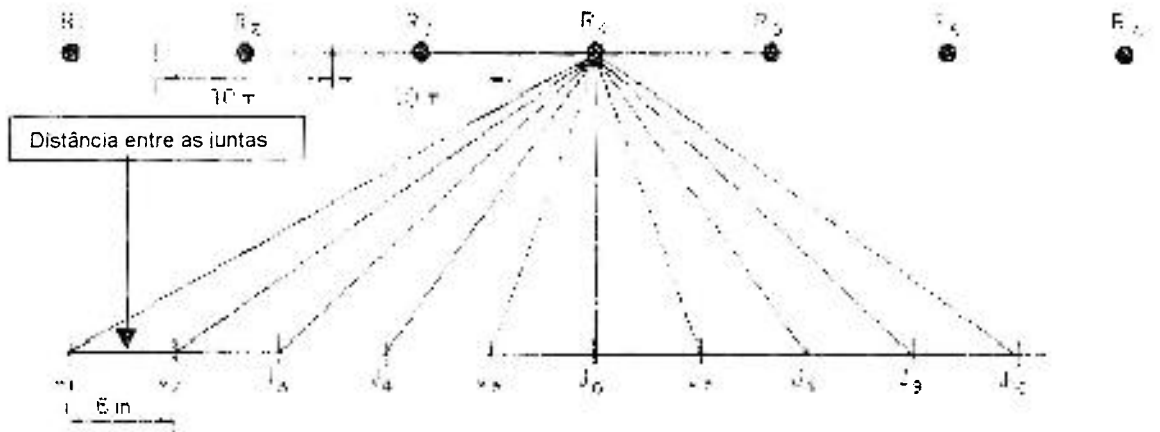
Figura 3.4– Representação das geometrias dos cenários de irradiação utilizada na instalação aberta móvel, com diferentes barreiras de proteção.



R - Residências; J - Juntas radiografadas ao longo das residências. H_{ik} - Taxa de dose na i -ésima residência devido à j -ésima junta radiografada, com i e j variando de 1 a 10.

Figura 3.5 – Representação esquemática da geometria de irradiação em zona urbana para os ensaios efetuados ao nível do solo, mostrando o posicionamento

das juntas em relação às residências e à barreira de proteção.



R_4 - residência de referência - aquela em que um indivíduo na respectiva residência recebe a maior dose equivalente anual, durante as exposições das dez juntas: R_1, R_2, \dots, R_{10} - residências ao longo da via; J_1, J_2, \dots, J_{10} - juntas da tubulação (ducto).

Figura 3.5a - Geometria utilizada no cálculo da dose equivalente individual anual para indivíduos do público, em zona urbana na residência de referência " R_4 ".

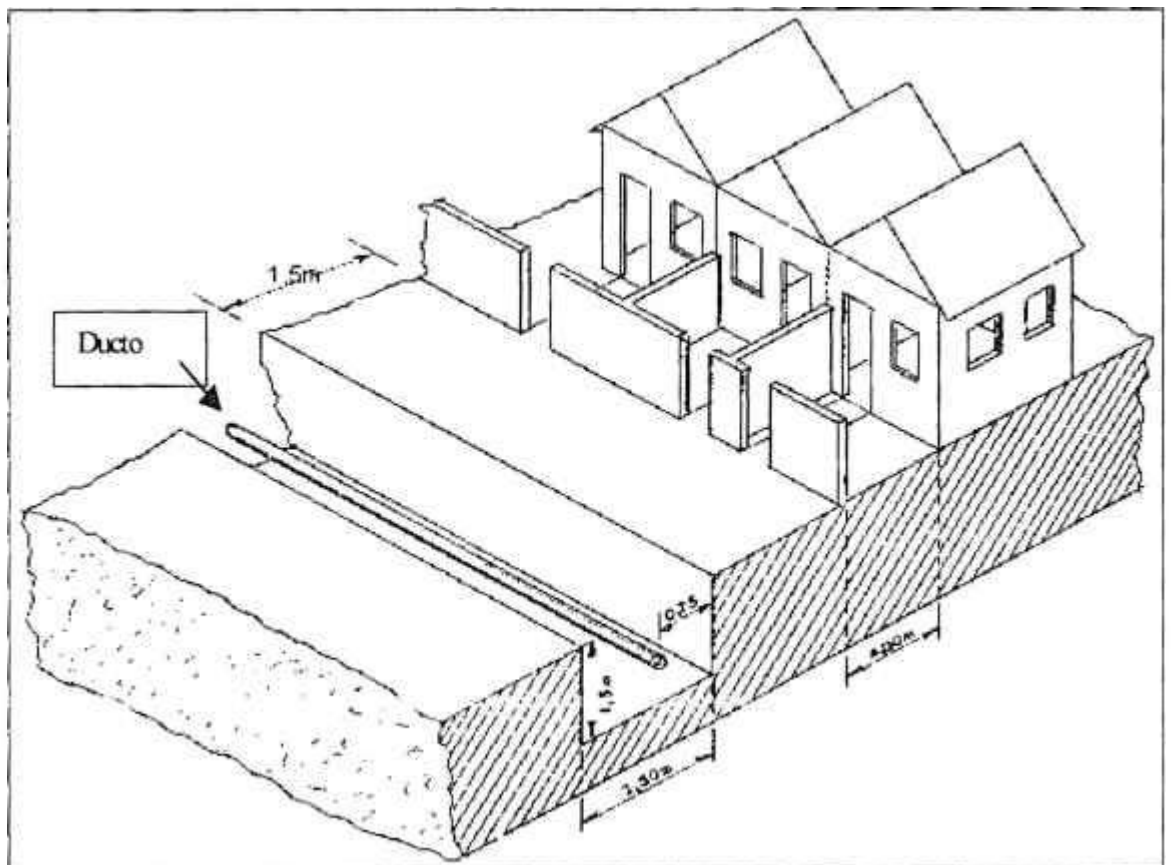
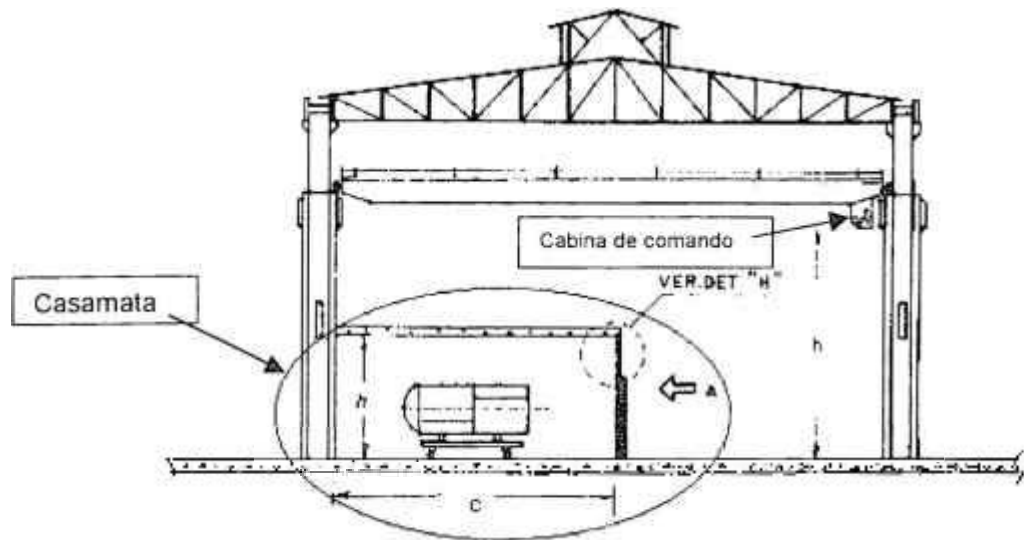
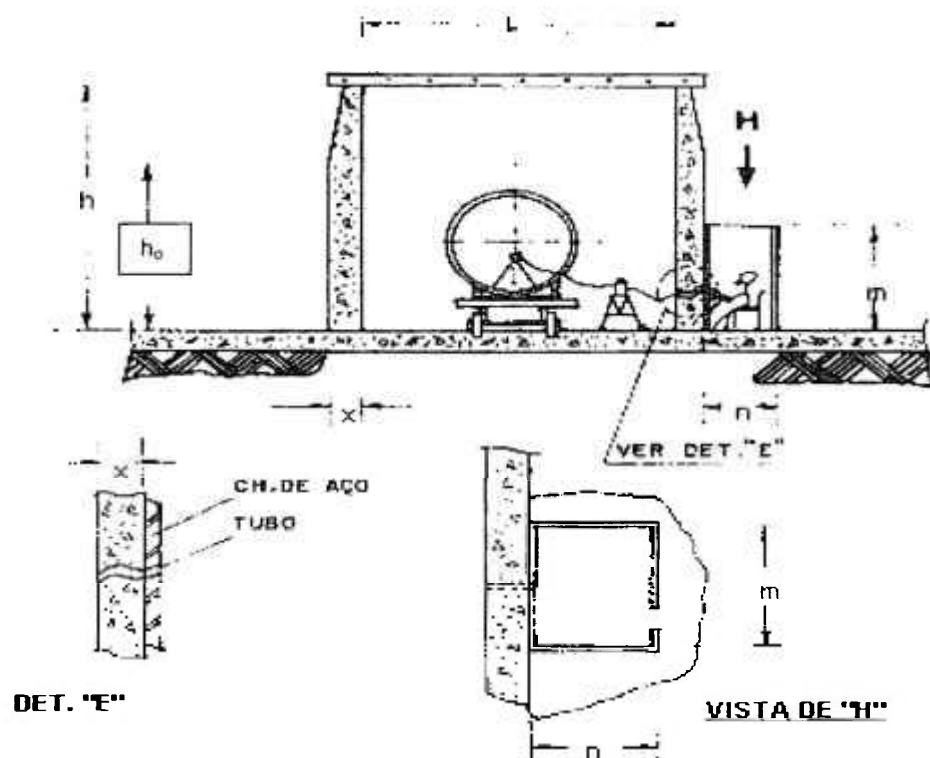


Figura 3.6 - Esquema de uma vala com ducto (vista lateral), em zona urbana, com indicação das dimensões características utilizadas no experimento.



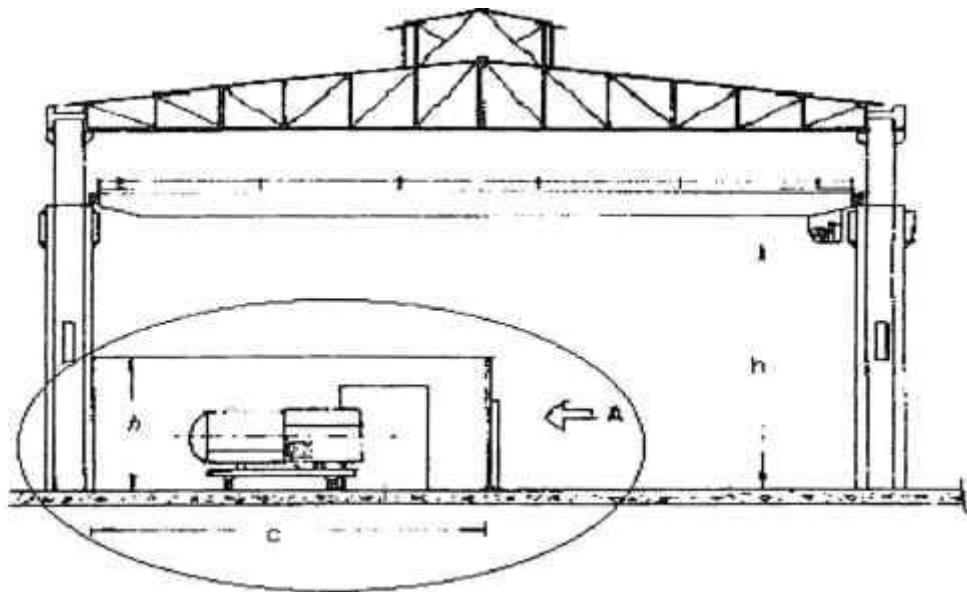
h – Altura da casamata, 3 m; c – Comprimento da casamata, 10 m; h_0 – Altura da cabina de comando da ponte rolante, 10 m.; h_0 – Altura da blindagem, 2 m.

Figura 3.7 - Representação da casamata com teto na instalação fechada (vista lateral).



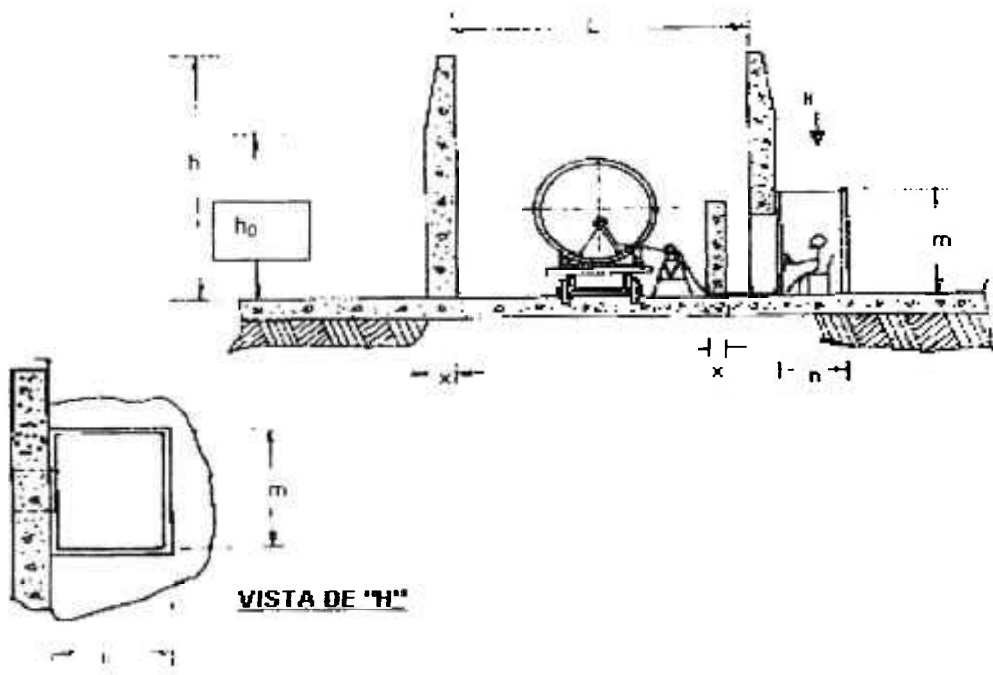
comando da ponte rolante, 10 metros; x - Espessura da parede, variável de acordo com a opção de proteção, h_0 – altura efetiva para efeito de cálculo da blindagem, 2m .

Figura 3.7a - Representação casamata com teto na instalação fechada (vista frontal).



h – Altura da casamata, 3 m; c – Comprimento da casamata, 10 m; h_0 – Altura da cabina de comando da ponte rolante, 10 m; h_0 – Altura da blindagem, 2 m.

Figura 3.8 - Representação da casamata sem teto na instalação fechada (vista frontal)



h - Altura da casamata, 3 m; c - Comprimento da casamata, 10 m; l - Largura da casamata, 5 m; h_0 - Altura da cabina de comando da ponte rolante, 10 m; e - espessura da parede, variável de acordo com a opção de proteção; h_0 - Altura efetiva usada para cálculo da blindagem.

Figura 3.8a – Representação da casamata sem teto na instalação fechada (vista lateral).

Tabela 3.1-Tipos e materiais utilizados nas paredes da casamata nas instalações fechadas

| Tipo | Material |
|-------------------|------------------------|
| Casamata com teto | Concreto |
| Casamata com teto | Concreto e Barita |
| Casamata com teto | Cerâmica e Barita |
| Casamata com teto | Cerâmica e Chumbo |
| Casamata com teto | Cerâmica e liga de Aço |
| Casamata sem teto | Concreto e Barita |
| Casamata sem teto | Cerâmica e Barita |
| Casamata sem teto | Cerâmica e Chumbo |
| Casamata sem teto | Cerâmica e liga de Aço |

3.2 – Carga de trabalho

A carga de trabalho efetiva “ W_e ” dos trabalhadores ocupacionalmente expostos à radiação foi calculada em função da carga de trabalho real “ W_t ”, considerando que estes trabalham cinquenta semanas por ano, cinco dias por semana, oito horas por dia, o equivalente a uma carga de trabalho de 2.000 horas/ano. Nesse trabalho, foram utilizadas seis modalidades de carga de trabalho efetiva ($W_e = 0,025W_t$; $W_e = 0,05W_t$; $W_e = 0,075W_t$; $W_e = 0,13W_t$; $W_e = 0,2 W_t$ e $W_e = 0,35 W_t$), definidas em função do número médio de exposições radiográficas anuais, relacionadas com as atividades das fontes de radiação utilizadas em cada cenário.

3.3 – Cenários de irradiação

Os cenários de irradiação foram configurados por algoritmos romanos e com características físicas distintas no que diz respeito à carga de trabalho, tipos de instalação, números de opções e intensidade das fontes de radiação. As variáveis utilizadas nos cenários de radiação estão apresentadas na Tabela 3.2. As características dos cenários de irradiação das instalações radiográficas aberta fixa, aberta móvel e fechadas, estão apresentadas nas Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5.

Tabela 3.2 - Descrição das variáveis utilizadas nos cenários de irradiação.

| Fonte | ⁽¹⁾ A | Tipo de Instalação | Técnica radiográfica | Material ensaiado |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| ⁶⁰ Co; ¹⁹² Ir | 0,37 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |
| ⁶⁰ Co; ¹⁹² Ir | 0,74 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |
| ⁶⁰ Co; ¹⁹² Ir | 1,11 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |
| ⁶⁰ Co; ¹⁹² Ir | 1,85 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |
| ¹⁹² Ir | 3,7 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |
| ¹⁹² Ir | 7,4 | Fechada; Aberta fixa e Aberta móvel | ⁽²⁾ PS/VS; PS/VD; PD/VD | Liga de aço |

PS/VS - Parede Simples, Vista Simples; PS/VD - Parede Simples, Vista Dupla; PD/VD - Parede dupla, Vista Dupla; 1 - Atividade da fonte em TBq; 2 - A técnica utilizada nos cenários de irradiação para efeito de avaliação de dose, pois esta é a que mais expõe os trabalhadores e indivíduos do público.

Tabela 3.3 - Características dos cenários de irradiação da instalação aberta fixa.

| Cenário | Fonte | ⁽¹⁾ A | ⁽²⁾ W _e | ⁽⁴⁾ NOP | ⁽⁵⁾ PJR(%) | ⁽⁶⁾ Material |
|---------|-------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|
| I | ¹⁹² Ir | 7,40 | 50 | 14 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |
| II | ¹⁹² Ir | 3,70 | 100 | 15 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |
| III | ¹⁹² Ir | 1,85 | 150 | 19 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |
| IV | ¹⁹² Ir | 1,11 | 260 | 20 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |
| V | ¹⁹² Ir | 0,74 | 400 | 20 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |
| VI | ¹⁹² Ir | 0,37 | 700 | 22 | 100 | Aço; Pb; W ⁽³⁾ |

1-Atividade da fonte em Terabecquerel; 2-Carga de trabalho efetiva anual em horas; 3-Colimador de tungstênio (19 mm); 4 - Número de opções de proteção; 5- Percentual de juntas radiografadas; 6 - Material utilizado na blindagem.

Tabela 3.4 - Características dos cenários de radiação na instalação aberta móvel

| Cenários | Fonte | ⁽¹⁾ A | ⁽²⁾ W _e | ⁽⁴⁾ NOP | ⁽⁶⁾ Material | ⁽⁵⁾ PJR(%) |
|------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Ia; Ib; Ic | ¹⁹² Ir | 1,85 | 150 | 5/6/5 | Solo ; Pb; W ⁽³⁾ | 50;30 e 10 |
| IIa; IIb; IIc | ¹⁹² Ir | 1,11 | 260 | 5/6/6 | Solo ; Pb; W ⁽³⁾ | 50;30 e 10 |
| IIIa; IIIb; IIIc | ¹⁹² Ir | 0,74 | 400 | 5/5/5 | Solo ; Pb; W ⁽³⁾ | 50;30 e 10 |
| IVa; IVb; IVc | ¹⁹² Ir | 0,37 | 700 | 5/6/6 | Solo ; Pb; W ⁽³⁾ | 50;30 e 10 |

1-Atividade da fonte (Terabecquerel); 2-Carga de trabalho efetiva anual em horas; 3-Colimador de tungstênio; 4 - Número de opções de proteção; 5 - Percentual de juntas radiografadas; 6-Material utilizado na blindagem.

Tabela 3.5 - Características dos cenários de irradiação da instalação fechada.

| Cenário | Tipo de fonte | Tipo de instalação fechada | | ⁽¹⁾ A | ⁽²⁾ W _e | ⁽³⁾ NOP | Barreira de proteção da instalação | |
|---------|-------------------|----------------------------|----------|------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | Sem teto | Com teto | | | | Sem teto | Com teto |
| I | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 7,40 | 50 | *21-°36 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| II | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 3,70 | 100 | *15-°24 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| III | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 1,85 | 150 | *13-°22 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| IV | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 1,11 | 260 | *17-°22 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| V | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 0,74 | 400 | *14-°22 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| VI | ¹⁹² Ir | Sem teto | Com teto | 0,37 | 700 | *13-°22 | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb; Fe |
| I | ⁶⁰ Co | Sem teto | - | 1,85 | 150 | *17 - | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | - |
| II | ⁶⁰ Co | Sem teto | - | 1,11 | 260 | *21 - | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | - |
| III | ⁶⁰ Co | Sem teto | - | 0,74 | 400 | *18 - | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | - |
| IV | ⁶⁰ Co | Sem teto | - | 0,37 | 700 | *17 - | Concreto; Barita; Cerâmica; Pb. | - |

* Representa o número de opções na instalação fechada sem teto; ° - Representa o número de opções na instalação fechada com teto; 1 - Atividade em Terabecquerel; 2 - Carga de trabalho efetiva - horas/ano; 3 - Número de opções de proteção;

3.4 – Barreiras de proteção

As barreiras de proteção foram construídas de forma distinta para cada tipo de instalação. Na Tabela 3.6, estão apresentados os tipos e as características dos materiais^(34,35) utilizados nas barreiras de proteção das opções que compõem os cenários de irradiação das instalações aberta fixa, aberta móvel e fechada. Na Tabela 3.7, estão informadas as espessuras das barreiras de proteção natural para os ensaios realizados em valas, na instalação aberta móvel.

As barreiras de proteção foram formadas por placas retangulares do tipo sanduíche compostas de madeirite + chumbo + madeirite e madeirite + ferro + madeirite, nas dimensões de 1,0 m de largura por 1,80 m de altura, com espessuras variadas. Na instalação aberta fixa, as placas utilizadas como barreiras de proteção foram fixadas em suportes de ferro móveis, na geometria do tipo “T” invertido, montados sobre rolamentos.

O número de placas utilizadas como barreira de proteção foi calculado

em função da área de isolamento. No biombo, por outro lado foram utilizadas duas placas. A área de isolamento utilizada foi equivalente a uma circunferência de 3 m de raio, onde foram dispostas, em arranjo circular, 22 placas. Nos casos em que foram empregados colimadores, a barreira de proteção adicional foi fixada na semicircunferência formada do lado oposto ao operador, na qual foram empregadas doze placas (Figura 3.3c).

Tabela 3.6 Características dos materiais utilizados nas barreiras de proteção^(34,35).

| | Chumbo | Ferro | Barita | Concreto | Cerâmica | Solo | ⁽¹⁾ W |
|--------------------------------|--------------|------------|--------|----------|----------|------------|------------------|
| Densidade (g/cm ³) | 11,3 | 7,8 | 3,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 19,3 |
| Espessura (cm) | 0,476 a 2,54 | 1,9 a 5,08 | 6 a 30 | 20 a 90 | 12 a 120 | 161 a 2990 | 1,9 |

1 - Colimador de tungstênio

Tabela 3.7 – Espessura do solo^(*) utilizada como barreira de proteção na instalação aberta móvel, nos ensaios realizados em vala.

| Junta | Barreira de proteção | | |
|-------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| | Espessura do solo (m) | | |
| | 0,0 m (nível do solo) | 0,80 m (altura das gônadas) | 1,50 m (Altura tronco) |
| 1 | 29,87 | 16,25 | 11,47 |
| 2 | 24,07 | 12,97 | 9,15 |
| 3 | 18,28 | 9,81 | 6,81 |
| 4 | 12,79 | 6,81 | 4,60 |
| 5 | 7,97 | 4,14 | 2,62 |
| 6 | 5,57 | 2,72 | 1,61 |
| 7 | 7,97 | 4,14 | 2,62 |
| 8 | 12,79 | 6,81 | 4,60 |
| 9 | 18,28 | 9,81 | 6,81 |
| 10 | 24,07 | 12,97 | 9,15 |

^(*) calculada em relação à altura do homem de referência posicionado no muro da residência de referência (R₄); Densidade média do solo = 1,5 g/cm³

3.5 – Opções de proteção

No estabelecimento das opções de proteção, foram considerados o fator de ocupação das áreas adjacentes e os tipos de materiais utilizados nas barreiras de proteção. Nas Tabelas 3.8 a 3.12, estão apresentadas as opções de proteção, os

materiais e custos que compõem e as suas respectivas espessuras. As opções de proteção foram montadas e selecionadas usando a seguinte seqüência:

1 – Configuração do cenário de irradiação

Nesta etapa foram estabelecidos os parâmetros de cada cenário, tais como:

- tipo de instalação;
- geometria de irradiação;
- técnica radiográfica;
- forma da barreira de proteção;
- tipo e intensidade da fonte de radiação;
- carga de trabalho; e
- tipo e espessura do material a ser utilizado na barreira de proteção da opção;

2 – Criação das opções de proteção¹

Configurado o cenário de irradiação e definido o tipo e espessura do material a ser utilizado nas barreiras de proteção, foram calculadas para as diferentes distâncias fonte-operador:

- doses equivalentes individuais anuais para o operador;
- doses equivalentes individuais anuais para os trabalhadores nas áreas supervisionada e livre;
- distâncias (área de isolamento) fonte-indivíduos do público, de tal forma, que estes não recebessem doses superiores aos limites estabelecidos pela norma da CNEN⁽²⁾;

3 – Seleção das opções de proteção

A seleção das opções de proteção foi determinada por meio da comparação entre a dose equivalente individual anual calculada para operador em cada opção de proteção e o limite de dose anual estabelecido pela norma da CNEN para trabalhadores. No caso em que a dose calculada era maior que o limite de dose estabelecido, a opção era descartada, caso contrário, era selecionada.

¹ Uma ou mais opções de proteção de um determinado cenário de irradiação são comuns a outros cenários, para o mesmo tipo de instalação.

Tabela 3.8 – Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação aberta fixa.

| Atributos de proteção | | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|----------------------|------|------|------|-------------------|-----------------------|------|------|------|-------------------|---------------------|----------------|
| Opção | X _p | Espessura de Pb (mm) | | | | | Espessura do aço (mm) | | | | | ⁴ W (mm) | |
| | | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,52 | 4,8 | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | | 19,0 |
| 1 | 16 | | | | | | | | | | | | ² X |
| 4 | 313 | | | | | | | | | | ³ X | | ² X |
| 5 | 363 | ² B | | | | | | | | | | | |
| 6 | 373 | | | | | | | | | | | X | |
| 8 | 626 | | | | | | ² B | | | | X | | |
| 9 | 423 | | | | | | | | | | ² B | X | |
| 10 | 545 | | | | | | | | | | X | | |
| 11 | 595 | | | | | | | | | | X+ ² B | | |
| 12 | 522 | | | | | ² B | | | | | | X | |
| 13 | 908 | ² B | | | | | | | | | X | | |
| 14 | 694 | | | | | ² B | | | | | X | | |
| 15 | 717 | | | | | | | | | X | | | |
| 16 | 766 | | | | | | | | | X | ² B | | |
| 18 | 865 | | | | | ² B | | | | X | | | |
| 19 | 797 | | | | | | ² B | | | X | | | |
| 20 | 889 | | | | | | X | | | | | | |
| 21 | 928 | | | | | X | | | | | | | |
| 22 | 938 | | | | | | X | | | | ² B | | |
| 23 | 1037 | | | | | ² B | X | | | | | | |
| 24 | 1077 | | | | | ² B | X | | | | | | |
| 25 | 1080 | ² B | | | | | | | | X | | | |
| 26 | 1009 | | | | | X | ² B | | | | | | |
| 27 | 1292 | ² B | | | | X | | | | | | | |
| 28 | 1636 | | | | | X | | | | | | | |
| 29 | 1785 | | | | | X+ ² B | | | | | | | |
| 30 | 1717 | | | | | X | ² B | | | | | | |
| 31 | 2109 | | | X | | | | | | | | | |
| 32 | 2196 | ³ X | | | | | | | | | | | ² X |
| 33 | 1999 | ² B | | | | X | | | | | | | |
| 34 | 2257 | | | X | | ² B | | | | | | | |
| 35 | 3045 | | X | | | | | | | | | | |
| 36 | 3194 | | X | | | ² B | | | | | | | |
| 37 | 3996 | X | | | | | | | | | | | |
| 38 | 4145 | X | | | | ² B | | | | | | | |

1 – Colimador de Tungstênio; 2 – Barreira de proteção no lado do operador; 3 - Barreira de proteção localizada na semicircunferência no lado oposto ao operador; B – Representa a utilização de biombo (duas placas); X – Representa a barreira de proteção; B + X – Representa a utilização simultânea de biombo e barreira de proteção; X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.9 –Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação aberta móvel para ^{192}Ir .

| Atributos de Proteção | | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|----------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|--|--|--|----------------|
| Opção | X_p | Barreira primária | Barreira secundária- biombo de chumbo(mm) | | | | | | | | | | | | |
| | | Pb (mm) | 1,5 | 3,0 | 4,8 | 6,3 | 7,8 | 9,5 | 12,7 | 15,9 | 19,0 | | | | |
| 1 | 1217 | 14,28 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1616 | 19,00 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1283 | 14,28 | | | ² B | | | | | | | | | | |
| 4 | 1305 | 14,28 | | | | ² B | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | ¹ W | ¹ B | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 815 | 9,52 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 857 | 9,52 | | ² B | | | | | | | | | | | |
| 8 | 903 | 9,52 | | | | ² B | | | | | | | | | |
| 9 | 945 | 9,52 | | | | | | ² B | | | | | | | |
| 10 | 988 | 9,52 | | | | | | | ² B | | | | | | |
| 12 | 373 | 3,00 | | | | | ² B | | | | | | | | |
| 13 | 395 | 3,00 | | | | | | ² B | | | | | | | |
| 14 | 438 | 3,00 | | | | | | | ² B | | | | | | |
| 15 | 481 | 3,00 | | | | | | | | ² B | | | | | |
| 16 | 1259 | 14,28 | | ² B | | | | | | | | | | | |
| 17 | 837 | 9,52 | ² B | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 523 | 3,00 | | | | | | | | | | | | | ² B |
| 19 | 1347 | 14,28 | | | | | | ² B | | | | | | | |
| 20 | 1390 | 14,28 | | | | | | | ² B | | | | | | |
| 21 | 1083 | 12,27 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 1126 | 12,27 | | ² B | | | | | | | | | | | |
| 23 | 1171 | 12,27 | | | | ² B | | | | | | | | | |
| 24 | 1214 | 12,27 | | | | | | ² B | | | | | | | |
| 25 | 352 | 3,00 | | | | ² B | | | ² B | | | | | | |
| 26 | 924 | 9,52 | | | | | ² B | | | | | | | | |

1-Colimador de Tungstênio; ²B – Indica a utilização de biombo (duas placas) no lado do operador, simultaneamente com a barreira de proteção; ¹B – Indica a utilização de biombo (duas placas) no lado oposto ao operador, simultaneamente com a barreira de proteção.; X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.10– Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação fechada sem teto, para ^{192}Ir .

| Atributos de proteção | | Barreira de proteção primária (cm) | | | | |
|-----------------------|-------|------------------------------------|--------|----------|--------|-------|
| Opção | X_p | Concreto | Barita | Cerâmica | Chumbo | Ferro |
| 1 | 214 | 49 | | | | |
| 2 | 219 | 50 | | | | |
| 3 | 245 | 56 | | | | |
| 4 | 263 | 60 | | | | |
| 5 | 293 | 67 | | | | |
| 6 | 306 | 70 | | | | |
| 7 | 950 | 20 | 20 | | | |
| 8 | 1166 | 20 | 25 | | | |
| 9 | 1381 | 20 | 30 | | | |
| 10 | 3379 | 20 | 10 | | 1,27 | |
| 11 | 838 | 24 | 17 | | | |
| 12 | 778 | 30 | 15 | | | |

Tabela 3.10 - Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação fechada sem teto, para ^{192}Ir , continuação.

| Atributos de proteção | | Barreira de proteção primária (cm) | | | | |
|-----------------------|-------|------------------------------------|--------|----------|--------|------|
| Opção | X_p | Concreto | Barita | Cerâmica | Chumbo | Aço |
| 13 | 864 | 30 | 17 | | | |
| 14 | 993 | 30 | 20 | | | |
| 16 | 301 | 30 | | 30 | | |
| 17 | 464 | 40 | 6,7 | | | |
| 18 | 606 | 40 | 10 | | | |
| 19 | 822 | 40 | 15 | | | |
| 20 | 1037 | 40 | 20 | | | |
| 21 | 3035 | 40 | | | 1,27 | |
| 22 | 486 | 45 | 6,7 | | | |
| 23 | 1627 | 45 | | | 0,635 | |
| 24 | 2341 | 45 | | | 0,952 | |
| 25 | 3057 | 45 | | | 1,27 | |
| 26 | 738 | 45 | | | | 3,17 |
| 27 | 534 | 56 | 6,7 | | | |
| 28 | 3105 | 56 | | | 1,27 | |
| 29 | 357 | | | 63 | | |
| 30 | 369 | | | 65 | | |
| 32 | 397 | | | 70 | | |
| 31 | 454 | | | 80 | | |
| 33 | 482 | | | 85 | | |
| 34 | 510 | | | 90 | | |
| 35 | 533 | | | 94 | | |
| 36 | 624 | | | 110 | | |
| 37 | 1406 | | 30 | 20 | | |
| 38 | 601 | | 10 | 30 | | |
| 39 | 925 | | 17,5 | 30 | | |
| 40 | 1248 | | 25 | 30 | | |
| 41 | 1032 | | 20 | 30 | | |
| 42 | 1334 | | 27 | 30 | | |
| 43 | 3030 | | | 30 | 1,27 | |
| 44 | 658 | | 10 | 40 | | |
| 45 | 809 | | 13,5 | 40 | | |
| 46 | 874 | | 15 | 40 | | |
| 47 | 1090 | | 20 | 40 | | |
| 48 | 1176 | | 22 | 40 | | |
| 49 | 1305 | | 25 | 40 | | |
| 50 | 1520 | | 30 | 40 | | |
| 51 | 3144 | | | 50 | 1,27 | |
| 52 | 771 | | 10 | 60 | | |
| 53 | 987 | | 15 | 60 | | |
| 54 | 3200 | | | 60 | 1,27 | |

X_p - Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.11 - Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na

Tabela 3.11 – Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação fechada sem teto, para ^{60}Co .

| Atributos de proteção | | Barreira de proteção primária (cm) | | | |
|-----------------------|-------|------------------------------------|--------|----------|--------|
| Opção | X_p | Concreto | Barita | Cerâmica | Chumbo |
| 1 | 328 | 75 | | | |
| 2 | 350 | 80 | | | |
| 3 | 372 | 85 | | | |
| 4 | 394 | 90 | | | |
| 5 | 416 | 95 | | | |
| 6 | 525 | 120 | | | |
| 7 | 543 | 124 | | | |
| 8 | 1424 | 30 | 30 | | |
| 9 | 1468 | 40 | 30 | | |
| 10 | 952 | 50 | 17 | | |
| 11 | 1081 | 50 | 20 | | |
| 12 | 1297 | 50 | 25 | | |
| 13 | 1383 | 50 | 27 | | |
| 14 | 1728 | 50 | 35 | | |
| 15 | 910 | 60 | 15 | | |
| 16 | 586 | 65 | 7 | | |
| 17 | 3166 | 70 | | | 1,27 |
| 18 | 587 | 75 | 6 | | |
| 19 | 1400 | 75 | | | 0,476 |
| 20 | 2472 | 75 | | | 0,956 |
| 21 | 652 | 80 | 7 | | |
| 22 | 609 | 80 | 6 | | |
| 23 | 631 | 85 | 6 | | |
| 24 | 567 | | | 100 | |
| 25 | 680 | | | 120 | |
| 26 | 964 | | | 170 | |
| 27 | 1202 | | 20 | 60 | |
| 28 | 1418 | | 25 | 60 | |
| 29 | 1504 | | 27 | 60 | |
| 30 | 1293 | | 30 | | |
| 31 | 1849 | | 35 | 60 | |
| 32 | 1662 | | 30 | 65 | |
| 33 | 971 | | 12 | 80 | |
| 34 | 1101 | | 15 | 80 | |
| 35 | 1316 | | 20 | 80 | |
| 36 | 1532 | | 25 | 80 | |
| 37 | 769 | | 6 | 90 | |
| 38 | 3410 | | | 97 | 1,27 |
| 39 | 883 | | 6 | 110 | |

 X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.12 – Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Atributos de proteção | | Barreira de proteção primária (cm) | | | | | |
|-----------------------|----------------|------------------------------------|--------|----------|------------|------|--------|
| Opção | X _p | Concreto | Barita | Cerâmica | Porta (Pb) | Aço | Chumbo |
| 1 | 434 | 50 | | | 0,48 | | |
| 2 | 493 | 50 | | | 0,63 | | |
| 3 | 552 | 50 | | | 0,79 | | |
| 4 | 968 | 50 | | | 1,90 | | |
| 5 | 453 | 55 | | | 0,48 | | |
| 6 | 512 | 55 | | | 0,63 | | |
| 7 | 571 | 55 | | | 0,79 | | |
| 8 | 987 | 55 | | | 1,90 | | |
| 9 | 471 | 60 | | | 0,48 | | |
| 10 | 530 | 60 | | | 0,63 | | |
| 11 | 589 | 60 | | | 0,79 | | |
| 12 | 1005 | 60 | | | 1,90 | | |
| 13 | 489 | 65 | | | 0,48 | | |
| 14 | 548 | 65 | | | 0,63 | | |
| 15 | 607 | 65 | | | 0,79 | | |
| 16 | 1023 | 65 | | | 1,90 | | |
| 17 | 936 | 20 | 17 | | 0,48 | | |
| 18 | 995 | 20 | 17 | | 0,63 | | |
| 19 | 1054 | 20 | 17 | | 0,79 | | |
| 20 | 657 | 45 | 6,70 | | 0,48 | | |
| 21 | 716 | 45 | 6,70 | | 0,63 | | |
| 22 | 775 | 45 | 6,70 | | 0,79 | | |
| 23 | 1191 | 45 | 6,70 | | 1,90 | | |
| 24 | 957 | 45 | | | 0,48 | 3,17 | |
| 25 | 1016 | 45 | | | 0,63 | 3,17 | |
| 26 | 1075 | 45 | | | 0,79 | 3,17 | |
| 27 | 1491 | 45 | | | 1,90 | 3,17 | |
| 28 | 2203 | 45 | | | 0,48 | | 0,95 |
| 29 | 2262 | 45 | | | 0,63 | | 0,95 |
| 30 | 2321 | 45 | | | 0,79 | | 0,95 |
| 31 | 2737 | 45 | | | 1,90 | | 0,95 |
| 32 | 675 | 50 | 6,70 | | 0,48 | | |
| 33 | 734 | 50 | 6,70 | | 0,63 | | |
| 34 | 793 | 50 | 6,70 | | 0,79 | | |
| 35 | 1209 | 50 | 6,70 | | 1,90 | | |
| 36 | 694 | 55 | 6,70 | | 0,48 | | |
| 37 | 753 | 55 | 6,70 | | 0,63 | | |
| 38 | 812 | 55 | 6,70 | | 0,79 | | |
| 39 | 1228 | 55 | 6,70 | | 1,90 | | |
| 40 | 2836 | 55 | | | 0,48 | | 1,27 |

Tabela 3.12 – Características das barreiras de proteção das opções utilizadas na instalação fechada com teto para ^{192}Ir ; continuação.

| Atributos de Proteção | | Barreira de proteção primária (cm) | | | | | |
|-----------------------|-------|------------------------------------|--------|----------|------------|-----|--------|
| Opção | X_p | Concreto | Barita | Cerâmica | Porta (Pb) | Aço | Chumbo |
| 41 | 2895 | 55 | | | 0,63 | | 1,27 |
| 42 | 2954 | 55 | | | 0,79 | | 1,27 |
| 43 | 3370 | 55 | | | 1,90 | | 1,27 |
| 44 | 1663 | 60 | | | 0,48 | | 0,63 |
| 45 | 1722 | 60 | | | 0,63 | | 0,63 |
| 46 | 1781 | 60 | | | 0,79 | | 0,63 |
| 47 | 760 | 80 | 6 | | 0,48 | | |
| 48 | 819 | 80 | 6 | | 0,63 | | |
| 49 | 878 | 80 | 6 | | 0,79 | | |
| 50 | 1294 | 80 | 6 | | 0,95 | | |
| 51 | 630 | | | 80 | 0,48 | | |
| 52 | 689 | | | 80 | 0,63 | | |
| 53 | 748 | | | 80 | 0,79 | | |
| 54 | 1164 | | | 80 | 1,90 | | |
| 55 | 895 | | 10 | 60 | 0,48 | | |
| 56 | 954 | | 10 | 60 | 0,63 | | |
| 57 | 1013 | | 10 | 60 | 0,79 | | |
| 58 | 1429 | | 10 | 60 | 1,90 | | |
| 59 | 1075 | | 15 | 60 | 0,48 | | |
| 60 | 1134 | | 15 | 60 | 0,63 | | |
| 61 | 1193 | | 15 | 60 | 0,79 | | |
| 62 | 1609 | | 15 | 60 | 1,90 | | |
| 63 | 2919 | | | 60 | 0,48 | | 1,27 |
| 64 | 2978 | | | 60 | 0,63 | | 1,27 |
| 65 | 3037 | | | 60 | 0,79 | | 1,27 |
| 66 | 3453 | | | 60 | 1,90 | | 1,27 |

X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

3.6 – Custo anual de proteção

O termo custo anual de proteção refere-se ao custo monetário da barreira de proteção, acrescido do custo de manutenção (tomado como sendo 3% do custo da barreira de proteção) e do custo da área de isolamento. O valor do custo da barreira de proteção foi calculado em função do número de placas que a constituem, do tipo e da espessura do(s) material(ais) utilizado(s) e do tempo de vida útil da barreira de proteção (estimado em vinte anos), Tabelas 7.1 a 7.10, Apêndice 7.

Os preços dos materiais utilizados nas barreiras de proteção foram obtidos a partir da média aritmética dos valores levantados em três estabelecimentos comerciais, enquanto o custo relativo da área de isolamento foi considerado como sendo de 10 dólares/m².

- a) Lâmina de chumbo - US\$: 6,45 ± 0,50 /Kg;
- b) Lamina de aço - US\$: 0,85 ± 0,04/Kg ;
- c) Colimador de tungstênio - US\$: 320,00 ± 33,00;
- d) Placa de madeirite - US\$: 8,50 ± 1,50
- e) Suporte da placa de proteção + madeirite - US\$: 177,90;
- f) Concreto (brita + areia + cimento) - US\$: 141,62 ± 18,00 /m³;
- g) Argamassa baritada (barita + cimento) - US\$: 1.395,32 ± 215,00 /m³;
- h) Cerâmica (tijolo batido sem furo + cimento + areia) - US\$: 183,50 ± 13,00 /m³.

Os custos anuais das barreiras de proteção das opções nas instalações aberta fixa, móvel e fechada, estão apresentadas nas Tabelas 3.13 a 3.17.

Tabela 3.13 – Custo anual da barreira de proteção na instalação aberta fixa, com e sem juros anuais aplicados de acordo com a tabela "price".

| Custo anual das barreiras de proteção (dólares) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|------|-------|
| Opção | X _p | 3% | 6% | 9% | 12% | Opção | X _p | 3% | 6% | 9% | 12% |
| 1 | 16 | 22 | 28 | 35 | 43 | 22 | 938 | 1261 | 1635 | 2055 | 2512 |
| 4 | 313 | 421 | 546 | 686 | 838 | 23 | 1037 | 1394 | 1808 | 2272 | 2777 |
| 5 | 363 | 488 | 633 | 795 | 972 | 24 | 1077 | 1448 | 1878 | 2360 | 2884 |
| 6 | 373 | 501 | 650 | 817 | 999 | 25 | 1080 | 1452 | 1883 | 2366 | 2892 |
| 8 | 626 | 842 | 1091 | 1372 | 1676 | 26 | 1009 | 1356 | 1759 | 2211 | 2702 |
| 9 | 423 | 569 | 738 | 927 | 1133 | 27 | 1292 | 1737 | 2253 | 2831 | 3459 |
| 10 | 545 | 733 | 950 | 1194 | 1459 | 28 | 1636 | 2199 | 2853 | 3584 | 4381 |
| 11 | 595 | 800 | 1037 | 1304 | 1593 | 29 | 1785 | 2400 | 3112 | 3911 | 4780 |
| 12 | 522 | 702 | 910 | 1144 | 1398 | 30 | 1717 | 2308 | 2994 | 3762 | 4597 |
| 13 | 908 | 1221 | 1583 | 1989 | 2431 | 31 | 2109 | 2835 | 3677 | 4621 | 5647 |
| 14 | 694 | 933 | 1210 | 1521 | 1858 | 32 | 2196 | 2952 | 3829 | 4811 | 5880 |
| 15 | 717 | 964 | 1250 | 1571 | 1920 | 33 | 1999 | 2687 | 3485 | 4380 | 5353 |
| 16 | 766 | 1030 | 1336 | 1678 | 2051 | 34 | 2257 | 3034 | 3935 | 4945 | 6043 |
| 18 | 865 | 1163 | 1508 | 1895 | 2316 | 35 | 3045 | 4094 | 5309 | 6672 | 8153 |
| 19 | 797 | 1071 | 1390 | 1746 | 2134 | 36 | 3194 | 4294 | 5569 | 6998 | 8552 |
| 20 | 889 | 1195 | 1550 | 1948 | 2380 | 37 | 3996 | 5372 | 6967 | 8755 | 10700 |
| 21 | 928 | 1248 | 1618 | 2033 | 2485 | 38 | 4145 | 5573 | 7227 | 9082 | 11099 |

X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.14 – Custo anual da barreira de proteção na instalação aberta móvel, com e sem juros anuais aplicados de acordo com a tabela “price”.

| Opção | X _P | 3% | 6% | 9% | 12% | Opção | X _P | 3% | 6% | 9% | 12% |
|-------|----------------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|------|------|
| 1 | 1217 | 1635 | 2121 | 2665 | 3257 | 14 | 438 | 589 | 764 | 960 | 1173 |
| 2 | 1616 | 2173 | 2818 | 3541 | 4327 | 15 | 481 | 647 | 839 | 1054 | 1288 |
| 3 | 1283 | 1725 | 2237 | 2811 | 3435 | 16 | 1259 | 1693 | 2195 | 2758 | 3371 |
| 4 | 1305 | 1754 | 2275 | 2859 | 3494 | 17 | 837 | 1125 | 1459 | 1834 | 2241 |
| 5 | 38 | 51 | 66 | 83 | 102 | 18 | 523 | 703 | 912 | 1146 | 1400 |
| 6 | 815 | 1095 | 1420 | 1784 | 2180 | 19 | 1347 | 1811 | 2349 | 2951 | 3607 |
| 7 | 857 | 1152 | 1494 | 1878 | 2295 | 20 | 1390 | 1869 | 2424 | 3045 | 3722 |
| 8 | 903 | 1214 | 1574 | 1978 | 2418 | 21 | 1083 | 1456 | 1888 | 2373 | 2900 |
| 9 | 945 | 1270 | 1648 | 2070 | 2530 | 22 | 1126 | 1514 | 1963 | 2467 | 3015 |
| 10 | 988 | 1328 | 1723 | 2165 | 2645 | 23 | 1171 | 1574 | 2042 | 2566 | 3135 |
| 12 | 373 | 501 | 650 | 817 | 999 | 24 | 1214 | 1632 | 2117 | 2660 | 3251 |
| 13 | 395 | 531 | 689 | 865 | 1058 | 25 | 352 | 473 | 614 | 771 | 943 |
| | | | | | | 26 | 924 | 1242 | 1611 | 2024 | 2474 |

X_P – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.15 – Custo anual das barreiras de proteção na instalação fechada sem teto, com e sem juros anuais aplicados de acordo com tabela price, para ¹⁹²Ir.

| Opção | X _P | 3% | 6% | 9% | 12% | Opção | X _P | 3% | 6% | 9% | 12% |
|-------|----------------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|------|------|
| 1 | 214 | 288 | 373 | 469 | 573 | 29 | 357 | 480 | 622 | 782 | 956 |
| 2 | 219 | 294 | 382 | 480 | 586 | 30 | 369 | 496 | 643 | 808 | 988 |
| 3 | 245 | 329 | 427 | 537 | 656 | 31 | 454 | 610 | 792 | 995 | 1216 |
| 4 | 263 | 354 | 459 | 576 | 704 | 32 | 397 | 534 | 692 | 870 | 1063 |
| 5 | 293 | 394 | 511 | 642 | 785 | 33 | 482 | 648 | 840 | 1056 | 1291 |
| 6 | 306 | 411 | 534 | 670 | 819 | 34 | 510 | 686 | 889 | 1117 | 1366 |
| 7 | 950 | 1277 | 1656 | 2081 | 2544 | 35 | 533 | 717 | 929 | 1168 | 1427 |
| 8 | 1166 | 1568 | 2033 | 2555 | 3122 | 36 | 624 | 839 | 1088 | 1367 | 1671 |
| 9 | 1381 | 1857 | 2408 | 3026 | 3698 | 37 | 1406 | 1890 | 2452 | 3081 | 3765 |
| 10 | 3379 | 4543 | 5892 | 7403 | 9048 | 38 | 601 | 808 | 1048 | 1317 | 1609 |
| 11 | 838 | 1127 | 1461 | 1836 | 2244 | 39 | 925 | 1244 | 1613 | 2027 | 2477 |
| 12 | 778 | 1046 | 1357 | 1705 | 2083 | 40 | 1248 | 1678 | 2176 | 2734 | 3342 |
| 13 | 864 | 1162 | 1506 | 1893 | 2313 | 41 | 1032 | 1387 | 1799 | 2261 | 2763 |
| 14 | 993 | 1335 | 1731 | 2176 | 2659 | 42 | 1334 | 1793 | 2326 | 2923 | 3572 |
| 16 | 301 | 405 | 525 | 659 | 806 | 43 | 3030 | 4074 | 5283 | 6639 | 8113 |
| 17 | 464 | 624 | 809 | 1017 | 1242 | 44 | 658 | 885 | 1147 | 1442 | 1762 |
| 18 | 606 | 815 | 1057 | 1328 | 1623 | 45 | 809 | 1088 | 1411 | 1773 | 2166 |
| 19 | 822 | 1105 | 1433 | 1801 | 2201 | 46 | 874 | 1175 | 1524 | 1915 | 2340 |
| 20 | 1038 | 1395 | 1810 | 2274 | 2779 | 47 | 1090 | 1465 | 1901 | 2388 | 2919 |
| 21 | 3035 | 4080 | 5292 | 6650 | 8127 | 48 | 1176 | 1581 | 2050 | 2577 | 3149 |
| 22 | 486 | 653 | 847 | 1065 | 1301 | 49 | 1305 | 1754 | 2275 | 2859 | 3494 |
| 23 | 1627 | 2187 | 2837 | 3565 | 4356 | 50 | 1520 | 2043 | 2650 | 3330 | 4070 |
| 24 | 2341 | 3147 | 4082 | 5129 | 6268 | 51 | 3144 | 4227 | 5482 | 6889 | 8418 |
| 25 | 3057 | 4110 | 5330 | 6698 | 8185 | 52 | 771 | 1037 | 1344 | 1689 | 2064 |
| 26 | 738 | 992 | 1287 | 1617 | 1976 | 53 | 987 | 1327 | 1721 | 2163 | 2643 |
| 27 | 534 | 718 | 931 | 1170 | 1430 | 54 | 3200 | 4302 | 5580 | 7011 | 8568 |
| 28 | 3105 | 4174 | 5414 | 6803 | 8314 | | | | | | |

X_P – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.16 – Custo anual da barreira de proteção na instalação fechada sem teto para ^{60}Co , com e sem juros anuais aplicados de acordo com a tabela “price”

| Opção | X_p | 3% | 6% | 9% | 12% | Opção | X_p | 3% | 6% | 9% | 12% |
|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1 | 328 | 441 | 572 | 719 | 878 | 21 | 652 | 877 | 1137 | 1429 | 1746 |
| 2 | 350 | 471 | 610 | 767 | 937 | 22 | 609 | 819 | 1062 | 1334 | 1631 |
| 3 | 372 | 501 | 649 | 816 | 997 | 23 | 631 | 848 | 1100 | 1383 | 1690 |
| 4 | 394 | 530 | 687 | 863 | 1055 | 24 | 567 | 762 | 989 | 1242 | 1518 |
| 5 | 416 | 559 | 726 | 912 | 1114 | 25 | 680 | 914 | 1186 | 1490 | 1821 |
| 6 | 525 | 706 | 915 | 1150 | 1406 | 26 | 934 | 1296 | 1681 | 2112 | 2581 |
| 7 | 543 | 730 | 947 | 1190 | 1454 | 27 | 1202 | 1616 | 2096 | 2634 | 3218 |
| 8 | 1424 | 1914 | 2483 | 3120 | 3813 | 28 | 1418 | 1906 | 2472 | 3107 | 3797 |
| 9 | 1468 | 1974 | 2560 | 3216 | 3931 | 29 | 1504 | 2022 | 2622 | 3295 | 4027 |
| 10 | 952 | 1280 | 1660 | 2086 | 2549 | 30 | 1293 | 1738 | 2254 | 2833 | 3462 |
| 11 | 1081 | 1453 | 1885 | 2368 | 2894 | 31 | 1849 | 2486 | 3224 | 4051 | 4951 |
| 12 | 1297 | 1744 | 2261 | 2842 | 3473 | 32 | 1662 | 2234 | 2898 | 3641 | 4450 |
| 13 | 1383 | 1859 | 2411 | 3030 | 3703 | 33 | 971 | 1305 | 1693 | 2127 | 2600 |
| 14 | 1728 | 2323 | 3013 | 3786 | 4627 | 34 | 1101 | 1480 | 1920 | 2412 | 2948 |
| 15 | 910 | 1224 | 1587 | 1994 | 2437 | 35 | 1316 | 1769 | 2295 | 2883 | 3524 |
| 16 | 586 | 788 | 1022 | 1284 | 1569 | 36 | 1532 | 2060 | 2672 | 3358 | 4103 |
| 17 | 3166 | 4256 | 5520 | 6937 | 8477 | 37 | 769 | 1034 | 1341 | 1685 | 2059 |
| 18 | 587 | 789 | 1023 | 1286 | 1572 | 38 | 3410 | 4584 | 5946 | 7471 | 9131 |
| 19 | 1400 | 1882 | 2441 | 3067 | 3749 | 39 | 883 | 1187 | 1540 | 1935 | 2364 |
| 20 | 2472 | 3323 | 4310 | 5416 | 6619 | | | | | | |

X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

Tabela 3.17 – Custo anual da barreira de proteção na instalação fechada com teto para ^{192}Ir , com e sem anuais aplicados de acordo com a tabela price.

| Opção | X _p | 3% | 6% | 9% | 12% | Opção | X _p | 3% | 6% | 9% | 12% |
|-------|----------------|------|------|------|------|-------|----------------|------|------|------|------|
| 1 | 434 | 583 | 757 | 951 | 1162 | 34 | 793 | 1066 | 1383 | 1737 | 2123 |
| 2 | 493 | 663 | 860 | 1080 | 1320 | 35 | 1209 | 1625 | 2108 | 2649 | 3237 |
| 3 | 552 | 742 | 962 | 1209 | 1478 | 36 | 694 | 933 | 1210 | 1521 | 1858 |
| 4 | 968 | 1301 | 1688 | 2121 | 2592 | 37 | 753 | 1012 | 1313 | 1650 | 2016 |
| 5 | 453 | 609 | 790 | 993 | 1213 | 38 | 812 | 1092 | 1416 | 1779 | 2174 |
| 6 | 512 | 688 | 893 | 1122 | 1371 | 39 | 1228 | 1651 | 2141 | 2691 | 3288 |
| 6 | 571 | 768 | 996 | 1251 | 1529 | 40 | 2836 | 3813 | 4945 | 6214 | 7594 |
| 8 | 987 | 1327 | 1721 | 2163 | 2643 | 41 | 2895 | 3889 | 5044 | 6339 | 7746 |
| 9 | 471 | 633 | 821 | 1032 | 1261 | 42 | 2954 | 3971 | 5151 | 6472 | 7910 |
| 10 | 530 | 713 | 924 | 1161 | 1419 | 43 | 3370 | 4531 | 5876 | 7384 | 9024 |
| 11 | 589 | 792 | 1027 | 1290 | 1577 | 44 | 1663 | 2236 | 2900 | 3644 | 4453 |
| 12 | 1005 | 1351 | 1752 | 2202 | 2691 | 45 | 1722 | 2315 | 3002 | 3773 | 4611 |
| 13 | 489 | 657 | 853 | 1071 | 1309 | 46 | 1781 | 2394 | 3105 | 3902 | 4769 |
| 14 | 548 | 737 | 955 | 1201 | 1467 | 47 | 759 | 1020 | 1323 | 1663 | 2032 |
| 15 | 607 | 816 | 1058 | 1330 | 1625 | 48 | 819 | 1101 | 1428 | 1794 | 2193 |
| 16 | 1023 | 1375 | 1784 | 2241 | 2739 | 49 | 878 | 1180 | 1531 | 1924 | 2351 |
| 17 | 936 | 1258 | 1632 | 2051 | 2506 | 50 | 1294 | 1740 | 2256 | 2835 | 3465 |
| 18 | 995 | 1338 | 1735 | 2180 | 2664 | 51 | 630 | 847 | 1098 | 1380 | 1687 |
| 19 | 1054 | 1417 | 1838 | 2309 | 2822 | 52 | 689 | 926 | 1201 | 1510 | 1845 |
| 20 | 657 | 883 | 1146 | 1439 | 1759 | 53 | 748 | 1006 | 1304 | 1639 | 2003 |
| 21 | 716 | 963 | 1248 | 1569 | 1917 | 54 | 1666 | 2240 | 2905 | 3650 | 4461 |
| 22 | 775 | 1042 | 1351 | 1698 | 2075 | 55 | 895 | 1203 | 1561 | 1961 | 2396 |
| 23 | 1191 | 1601 | 2077 | 2609 | 3189 | 56 | 954 | 1283 | 1663 | 2090 | 2554 |
| 24 | 957 | 1287 | 1669 | 2097 | 2562 | 57 | 1013 | 1362 | 1766 | 2219 | 2712 |
| 25 | 1016 | 1366 | 1771 | 2226 | 2720 | 58 | 1429 | 1921 | 2492 | 3131 | 3826 |
| 26 | 1075 | 1445 | 1874 | 2355 | 2878 | 59 | 1075 | 1445 | 1874 | 2355 | 2878 |
| 27 | 1499 | 2015 | 2614 | 3284 | 4014 | 60 | 1134 | 1525 | 1977 | 2485 | 3036 |
| 28 | 2203 | 2962 | 3841 | 4827 | 5899 | 61 | 1193 | 1604 | 2080 | 2614 | 3194 |
| 29 | 2262 | 3041 | 3944 | 4956 | 6057 | 62 | 1609 | 2163 | 2805 | 3525 | 4308 |
| 30 | 2321 | 3120 | 4047 | 5085 | 6215 | 63 | 2919 | 3924 | 5090 | 6396 | 7816 |
| 31 | 2737 | 3680 | 4772 | 5997 | 7329 | 64 | 2978 | 4004 | 5192 | 6525 | 7974 |
| 32 | 675 | 907 | 1177 | 1479 | 1807 | 65 | 3037 | 4083 | 5295 | 6654 | 8132 |
| 33 | 734 | 987 | 1280 | 1608 | 1965 | 66 | 3453 | 4642 | 6021 | 7566 | 9246 |

X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares.

3.7 – Cálculo da dose equivalente (dose efetiva⁽²⁵⁾)

A dose equivalente “h” de corpo inteiro, para trabalhadores ocupacionalmente expostos, foi calculada a partir da taxa de exposição⁽³⁶⁾, pela equação 3.1, utilizando a equação de Taylor para cálculo do “build-up” no ar, Pb, Fe, W, concreto, barita, cerâmica e solo. Na conversão de exposição “X (R)” para dose absorvida (rad) foi adotada a hipótese conservativa, ou seja, considerou-se

o fator de conversão igual a 1, ou seja, 1 R= 1 rad. Na conversão de dose absorvida (rad) para dose equivalente “h (Sv)”, foram considerados FQ (fator de qualidade) e N iguais a 1. No Apêndice VII, Tabelas 7.11 e 7.12, é apresentado um exemplo do cálculo da taxa de exposição e das doses equivalentes anuais para as opções 1, 4, 5 e 32, do cenário I na instalação aberta fixa, mostrando os parâmetros usados.

$$\dot{X} = [S_0 \times \beta(\mu \cdot x, E, Z_{\text{eff}}) \times e^{-\mu \cdot x}] / \kappa 4\pi R^2 = \Phi \times E \times f \quad 3.1$$

onde

\dot{X} - é a taxa de exposição expressa em mRh⁻¹;

S_0 - é o fluxo pontual de raios gama expresso em fótons .s⁻¹

κ - é o fator de conversão de densidade de fluxo para taxa de exposição em mR.h⁻¹;

R - é a distância medida a partir da fonte ao ponto de interesse expressa em unidades de comprimento;

$\mu \cdot x$ - é o comprimento de relaxação do material atenuador;

Φ - é a densidade de fluxo, que expressa o número de fótons ou partículas por centímetro quadrado por segundo (fótons.cm⁻².s⁻¹);

E - é a energia dos fótons em MeV;

f - é o fator de conversão de fluxo puntiforme para taxa de exposição;

μ - é o coeficiente de atenuação linear para o ar expresso em (cm⁻¹);

x - é a espessura do material atenuador;

Z_{eff} - Número atômico efetivo do material;

$\beta(\mu \cdot x, E, Z_{\text{eff}})$ - é a razão entre a densidade de fluxo da radiação real e aquela que seria calculada a partir do fator de atenuação simples envolvendo o comprimento de relaxação, conhecida como Fator de Build up.

3.7.1 – Instalação aberta fixa

Na instalação aberta fixa, a dose equivalente “h” de corpo inteiro para trabalhadores ocupacionalmente expostos foi calculada de forma simples e direta por meio da seguinte equação:

$$h = \dot{h} \times t \quad 3.2$$

onde:

\dot{h} é a taxa de dose expressa em mSv.h^{-1}

t é o tempo de exposição previsto pela carga de trabalho anual em horas.

No caso do operador, em virtude de o mesmo nem sempre estar na área de segurança (área livre ou supervisionada) durante o acionamento e recolhimento da fonte, a dose equivalente individual do operador " h_{op} " foi calculada por meio da soma das doses parciais, recebidas nos momentos de liberação e recolhimento da fonte, durante o deslocamento do operador e durante o tempo de permanência do mesmo na área de segurança (exemplo apresentado na tabela 7.12 para as opções 1, 4, 5 e 32), utilizando a equação:

$$h_{op} = h_{l,r} + h_{desl} + h_{a,s} \quad 3.3$$

onde

$h_{l,r}$ - é a dose equivalente individual recebida pelo operador durante a liberação e o recolhimento da fonte radioativa;

h_{desl} - é a dose equivalente individual recebida pelo operador durante o seu deslocamento desde o ponto de liberação da fonte de radiação até a área de segurança e seu retorno à posição de recolhimento da fonte; e

$h_{a,s}$ - é a dose equivalente individual recebida pelo operador durante o tempo de permanência na área de segurança.

3.7.1.1 - Dose recebida durante a liberação e recolhimento da fonte

A dose equivalente individual " $h_{l,r}$ ", durante a liberação e o recolhimento da fonte, foi calculada conforme a equação:

$$h_{l,r} = \bar{h}_{l,r} \times t_{l,r} \quad (3.4)$$

onde

$\bar{h}_{l,r}$ é a taxa de dose equivalente média (mSv/h) no ponto de acionamento do andrômetro; e

$t_{l,r}$ é a soma dos tempo de liberação + tempo de recolhimento (h).

A taxa de dose equivalente média foi obtida por meio da média aritmética entre as taxas de doses equivalentes calculadas nos pontos cuja distância da fonte ao operador foi 8,6 metros e, no ponto de exposição da película radiográfica (P₁, P₂, P₃ e P₄), de acordo com a equação:

$$\bar{h}_{l,r} = \left[\left(\dot{h}_{l,r} \right)_{\max.} + \left(\dot{h}_{l,r} \right)_{\min.} \right] / 2 \quad (3.5)$$

onde

$\left(\dot{h}_{l,r} \right)_{\max.}$ é a taxa de dose equivalente no ponto cuja distância fonte-irradiador é 0,5 m;
 $\left(\dot{h}_{l,r} \right)_{\min.}$ é a taxa de dose equivalente no ponto de exposição da película

O tempo de liberação/recolhimento " $t_{l,r}$ " da fonte de radiação, do interior do irradiador ao ponto de interesse e o seu respectivo retorno, foi determinado por três pessoas, cada uma realizando dez simulações de exposição (irradiador sem fonte), sendo cinco para acionamento e cinco para recolhimento. Os tempos " $t_{l,r}$ " foram medidos para cada uma das quatro distâncias fonte operador estudadas e determinados por meio da média aritmética, conforme indicado na Tabela 3.18.

Tabela 3.18 – Tempo médio de acionamento e recolhimento da fonte para diferentes distâncias fonte-operador (d.f.op.)

| | P ₁ | P ₂ | P ₃ | P ₄ |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| d.f.op. (m) | 8,10 | 8,80 | 10,80 | 15,00 |
| Deslocamento da fonte (m) | 0,15 | 0,85 | 2,85 | 7,05 |
| Tempo (s) | 0,047 ± 0,01 | 2,85 ± 0,40 | 9,00 ± 0,30 | 22,00 ± 0,30 |

3.7.1.2 – Dose recebida no deslocamento do operador

A dose equivalente " h_{desl} " calculada para o deslocamento do operador foi definida como sendo o produto da taxa de dose equivalente média " \dot{h}_{desl} " pelo tempo total de deslocamento do operador " t_d " (ida e volta do ponto de acionamento do andrômetro (manivela) até a área de segurança).

$$h_{\text{desl}} = \dot{h}_{\text{desl}} \times t_d \quad (3.6)$$

A taxa de dose equivalente média foi calculada pela média aritmética entre a taxa de dose equivalente calculada na área de segurança e a taxa de dose equivalente calculada no ponto de acionamento do andrômetro, pela equação:

$$\dot{h}_{\text{desl}} = \left(\dot{h}_{\text{as}} + \dot{h}_{\text{ac}} \right) / 2 \quad (3.7)$$

onde:

\dot{h}_{as} é a taxa de dose equivalente calculada na área de segurança;

\dot{h}_{ac} é a taxa de dose equivalente calculada no ponto de acionamento do andrômetro.

Nos casos em que a distância "d" do ponto de acionamento do andrômetro à área de segurança foi maior que 50 metros ou quando o tempo de exposição da película radiográfica " t_{exp} " foi da mesma ordem de grandeza do tempo de deslocamento " t_{dr} " do operador à área de segurança (ida e volta), a dose devida ao deslocamento não foi considerada ($d=0$).

O tempo de deslocamento real " $t_{\text{d,r}}$ " foi calculado para uma distância de 50 metros, percorrida de três formas diferentes e por duas pessoas, isto é, andando normalmente ($v = 1,25\text{m/s}$), andando rapidamente ($v = 1,75\text{m/s}$) e correndo ($v = 3,5\text{m/s}$). Em cada uma das modalidades, foram observados cinco tempos para cada pessoa. A velocidade média " $v_{\text{média}}$ " calculada para as três modalidades foi de $2,2 \pm 0,8 \text{ m/s}$. Assim, o tempo de deslocamento real do ponto de acionamento para a área de segurança foi calculado pela equação:

$$t_{\text{d,r}} = d / v_{\text{média}} \quad 3.8$$

onde

$t_{\text{d,r}}$ é o tempo de deslocamento real do operador expresso em (s)

d é a distância do ponto de acionamento à área de segurança expressa em (m);

$v_{\text{média}}$ é a velocidade média de deslocamento do operador do ponto de acionamento à área de segurança, expressa em (m/s).

3.7.1.3 – Dose recebida na área de segurança

A dose equivalente " $h_{a,s}$ " calculada na área de segurança, definida como produto da taxa de dose equivalente no ponto de permanência, " $\dot{h}_{a,s}$ " pelo tempo de permanência na área de segurança " t_p ", é expressa pela equação:

$$h_{a,s} = \dot{h}_{a,s} \times t_p \quad 3.9$$

onde o tempo de permanência " t_p " é dado pela diferença entre o tempo de exposição da película radiográfica (tempo efetivo em que a película fica exposta à radiação – variável de acordo com tipo e atividade da fonte de radiação, tipo e espessura do material radiografado e a distância fonte película) " $t_{e,p}$ " e a soma dos tempos de deslocamento " $t_{d,r}$ " e de recolhimento " $t_{rec.}$ ", ou seja:

$$t_p = t_{e,p} - (t_{d,r} + t_{rec.}) \quad (3.10)$$

3.7.2 – Instalações fechadas e aberta móvel

Nas instalações fechadas e aberta móvel, a dose equivalente " h " de corpo inteiro para trabalhadores ocupacionalmente expostos foi calculada da mesma forma utilizada na instalação aberta fixa.

3.7.3 – Dose equivalente individual para indivíduos do público

As opções de proteção estudadas e analisadas, nas instalações fechadas e aberta fixa, foram selecionadas de tal forma que as doses equivalentes individuais anuais, calculadas para indivíduos do público, não ultrapassassem o limite de dose estabelecido pela norma⁽²⁾, isto é, 1mSv/ano. Entretanto, na instalação aberta móvel, devido ao deslocamento contínuo do local de realização dos ensaios radiográficos relativo às residências, as doses equivalentes individuais anuais para indivíduos do público " $H_{i,j}$ " foram calculadas durante as exposições das juntas " j " ao longo da tubulação. As taxas de exposição foram calculadas nas alturas inferior e superior do tronco humano e na altura das

gônadas, isto é, 100, 150 e 0 (zero) cm acima do nível do solo, utilizando a equação:

$$h_{i,j} = \left[\sum_j \left(\sum_i \dot{h}_{i,j} \right)_{tr} \right] \times t \quad (3.11)$$

onde:

i - representa a i-ésima residência, com "i" variando de 1 a 10;

j - representa a j-ésima junta com "j" variando de 1 a 10;

$\sum_j \left(\sum_i \dot{h}_{i,j} \right)_{tr}$ é a soma das taxas de dose equivalente média em cada residência "i", durante as exposições da juntas "j" ao longo da tubulação.;

t é o tempo de exposição correspondente à jornada de trabalho necessária para radiografar as 10 juntas.

As doses equivalentes individuais anuais "H_{i,j}" calculadas foram menores que 1 mSv/ano, isto é, menor que o valor do limite estabelecido pela norma⁽²⁾. O comportamento da dose equivalente individual anual nas residências, pode ser observado na Figura 4.1 do Capítulo 4. Dessa forma, a consideração de um número maior de residências e juntas não se justificaria.

3.7.4 – Dose equivalente coletiva anual

A dose coletiva anual foi calculada, neste trabalho, considerando o número de trabalhadores igual a quatro (número de pessoas efetivamente envolvidas na execução do serviço), compreendendo:

- Um responsável pela instalação radiográfica – RIA;
- Um operador;
- Um auxiliar de operador; e
- Um técnico de câmara escura.

O supervisor de radioproteção não foi incluído para efeito de avaliação da dose, tendo em vista que ele não participa efetivamente dos ensaios radiográficos.

A expressão utilizada no cálculo da dose equivalente coletiva foi

$$S_c = \sum_i N_i \times \bar{h}_{\text{trab}} \quad 3.12$$

onde

N é o número de trabalhadores; e

\bar{h}_{trab} é a dose equivalente média anual dos trabalhadores.

O cálculo da dose equivalente individual anual média “ h^* ” para trabalhadores na instalação aberta fixa foi obtido utilizando a equação

$$h^* = \frac{h_{\text{op}} + 3 \times h_{3/10}}{4},$$

onde h_{op} é dose calculada para operador e $h_{3/10}$ é dose para

os demais trabalhadores localizado na área supervisionada, onde foi considerado o valor máximo de 15 mSv/ano. Na instalação aberta móvel a dose equivalente individual anual média “ h^* ” dos trabalhadores foi considerada como sendo igual a do operador “ h_{op} ”, em razão da limitação da área de trabalho. Nas instalações

fechadas a dose equivalente individual anual média dos trabalhadores foi calculada utilizando a equação $h^* = \frac{h_{\text{op}} + 3 \times h_{\text{p/p}}}{4}$, onde $h_{\text{p/p}}$ é a dose equivalente

individual anual para indivíduos. A utilização da “ $h_{\text{p/p}}$ ” na composição do cálculo da dose equivalente individual anual média foi em razão dos trabalhadores poderem se deslocar facilmente para à área livre (pequena de isolamento).

A dose coletiva para indivíduos do público não foi avaliada quantitativamente em razão da incerteza na avaliação do número de pessoas em cada residência. Nas instalações fechada e aberta fixa, foram detectadas outras três dificuldades, duas delas relacionadas com a população vizinha à instalação.

A primeira é decorrente da localização dos trabalhadores não ocupacionalmente expostos à radiação ionizante nas dependências da empresa em relação à casamata e ao local dos ensaios radiográficos, no caso da instalação aberta fixa. A segunda refere-se à estimativa do número e localização de residências em volta da instalação. A terceira é estimar o número de indivíduos do público e funcionários da empresa que não trabalham com radiação.

Assim sendo, a dose equivalente coletiva para indivíduos do público em geral foi considerada como sendo aquela estabelecida pelas normas⁽²⁾, isto é, 1 pessoa-sievert/ano.

3.8 – Funções de prioridades parciais

As funções de prioridades parciais dos atributos, ou seja, do custo de proteção “ $u(X)$ ”, da dose equivalente coletiva anual “ $u(S_C)$ ”, da área de isolamento “ $u(a)$ ” e para a dose equivalente individual anual¹ “ $u(h_2)$ ”, no intervalo de $5 \text{ mSv} < h_2 \leq 15 \text{ mSv}$, foram consideradas como lineares, conforme a equação:

$$u(z) = a + b \times z \quad (3.13)$$

sendo que as constantes “ a e b ” foram obtidas a partir das condições de contorno dos seus respectivos atributos, isto é: $u(X) = u(S_C) = u(a) = u(h_2) = 0$ quando X , S , a , e h_2 assumem os valores máximos das funções e $u(X) = u(S_C) = u(a) = u(h_2) = 1$ quando X , S_C , a , e h_2 assumem os valores mínimos.

Para valores de doses equivalentes individuais anuais “ h_3 ” no intervalo de $15 \text{ mSv} < h_3 \leq 50 \text{ mSv}$, a função de prioridade parcial foi considerada como sendo uma função côncava decrescente, conforme a equação abaixo:

$$u(h_3) = a - b \times e^{-c \times [h_3(\text{Sv}) - 0,015]} \quad (3.14)$$

onde é assumido um risco de comportamento propenso. As constantes “ a ”, “ b ” e “ c ” foram determinadas a partir da solução de um sistema de equações, utilizando as condições de contorno da função.

Nos casos onde as doses equivalentes individuais anuais “ h_1 ” são iguais ou menores que 5 mSv , a função de prioridade parcial foi considerada como unitária, isto é, $u(h_1) = 1$.

Na Figura 3.9, está representada a curva da função de prioridade parcial para dose equivalente individual anual, abrangendo os três intervalos considerados (h_1 ; h_2 e h_3).

¹ O atributo dose equivalente individual foi dividido em três novos atributos, representados pelos intervalos de dose equivalente individual (h_1 ; h_2 e h_3).

Nas instalações radiográficas, a área de isolamento é um atributo de importância relevante, pois, nesta, não são permitidos o acesso, a locomoção nem a permanência de pessoas, o que a torna um local “sem utilidade” para outras atividades, acarretando um custo adicional indireto de proteção e difícil de ser quantificado.

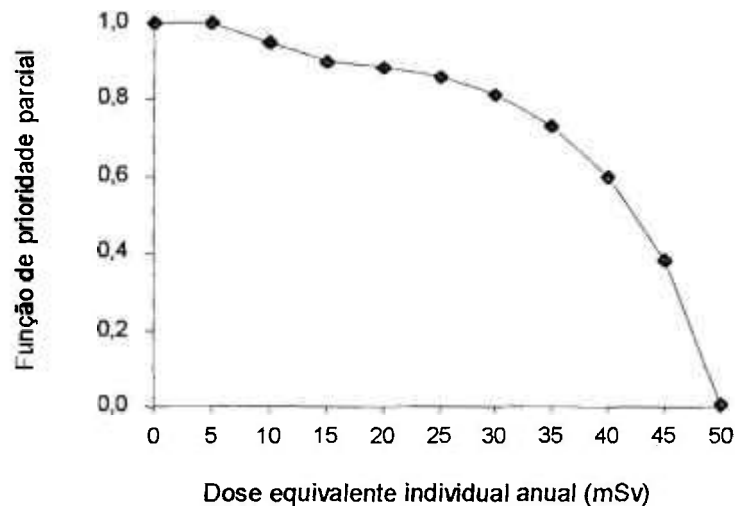


Figura 3.9 – Função de prioridade parcial da dose equivalente individual anual.

Assim sendo, a prioridade máxima do atributo área de isolamento foi atribuída à opção com a menor área de isolamento e a prioridade mínima à opção com a maior área de isolamento. No caso da instalação aberta móvel, a função de prioridade parcial para a área de isolamento não foi considerada, uma vez que “essa área é pública e limitada”.

Outros atributos que poderiam ser considerados são: o tipo de película radiográfica e a densidade ótica; este último, por sua vez, é um dos parâmetros que definem a qualidade do ensaio radiográfico^(13;14;15;31;32;33). Entretanto, a densidade ótica de uma película para uma dada exposição depende de vários fatores^(13;14;15;16), entre eles:

- O tempo de exposição da película, o qual depende do tipo e espessura do material ensaiado, da intensidade e tipo da fonte de radiação;
- As condições de processamento da película radiográfica em laboratório (temperatura das soluções, tempo de revelação e fixação, atividade química das soluções reveladoras);

- Os tipos e espessuras de “ecrans” utilizados nos lados anterior e posterior da película;
- O tipo de película radiográfica, no que diz respeito, por exemplo, à granulometria da emulsão fotográfica.

Devido às inúmeras dependências e interdependências entre os parâmetros acima mencionados, não foram definidas as funções de prioridades para a densidade ótica e o tipo de película radiográfica. Optou-se por considerar as mesmas prioridades para ambos os atributos em todos os cenários estudados. Para tanto, foi considerado que:

- As densidades óticas (D.O), das películas radiográficas, na região de interesse, estivessem sempre no intervalo requerido pelas normas e procedimentos de garantia de qualidade radiográfica, isto é: $1,5 < D.O < 4,0$;
- Os ensaios radiográficos utilizassem películas de média velocidade.

As funções de prioridades parciais utilizadas foram:

- a) $u(X) = a + b \cdot X$, custo ;
- b) $u(S_c) = a_1 + b_1 \cdot S_c$, dose coletiva anual;
- c) $u(h_1) = 1$, quando $h_1 < 5$ mSv/ano;
- d) $u(h_2) = 1,05 - 0,01 \cdot h_2$, para $5 \text{ mSv/ano} \leq h_2 \leq 15 \text{ mSv/ano}$, onde $U(h_2) = 1$ para $h_2 = 5 \text{ mSv/ano}$ e $u(h_2) = 0,9$ quando $h_2 = 15 \text{ mSv/ano}$;
- e) $u(h_3) = 0,923 - 0,023 \cdot \exp[104,899(h_3 - 0,015)]$ para $15 \text{ mSv/ano} \leq h_3 \leq 50 \text{ mSv/ano}$, sendo $u(h_3) = 0,9$ quando $h_3 = 15 \text{ mSv/ano}$ e $u(h_3) = 0$ quando $h_3 = 50 \text{ mSv/ano}$;
- f) $u(a) = a_2 + b_2 \cdot a$, onde “a” é a área de isolamento.

3.9 – Constante de crescimento

As constantes de crescimento $k(X)$, $k(S_c)$, $k(h_1)$, $k(h_2)$, $k(h_3)$ e $k(a)$ dos atributos foram obtidas supondo uma relação de proporcionalidade entre os k_j e os intervalos de variação dos próprios atributos “j” Essa determinação é conhecida como avaliação direta. Dessa maneira, tem-se a equação:

$$\frac{k(X)}{R(X)} = \frac{k(S_c)}{\alpha \times R(S_c)} = \frac{k(h_1)}{R(h_1)} = \frac{k(h_2)}{R(h_2)} = \frac{k(h_3)}{R(h_3)} = \frac{k(a)}{R(a)} \quad (3.15)$$

representando:

R o intervalo de variação do parâmetro entre parênteses; e

k a constante de crescimento dos atributos de proteção entre parênteses, definida pelas expressões abaixo discriminadas:

$$k(X) = R(X) \times \frac{k(S_c)}{\alpha \times R(S_c)} ; \quad (3.16)$$

$$k(h_1) = k(X) \times \frac{R(h_1)}{R(X)} \quad (3.17)$$

$$k(h_2) = k(X) \times \frac{R(h_2)}{R(X)} \quad (3.18)$$

$$k(h_3) = k(X) \times \frac{R(h_3)}{R(X)} \quad (3.19)$$

$$k(a) = k(X) \times \frac{R(a)}{R(X)} \quad (3.20)$$

$$\text{com } \sum_{j=1}^6 k_j = 1 \quad (3.21)$$

Na avaliação lógica, as constantes de crescimento assumem características como, por exemplo:

$$k(X) = k(S) = k(a) \quad \text{e} \quad k(h_1) \neq k(h_2) \neq k(h_3) \quad \text{com} \quad \sum_{j=1}^6 k_j = 1$$

3.10 – Desempenho das opções de proteção

O desempenho das opções de proteção utilizadas nos diferentes tipos de instalação foi avaliado por meio de análise de sensibilidade, utilizando a técnica de análise de prioridade com atributos múltiplos^(27, 28), na qual foram considerados os atributos e critérios abaixo relacionados:

- Custos de proteção "X";
- Vínculos entre doses equivalentes individuais anuais recebidas pelos trabalhadores e limites de doses vinculados estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica^(24;25);
- Valores monetários aplicados à dose coletiva unitária^(2;22);

- Princípio ALARA;
- Análise da frequência de aparições das opções de proteção (tidas como soluções analíticas ótimas nos testes de sensibilidade); e
- Análise das soluções analíticas ótimas por intervalo de dose equivalente individual.

3.11 – Otimização das opções de proteção

A opção de proteção otimizada, em cada cenário de irradiação estudado, foi realizada por meio da quantificação da função de prioridade total “ U_T ” nas avaliações diretas, na avaliação lógica e pelo estudo da análise de sensibilidade. A opção de proteção otimizada (solução analítica ótima) foi aquela que apresentou o maior valor para a U_T .

$$U_i = \sum_{j=1}^n k_j \times u_{i,j} \text{ e } \sum_{j=1}^n k_j = 1 \quad (3.22)$$

Na avaliação direta, as constantes de crescimento “ k ” assumem valores distintos obedecendo à relação de proporcionalidade entre o custo de proteção e o detrimento, como foi mencionado no parágrafo 3.9.

Na avaliação lógica, as constantes de crescimento assumem valores impostos pelo tomador de decisão, obedecendo a um critério por ele fixado, como, por exemplo: “*dar valores que são função dos custos que eles mesmos propiciam*”. No presente caso, na avaliação lógica, foram atribuídas prioridades iguais as constantes de crescimento dos atributos, custo de proteção “ $k(X)$ ”, dose coletiva anual “ $k(S)$ ” e área de isolamento “ $k(a)$ ”. Os demais atributos (h_1 , h_2 e h_3) tiveram prioridades distintas calculadas por meio das equações 3.18; 3.19; e 3.20.

3.12 – Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi realizada para verificar se a solução

ótima encontrada pode ser alterada quando ocorre uma mudança de prioridade num determinado atributo em relação ao(s) outro(s). O estudo da análise de sensibilidade foi realizado levando-se em consideração quatro parâmetros:

- O grau de importância dos atributos;
- Os juros anuais aplicados ao custo de proteção "X";
- O valor monetário aplicado à dose coletiva "α"; e
- O custo indireto da área de isolamento "X_a"

3.12.1 – Análise de sensibilidade I

A análise de sensibilidade I consiste em que o tomador de decisões impõe prioridade máxima a cada uma das constantes de crescimento " $k_j(Y_i)$ " da série, para o atributo "Y" da opção "i", com j variando de 1 a 6 e mínima e igual para os demais atributos da série, na seqüência $\sum_{i=j-1}^6 k_j(Y_i)$, onde "j e i" estão associados às constantes de crescimento e aos atributos, respectivamente.

Para o caso de $j = 1$ e conseqüentemente $i = 0$, tem-se como atributo máximo da série, por exemplo, o custo da proteção "X" (preferência máxima); a seqüência dos atributos da série "S_c", "a", "h₁", "h₂" e "h₃" tem a prioridade mínima, ou seja:

$$k_1(X) = 0,75 \text{ e } k_1(S_c) = k_1(a) = k_1(h_1) = k_1(h_2) = k_1(h_3) = 0,05.$$

3.12.2 – Análise de sensibilidade II

A análise de sensibilidade II consistiu em imposição de prioridades atribuídas às constantes de crescimento, semelhantes à estabelecidas na análise de sensibilidade I, associada a diferentes valores do coeficiente monetário "α", do detrimento. Os valores de "α" são:

- 3.000 dólares/sievert-pessoa (valor real no Brasil ⁽³⁷⁾ e mínimo internacional);
- 10.000 dólares/sievert-pessoa – (valor oficial adotado no Brasil ⁽²⁾ e médio internacional);

- 20.000 dólares/sievert-pessoa (valor adotado na Comunidade Européia e Estados Unidos⁽²⁸⁾); e
- 25.000 dólares/sievert-pessoa (valor adotado no Japão⁽²⁸⁾).

Assim, para o caso citado no parágrafo anterior, as constantes de crescimento $k(X)$; $k_1(S_c)$; $k_1(a)$; $k_1(h_1)$; $k_1(h_2)$; $k_1(h_3)$ foram consideradas como:

$$k_1(X) = 0,75; \quad k_1(S) \neq k_1(a) = k_1(h_1) = k_1(h_2) = k_1(h_3);$$

$$\text{com } k(S_c) = \alpha \times R(S_c) \times k(X) / R(X) \text{ e}$$

$$k_1(a) = k_1(h_1) = k_1(h_2) = k_1(h_3) = \{ 1 - k(X) [1 + \alpha \times R(S_c) / R(X)] \} / 4$$

3.12.3 – Análise de sensibilidade III

A análise de sensibilidade III consistiu na aplicação de juros anuais de 3%, 6%, 9% e 12% aos custos de proteção “X_P”, de acordo com a tabela “price”, utilizando os mesmos critérios empregados na análise de sensibilidade II, no que diz respeito às prioridades aos atributos e aos coeficientes monetários.

3.12.4 – Análise de sensibilidade IV

A análise de sensibilidade IV consistiu na aplicação dos juros anuais de 3%, 6%, 9% e 12% aos custos de proteção nas avaliações direta e lógica.

4 – RESULTADOS

4.1 – Instalação aberta fixa

Na instalação aberta fixa, foram estudados seis cenários de irradiação (Seção 3.3, Tabela 3.3) e um total de 34 opções de proteção (Tabela 3.8, Seção 3.5). Foram avaliadas 14 opções no cenário I, 15 opções no cenário II; 19 opções no cenário III, 20 opções no cenário IV e V e 22 opções do cenário VI.

Das quatro formas de irradiação estudadas (Figuras 3.2), relativas às distâncias fonte-operador, foi utilizada aquela em que as doses equivalentes individuais anuais calculadas para o operador eram menores durante as jornadas de trabalho, correspondendo à Figura 3.2a, posição P_1 (Tabelas 2.1 a 2.6, Apêndice 2).

As características das opções de proteção nos cenários estudados em termos do custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual calculada para o operador, doses coletivas dos trabalhadores, distâncias fonte-trabalhador e fonte-indivíduos do público e funções de prioridades parciais, são mostradas nas Tabelas 2.7 a 2.12, Apêndice 2. Nas tabelas 7.1, 7.3 e 7.12 do Apêndice 7, são apresentadas as memórias de cálculo do custo das barreiras de proteção, área de isolamento e dose equivalente individual anual, respectivamente.

Os custos anuais das opções de proteção nos cenários de irradiação estudados na instalação aberta fixa, incluindo os custos das barreiras de proteção, os calculados para os diferentes valores de " α " aplicados ao dano biológico (3.000, 10.000, 20.000 e 25.000 dólares/sievert-pessoa) e os das áreas isoladas, estão apresentados nas Tabelas 2.13 a 2.18 do Apêndice 2. No mesmo Apêndice, estão indicados os valores da função de prioridade total " U_T ", para os diferentes cenários de irradiação e as diferentes opções de proteção, resultantes das avaliações direta e lógica e das análises de sensibilidade I (Tabelas 2.19 a 2.24).

Os valores da função de prioridade total “ U_T ”, para os diferentes cenários de irradiação e as diferentes opções de proteção resultantes das análises de sensibilidades II, III e IV, estão indicados nas Tabelas 2.25 a 2.30, 2.31 a 2.36 e 2.37 a 2.38, do Apêndice 2, respectivamente. Nas tabelas 7.13 a 7.16 do Apêndice 7, encontram-se os valores das constantes de crescimento dos atributos de proteção do cenário I da instalação aberta fixa.

As opções que apresentaram os melhores desempenhos no processo de otimização e foram consideradas como solução analítica ótima (SAO), estão apresentadas nas Tabelas 2.39 e 2.40 do Apêndice 2. Nas Tabelas 2.41 e 2.42, do mesmo Apêndice são apresentados os valores dos atributos, as preferências relativas dos atributos nas opções de proteção consideradas SAO e, o escore dos pontos (soma dos valores das preferências relativas dos atributos e frequência relativa de aparição) por intervalos de dose equivalente individual anual.

Nas Tabelas 4.1 a 4.6, estão apresentadas as distribuições das opções de proteção dos cenários de irradiação, na instalação aberta fixa em função dos materiais utilizados nas barreiras de proteção e das doses equivalentes individuais calculadas para os trabalhadores na respectiva opção.

Tabela 4.1– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário I.

| h(mSv) | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------------------------|------|------|-----|-----|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------|------------------|------|------|------|--|
| | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | $^1W(\text{mm})$ | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | | | |
| | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | $^2\text{Pb}_1$ | $^3\text{Pb}_2$ | $^4\text{Fe}_1$ | $^5\text{Fe}_2$ | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | 19,0 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |

h – Dose equivalente individual anual; 1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

Tabela 4.2– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário II.

| h(mSv) | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | $^1\text{W}(\text{mm})$ | |
|--------|------------------------------|------|------|-----|-----|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------|------|------|------|-------------------------|--------|
| | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | | | |
| | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | $^2\text{Pb}_1$ | $^3\text{Pb}_2$ | $^4\text{Fe}_1$ | $^5\text{Fe}_2$ | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | 19,0 | |
| 34 | | | | | | | | | | 20 | | | | | | |
| 25 | | | | | 24 | 24 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | 14 | | | | | | | | | 14 | | | |
| 23 | | | | 29 | | 29 | | | | | | | | | | |
| 22 | | 35 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | 16 | | | | | 16 | | | |
| 19 | | | 34 | | | 34 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | 18 | | | | | | | 18 | | | |
| 17 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | 36 | | | | 23 | 36 | | | 23 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | 22 | | 22 | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | 4 | | | 1-4-32 |

h – Dose equivalente individual anual; ^1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

Tabela 4.3– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário III.

| h(mSv) | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | $^1\text{W}(\text{mm})$ | |
|--------|------------------------------|------|------|-----|-----|--|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------|------|------|------|-------------------------|--------|
| | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | | | |
| | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | $^2\text{Pb}_1$ | $^3\text{Pb}_2$ | $^4\text{Fe}_1$ | $^5\text{Fe}_2$ | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | 19 | |
| 34 | | | | | 28 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | 31 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | 20 | | | | | | |
| 18 | | | | | | 14 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | 29 | 29 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | 18-34 | | | 11 | | | | | | | |
| 13 | 37 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | 23 | | | | 23 | | | | | | |
| 9 | | | | | | 36 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | 22 | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | 4 | | | 1-4-32 |

h – Dose equivalente individual anual; ^1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

Tabela 4.4– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário IV.

| h(mSv) | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------------------------------|------|------|-----|-----|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------|------|------|------|-------------------|
| | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | | ^1W (mm) |
| | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | $^2\text{Pb}_1$ | $^3\text{Pb}_2$ | $^4\text{Fe}_1$ | $^5\text{Fe}_2$ | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | 19 |
| 35 | | | | | | | | | | | | | 10 | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | 20 | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | |

h – Dose equivalente individual anual; ^1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

Tabela 4.5– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário V.

| h(mSv/a) | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------|----|------|-----|-----|---|---------------|---------------|---------------|------------------------------|------|------|------|------|-------------------|
| | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | | ^1W (mm) |
| | 25,4 | 19 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | Pb_1 | Pb_2 | Fe_1 | Fe_2 | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | 12,7 | 19 |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | |

h – Dose equivalente individual anual; ^1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

Tabela 4.6– Características das opções de proteção da instalação aberta fixa para ^{192}Ir , do cenário VI.

| Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|------|------|-----|-----|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------|------|-------|-------------------|--------|
| h(mSv) | Barreira de proteção | | | | | | | | | | | | | | |
| | Barreira primária de Pb (mm) | | | | | Barreira secundária Biombo de Pb e Fe (mm) | | | | Barreira primária de Fe (mm) | | | | ^1W (mm) | |
| | 25,4 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 4,8 | $^2\text{Pb}_1$ | $^3\text{Pb}_2$ | $^4\text{Fe}_1$ | $^5\text{Fe}_2$ | 50,8 | 46,1 | 38,1 | 25,4 | | 12,7 |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | 21 | | | | | | | | | | 6 |
| 21 | | | | | | | | | | | | | 10 | | |
| 18 | | | | 28 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | 15 | | | |
| 16 | | | 31 | | 24 | 24;12 | | | | 20 | | | | 12 | |
| 15 | | 35 | 34 | 29 | 24 | 14;18 35;29 e 34 | 9-11 | | | | | 18 | 11-14 | 9 | |
| 10 | | | | | | | 16 | | | | | 16 | | | |
| 9 | | 36 | | | | 36 | | | | | | | | | |
| 1 | 32 | | | | | | | | | | | | 4 | | 1-4-32 |

* Opção 0 – Sem barreira de proteção; h – Dose equivalente individual anual; ^1W – Colimador de tungstênio; $^2\text{Pb}_1$ – Chumbo com espessura de 9,52 mm; $^3\text{Pb}_2$ – Chumbo com espessura de 25,4 mm; $^4\text{Fe}_1$ – Liga de aço com espessura de 25,4 mm; $^5\text{Fe}_2$ – Liga de aço com espessura de 50,8 mm; As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano. Obs.: Os números em negrito representam as opções de proteção otimizadas.

4.2 – Instalação aberta móvel - ^{192}Ir

Na instalação aberta móvel, foram estudados doze cenários de irradiação (Seção 3.3, Tabela 3.4). Foram analisadas vinte e cinco opções de proteção (Seção 3.5, Tabela 3.9). A classificação dos cenários em I.a, I.b. e I.c; II.a, II.b e II.c; III.a, III.b e III.c, IV.a, IV.b e IV.c, foi efetivada em razão das necessidades impostas pelas diferentes condições de trabalho. Por isso foram considerados os percentuais de juntas radiografadas, normalmente exigidos em procedimento de fabricação ou de execução, os quais, por sua vez, dependem do projeto de engenharia.

No presente caso, foram escolhidos os percentuais de 50% para os cenários classificados de “a”, 30% para os classificados de “b” e 10% para os classificados de “c”. As letras a, b e c, referem-se às quantidades de juntas que devem ser radiografadas nas frentes de serviço. No cenário “I.a”, por exemplo, é

exigido que 50% das juntas soldadas sejam radiografadas. Na Tabela 4.7, estão apresentados os parâmetros utilizados na avaliação das doses equivalentes individuais para trabalhadores e indivíduos do público

Tabela 4.7 – Parâmetros utilizados no cálculo da dose equivalente dos trabalhadores e indivíduos do público na instalação aberta móvel.

| Número de exposições | | | | Parâmetros técnicos | | | | | Número de opções | | |
|----------------------|----|----|---|-----------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|---------------|------------------|---|---|
| Cenário | a | b | c | ¹ W _e (h/a) | ² dfop. | Número de Juntas | Número de Residências | Atividade TBq | a | b | c |
| I | 20 | 12 | 4 | 150 | 10,8 | 10 | 10 | 1,85 | 5 | 6 | 5 |
| II | 20 | 12 | 4 | 260 | 10,8 | 10 | 10 | 1,11 | 5 | 6 | 6 |
| III | 20 | 12 | 4 | 400 | 10,8 | 10 | 10 | 0,74 | 5 | 5 | 5 |
| IV | 20 | 12 | 4 | 700 | 10,8 | 10 | 10 | 0,37 | 5 | 6 | 6 |

¹ –Carga de trabalho efetiva; ² – Distância fonte operador.

Nas Figuras 4.1 e 4.2, são mostradas as curvas indicando o comportamento das doses equivalentes individuais anuais, calculadas nas residências, oriundas das exposições realizadas nas 10 juntas. Observa-se que a dose máxima ocorre na residência de referência "R₄". O sinal (-) menos à esquerda da letra "R", na Figura 4.2, significa que a residência está localizada à esquerda da residência de referência.

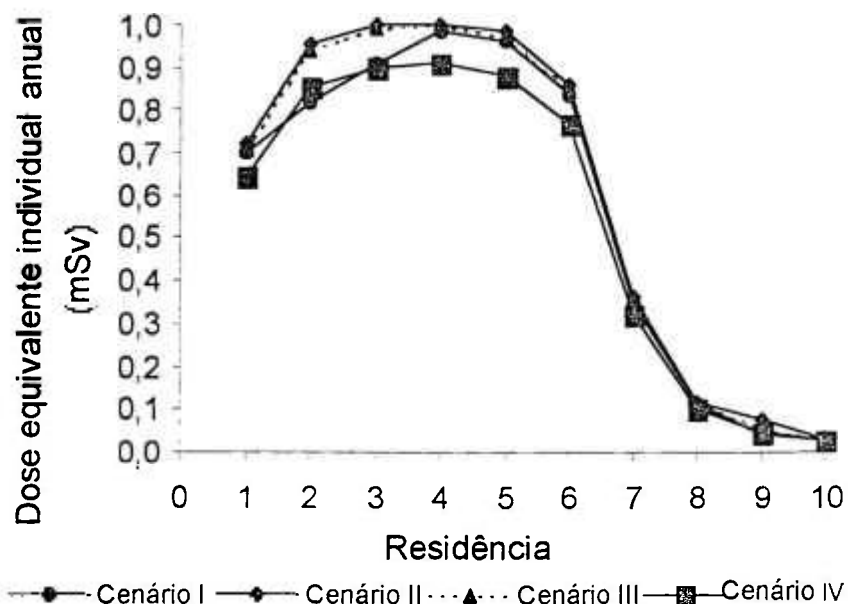


Figura 4.1- Comportamento da dose equivalente individual calculada nas residências para as 10 juntas radiografadas.

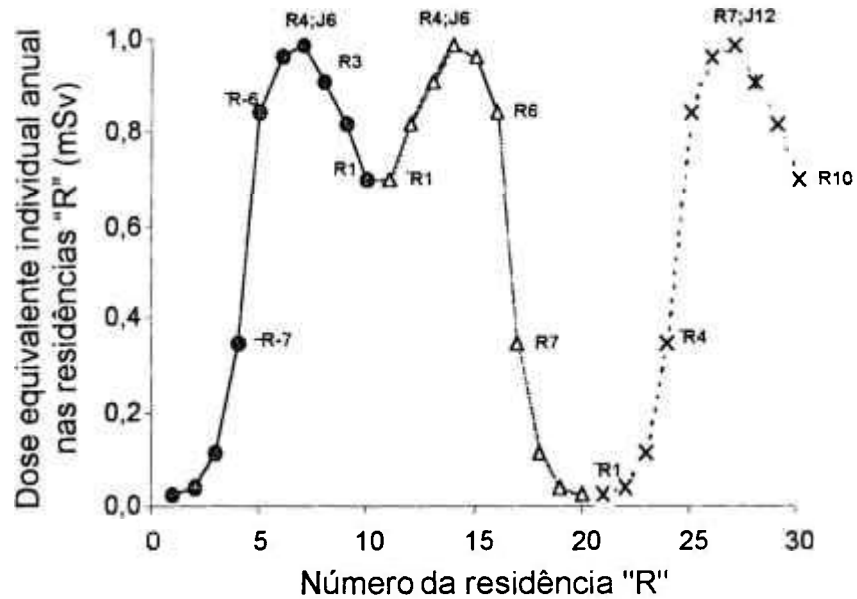


Figura 4.2 – Comportamento simétrico da dose equivalente anual calculada nas residências "R" para três conjuntos de 10 residências, dispostas em forma seqüencial.

Nas Tabelas 3.1 a 3.5 do Apêndice 3, são apresentadas as taxas de dose e as doses equivalentes individuais calculadas para os indivíduos do público nas residências.

Para os ensaios radiográficos realizados em vala, não foi investigada nenhuma opção de proteção e, conseqüentemente, não foram realizados estudos de otimização, em face dos resultados observados na Tabela 3.5, Apêndice 3, ou seja, as doses equivalentes individuais anuais calculadas para indivíduos do público e trabalhadores foram significativamente menores que 1 mSv. Esse fato deu-se em razão das grandes espessuras das barreiras de proteção natural existentes.

Na Tabela 3.6 do Apêndice 3, estão descritos os valores dos atributos, custos da barreira de proteção " X_p " (Tabela 7.2, Apêndice 7), e custo envolvendo o detrimento biológico " $X_p + X_y$ ", dose equivalente individual anual

" h_{op} ", dose coletiva " S_c " e,

das funções de prioridades parciais " $u(h_1)$, $u(h_2)$, $u(h_3)$, $u(X)$, $u(S_c)$ ", das opções de proteção estudadas na instalação aberta móvel.

Os resultados de desempenho das opções de proteção, em termos da função de prioridade total " U_T ", obtidos das avaliações lógica e direta (para os diferentes valores do coeficiente monetário aplicado ao detrimento biológico " α " (3.000, 10.000, 20.000 e 25.000 dólares.(siervert.pessoa)⁻¹), são apresentados nas Tabelas 3.7 e 3.8 do Apêndice 3, para os diferentes cenários de irradiação. No mesmo Apêndice, estão apresentados os resultados de desempenho das opções de proteção nas análises de sensibilidade I e II, em termos da função de prioridade total " U_T " (Tabelas 3.9 e 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, respectivamente).

As análises de sensibilidades III e IV não foram realizadas para a instalação aberta móvel em razão de a mesma não alterar os resultados das análises anteriores, como comprovado nos testes realizados na instalação aberta fixa.

Na Tabela 4.8, está apresentada a distribuição das opções de proteção consideradas como solução analítica ótima na instalação aberta móvel, em termos dos materiais utilizados nas barreiras de proteção e das doses equivalentes individuais anuais calculadas para os trabalhadores na respectiva opção.

As opções de proteção que apresentaram os melhores desempenhos em cada tipo de avaliação e por cenários de irradiação, que foram consideradas como solução analítica ótima, estão apresentadas nas Tabelas 3.14 e 3.15 do Apêndice 3, respectivamente.

Na Tabela 3.16 do mesmo Apêndice, são indicadas as preferências relativas dos atributos das opções de proteção otimizadas, por intervalos de dose equivalente individual anual, em termos de escore total.

Tabela 4.8 – Características das opções de proteção otimizadas da instalação aberta móvel.

| Opções de proteção otimizadas | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|
| Atributos de | | Barreira de proteção | | | | | | | |
| Proteção | | Barreira primária | Barreira secundária – Biombo de Pb (mm) | | | | | | |
| h(mSv) | X _p | Chumbo (mm) | 1,5 | 3,0 | 6,3 | 9,5 | 12,7 | 15,9 | 19,0 |
| 33 | 857 | 9,5 | | | | | | | |
| 25 | 1216 | 14,3 | | | | | | | |
| 21 | 438 | 3,0 | | | | | | | |
| 19 | 903 | 9,5 | | | | | | | |
| 18 | 1126 | 12,3 | | | | | | | |
| 16 | 1259 | 14,3 | | | | | | | |
| 13 | 481 | 3,0 | | | | | | | |
| 12 | 1616 | 19,0 | | | | | | | |
| 8 | 988 | 9,52 | | | | | | | |
| 7 | 1214 | 12,3 | | | | | | | |
| 7 | 523 | 3,0 | | | | | | | |
| 6 | 1390 | 14,3 | | | | | | | |
| 6 | 1347 | 14,3 | | | | | | | |
| 4 | 38 | W* | | | | | | | |

W* - Colimador de tungstênio; *- Indica a utilização de biombo no lado do operador, simultaneamente com a barreira de proteção; h – Dose equivalente individual anual calculada para o operador; X_p – Custo anual da barreira de proteção em dólares. → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.

4.3 – Instalação fechada sem teto – ¹⁹²Ir

Na instalação fechada sem teto, utilizando fonte de ¹⁹²Ir, foram estudadas oitenta e nove opções de proteção, distribuídas em seis cenários de irradiação (Seção 3.3, Tabela 3.5). Dentre as oitenta e nove opções de proteção estudadas, apenas cinquenta e três foram analisadas (Tabela 3.10, Seção 3.5), sendo trinta e cinco descartadas para efeito do estudo de otimização, por fornecerem aos trabalhadores e aos indivíduos do público doses equivalentes individuais anuais superiores aos limites de estabelecidos normas⁽²⁾.

Nas Tabelas 4.1 a 4.6 do Apêndice 4, estão apresentados os valores dos atributos e das suas respectivas funções de prioridades parciais das opções de proteção estudadas na instalação fechada sem teto, utilizando fonte de ¹⁹²Ir.

Os custos das opções de proteção de cada cenário de irradiação,

solução analítica ótima (SAO), na instalação fechada sem teto, em função dos materiais e espessuras utilizados nas barreiras de proteção e, das doses equivalentes individuais anuais, estão apresentadas na Tabela 4.9 abaixo.

Tabela 4.9 – Características das opções de proteção otimizadas da instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Atributos de | | Opções de proteção otimizadas | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------------------------------|----|----|----|----|-------------|----|----|----|---------------|----|----|----|----|
| Proteção | | Barreira de proteção primária | | | | | | | | | | | | | |
| | | Concreto (cm) | | | | | Barita (cm) | | | | Cerâmica (cm) | | | | |
| h | X_p | 70 | 67 | 60 | 45 | 40 | 30 | 20 | 15 | 10 | 6,7 | 94 | 70 | 60 | 40 |
| 22 | 397 | | | | | | | | | | | | | 32 | |
| 22 | 874 | | | | | | | | 46 | | | | | | 46 |
| 20 | 778 | | | | | | | | 12 | | | | | | |
| 17 | 486 | | | | 22 | | | | | | | 22 | | | |
| 8 | 771 | | | | | | | | | 52 | | | | | |
| 8 | 1090 | | | | | | | 47 | | | | | | 52 | |
| 5 | 263 | | | 4 | | | | | | | | | | | |
| 3 | 822 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 306 | 6 | | | | | | | 19 | | | | | | |
| 1 | 624 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 293 | | | | | | | | | | | | | | |

X_p - Custo anual da barreira de proteção em dólares; h - Dose equivalente individual dos trabalhadores (mSv); → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.

As opções de proteção que apresentaram os melhores desempenhos no processo de otimização e as freqüências de aparição das opções de proteção como SAO, estão apresentadas nas Tabelas 4.25 e 4.26 do Apêndice 4. No mesmo apêndice (Tabelas 4.27 e 4.28), são apresentados os valores dos atributos de proteção e as suas respectivas preferências relativas, respectivamente, por intervalos de dose equivalente anual.

4.4 – Instalação fechada sem teto - ^{60}Co

Na instalação fechada sem teto utilizando fonte de ^{60}Co , foram estudadas cinquenta opções de proteção, distribuídas em quatro cenários de irradiação (Seção 3.3, Tabela 3.5). Das cinquenta opções estudadas, apenas trinta e nove foram analisadas (Seção 3.5, Tabela 3.11). As opções descartadas (onze) do estudo de otimização mostraram que as doses equivalentes individuais anuais calculadas para os trabalhadores e indivíduos do público eram superiores aos limites de doses equivalentes estabelecidos pela norma da CNEN⁽²⁾. Os

valores dos atributos e de suas respectivas funções de prioridades parciais das opções de proteção estudadas na instalação fechada sem teto para ^{60}Co estão apresentados nas Tabelas 5.1 a 5.4 do Apêndice 5.

Os custos das opções de proteção de cada cenário de irradiação, para os diferentes valores dos coeficientes monetários do detrimento biológico “ α ”, estão indicados nas Tabelas 5.5 a 5.8 do Apêndice 5. No mesmo apêndice (Tabelas 5.9 a 5.16), estão apresentados os resultados do desempenho das opções de proteção, em termos da função de prioridade total “ U_T ”, para os diferentes cenários de irradiação e as diferentes opções de proteção, resultantes das avaliações lógica e direta e das análises de sensibilidades I e II. Por razões semelhantes às informadas nas instalações anteriormente descrita, não foram realizados os teste de sensibilidades III e IV.

Na Figura 4.4, é apresentado o comportamento da dose equivalente anual calculada para o operador no interior da cabina de comando da ponte rolante, a qual está situada a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, no lado oposto à casamata, e desloca-se lateralmente (esquerda e direita), conforme mostrado na Figura 3.7, Capítulo 3, Seção 3.1.3).

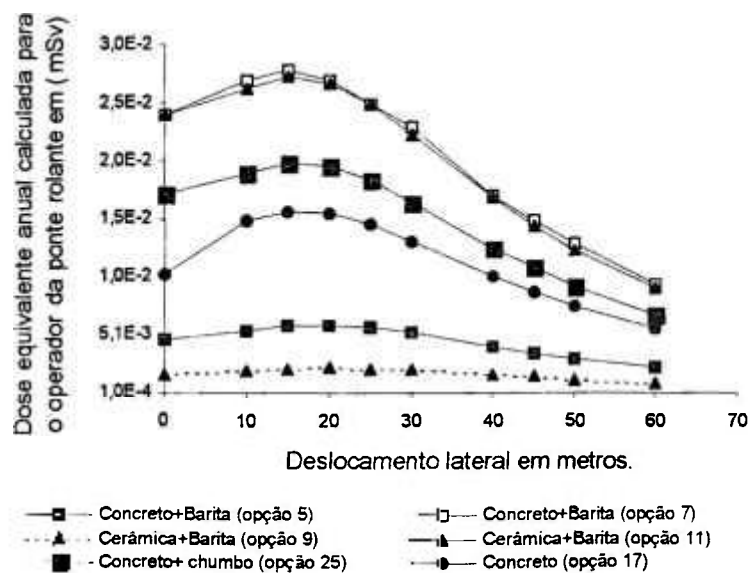


Figura 4.4 – Comportamento da dose equivalente individual anual calculada na cabina de comando da ponte rolante, em função do deslocamento lateral, na instalação fechada sem teto, para fonte de ^{60}Co com atividade de 1,85 TBq.

Nas Tabelas 4.10 a 4.13, estão apresentadas as distribuições das opções de proteção por cenário de irradiação, estudadas na instalação fechada sem teto para ^{60}Co , em função dos materiais e espessuras utilizados nas barreiras de proteção e das doses equivalentes individuais anuais.

As opções de proteção que apresentaram os melhores desempenhos no processo de otimização e que foram consideradas como SAO, estão indicadas na Tabela 5.17, Apêndice 5. No mesmo apêndice (Tabelas 5.18 e 5.19), estão indicados os números de aparições, os valores dos atributos e as freqüências relativas de aparições das opções de proteção como SAO. Na Tabela 5.20, estão apresentadas as preferências relativas pelos valores dos atributos das opções de proteção otimizadas por intervalos de dose equivalente anual.

Tabela 4.10 – Características das opções de proteção da instalação fechada sem teto para ^{60}Co , do cenário I

| Atributos de proteção | | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------------------|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---------------|---|-----|-----|-----|----|----|
| | | Barreiras de proteção primária | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Concreto (cm) | | | | | Barita (cm) | | | | | | Cerâmica (cm) | | | | | | |
| h | X _p | 124 | 90 | 85 | 80 | 50 | 35 | 27 | 25 | 20 | 17 | 15 | 12 | 6 | 170 | 120 | 110 | 80 | |
| 42 | 952 | | | | | 10 | | | | | | 10 | | | | | | | |
| 41 | 971 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 33 |
| 3 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 1101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 1081 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 883 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 1316 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 1297 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 609 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 394 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 631 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1532 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 543 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1383 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1728 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

X_p – Custo anual da barreira de proteção expresso em dólares; h - Dose equivalente individual anual (mSv); → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano; Obs.: Os números em negrito representam as opções otimizadas.

Tabela 4.11 – Características das opções de proteção da instalação fechada sem teto para ⁶⁰Co, do cenário II

| Atributos | | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---------------|---|-----|-----|-----|----|---------|----|----|----------|--|
| | | Barreiras de proteção primária | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proteção | | Concreto (cm) | | | | | | Barita (cm) | | | | | | Cerâmica (cm) | | | | | | Pb (cm) | | | | |
| h | X _p | 120 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 50 | 30 | 30 | 27 | 25 | 20 | 6 | 170 | 120 | 110 | 97 | 90 | 80 | 60 | 1,270,96 | |
| 48 | 1424 | | | | | | | | | 8 | | | | 8 | | | | | | | | | | |
| 46 | 328 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 3166 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | 769 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 3410 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 1081 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 883 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1504 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 1418 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 587 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 372 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 2472 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 609 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 394 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 631 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 964 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1532 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 416 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 525 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

X_p – Custo anual da barreira de proteção expresso em dólares; h – Dose equivalente individual anual (mSv); → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.; Obs.: Os números em negrito representam as opções otimizadas.

Tabela 4.12 – Características das opções de proteção da instalação fechada sem teto para ⁶⁰Co, do cenário III.

| Atributos | | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---------------|---|---|-----|-----|-----|-----|----|----|--|--|
| | | Barreiras de proteção primária | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proteção | | Concreto (cm) | | | | | | Barita (cm) | | | | | | Cerâmica (cm) | | | | | | | | | | |
| h | X _p | 120 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 65 | 60 | 35 | 30 | 27 | 25 | 15 | 7 | 6 | 170 | 120 | 110 | 100 | 80 | 60 | | |
| 47 | 328 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 567 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 586 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 1418 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 910 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 883 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1504 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 587 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 372 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 1293 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 609 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 394 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 631 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 964 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1849 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 416 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 525 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

X_p – Custo anual da barreira de proteção expresso em dólares; h - Dose equivalente individual anual (mSv); → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.; Obs.: Os números em negrito representam as opções otimizadas.

Tabela 4.13 – Características das opções de proteção da instalação fechada sem teto para ^{60}Co , do cenário IV.

| Atributos de proteção | | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|-------------|----|----|---|---|---------------|-----|-----|----|---------|------|------|
| | | Barreiras de proteção primária | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Concreto (cm) | | | | | | Barita (cm) | | | | | Cerâmica (cm) | | | | Pb (cm) | | |
| h | X _p | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 40 | 30 | 25 | 20 | 7 | 6 | 170 | 120 | 100 | 65 | 60 | 0,96 | 0,48 |
| 48 | 1202 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 567 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | 329 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 1400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 2472 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 680 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 1418 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 1468 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 372 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 1293 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 609 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 394 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 652 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1662 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 964 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 416 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

X_p – Custo anual da barreira de proteção expresso em dólares; h - Dose equivalente individual anual (mSv). Obs.: Os números em negrito representam as opções otimizadas; → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.

4.5 – Instalação fechada com teto - ^{192}Ir

Na instalação fechada com teto utilizando fonte de ^{192}Ir , foram estudado um total de sessenta e seis opções de proteção (Tabela 3.12, Seção 3.5), distribuídas em seis cenários de irradiação (Tabela 3.5, Seção 3.3). Os valores dos atributos e das funções de prioridades parciais das opções de proteção, calculados para a instalação fechada com teto, estão apresentados nas Tabelas 6.1 a 6.6 do Apêndice 6. Os custos de proteção das opções analisadas nos cenários de irradiação, considerando os diferentes valores do coeficiente monetário aplicado ao detrimento biológico "α", são indicados nas Tabelas 6.7 a 6.12 do Apêndice 6.

Nas Tabelas 6.13 a 6.24 do Apêndice 6, são apresentados os resultados de desempenho das opções de proteção em termos da função de prioridade total "U_T" para os diferentes cenários de irradiação e as diferentes opções de proteção resultantes das avaliações lógica e direta e das análises de

sensibilidade I e II. Por razões semelhantes às estabelecidas nas instalações anteriormente descritas, não foram realizados os testes de sensibilidade III e IV.

Na Tabela 6.25 do Apêndice 6, estão apresentados os números de aparições das opções de proteção consideradas como SAO. No mesmo apêndice (Tabelas 6.26) estão apresentadas as opções de proteção que apresentaram os melhores desempenhos no processo de otimização onde as mesmas foram consideradas como SAO e, suas respectivas frequências relativas de aparições.

Nas Tabelas 6.27 e 6.28 do Apêndice 6, são apresentados os valores e as preferências relativas dos atributos de proteção das opções otimizadas, respectivamente, por intervalos de dose equivalente anual.

Na Tabela 4.14, abaixo, estão apresentadas as distribuições das opções de proteção consideradas como SAO, em função dos tipos de materiais e espessuras utilizados nas barreiras de proteção, e das doses equivalentes individuais anuais, na instalação fechada com teto.

Tabela 4.14 – Características das opções de proteção otimizadas da instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Atributos de proteção | | Opção de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|-------------------------------------|----|----|----|----|--------|-----|-----|----------|----|--------|------|------|------------------------|------|------|------|------|
| | | Barreiras de proteção primária (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h | Xp | Concreto | | | | | Barita | | | Cerâmica | | Chumbo | | | Porta revestida com Pb | | | | |
| | | 80 | 65 | 60 | 55 | 45 | 15 | 6,7 | 6,0 | 80 | 60 | 1,27 | 0,95 | 0,63 | 1,90 | 0,95 | 0,79 | 0,63 | 0,48 |
| 19 | 2737 | | | | | 31 | | | | | | | | 31 | | | | | 31 |
| 17 | 3453 | | | | | | | | | | 66 | 66 | | | | | | | 66 |
| 17 | 1322 | | | | | 23 | | 23 | | | | | | | | | | | 23 |
| 7 | 1164 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 54 |
| 7 | 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 51 |
| 6 | 1023 | | 16 | | | | | | | | | | | | | | | | 16 |
| 6 | 489 | | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | 13 |
| 5 | 1005 | | | 12 | | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| 5 | 1609 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 471 | | | 9 | | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| 3 | 1228 | | | | | 39 | | | | | | | | | | | | | 39 |
| 2 | 1722 | | | 45 | | | | | | | | | | | | | | | 45 |
| 1 | 1294 | 50 | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | 50 |

Xp – Custo anual da barreira de proteção em dólares; h – Dose equivalente individual anual dos trabalhadores (mSv); → As setas indicam os caminhos a serem seguidos para chegar à opção cujo valor da dose calculada seja inferior a 5 mSv/ano.

5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 – Instalação Aberta Fixa

Os resultados da avaliação do custo de proteção, para as opções de proteção da instalação aberta fixa, estão apresentados nas Figuras 5.1 e 5.2. Considerando que a preocupação do tomador de decisão é simplesmente encontrar a opção que tem o menor custo total de proteção " $X_p+X_Y+X_a$ " (compreende o custo da barreira de proteção + custo do detrimento biológico + custo da área de isolamento), observa-se que a melhor solução obtida é a opção 32. Porém, quando são considerados os custos de proteção envolvendo custo da barreira de proteção + custo do detrimento biológico " X_p+X_Y " e envolvendo apenas o custo da barreira de proteção " X_p ", pode-se verificar que a melhor solução nos dois casos é a opção 1 (Figura 5.2).

Observa-se também que, se a preocupação é apenas adequar o custo de proteção " $X_p+X_Y+X_a$, X_p+X_Y , e X_p " para um determinado nível de proteção, a escolha da opção tornan-se simples e fácil. Assim, por exemplo: se a disponibilidade de recursos for de 200 dólares/ano e o tomador de decisão dispuser dos resultados apresentados nas Tabelas 2.13 a 2.18 (Apêndice 2), verificar-se-á que a melhor solução, à exceção do cenário VI, será a opção 1 em todos os cenários de irradiação, se a instalação possuir uma área disponível para isolamento de, pelo menos, 37.399 m² (Tabela 2.7, Apêndice 2). Entretanto, se a instalação operar com fonte de intensidade menor ou igual a 0,37 TBq e dispuser de uma área de, pelo menos, 63.360 m² para isolamento, ele escolherá a opção 0 (Tabela 2.12, Apêndice 2).

Por outro lado, muitas vezes ocorrem situações em que o objetivo não é simplesmente a adequação ao custo de proteção mas, também, alcançar o nível máximo de proteção radiológica com o mínimo custo da mesma, além do fato de que nem toda instalação possui áreas disponíveis para isolamento e, quando as tem, estas são ocupadas com outras atividades. Nessas circunstâncias, o tomador de decisão deverá buscar outras alternativas.

Na busca de opções alternativas, em termos da disponibilidade de área para isolamento, as melhores soluções são as opções 32 nos cenários V e VI, a 37 nos cenários I, II, III e IV (Tabelas 2.7 a 2.12, Apêndice 2), pois essas são as que requerem a menor área de isolamento entre as demais opções estudadas.

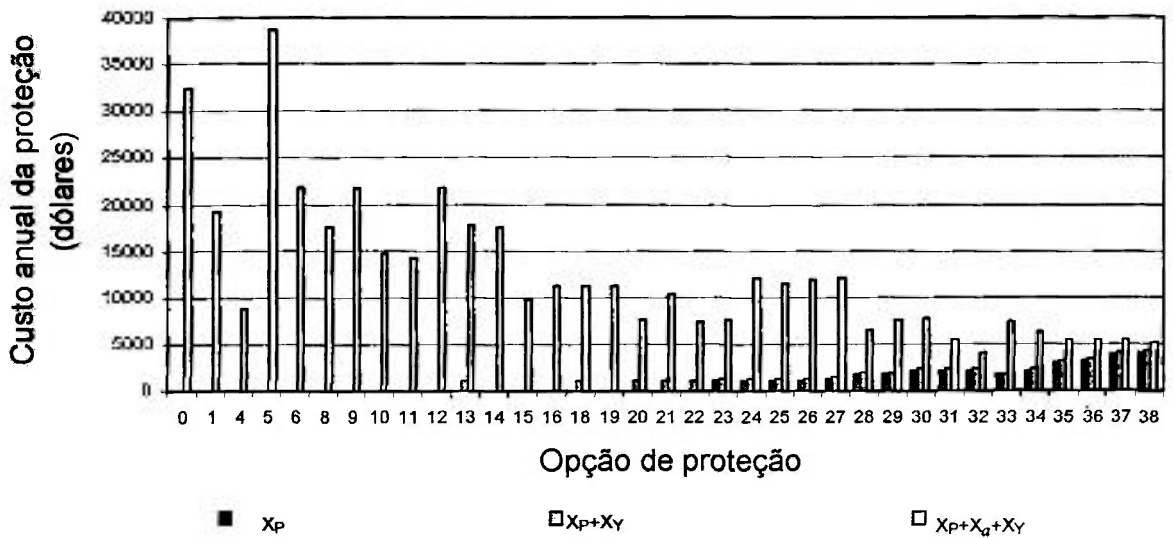


Figura 5.1 – Custo anual de proteção, em função das opções de proteção na instalação aberta fixa.

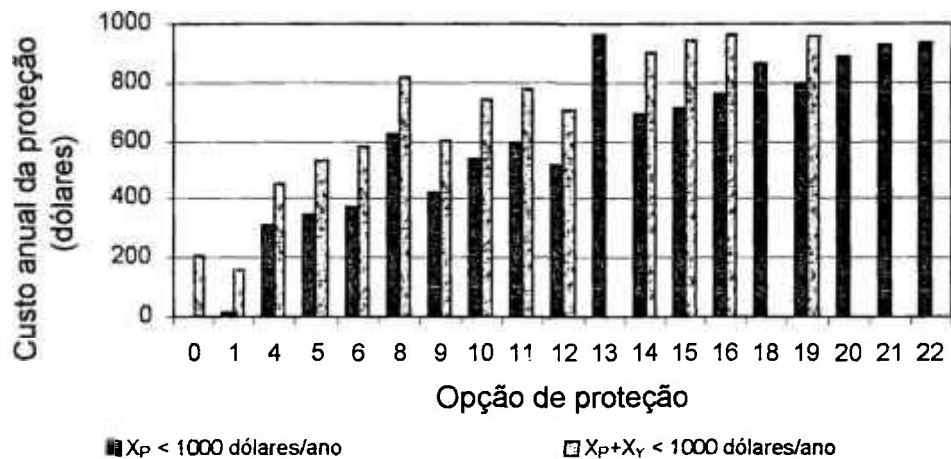


Figura 5.2 - Custo anual de proteção em função das opções de proteção, envolvendo o custo da barreira de proteção e do detrimento biológico, na instalação aberta fixa.

Observa-se, ainda, quando são considerados todos os custos " $X_P+X_V+X_a$ ", independentemente dos valores do coeficiente monetário do detrimento biológico " α " e dos cenários de irradiação estudados, que a melhor solução é a opção 32 (Tabela 2.13 a 2.18, Apêndice 2).

Entretanto, verifica-se (Tabelas 2.7 a 2.12, Apêndice 2) que as doses equivalentes anuais e as doses coletivas recebidas pelos trabalhadores variam, não só com o tipo e a espessura do material utilizado na barreira de proteção mas, também, com as dimensões das áreas de isolamento. Assim, com o auxílio da equação 5.1, é possível adequar ou variar o nível de proteção de uma instalação em operação, variando um ou mais parâmetro(s) básico(s), do ponto de vista da radioproteção (tais como: dose equivalente individual anual, carga de trabalho, intensidade da fonte de radiação e área de isolamento) ou simplesmente fazendo uso das Figuras 5.3 e 5.4 para os parâmetros especificados.

$$\alpha = \alpha_0 \times \frac{H_0}{H} \times \frac{A}{A_0} \times \frac{W}{W_0} \quad (5.1)$$

onde

α_0 é a área de isolamento para uma determinada opção 0 (m^2);

H_0 é a dose equivalente individual anual para opção 0 (mSv);

A_0 é a intensidade da fonte de radiação para opção 0 (Terabecquerel); e

W_0 é a carga de trabalho para a opção 0 (h/ano).

α , H , A , e W têm o mesmo significado das grandezas já mencionadas para opção de proteção desejada.

As variáveis com subscrito (α_0 , H_0 , A_0 , e W_0) são os parâmetros iniciais básicos da radioproteção, conhecidos para um determinado nível de proteção e α , H , A , e W , as variáveis a serem consideradas para o nível de proteção desejado. Utilizando a equação 5.1 (deduzida utilizando a lei do inverso dos quadrados das distâncias) com os parâmetros iniciais conhecidos, pode-se chegar ao objetivo desejado.

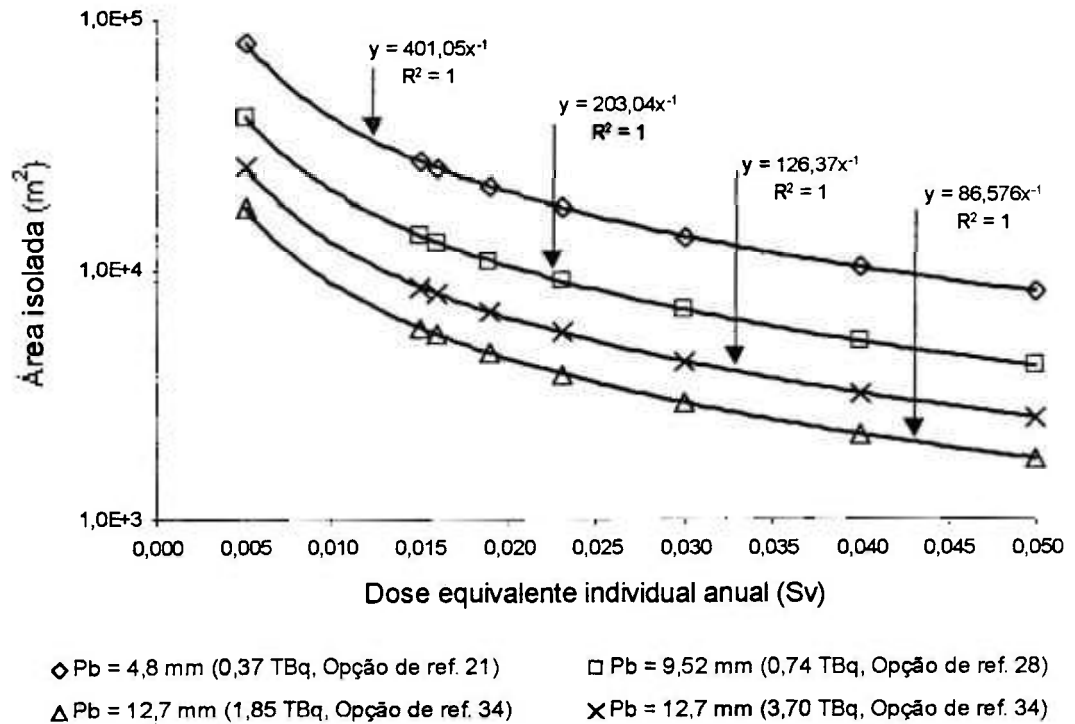


Figura 5.3 – Curva da área de isolamento¹ utilizada na instalação aberta fixa em função da dose equivalente individual anual, para diferentes espessuras de chumbo.

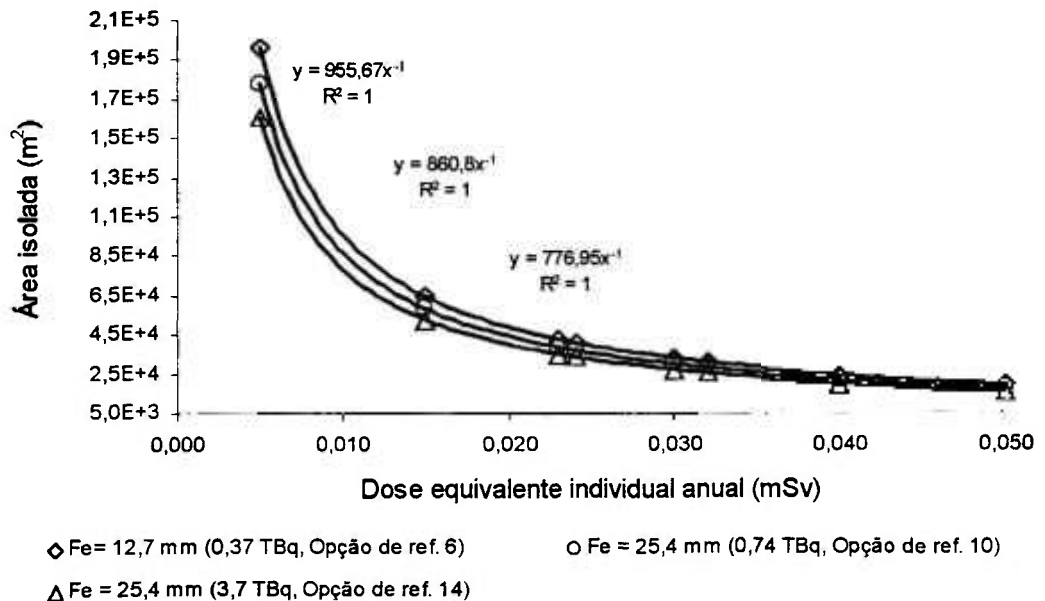


Figura 5.4 – Curva da área de isolamento¹ em função da dose equivalente individual anual para as diferentes espessuras de aço, utilizadas na instalação aberta fixa.

¹ Y – é a função polinomial, ajustada pelo método dos mínimos quadrados, da área de isolamento em função da dose equivalente individual anual;
 R^2 – é o coeficiente de correlação linear.

A escolha da solução analítica ótima obedeceu aos critérios mencionados no parágrafo 3.10 do Capítulo 3. Observando-se as Tabelas 2.19 a 2.24 e 2.38 do Apêndice 2 (avaliação direta e análise de sensibilidade IV¹-avaliação direta), verifica-se, que a opção de proteção que apresentou o melhor desempenho foi a opção 32, independentemente dos valores dos coeficientes monetários e dos juros aplicados ao detrimento biológico e ao custo de proteção.

Porém, esse método de avaliação direta é muito parcial, pois, uma variação muito grande no custo de proteção "X" implica uma preferência excessiva para o custo de proteção em detrimento da importância dos demais atributos, que se torna ínfima, mesmo que as doses equivalentes individuais estejam próximas do limite anual máximo admissível (LAMA).

Observa-se nas Tabelas 2.19 a 2.24 e 2.37 do Apêndice 2 (avaliação lógica e análise de sensibilidade IV – avaliação lógica) que a solução analítica ótima (SAO) é a opção 4, em razão de uma melhor distribuição das prioridades, isto é, dando maior importância aos atributos custo de proteção, dose coletiva e área de isolamento.

Os resultados dos estudos da análise de sensibilidade I (Tabela 2.19 a 2.24, Apêndice 2) mostram que as SAO obtidas nas avaliações direta, lógica, análises de sensibilidade II (Tabelas 2.25 a 2.30), análises de sensibilidade III (Tabelas 2.31 a 2.36) e análises de sensibilidade IV (Tabelas 2.37 e 2.38) se repetem em algumas situações, isto é, nos casos onde são dadas prioridades máximas (maior importância) aos atributos "dose equivalente individual, dose coletiva e área de isolamento". Entretanto, em outras situações as SAO são deslocadas para opções de proteção diferentes.

Analisando as opções que apresentaram os melhores desempenhos nos estudos da otimização, verifica-se que, dentre as trinta e quatro opções estudadas (Tabela 3.8, capítulo 3), apenas treze podem ser consideradas como sendo as SAO (Tabela 2.39 e 2.40, Apêndice 2). Mas, qual

1 - Os resultados da análise de sensibilidade IV para os cenários II, III, IV, V e VI, não foram incluídos no apêndice por apresentarem os mesmos resultados da avaliação direta (sem juros), diferindo apenas no valor numérico de U_T .

delas é a melhor solução? Para responder a essa pergunta, várias análises foram feitas.

A primeira análise consistiu da confrontação das opções de proteção, inseridas na Tabela 2.42 do Apêndice 2, frente às prioridades e aos valores das preferências relativas de cada atributo. Os resultados desta confrontação estão apresentados nas Figuras 5.5 a 5.11. Nessa análise, verificou-se inicialmente que, quando a prioridade é dada à opção que tem a preferência relativa máxima pelo atributo custo de proteção (Figura 5.5), as preferências são pela opção 1 se são considerados os custos " X_p+X_y e X_p " e opção 32 se é considerado o custo total " $X_p+X_y+X_a$ ", independentemente do valor do coeficiente monetário do valor de " α ".

Por outro lado, quando a prioridade é dada à opção que tem a maior preferência relativa do atributo "dose equivalente individual anual, observa-se (Figura 5.6) que três opções têm condições de ser SAO. Ou seja, (as melhores) as opções 1; 4; e 32. Quando a prioridade é dada à opção que tem a maior preferência relativa do atributo "dose coletiva", a Figura 5.7 mostra que as preferências continuam sendo pelas opções 1; 4 e 32. Entretanto, se a prioridade é dada à opção que tem a maior preferência relativa do atributo "área de isolamento", observa-se (Figura 5.8) que apenas a opção 38 é a preferida (a melhor).

Após essa análise, verificou-se que não existe uma definição técnica da SAO. Assim, em virtude de não aparecer uma opção com preferência em todos os atributos, uma segunda análise foi realizada.

A segunda análise consistiu na confrontação das preferências relativas dos atributos analisadas simultaneamente, dando a prioridade à opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos (soma das preferências dos vários atributos analisados). Nesse caso, quando são analisados os atributos: custos de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ " e dose equivalente individual anual " h ", verifica-se (Figura 5.9) que as melhores opções em condições de ser a SAO são: a opção 1, para os atributos (h e X_p), (h e X_p+X_y) e a 32 para os atributos "(h e $X_p+X_y+X_a$).

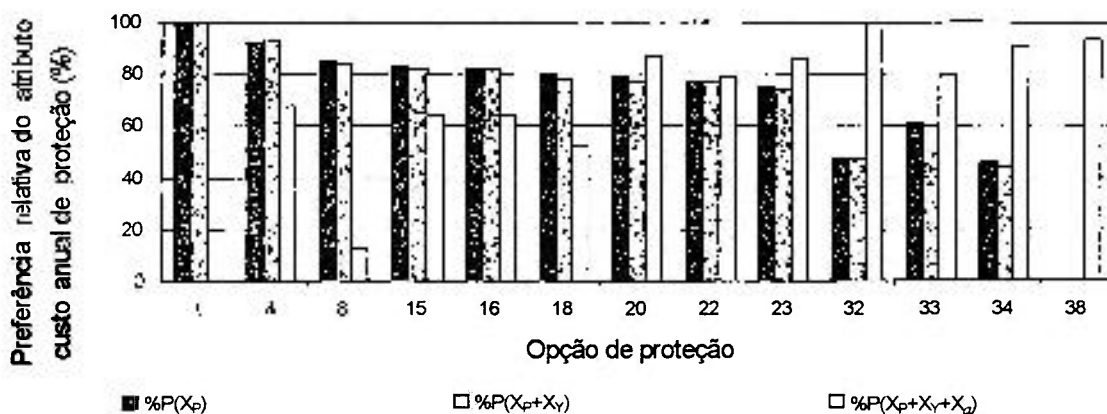


Figura 5.5 – Preferência relativa do atributo custo de proteção, em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

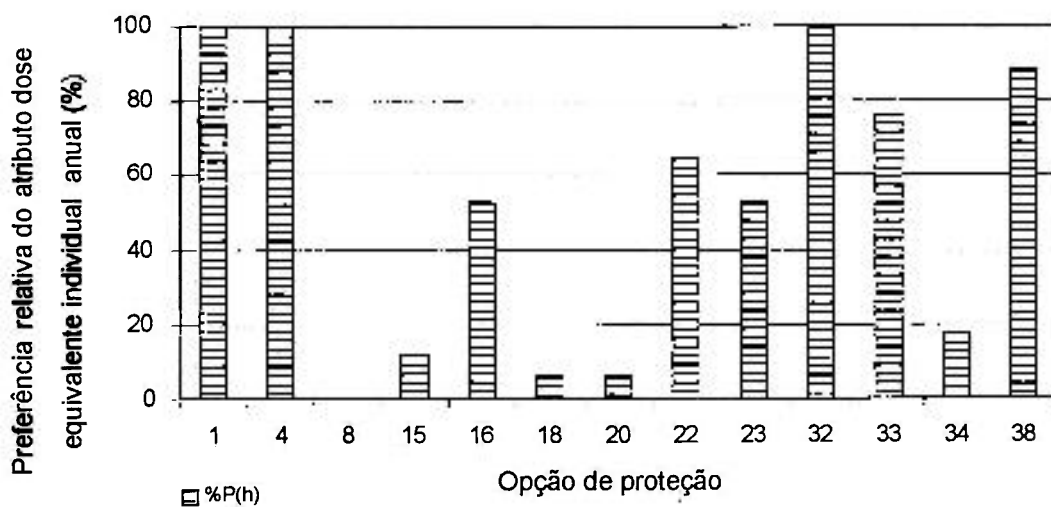


Figura 5.6 – Preferência relativa do atributo dose equivalente individual anual, em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

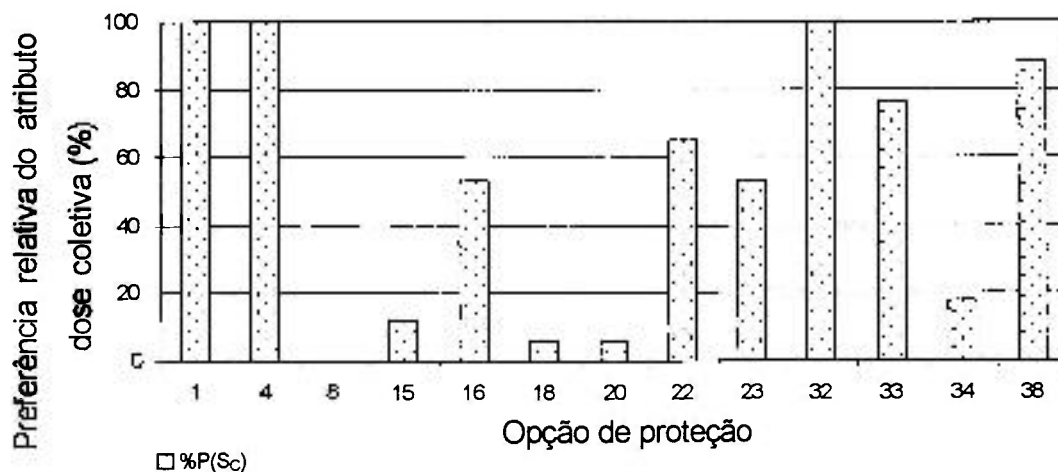


Figura 5.7 – Preferência do atributo dose coletiva anual, em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

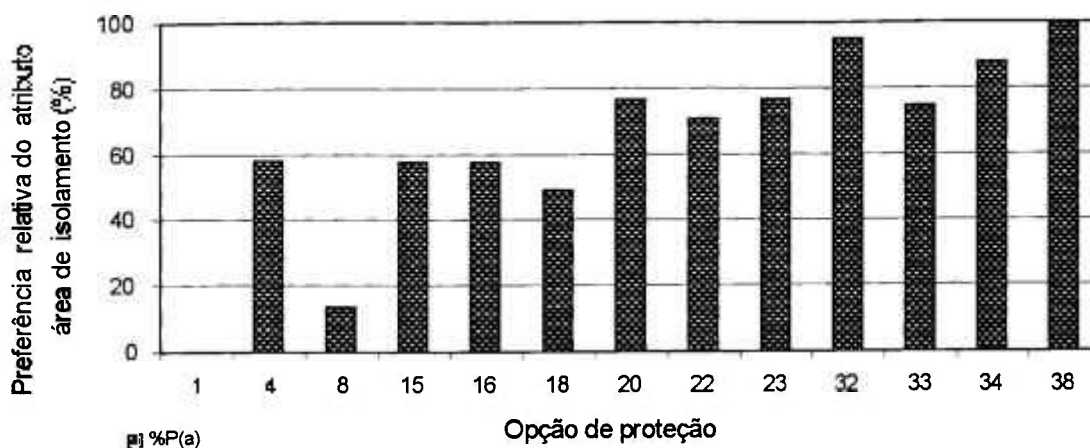


Figura 5.8 – Preferência relativa do atributo “área de isolamento”, em função das opções de proteção na instalação aberta fixa.

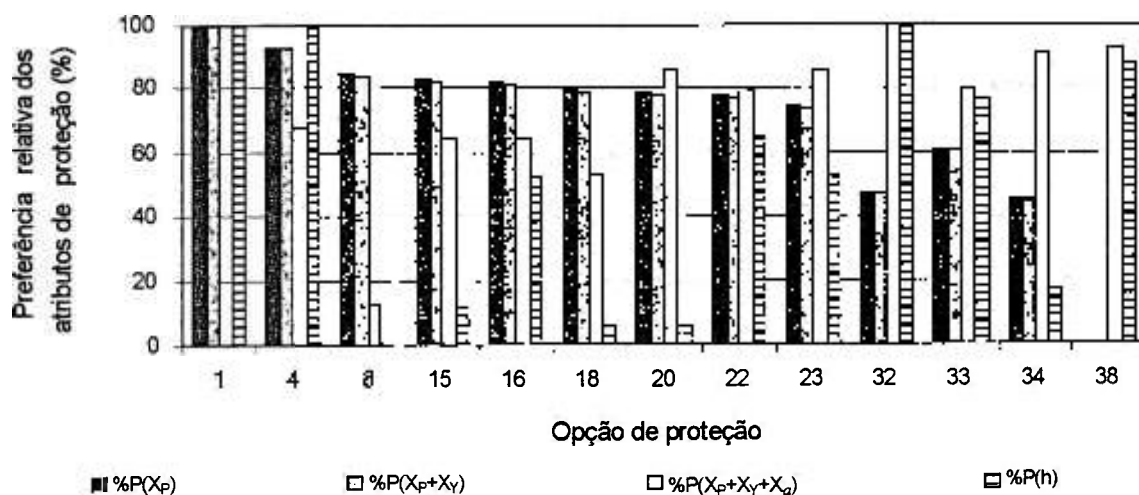


Figura 5.9 – Preferência relativa dos atributos custos de proteção “ X_p ”, “ X_p+X_y ”, “ $X_p+X_y+X_d$ ” e dose equivalente individual anual “ h ”, em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

No entanto, quando a prioridade é pela opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos custos de proteção “ X_p ”, “ X_p+X_y ”, “ $X_p+X_y+X_d$ ”, dose equivalente individual anual “ h ” e dose coletiva “ S_c ”, observa-se (Figura 5.10) que as melhores opções em condições de ser a SAO continuam sendo a opção 1, para atributos “ X_p , h , S_c ” e “ X_p+X_y , h , S_c ” e a opção 32, para os atributos, “ $X_p+X_y+X_d$, h , S_c ”.

Se todos os atributos forem analisados simultaneamente, ou seja, dando-se prioridade à opção que apresentar a maior soma das preferências dos

atributos custos de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h ", área de isolamento " a " e dose coletiva " S_c ", observa-se (Figura 5.11) que as melhores opções com condições de ser a SAO são: a opção 32 quando são considerados os atributos " X_p , h , S_c , a " e " X_p+X_y , h , S_c e a ", a opção 4 quando são considerados os atributos " $X_p+X_y+X_a$, h_1 , a , e S_c ". Os resultados obtidos nessas duas últimas análises mostram que a SAO gira em torno das opções 1, 4 e 32. Entretanto, continuamos sem uma solução técnica. Por isso, realizou-se uma terceira análise.

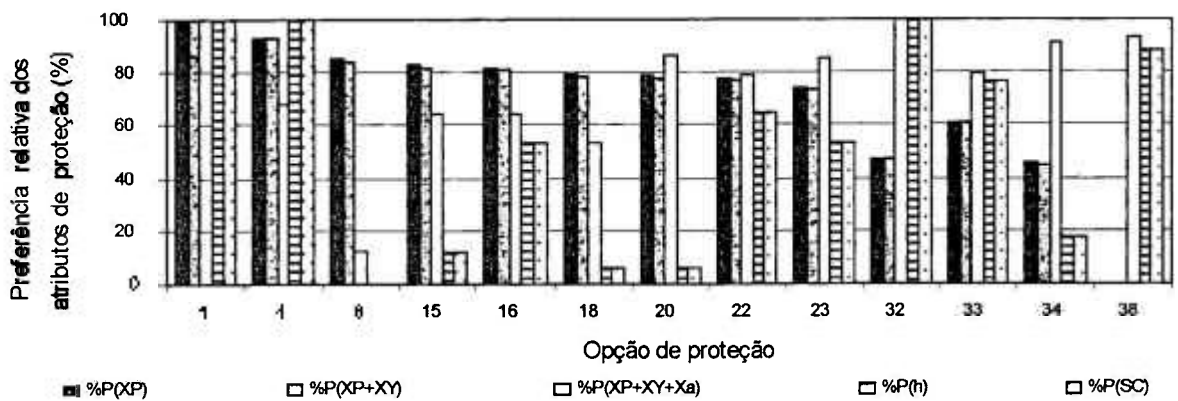


Figura 5.10 – Preferência relativa dos atributos "custos de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e coletiva " S_c ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

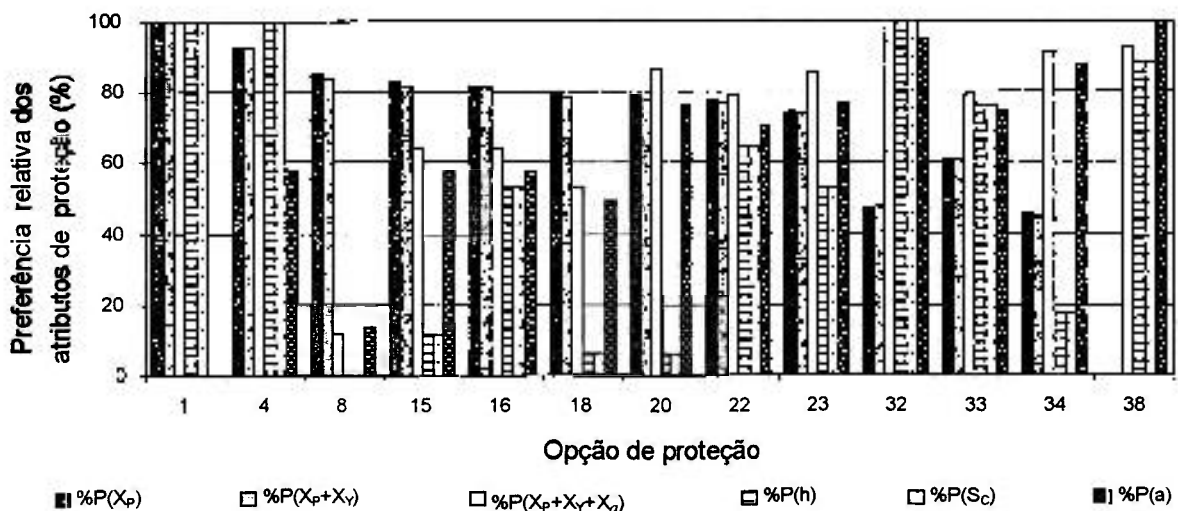


Figura 5.11 – Preferência relativa pelos atributos "custos de proteção " X_p ", " X_p+X_y " e " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h_1 ", dose coletiva " S_c " e área de isolamento " a ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta fixa.

A terceira análise foi realizada considerando as frequências relativas de aparição das opções de proteção, tidas como SAO (Tabela 2.40, Apêndice 2), e as preferências relativas dos atributos de proteção, utilizando o esquema de pontuação. Para isso, foi considerado que os valores numéricos associados às frequências e preferências são iguais em números de pontos (uma frequência relativa de aparição ou preferência relativa de 100% é numericamente igual a 100 pontos). O critério usado para decidir qual a opção com a melhor SAO foi de escolher aquela que apresentar o maior escore (maior número de pontos).

Dessa forma, observa-se (Tabela 2.42, Apêndice 2) que do ponto de vista da proteção radiológica, qualquer uma das opções de proteção no intervalo de dose equivalente individual anual de 0 a 5 mSv, pode ser escolhida como solução analítica ótima. Entretanto, quando é aplicada a filosofia do princípio ALARA, a solução analítica ótima, independentemente dos cenários estudados, é a opção 32, por apresentar o maior escore.

Uma forma de se obter uma opção de proteção otimizada sem utilizar as técnicas de ajuda para tomada de decisão, em uma instalação radiográfica já em funcionamento, pode ser obtida de forma simples e rápida a partir do conhecimento de opções otimizadas, utilizando o sistema de cascata (deslocamento de uma opção de maior dose para outra de menor dose), seguindo um caminho (roteiro) específico.

É descrito aqui, a título de exemplo, um roteiro para obtenção de uma opção otimizada para uma instalação aberta fixa, que está trabalhando com uma opção cuja dose anual do trabalhador é de 30 mSv; pretende-se que esta passe por sucessivas melhorias, de tal forma que o trabalhador passe a trabalhar com doses inferiores a 5 mSv, que é a meta da proteção radiológica.

Supondo-se que a instalação tenha características semelhantes à do cenário I, em termos do tipo de fonte, da atividade e da carga de trabalho, como mostra a Tabela 4.1 do Capítulo 4, observa-se que para alcançar o objetivo desejado, vários caminhos podem ser seguidos num sistema com várias opções, ou seja:

- ir direto da opção 8 → opção 25 (Tabela 4.1, Capítulo 4) por exemplo, ou

- ir da opção 26 → opção 30 → opção 33 (Tabela 4.1, Capítulo 4);
- **ir direto da opção 35 → opção 32** (Tabela 2.7, Apêndice2);
- ir da opção 8 → opção 4 (Tabela 4.1, Capítulo 4);
- ir da opção 15 → opção 16 → opção 4 (Tabela 2.9, Apêndice2);
- ir da opção 10 → opção 11 → opção 13 (Tabela 2.10 e 2.7, Apêndice2);
- ir da opção 10 → opção 4 (Tabela 2.10, Apêndice2) etc.

Aqui vamos escolher o terceiro caminho (Ir da opção 35 para a opção 32) e usar o valor do coeficiente monetário do detrimento biológico igual a 10.000 dólares (pessoa-sievert)⁻¹.

– *Qual o material e a forma da nova barreira de proteção desejada?*

A barreira da opção de proteção atual (opção 35) é formada por um conjunto de 22 placas de madeirite revestidas com chumbo de 19 mm de espessura, posicionadas na circunferência em torno da fonte de radiação, conforme indicado na Figura 3.3(d). *A nova opção de proteção (opção 32) é formada por um colimador direcional de tungstênio de 19 mm de espessura, posicionado no lado do operador e por um conjunto de 12 placas de madeirite revestidas com Pb, de 25,4 mm de espessura, posicionado na semicircunferência em torno da fonte no lado oposto ao operador, conforme indicado na Figura 3.3(c).*

Quais as vantagens com a escolha da nova opção?

- a) Redução da dose equivalente individual anual (Tabela 2.7, Apêndice2),
ou seja, $\Delta h = 28 \text{ mSv}$.
- b) Redução na área de isolamento (Tabela 2.7, Apêndice2)
 $\Delta a = 527 \text{ m}^2$
- c) Redução no custo de proteção (Tabela 2.13, Apêndice2)
 $\Delta X = 849 \text{ dólares/ano}$
- d) Redução na dose coletiva (Tabela 2.13, Apêndice2)
 $\Delta S_c = 0,028 \text{ pessoa-sievert}$

Dessa forma, tem-se uma solução técnica, simples, rápida, econômica e otimizada.

5.2 – Instalação aberta móvel

Os resultados da avaliação dos custos de proteção " X_P " e " X_P+X_Y ", das opções de proteção da instalação aberta móvel, são mostrados nas Figuras 5.12 e 5.13. Considerando que a preocupação do tomador de decisão é simplesmente encontrar a opção que tem o menor custo de proteção, observa-se, na instalação aberta móvel, que a opção com o menor custo de proteção em ambos os casos é a opção 5 (Figuras 5.12 e 5.13).

Porém, quando a preocupação é apenas adequar o custo de proteção " X_P+X_Y , e X_P " para um determinado nível de proteção, a escolha da opção tornar-se simples e fácil. Assim, por exemplo: se a disponibilidade de recursos for de 500 dólares/ano, verifica-se (Figuras 5.12) que, das vinte e cinco opções de proteção estudadas, apenas seis podem ser selecionadas, quais sejam: opções 5, 12, 13, 14, 15 e 25, se consideramos apenas o custo da barreira de proteção e unicamente a opção 5 (Figura 5.13), quando é considerado o custo de proteção " X_P+X_Y ". Porém, independentemente do nível de proteção desejado, seja ela a condição de trabalho "A" (condição em que as doses equivalentes efetivas anuais podem ser iguais ou maiores a 3/10 do limite primário para trabalhadores – área controlada)^(2, 36) ou a condição de trabalho "B" (condição em que as doses equivalentes efetivas anuais são mantidas inferiores a 3/10 do limite primário para trabalhadores – área supervisionada)^(2, 36), a melhor solução é a opção 5, tanto com relação aos custos de proteção (barreira de proteção) " X_P " como ao custo total de proteção " X_P+X_Y ".

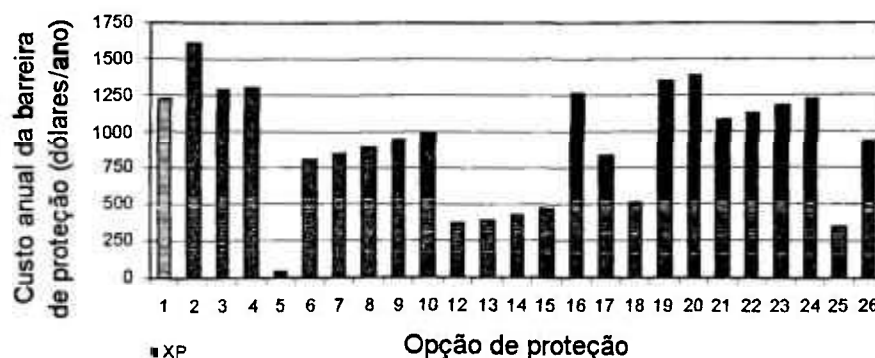


Figura 5.12 - Custos da barreira de proteção " X_P " em função da opção de proteção na instalação aberta móvel.

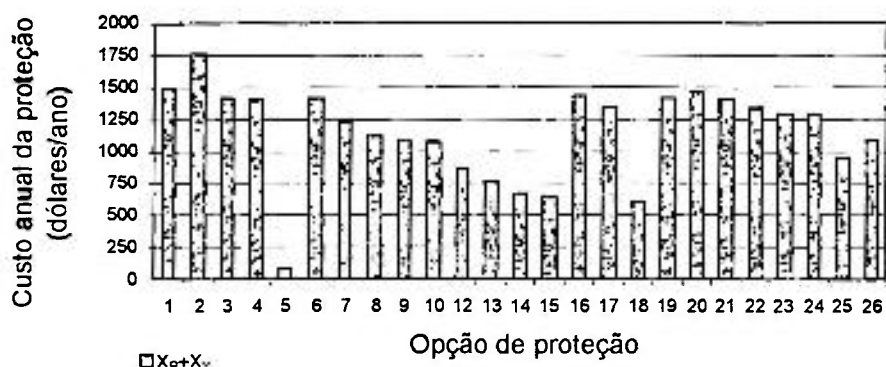


Figura 5.13 - Custo total de proteção " X_p+X_y " em função da opção de proteção na instalação aberta móvel.

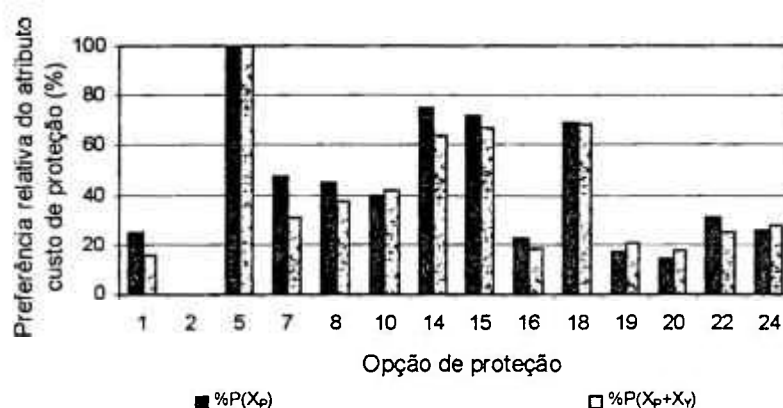


Figura 5.14 – Preferência relativa do atributo custos de proteção " X_p e X_p+X_y ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação aberta móvel.

Por outro lado, quando a técnica de análise de prioridade com atributos múltiplos é utilizada, verifica-se que, dentre as vinte e cinco opções estudadas, apenas quatorze podem ser consideradas para definir a SAO (Tabela 3.16, Apêndice 3). A escolha da SAO foi determinada a partir de várias análises em termos da confrontação individual e simultânea das preferências relativas máximas dos atributos de cada opção de proteção, impostas pela prioridade do tomador de decisão.

Na primeira análise, observa-se nas Figuras 5.14, 5.15 e 5.16 que, quando as prioridades são pelas opções que detêm a preferência máxima (maior índice percentual) dos atributos custos de proteção " X_p e X_p+X_y ", dose equivalente individual anual " h " e coletiva " S_c ", respectivamente, a opção 5 é a melhor SAO, pois é a única tem a preferência máxima nas três situações analisadas. Verifica-se ainda, que as opções 2 e 7 tiveram preferências "0" nos atributos custo de proteção e dose coletiva (Figura 5.14 e 5.16).



Figura 5.15 – Preferência relativa do atributo dose equivalente individual anual “h”, em função da opção de proteção otimizada, na instalação aberta móvel.

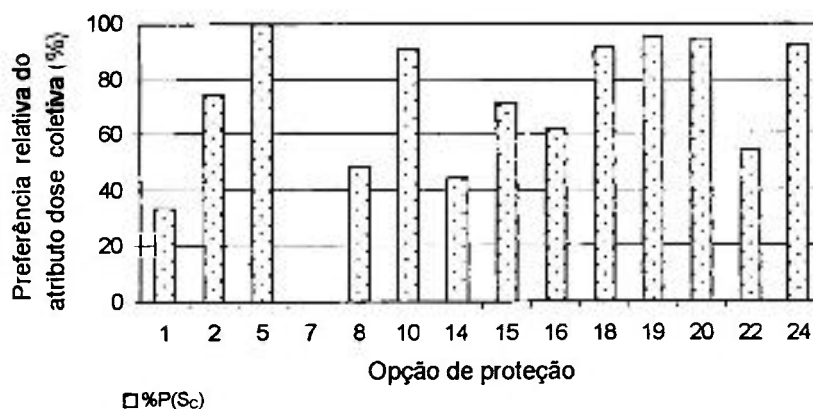


Figura 5.16 – Preferência relativa do atributo dose coletiva anual “ s_c ”, em função da opção de proteção otimizada, na instalação aberta móvel.

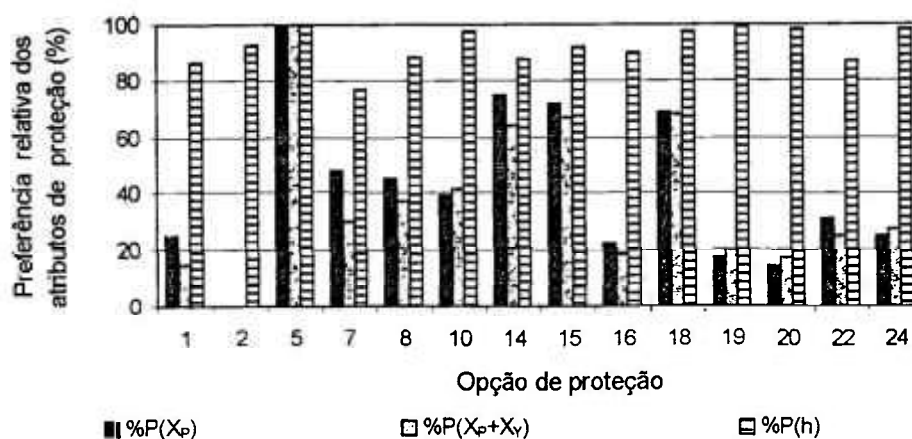


Figura 5.17 – Preferência relativa dos atributos custo total de proteção “ X_p+X_y ” e dose equivalente individual anual “h” em função da opção de proteção otimizada, na instalação aberta móvel.

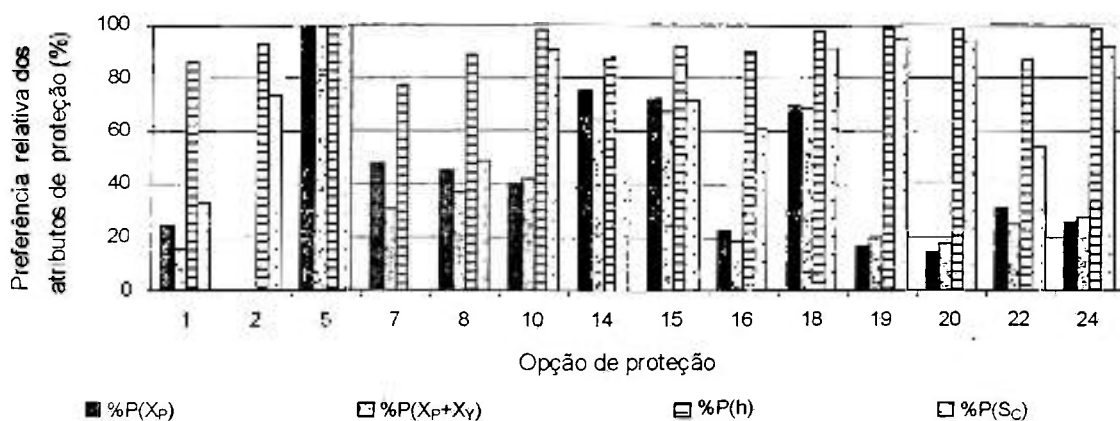


Figura 5.18 – Preferência relativa dos atributos custo total de proteção “ X_p+X_y ”, dose equivalente individual anual “h” e dose coletiva anual “ S_c ” em função da opção de proteção otimizada, na instalação aberta móvel.

Na segunda análise, os atributos custos de proteção “ X_p ”, “ X_p+X_y ” e dose equivalente individual anual “h” (Figura 5.17) e custo de proteção “ X_p ”, “ X_p+X_y ”, dose equivalente individual anual “h” e dose coletiva anual “ S_c ” (Figura 5.18), foram analisados simultaneamente, dando-se a prioridade à opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos (soma das preferências dos vários atributos analisados). Nesse caso, observa-se que a opção 5 continua sendo a melhor SAO.

Os resultados da segunda análise foram iguais àqueles obtidos na análise anterior. Logo, uma terceira análise foi realizada utilizando o esquema de pontuação semelhante ao utilizado na instalação aberta fixa. Dessa forma, observa-se na Tabela 3.16 do Apêndice 3, que a opção com o maior número de pontos (score) foi a 5 que, novamente, continua sendo a melhor SAO.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 3.16 do Apêndice 3, por intervalo de dose equivalente, verifica-se que as soluções analíticas ótimas são: a opção 5 no intervalo de 0 a 5 mSv, a opção 18 entre 5 e 15 mSv e a opção 14 entre 15 a 50 mSv. Quando a filosofia do princípio ALARA é aplicada, conclui-se que a solução analítica ótima é a opção 5.

Como visto na seção 4.2 (Tabela 4.8, Capítulo 4 e/ou Tabela de 3.6, Apêndice 3), para adequar uma instalação em funcionamento, em termos de redução de dose para trabalhadores, pode-se utilizar o sistema de cascata

semelhante ao utilizado para instalação aberta fixa, ou seja:

- passar da opção 7 → opção 22 → opção 20 → opção 5 (Tabela 4.8 , Capítulo 4) por exemplo, ou
- passar da opção 7 → opção 22 → opção 5 (Tabela 4.8 do Capítulo 4) ou;
- **passar da opção 7 → opção 5** (Tabela 4.8, Capítulo 4) ou;
- passar da opção 13→opção 15→opção 5 (Tabela 3.6, Apêndice3, Cenário I.c) ou;
- passar da opção 6→opção 9→opção 5 (Tabela 3.6, Apêndice3, Cenário I.b) etc.

Aqui é escolhido o terceiro caminho e usado o valor do coeficiente monetário do detrimento biológico igual a 10.000 dólares (pessoa-sievert)⁻¹.

Quando se passa direto da opção 7, com barreira de proteção com 22 placas de chumbo de 9,52 mm e um biombo com 2 placas de chumbo de 3 mm, para a opção 5 que utiliza colimador e biombo de 1,5 mm de Pb, verifica-se, na Tabela 3.6 do Apêndice 3 (Cenário III.b), que o custo total de proteção da opção 7 é de 2.190 dólares e o da opção 5, de 227 dólares, ou seja, uma redução no custo de 1963 dólares por ano e uma redução de 28,6 mSv na dose equivalente individual anual do operador, a qual passa de 33,3 mSv/ano para 4,7 mSv/ano. Dessa forma, tem-se uma solução técnica, simples, rápida, econômica e otimizada.

5.3 – Instalação fechada sem teto - ¹⁹²Ir

Os resultados da avaliação dos custos de proteção “X_P”, “X_P+X_Y”, “X_P+X_Y+X_α”, para as opções de proteção da instalação fechada sem teto para ¹⁹²Ir, estão informadas nas Figuras 5.19, 5.20, 5.21 e 5.22. Considerando que a preocupação do tomador de decisão é simplesmente encontrar a opção que tem o menor custo de proteção “X_P”, “X_P+X_Y” e “X_P+X_Y+X_α”, observa-se, nas Figuras acima mencionadas, que a opção com o menor custo de proteção “X_P+X_Y” é a 3. Porém, quando são considerados os custos de proteção “X_P+X_Y+X_α” envolvendo

conjuntamente barreira de proteção + detrimento biológico + área de isolamento, pode-se verificar que a melhor solução passa a ser a opção 5 (Figura 5.21).

Entretanto, se a preocupação é adequar a proteção com um recurso, como, por exemplo, US\$ 500/ano, a um determinado nível de proteção, verifica-se (Figura 5.19) que 14 opções podem ser selecionadas, (opções 1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17, 22, 29, 30, 31, 32 e 33).

Assim, se o nível de proteção desejado com o recurso disponível é a condição de trabalho "A" a melhor opção é a 22, do ponto de vista da proteção radiológica (Tabelas 4.1 a 4.6, Apêndice 4). Agora, se o nível de proteção desejado é aquele da condição de trabalho "B" a escolha pode recair em uma das três opções (3, 4 e 31), se for considerado apenas o custo da barreira de proteção. Entretanto, se for levado em consideração o custo total de proteção " $X_P + X_Y + X_\alpha$ " para " α " igual a 3000 dólares/(sievert-pessoa), qualquer uma das opções 2, 3, 4, 5 e 6 poderá ser escolhida.

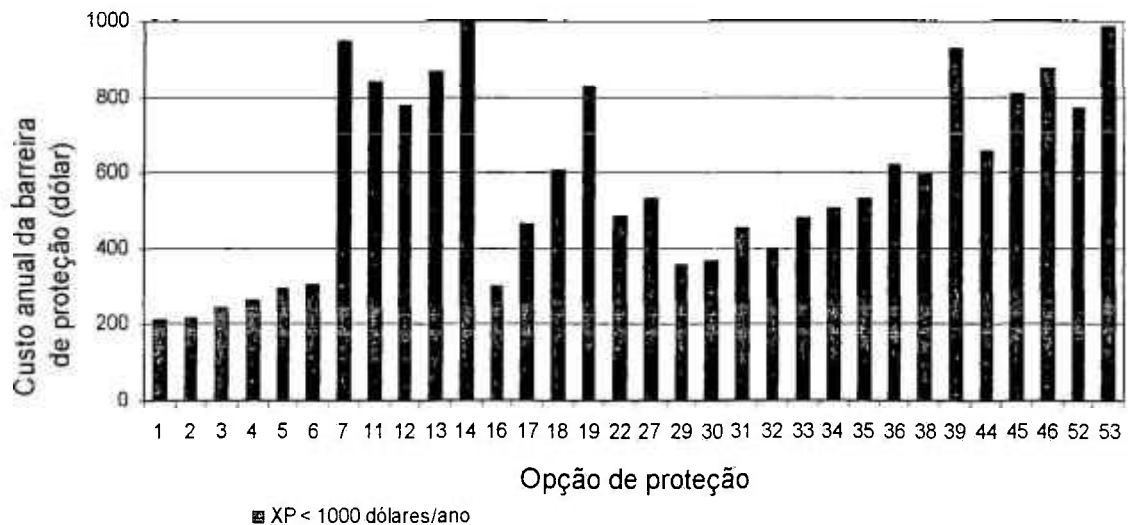


Figura 5.19- Custo da barreira de proteção " X_P ", em função da opção de proteção na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

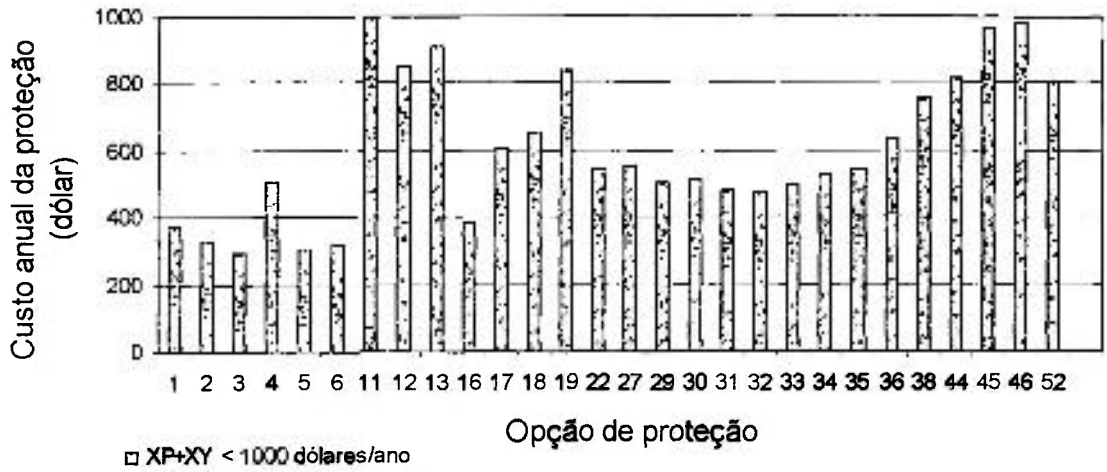


Figura 5.20 - Custo da barreira de proteção " X_P ", em função da opção de proteção na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

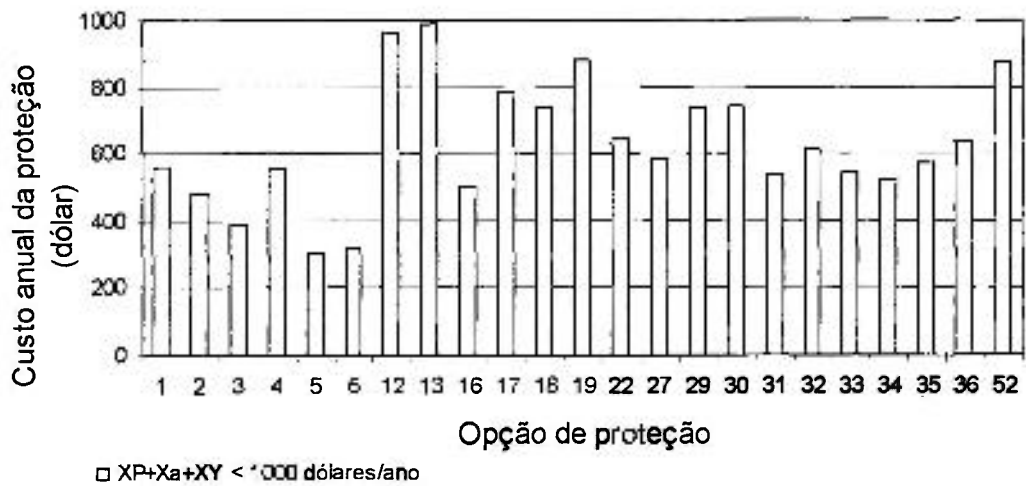


Figura 5.21 - Custo total de proteção " $X_P + X_a + X_Y$ ", em função da opção de proteção na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

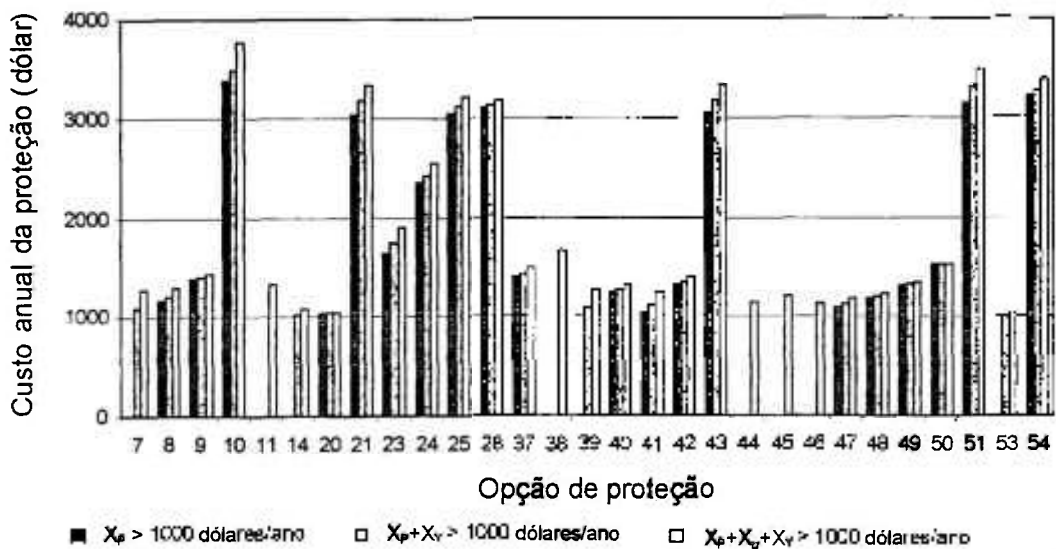


Figura 5.22 - Custo total de proteção " $X_P + X_a + X_Y$ ", em função da opção de proteção na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

Por outro lado, quando a técnica de análise de prioridades com atributos múltiplos é utilizada, verifica-se que, dentre as cinquenta e três opções estudadas, apenas onze podem ser consideradas como SAO (Tabela 4.26, Apêndice 4). Porém, qual delas é a melhor solução? Para responder a esta pergunta, várias análises foram feitas.

A primeira análise foi a confrontação de cada uma das opções inseridas na Tabela 4.27, Apêndice 4, frente às prioridades e aos níveis de preferências máximas de cada atributo. Nesse caso, verifica-se inicialmente que, quando a prioridade é pela opção que tem a maior preferência do atributo dose equivalente individual anual "h" (Figura 5.23), apenas uma das onze opções tem condição de ser SAO, isto é, a opção 36.

Quando a prioridade é pela opção que tem a maior preferência do atributo "dose coletiva", observa-se (Figura 5.24) que apenas duas das onze opções estão em condições de ser a SAO, as opções 5 e 6. Quando a prioridade é pela opção que tem a maior preferência dos atributos custos de proteção " X_P , X_P+X_Y e $X_P+X_A+X_Y$ ", observa-se (Figura 5.25) que a opção 4 tem a maior preferência para X_P e X_P+X_Y e a opção 5 para $X_P+X_A+X_Y$, de forma que as duas opções estão em condições de ser a SAO.

Se a prioridade é pela opção que detém a maior preferência pelo atributo "área de isolamento", observa-se (Figura 5.26) que apenas três, entre as onze opções estão em condições de ser a SAO, a 5, 6 e 36. Após essa análise, verifica-se que o número de opções em condições de ser SAO é sensivelmente reduzido, passando de onze para três opções, isto é, para as opções 5, 6 e 36.

Portanto, observa-se que não existe uma definição técnica da solução analítica ótima. Então, uma segunda análise foi realizada envolvendo simultaneamente todos os atributos. Essa segunda análise foi semelhante à anterior, diferindo apenas na forma de confrontação das preferências dos vários atributos.

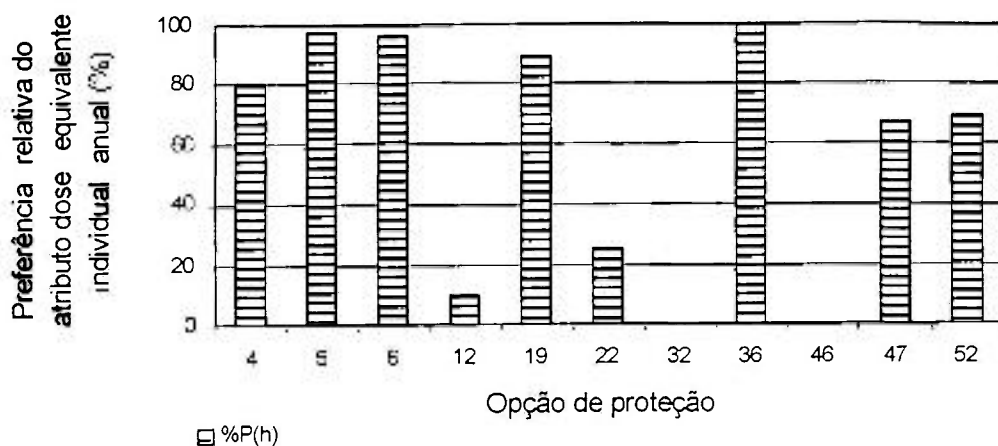


Figura 5.23 - Preferência relativa do atributo dose equivalente individual anual "h", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

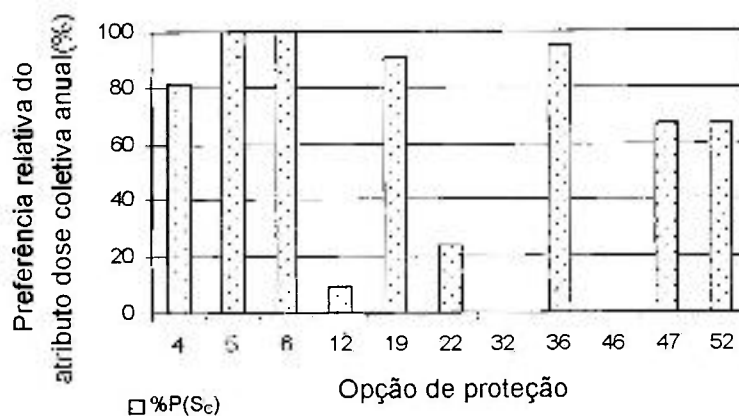


Figura 5.24 - Preferência relativa do atributo dose coletiva "Sc" em função das opções de proteção otimizadas, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

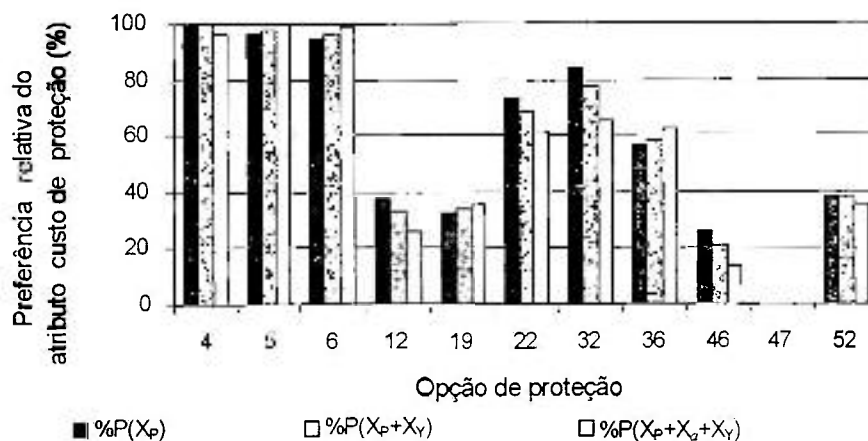


Figura 5.25 - Preferência relativa do atributo custo de proteção X_p , X_p+X_y e $X_p+X_y+X_s$, em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

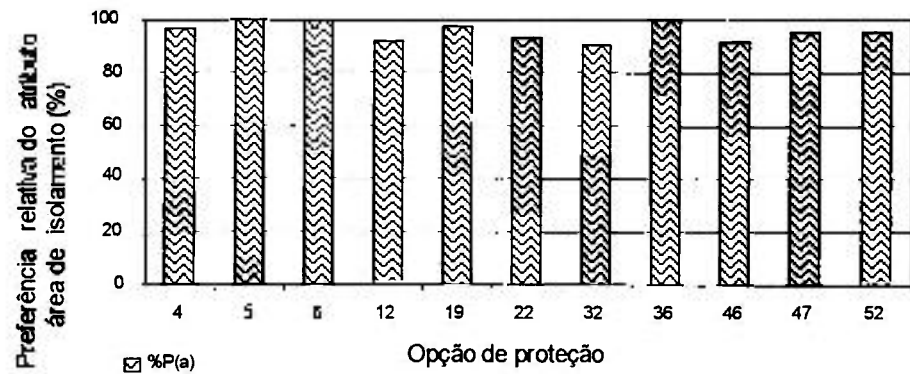


Figura 5.26 – Preferência relativa pelo atributo áreas de isolamento "a" em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

Assim sendo, verificou-se que, quando a prioridade é pela opção que detém a maior soma das preferências máximas dos atributos custo total de proteção " $X_p+X_Y+X_a$ " e "dose equivalente individual anual "h" (Figura 5.27), a melhor opção é a 5. Entretanto, quando a prioridade é pela opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos custos de proteção " X_p , X_p+X_Y e " $X_p+X_Y+X_a$ ", dose equivalente individual "h" e coletiva " S_c ", observa-se (Figura 5.28) que a melhor SAO continua sendo à opção 5.

Agora, se os quatro atributos são considerados simultaneamente, ou seja, a prioridade é para a opção que apresentar a maior soma das preferências dos atributos, custos de proteção " X_p , X_p+X_Y e " $X_p+X_Y+X_a$ ", dose equivalente individual anual "h", área de isolamento "a" e dose coletiva " S_c ", observa-se (Figura 5.29) que a opção preferida continua sendo a 5. Nessa análise foi observado que a melhor opção é a 5.

Os resultados obtidos nessas duas últimas análises mostram que a SAO gira em torno das opções 5, 6 e 36. Entretanto, continuamos sem uma solução técnica. Por isso, realizou-se uma terceira análise.

A terceira análise foi realizada utilizando o esquema de pontuação da frequência relativa de aparição das opções de proteção, tida como SAO e, da preferência relativa dos atributos de proteção. Utilizando os resultados apresentado nas Tabelas 4.26 e 4.28 do Apêndice 4, verifica-se que a opção a opção 5 tem o

maior escore (à soma dos pontos), mas esta não é muito robusta, pois o escore da opção 5 encontra-se muito próximo da opção 6, de forma que ambas podem ser consideradas como solução analítica ótima.

Desta forma, observa-se ainda na Tabela 2.28 que as soluções analíticas ótimas por intervalos de doses equivalentes individuais anuais são: as opções 5 e 6 no intervalo entre 0-5 mSv, a opção 4 entre 5-15 mSv e a opção 22 entre 15-50 mSv. Entretanto, quando é aplicada a filosofia do princípio ALARA, a solução analítica ótima, é a opção 5 e/ou 6.

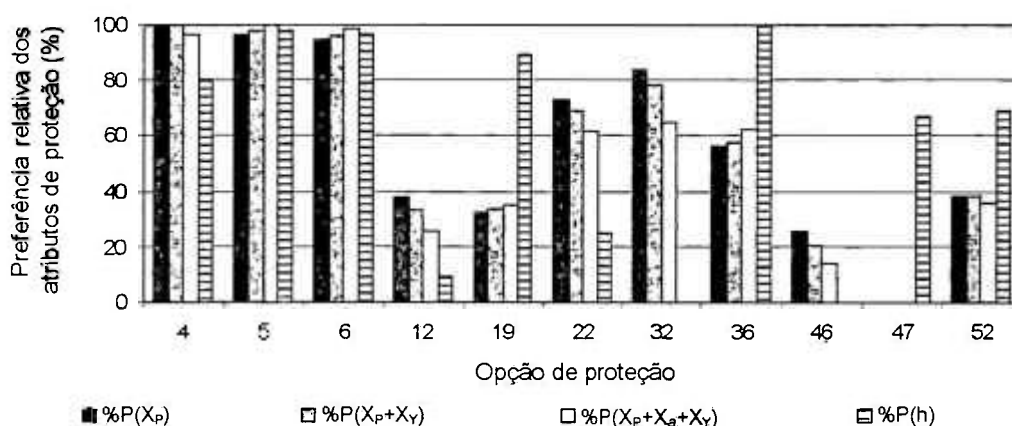


Figura 5.27 – Preferência relativa dos atributos custo de proteção " X_p , X_p+X_y e $X_p+X_y+X_a$ " e dose equivalente individual anual " h ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

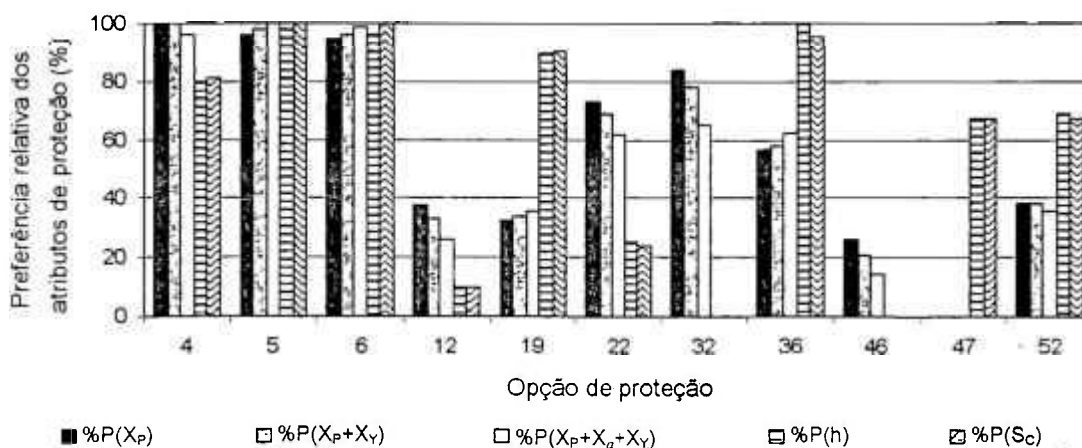


Figura 5.28 - Preferência relativa dos atributos custos de proteção " X_p , X_p+X_y e $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e dose coletiva " S_c " em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

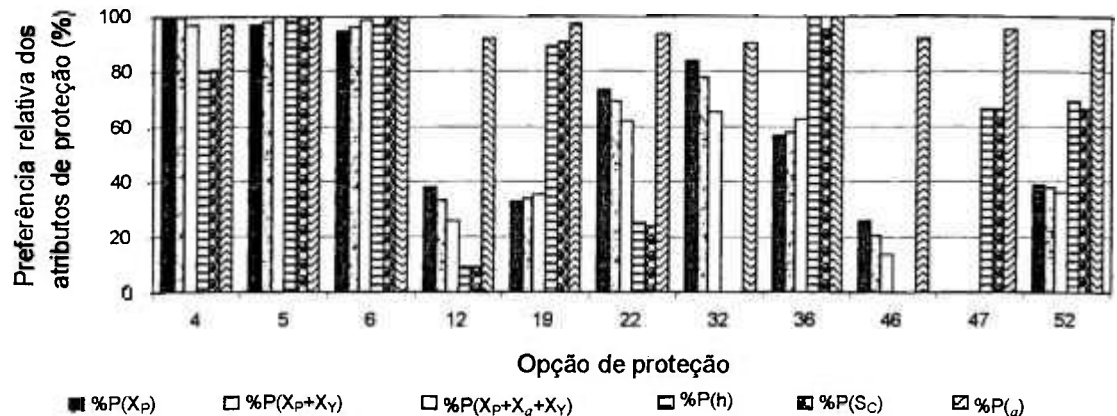


Figura 5.29- Preferência relativa dos atributos custo de proteção " X_p , X_p+X_y e $X_p+X_y+X_a$ " dose equivalente individual anual " h ", dose coletiva anual " S_c " e à área de isolamento " a " em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

Como discutido nas seções anteriores, pode-se observar (Tabela 4.9, Capítulo 4 e Tabelas 4.1 a 4.6 do Apêndice 4) que, para adequar uma instalação em funcionamento em termos de redução de dose para trabalhadores, pode-se utilizar o sistema de cascata (deslocamento de uma opção de maior dose para outra de menor dose) semelhante ao utilizado para as instalações anteriores, ou seja:

- passar da opção 46 → opção 47 → opção 36 (Tabela 4.9 do Capítulo 4) por exemplo ou
- passar direto da opção 46 → opção 52 (Tabela 4.9 do Capítulo 4) ou
- passar da opção 12 → opção 19 → opção 5 (Tabela 4.9, Capítulo 4) ou
- **passar da opção 41 → opção 40 → opção 42** (Tabela 4.4, Apêndice 4) etc.

Aqui é escolhido o quarto caminho e usado o valor do coeficiente monetário do detrimento biológico igual a 10.000 dólares/(pessoa-sievert).

Quando se passa da opção 41, composta de uma barreira de proteção de cerâmica e barita com 30 cm e 20 cm de espessura, respectivamente, para a opção 40, que utiliza os mesmos materiais, diferindo apenas na espessura da barita, que é de 25 cm, verifica-se (Tabela 3.10, Capítulo 3) que o custo anual de proteção " $X_p+X_y+X_a$ " da opção 41 é de 1.448 dólares e o da opção 40 é de 1.397 dólares, ou seja, ocorre uma redução no custo 51 dólares

por ano e uma diminuição na área de isolamento de 142 m², ou seja, passando de uma área isolada de 257 m² para uma área isolada de 115 m², além de uma redução na dose equivalente individual anual do operador de 20 mSv, isto é, passando de 26 mSv para 6 mSv (Tabela 4.4, Apêndice 4).

Agora, quando se passa da opção 40 para a opção 42, cujas características da barreira de proteção são semelhantes, diferindo só na espessura da barita, que é de 27 cm, verifica-se um novo aumento no custo total de proteção, passando de 1.397 para 1.440 dólares/ano, ou seja, um aumento de 43 dólares, com uma nova redução da área de isolamento de 34 m², isto é, a área isolada passa de 115 m² para 81 m², e com um novo rebaixamento da dose equivalente individual anual do operador, que passa de 6 mSv para 3,6 mSv (Tabela 4.4, Apêndice 4), como consequência da redução nas doses equivalentes individuais médias anuais e coletiva. Dessa forma, tem-se uma solução técnica, simples, rápida, econômica e otimizada.

5.4 – Instalação fechada sem teto - ⁶⁰Co

Os resultados da avaliação dos custos de proteção " X_P " " X_P+X_Y ", " $X_P+X_Y+X_a$ ", para as opções de proteção da instalação fechada sem teto para ⁶⁰Co, estão informadas nas Figuras 5.30, 5.31. Considerando que a preocupação do tomador de decisão é simplesmente encontrar a opção que tem o menor custo de proteção " X_P ", " X_P+X_Y " e " $X_P+X_Y+X_a$ ", observa-se nas Figuras acima mencionadas ou Tabelas 5.5 e 5.6 do Apêndice 5, que as opções com os menores custos de proteção são as opções 1, 5 e 6, respectivamente.

Porém, se a preocupação é adequar um determinado recurso, por exemplo, US\$600/ano a um determinado nível de proteção, verifica-se (Figura 5.30) que nove opções podem ser selecionadas, quais sejam: as opções 4, 5, 6; as opções 2, 3, 4, 5, 6, 7 e as opções 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 16, 18, 24, quando são considerados os custos " $X_P+X_Y+X_a$ ", " X_P+X_Y " e " X_P ", respectivamente. Assim, se a barreira de proteção desejada é para a condição de trabalho "A" a opção 1 é a preferida (melhor), exceto para o cenário I, que é a opção 2 (Tabelas 5.1 a 5.4, Apêndice 5), pois, entre as demais, é a melhor do ponto de vista do custo da

proteção. Agora, se o nível de proteção é aquele da condição de trabalho "B" a preferida é a opção 4, por ter menor custo. No entanto, se considerarmos os quatro cenários independentemente, a opção 4 será a melhor para o cenário 1. Para os demais, a melhor será a opção 3.

Por outro lado, quando a técnica de análise de prioridades com atributos múltiplos é empregada no processo de otimização, verifica-se que, dentre as trinta e nove opções estudadas, apenas sete podem ser consideradas como SAO, ou seja, as opções 2, 4, 5, 6, 7, 14 e 39 (Tabelas 5.17 e 5.18, Apêndice 5). Mas qual destas é a melhor solução ?

Como discutido nos parágrafos anteriores, várias análises foram realizadas em função das prioridades e preferências das opções de proteção em termos da função da prioridade total " U_T ". A primeira análise consistiu na confrontação de cada uma das opções inseridas na Tabela 5.17, Apêndice 5, frente às prioridades e aos níveis de preferências de cada atributo. Assim sendo, verificou-se, inicialmente, que quando a prioridade é pela opção que detém a maior preferência do atributo dose equivalente individual anual "h" (Figura 5.32), a opção 14 é a melhor SAO.

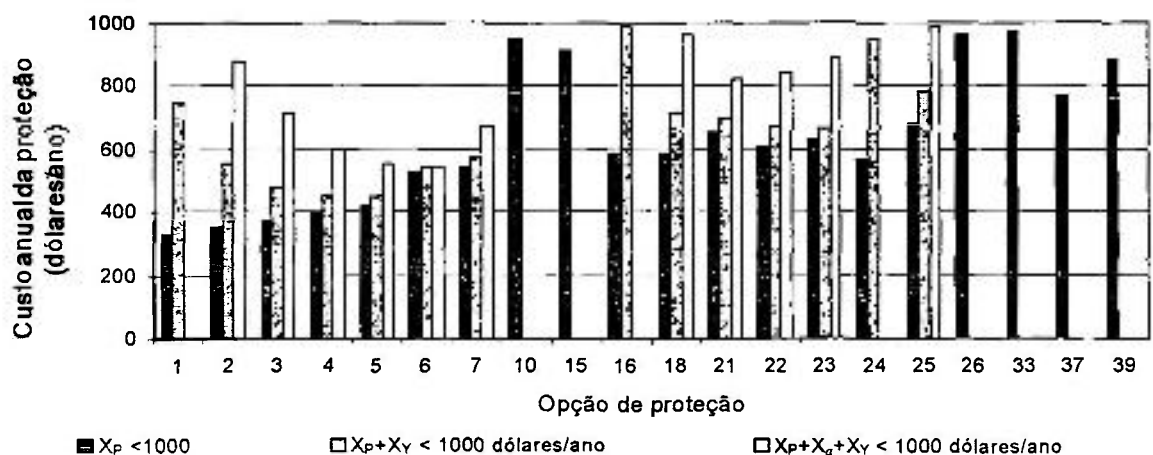


Figura 5.30 - Custo anual de proteção " X_P , $X_P + X_Y$, $X_P + X_Y + X_A$ ", na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

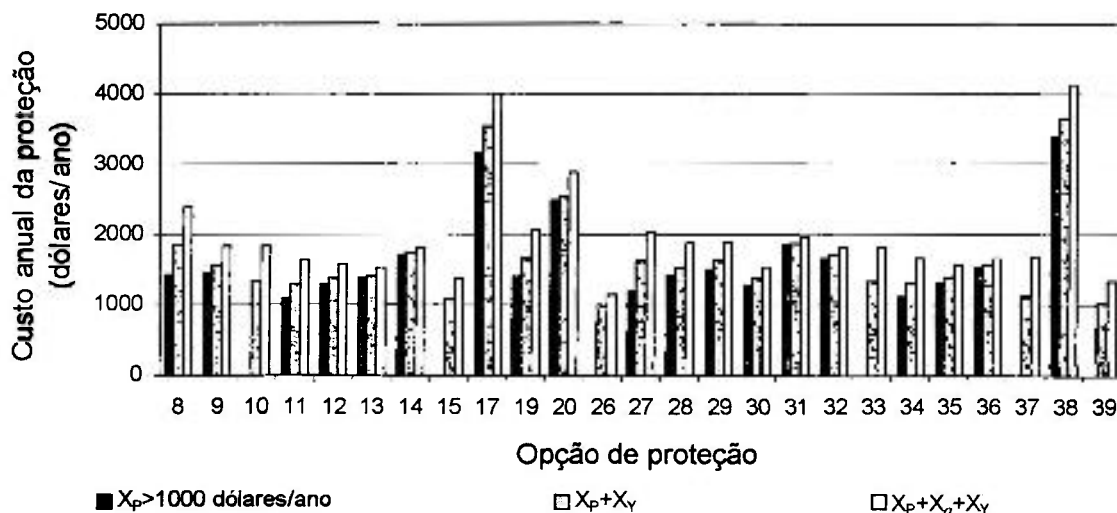


Figura 5.31 - Custos de proteção " X_p , X_p+X_Y , $X_p+X_Y+X_a$ ", " X_p+X_Y " das opções na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

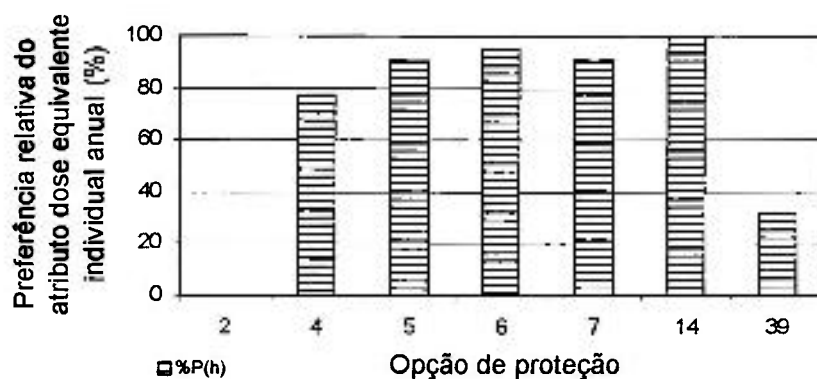


Figura 5.32 – Preferência relativa do atributo dose equivalente individual anual "h", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

Por outro lado, quando a prioridade é pela opção que detém a maior preferência do atributo dose coletiva anual " S_c ", observa-se (Figura 5.33) que a opção 14 continua sendo a preferida. Entretanto, quando a prioridade é pela opção que detém a maior preferência do atributo custos de proteção " X_p , X_p+X_Y e $X_p+X_Y+X_a$ ", observa-se (Figura 5.34) que as opções 2, 4 e 5 são as preferidas, respectivamente. Agora, se a prioridade é pela opção que detém a maior preferência pelo atributo área de isolamento " α ", observa-se (Figura 5.35) que a opção preferida é a 6. Após essa análise, verifica-se que o número de opções, em condições de ser a melhor SAO, fica reduzido a cinco (opções 2, 4; 5, 6 e 14).

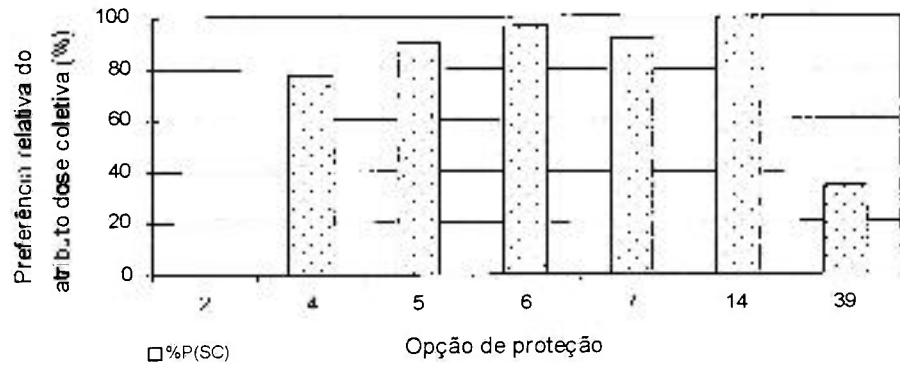


Figura 5.33 – Preferência relativa do atributo dose coletiva anual "Sc", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto com ⁶⁰Co.

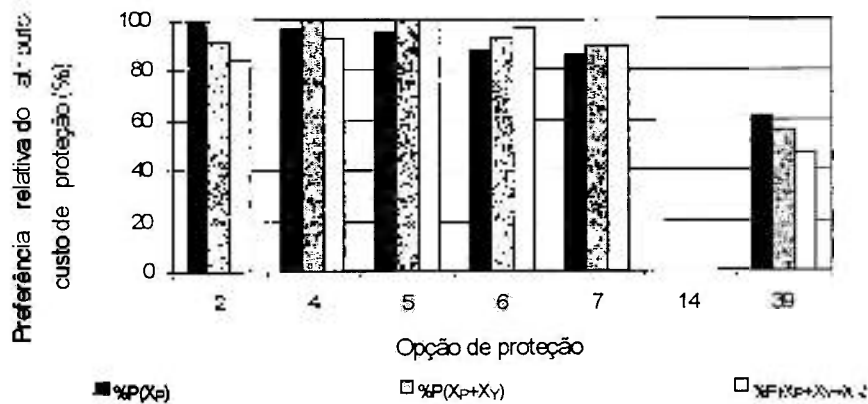


Figura 5.34- Preferência relativa do atributo custos de proteção "Xp", "Xp+Xy" e "Xp+Xy+Xz" em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ⁶⁰Co.

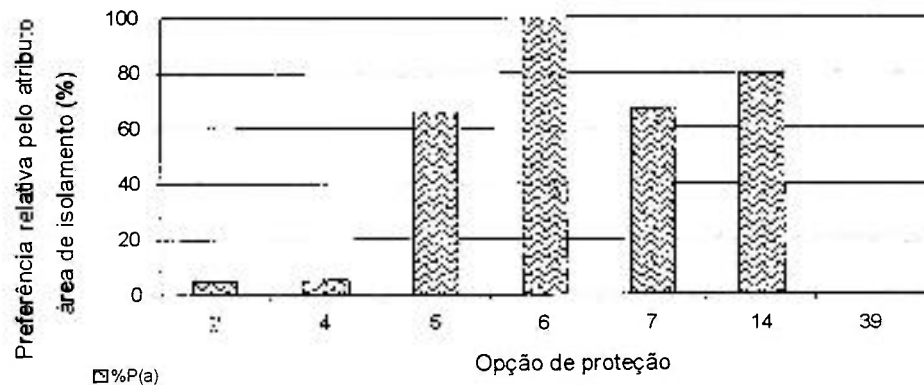


Figura 5.35– Preferência relativa do atributo área de isolamento "a", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto com ⁶⁰Co.

Após essa análise, verificou-se que não existe uma definição técnica da SAO. Assim, em virtude de não aparecer uma opção com preferência em todos os atributos, uma segunda análise foi realizada.

A segunda análise consistiu na confrontação das preferências relativas dos atributos analisadas simultaneamente, dando-se prioridade à opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos (soma das preferências dos vários atributos analisados). Nesse caso, quando são analisados os atributos custos de proteção " X_P ", " X_P+X_Y ", " $X_P+X_Y+X_a$ " e dose equivalente individual anual " h ", verifica-se (Figura 5.36) que as melhores SAO são as opções 5 e 6 (maior soma das preferências) quando são considerados os custos " X_P ", " X_P+X_Y ", e " $X_P+X_Y+X_a$ ", respectivamente. Agora, se a prioridade é pela opção que apresenta as maiores preferências dos atributos "custos de proteção " X_P ", " X_P+X_Y ", " $X_P+X_Y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e dose coletiva anual " S_c " (Figura 5.37) a opção 6 é a preferida (a melhor SAO). Por outro lado, se forem considerados os quatro atributos simultaneamente, ou seja, se a prioridade for para opção que apresentar a maior soma das preferências dos atributos "custo da proteção " $X_P+X_Y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h ", área de isolamento " a " e dose coletiva " S_c ", verifica-se (Figura 5.38) que a melhor SAO continua sendo a opção 6.

Após essa análise, verificou-se que das cinco opções em condições de ser a melhor SAO, apenas duas continuam a opção 5 e 6. Porém, continuamos sem uma solução técnica definida. Assim, uma terceira análise foi realizada.

Nessa terceira análise (realizada de forma semelhante para os tipos de instalação anteriormente estudados – esquema de pontuação). Nesse caso, observa-se (Tabela 5.20, apêndice 5) que a opção com a maior pontuação foi a 6, concluindo-se com essa análise que a melhor a SAO é a opção 6. Observa-se ainda na Tabela 5.20, que as soluções analíticas ótimas, por intervalos de doses equivalentes individuais anuais são: no intervalo de 0 a 5 mSv a opção 6; entre 5-15 mSv a opção 4; e entre 15-50 mSv, a opção 39.

Assim sendo, conclui-se que, dentre as diversas opções estudadas, a que melhor atende o princípio ALARA, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co , é a opção 6.

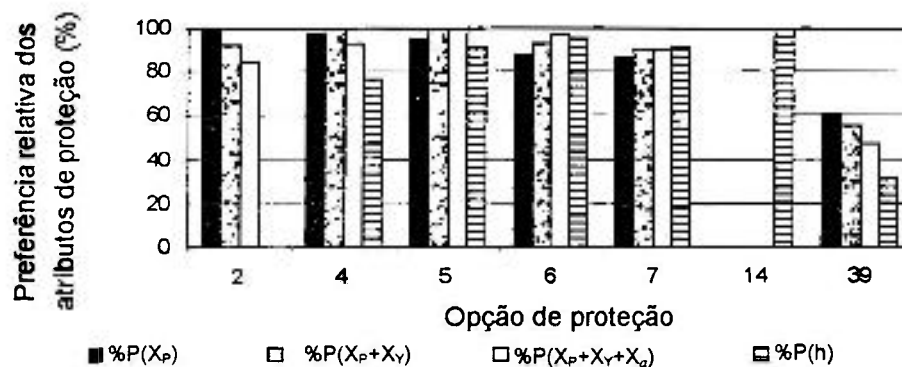


Figura 5.36 – Preferência relativa dos atributos custo de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " em função das opções de proteção otimizadas, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

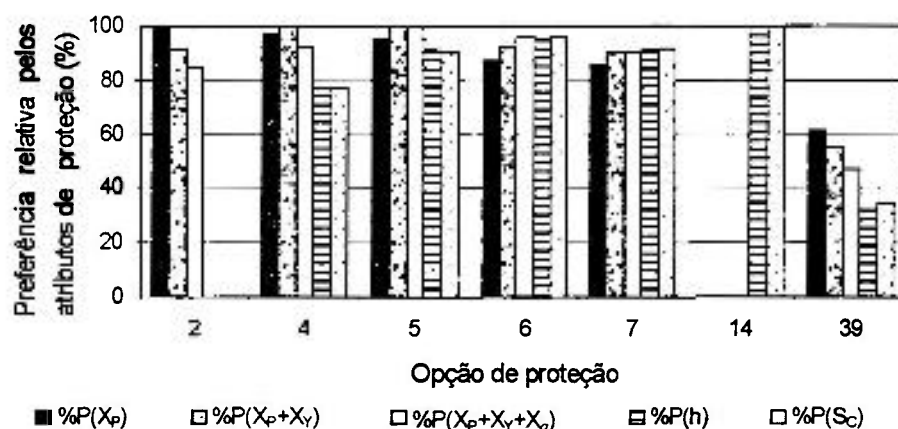


Figura 5.37 – Preferência relativa dos atributos custo de proteção, " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e dose coletiva anual " S_c ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

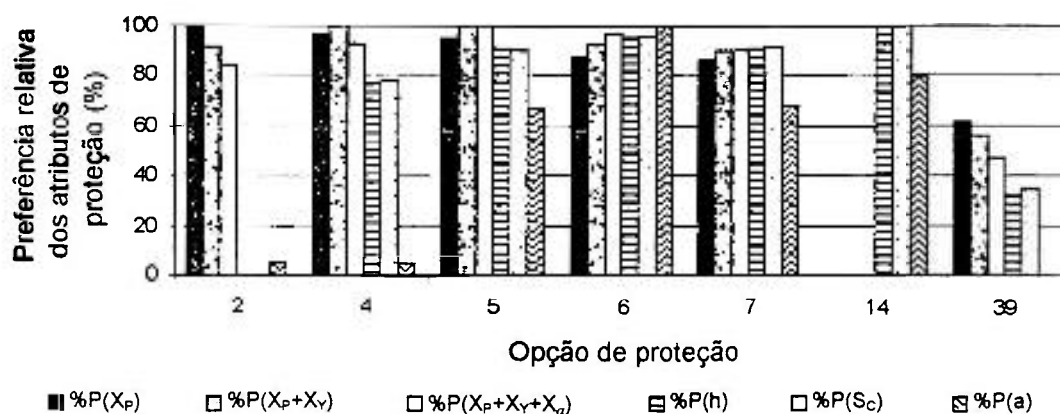


Figura 5.38 - Preferência relativa dos atributos custo de proteção, " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e dose coletiva anual " S_c " e área de isolamento " a ", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

Como discutido nas seções anteriores, pode-se observar, nas Tabelas 4.10 a 4.13 do Capítulo 4 e/ou Tabelas de 5.1 a 5.4 do Apêndice 5, que para adequar uma instalação em funcionamento, em termos de redução de dose para trabalhadores, pode-se utilizar o sistema de cascata semelhante ao utilizado para as instalações anteriores, ou seja:

- passar da opção 11 → opção 12 (Tabela 5.1, Apêndice 5) ou
- passar 10 da opção 12 (Tabela 5.1, Apêndice 5) ou
- passar da opção 24 → opção 39 (Tabela 4.12, Capítulo 4) ou
- passar da opção 28 → opção 30 (Tabela 4.12, Capítulo 4) ou;
- passar da opção 27 → opção 28 → opção 30 ou 32 (Tabela 4.13, Capítulo 4) ou.
- **passar da opção 10 → opção 4** (Tabela 4.10, Capítulo 4) etc.

Aqui é escolhido o último caminho e usado o valor do coeficiente monetário do detrimento biológico igual a 10.000 dólares/pessoa-sievert.

Quando se passa direto da opção 10 (composta de uma barreira de proteção de concreto e barita com 50 cm e 17 cm de espessura, respectivamente) para a opção 4 (barreira de proteção de concreto com 90 cm), verifica-se que (Tabela 5.5, Apêndice 5) o custo anual de proteção " $X_p+X_Y+X_a$ " da opção 10 é de 2.470 dólares e o da opção 4 de 658 dólares, ocorrendo um decréscimo no custo de proteção de 1.812 dólares. Em contrapartida, ocorre uma diminuição da área de isolamento que passa de 496 m², na opção 10, para 148 m² na opção 4. Além da redução do custo de proteção e da área de isolamento, há também uma redução na dose equivalente individual anual do operador que passa de 42 mSv para 6 mSv e, conseqüentemente, nas doses equivalentes individuais médias anuais e coletivas. Dessa forma, tem-se uma solução técnica, simples, rápida, econômica e otimizada.

5.5 – Instalação fechada com teto - ¹⁹²Ir

Os resultados da avaliação dos custos de proteção " X_p " " X_p+X_Y ", " $X_p+X_Y+X_a$ ", para as opções de proteção da instalação fechada com teto, estão informadas nas Figuras 5.39 e 5.40. Considerando que a preocupação do

tomador de decisão é simplesmente encontrar a opção que tem o menor custo de proteção " X_p ", " X_p+X_Y " e " $X_p+X_Y+X_a$ ", observa-se (Figura 5.39) que a opção 1 tem o menor custo com barreira de proteção. Entretanto, verifica-se nas Tabelas 6.7 a 6.12 do Apêndice 6 que as opções com os menores custos " X_p+X_Y " e " $X_p+X_Y+X_a$ " foram: a opção 13 nos cenários I e II, a 51 nos cenários III e VI, a 9 nos cenários IV e V.

Porém, quando se quer adequar um determinado recurso destinado à radioproteção, como por exemplo, 750 dólares/ano, a um nível de proteção, observa-se (Figura 5.39) que das 66 opções estudadas apenas 17 tem custos menores ou iguais a 750 dólares/ano, quais sejam as opções **1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 20, 36, 51 e 52**, podendo qualquer delas ser selecionada. Entretanto, se o nível de proteção desejado é a condição de trabalho "A", qualquer uma das opções 1, 2, 3 e 20 poderá ser escolhida (Tabelas 6.1 e 6.2, Apêndice 6), porém, a melhor opção é a 20 do ponto de vista da proteção radiológica. Agora, se a proteção desejada é aquela que fornece a condição de trabalho "B", a escolha pode ser por qualquer uma das onze opções citadas acima, grifadas em negrito. Dentre as opções mencionadas, destacam-se as opções: 51 nos cenários III e IV, 13 nos cenários I e II e 9 nos cenários IV e V por apresentarem os menores custos de proteção.

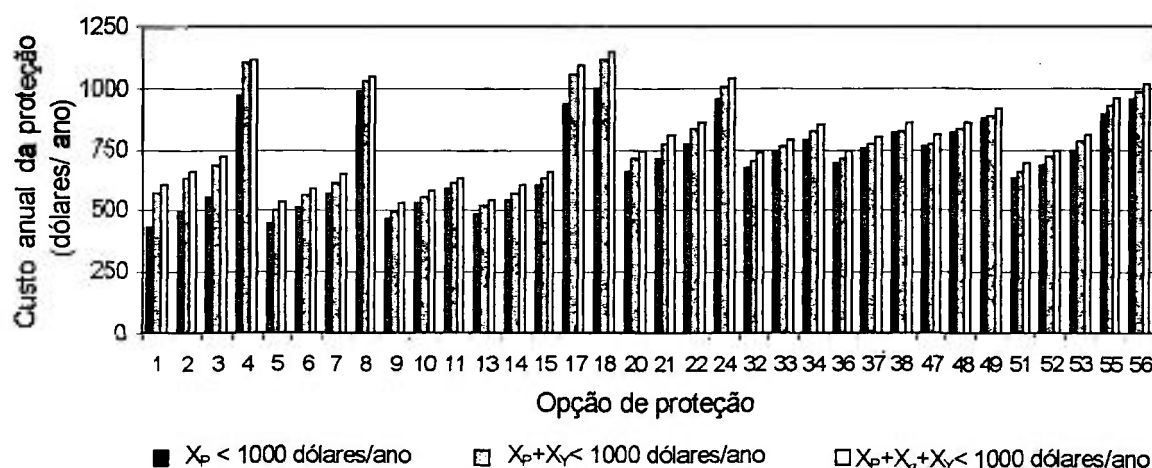


Figura 5.39 - Custo da barreira de proteção " X_p " das opções na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

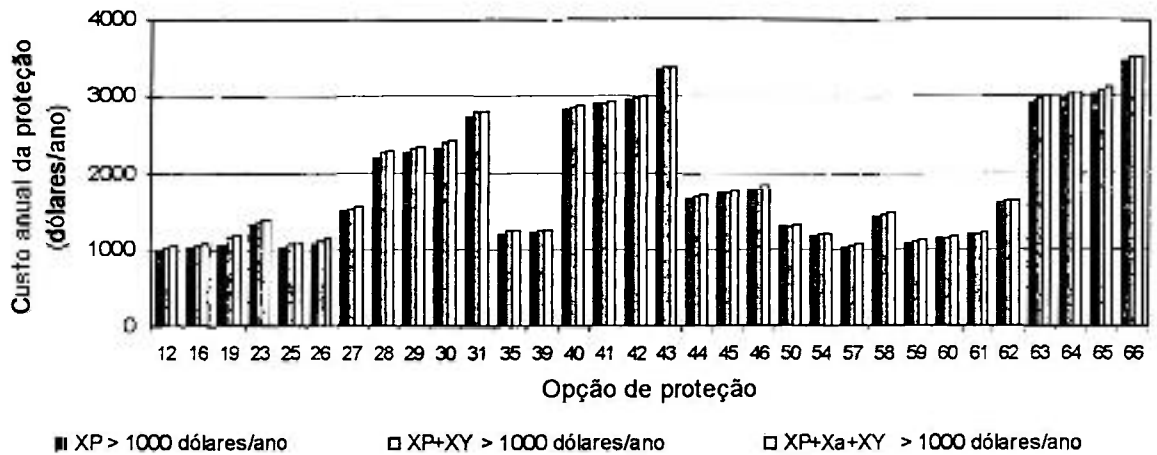


Figura 5.40 - Custo da barreira de proteção " X_p " das opções na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

Por outro lado, quando a técnica de análise de prioridades com atributos múltiplos é empregada, observa-se que, dentre as 66 opções estudadas, apenas 13 foram consideradas para escolha da SAO (Tabela 6.26, Apêndice 6); mas, qual delas é a melhor solução? Para responder a essa pergunta, foram feitas várias análises.

Na primeira análise, foi efetuada a confrontação de cada uma das opções de proteção frente às prioridades e às preferências máximas dos atributos (Tabela 6.28, Apêndice 6). Nessa análise, verificou-se inicialmente que, quando a prioridade é pela opção que detém a maior preferência do atributo "dose equivalente individual anual "h" (Figura 5.41), apenas a opção 50 foi a preferida (a melhor SAO). Entretanto, quando a prioridade é pela opção que detém a maior preferência do atributo dose coletiva " S_c " (Figura 5.42), a preferência continua sendo a opção 50. Por outro lado, se a prioridade é pela opção que tem a preferência máxima dos atributos custos de proteção " X_p , X_p+X_Y e $X_p+X_Y+X_a$ ", observa-se (Figura 5.43) que as opções preferidas são a 9 e 13. Se a prioridade é pela opção cuja preferência máxima é pelo atributo área de isolamento " a ", verifica-se (Figura 5.44) que a opção 12 tem a preferência.

Nessa primeira análise, constata-se que, das 13 opções consideradas como SAO, apenas 4 se destacaram entre as demais, isto é, as opções 9, 12, 13 e 50.



Figura 5.41 – Preferência relativa do atributo “dose equivalente individual anual “h”, em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

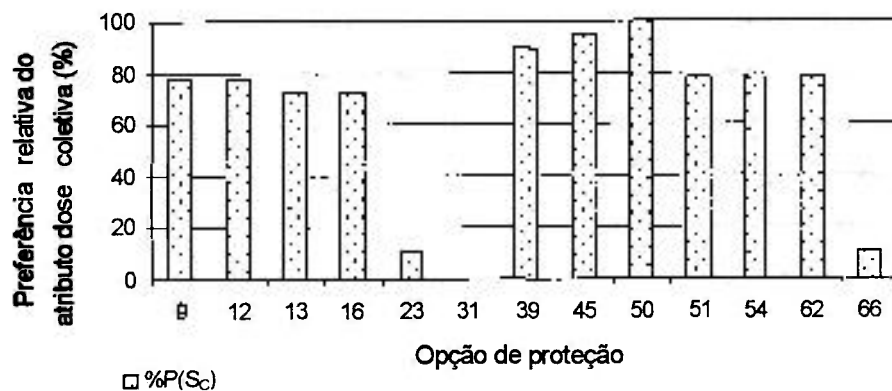


Figura 5.42 – Preferência relativa do atributo “dose coletiva anual “Sc”, em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

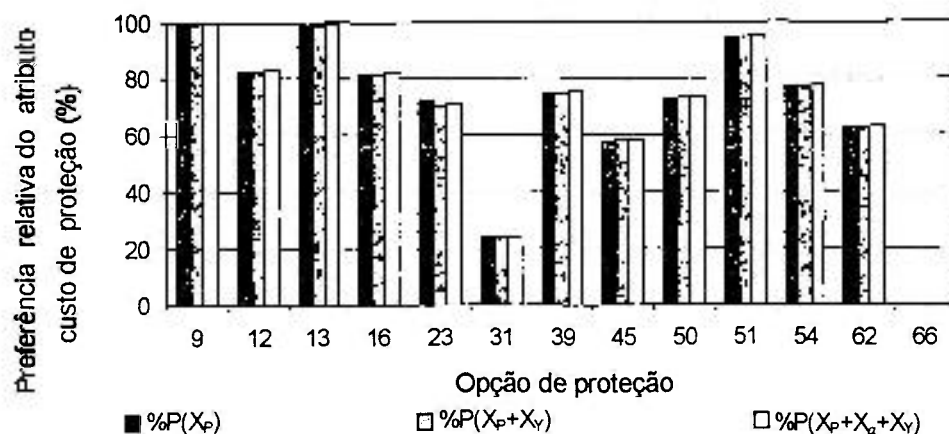


Figura 5.43 - Preferência relativa dos atributos custos de proteção “Xp, Xp+Xy e Xp+Xy+Xa”, em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

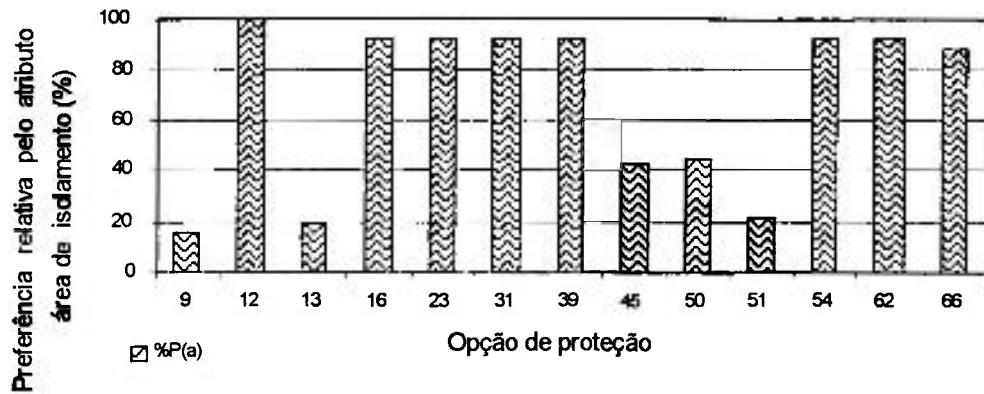


Figura 5.44 – Preferência relativa do atributo área de isolamento "a", em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

Na segunda análise, verifica-se que, quando a prioridade é pela opção que detém a maior soma das preferências dos atributos custo de proteção " X_p , X_p+X_y , $X_p+X_y+X_a$ " e dose equivalente individual anual "h" (Figura 5.45), verifica-se que a opção preferida é a 9. Porém, quando a prioridade é pela opção que detém a maior soma das preferências dos atributos custos de proteção " X_p , X_p+X_y , " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual "h" e dose coletiva anual " S_c " (Figura 5.46), observa-se que a opção 50 é a preferida.

Agora, se os quatro atributos são envolvidos simultaneamente, ou seja, a prioridade for pela opção que apresenta a maior soma das preferências dos atributos custo de proteção " X_p , X_p+X_y e $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual "h", dose coletiva anual " S_c " e área de isolamento "a", verifica-se na Figura 5.47 que a melhor SAO é a opção 12.

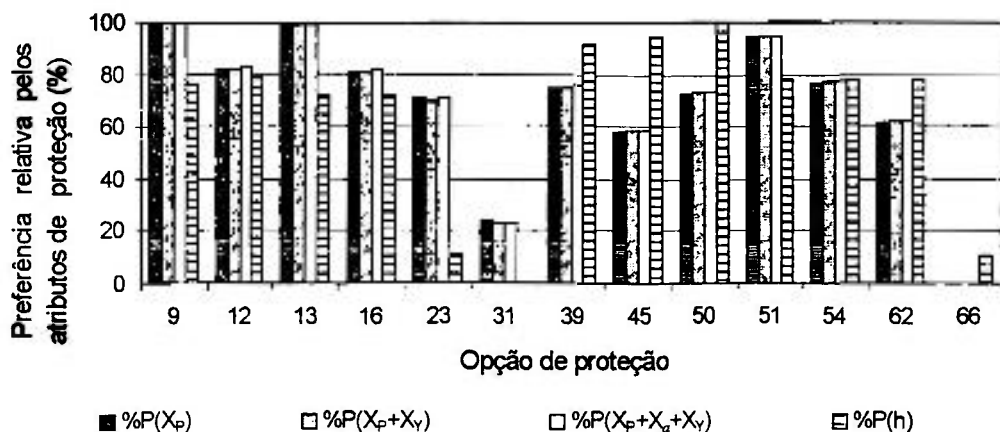


Figura 5.45 – Preferência relativa dos atributos custo de proteção " $X_p+X_y+X_a$ " e dose equivalente individual anual "h" em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

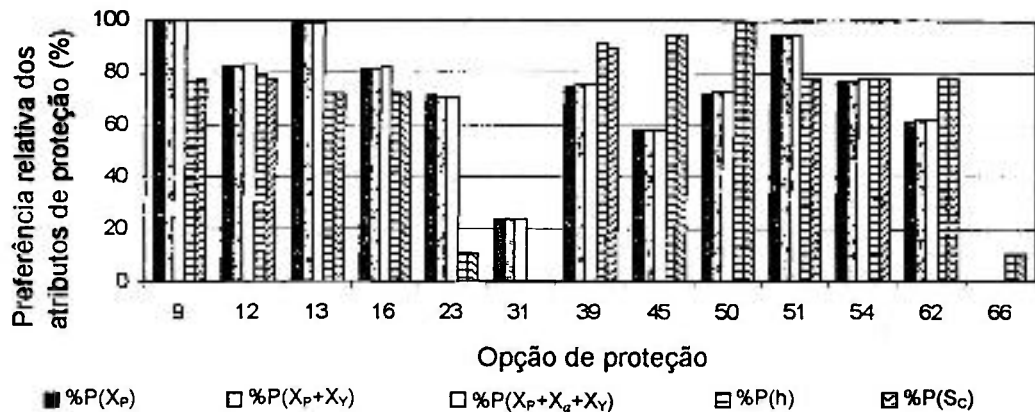


Figura 5.46 - Preferência relativa dos atributos custo de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h " e dose coletiva anual " S_c " em função das opções de proteção otimizadas na instalação fechada com teto.

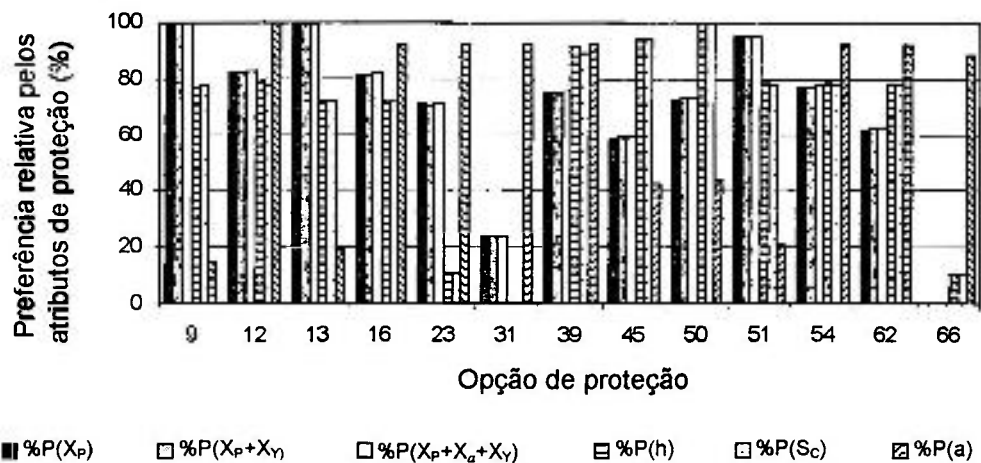


Figura 5.47 - Preferência relativa dos atributos custo de proteção " X_p ", " X_p+X_y ", " $X_p+X_y+X_a$ ", dose equivalente individual anual " h ", dose coletiva anual " S_c " e área de isolamento " a ", em função das opções de proteção na instalação fechada com teto.

Nessa última análise verifica-se que, das quatro opções anteriormente citadas (primeira análise), apenas as opções 9, 12 e 50 aparecem como SAO, porém sem uma definição técnica da SAO. Portanto, uma terceira análise foi realizada considerando a frequência relativa de aparição das opções de proteção consideradas como SAO (Tabela 6.26, Apêndice 6) e as preferências relativas dos atributos de proteção (Tabela 6.28, Apêndice 6), onde foi utilizado o esquema de pontuação. Nesse caso, observa-se na Tabela 6.28 do Apêndice 6 que a opção que obteve o maior escore (soma de pontos) foi a 12.

Observa-se ainda (Tabela 6.28, Apêndice 6), que as soluções analíticas ótimas por intervalos de doses equivalentes individuais anuais são: a

opção 12 nos intervalos 0-5 mSv e 5-15 mSv e a opção 23 entre 15-50 mSv. O fato das opções 12, 51 e 54 aparecerem em mais de um intervalo de dose, foi em razão das mesmas terem sido consideradas como SAO em diferentes cenários estudados e pertencerem a intervalos de dose diferentes.

Assim sendo, conclui-se que, quando é aplicada a filosofia do princípio ALARA, a solução analítica ótima é a opção 12.

Como discutido nas sessões anteriores, pode-se observar (Tabela 4.14, Capítulo 4 e/ou Tabelas 6.1 a 6.6, Apêndice 6) que para adequar uma instalação em funcionamento, em termos de redução de dose para trabalhadores, pode-se utilizar o sistema de cascata semelhante ao utilizado para instalações anteriores, ou seja:

- passar da opção 31 → opção 23 → opção 39 (Tabela 4.14, Capítulo 4), por exemplo ou
- passar da opção 31 → opção 13 (Tabela 4.14, Capítulo 4) ou
- passar direto da opção 54 → opção 62 (Tabela 4.14, Capítulo 4) ou
- passar da opção 1 → opção 13 (Tabela 6.2, Apêndice 6) ou
- **passar direto da opção 55 → opção 59 (Tabela 6.1, Apêndice 6) etc.**

Considerando o sistema com várias opções acima descrito, escolhendo o quinto caminho (**passar direto da opção 55 → opção 59**), por exemplo, e usando o valor do coeficiente monetário do detrimento biológico igual a 10.000 dólares.(pessoa-sievert)⁻¹, têm-se:

Quando se passa da opção 55 (tendo como barreira de proteção a cerâmica e barita com espessura de 60 cm e 10 cm, respectivamente) para a opção 59 (que utiliza os mesmos materiais, diferindo apenas na espessura da barita, que é de 15 cm- Tabela 3.12, Capítulo 3.), verifica-se (Tabela 6.7, Apêndice 6) que o custo total anual de proteção da opção 55 é de 1.047 dólares e o da opção 59 é de 1.158 dólares. Admitindo-se que a instalação já existe, um aumento no custo anual de proteção de 61 dólares implica uma redução na dose equivalente individual anual do operador de 7 mSv, passando de 9 mSv para 2 mSv e, conseqüentemente, uma redução na dose equivalente individual anual média dos trabalhadores e na dose coletiva anual. Dessa forma, temos uma solução técnica, simples, rápida, econômica.

6 – CONCLUSÃO

- 1- O limite de dose equivalente individual anual, para trabalhadores na área da radiografia industrial (gamagrafia), pode ser facilmente reduzido ao limite de dose otimizado de 5mSv, utilizando como premissa os resultados do presente trabalho, e o seguinte caminho:
 - a) Escolher o cenário de irradiação de acordo com as características da instalação;
 - b) Escolher uma das opções de proteção, a qual será a solução analítica ótima do cenário definido com base em sua melhor adaptação ao tipo e características da instalação;
 - c) Admitir unicamente trabalhadores capacitados a exercer a função de acordo com a norma^(2, 3);
 - d) Manter todos os trabalhadores sempre informados e conscientes dos riscos e benefícios da radiação ionizante, mostrando a necessidade da redução de dose.

- 2- Para alcançar o limite de dose anual otimizado inferior a 5 mSv, nas instalações de gamagrafia, devem ser utilizadas opções de proteção com características iguais ou semelhantes às daquelas das opções otimizadas.

- 3- A utilização do limite de dose equivalente individual anual otimizado independe do valor do coeficiente monetário do dano biológico empregado e dos juros anuais aplicados ao custo de proteção;

- 4- O desempenho das opções de proteção otimizadas, em termos das doses equivalentes individuais e coletivas, não é alterado quando:
 - a) São utilizados diferentes valores do coeficiente monetário do dano;
 - b) São aplicados juros anuais ao custo de proteção.

- 5- O desempenho das opções de proteção é alterado quando são atribuídas diferentes importâncias aos atributos custo de proteção, dose equivalente individual anual, dose coletiva anual e área de isolamento, isolado ou simultaneamente.

- 6- Em conformidade com as conclusões 1 e 2 considerando os resultados obtidos neste trabalho, é possível estabelecer uma norma que, se obedecida, permitirá a obtenção de doses finais pretendidas inferiores a 5 mSv para trabalhadores e inferiores a 1 mSv para indivíduos do público. Para tal deve ser seguido um caminho específico, sem necessidade de efetuar otimizações sucessivas, fazendo uso das técnicas de ajuda para tomada de decisão e com a vantagem de previsão de gastos a cada passo percorrido do caminho.

7 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- 1 - Encontrar uma função otimizada em função dos parâmetros básicos da radioproteção e do tipo e da espessura de materiais usados em blindagem;
- 2 – Partindo dos roteiros preestabelecidos nos cinco tipos de instalações, tentar montar um sistema de melhoria em cascata que sinalize o caminho mais barato e rápido para se chegar a doses individuais anuais inferiores a 5 mSv;
- 3 – Aperfeiçoar o sistema de cascata de maneira a manter o interessado no mesmo cenário e sem aumento da área de isolamento (usar o princípio de equivalência dos materiais);
- 4 – Estudar a introdução de outras opções, ainda que no momento não sejam usadas na prática, com a finalidade de não haver falta de continuidade na cascata de opções que levam de doses mais elevadas para doses individuais inferiores anuais a 5 mSv;
- 5 – Aperfeiçoar o trabalho citado nos itens 3 e 4 com a finalidade de, na medida do possível, diminuir as áreas de isolamento e evitar substituição de material na barreira de proteção que acarretam o desperdício de materiais e a elevação do custo;
- 6 – Otimizar a cascata de opções eliminando as opções de cabeça (doses individuais mais elevadas) que possuem os caminhos mais longos ou caros, para se chegar às opções que apresentem as doses equivalentes individuais anuais inferiores a 5 mSv. Elaborar um guia de orientação para o interessado, a fim de evitar opções de proteção desaconselhadas.
- 7- Fazer um estudo detalhado e montar um esquema que possibilite, de maneira simples e rápida, elaborar a 1ª minuta para uma futura norma de gamagrafia que garanta a manutenção das operações otimizadas, até se chegar aos níveis de doses equivalentes individuais anuais inferiores a 5 mSv;

APÊNDICE 1

GRANDEZAS E UNIDADES

1 - Exposição

A exposição^(29, 35) é a grandeza física definida como sendo a quantidade total de cargas elétricas " ΔQ " por unidade de massa " Δm ", de todos os íons de um mesmo sinal produzidos no ar, quando todos os elétrons (negativos e positivos) liberados pelos fótons no elemento de volume de ar, cuja massa é Δm , são completamente freados no ar, isto é:

$$X = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \quad (1)$$

A unidade de exposição no sistema internacional, SI, é C/kg. A unidade de exposição tem como símbolo "R" (roentgen), onde 1 C/kg de "ar" corresponde a 3876 R ou $1R = 2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg.

2 - Taxa de exposição

A taxa de exposição^(29, 35, 36), definida como sendo a exposição por unidade de tempo " ΔT ", é expressa pela equação:

$$\dot{X} = \frac{\Delta Q}{\Delta m} \times \frac{1}{\Delta T} \quad (2)$$

ou

$$\dot{X} = \left[S_0 \times \beta(\mu, \epsilon, E, Z_E) \times e^{-\mu \cdot \epsilon} \right] / \kappa \times 4\pi r^2 \quad (3)$$

ou

$$\dot{X} = \Phi \times E \times \kappa \quad (4)$$

onde

\dot{X} - é a taxa de exposição expressa em mRh^{-1} ;

S_0 - é o fluxo pontual de raios gama expresso em fótons/s

κ - é o fator de conversão de densidade de fluxo para taxa de exposição;

r - é a distância medida a partir da fonte ao ponto de interesse expresso em cm;

$\mu.\varepsilon$ - é o comprimento de relaxação;

ε - é espessura do meio atenuante expressa em cm;

Φ - é a densidade de fluxo, que expressa o número de fótons ou partículas por centímetro quadrado por segundo ($\text{fótons.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$);

E - é a energia dos fótons em MeV;

κ - é o fator de conversão de fluxo puntiforme para taxa de exposição;

μ - é o coeficiente de absorção linear de energia para o ar expresso em (cm^{-1});

Z_E - é número atômico efetivo do material;

$\beta(\mu.x, E, Z_{\text{eff}})$ - é a razão entre a densidade de fluxo da radiação real e aquela que seria calculada a partir do fator de atenuação simples envolvendo o comprimento de relaxação, conhecido como Fator de Build up, expresso pela equação Taylor:

$$\beta(\mu.\varepsilon, E, Z_E) = A_1 \times e^{-\alpha_1.\mu.\varepsilon} + A_2 \times e^{-\alpha_2.\mu.\varepsilon} \quad (5)$$

A_1 ; A_2 ; α_1 ; α_2 - são constantes a determinar.

3 - Dose absorvida

A dose absorvida^(29, 35) é definida como sendo a quantidade de energia absorvida "dE", liberada pela radiação ionizante, no elemento de volume dV, por unidade massa desse volume "dm", resultante da interação da radiação. A equação da dose absorvida é:

$$D = \frac{dE}{dm} = \frac{dE}{\rho_m dV} = \rho_m \times \omega \times J \quad (6)$$

onde:

- ρ_m é a razão do poder de freamento mássico do sólido em relação ao gás;
- ω é a energia média dissipada na produção de um par de íons no gás, igual 33,7 eV;
- J é o número de pares íons por unidade de massa do gás. A unidade de dose absorvida no SI é o gray, cujo símbolo é "Gy", onde 1 Gy é igual a 1 J/kg.
- ΔV é o elemento de volume.

4 - Taxa de dose absorvida

A taxa de dose absorvida é definida pela razão da dose absorvida por unidade de tempo, expressa pela equação:

$$\dot{D} = \frac{D}{t} \quad (7)$$

A unidade da taxa de dose absorvida é Gy/h ou J/kg.h

5 - Querma (K)

O Querma^(29, 35) é definido como sendo a soma das energias cinéticas iniciais "dE" de todas partículas carregadas, liberadas pela radiação indiretamente ionizante na matéria, no elemento de volume de massa "dm", por unidade de massa "dm", resultante da transferência da energia dos fótons para as partículas carregadas dos átomos constituintes da matéria durante a interação.

A expressão matemática para o querma é:

$$K = \frac{dE}{dm} = \phi \times \frac{\mu_{tr}}{\rho} \quad (8)$$

onde:

ϕ - é a fluência de energia do feixe de fótons expressa em MeV.cm⁻²,

$\frac{\mu_{tr}}{\rho}$ - é o coeficiente mássico de transferência de energia dos fótons aos elétrons do material, $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$. A unidade do querma no SI é J/kg .

6 - Dose equivalente "H"

A dose equivalente⁽²⁹⁾ "H" é definida como sendo o produto da dose absorvida pelo fator de qualidade expresso pela equação:

$$H = D \times Q \quad (8)$$

onde:

D é a dose absorvida, expressa em Gy;

Q é o fator de qualidade, definido como fator de ponderação, para descrever a relação entre a dose absorvida e o efeito biológico da radiação esperado.

A unidade especial da dose equivalente é o sievert, cujo símbolo é "Sv". No SI a unidade é J/kg , onde $1\text{Sv} = 1\text{J}/\text{kg}$.

7 - Dose equivalente efetiva individual⁽⁴⁾ (Dose efetiva) "H_e"

A dose equivalente efetiva^(4, 24) foi definida para que o risco associado a uma irradiação parcial do corpo ou uma irradiação não uniforme de corpo inteiro possa ser tornado equivalente a uma irradiação uniforme de corpo inteiro, sendo expressa pela equação:

$$H_e = \sum_t w_t \times H_t \quad (9)$$

ou

$$H_e = \sum_t w_R \times H_t \quad (10)$$

onde:

w_t - é um fator que representa a importância do risco no tecido ou órgão "t", devido à irradiação do tecido ou órgão, com relação ao risco total, para efeito estocástico, quando o corpo inteiro é irradiado uniformemente.

H_t - é a dose equivalente no tecido ou órgão "t". A unidade de dose equivalente efetiva no S.I. é a mesma da dose equivalente "H".

8 - Dose coletiva "S"

A dose coletiva é definida, no processo de otimização, como sendo o produto da dose equivalente efetiva média num grupo de pessoas irradiadas pelo número de indivíduos do grupo exposto.

A unidade da dose coletiva é o "sievert-pessoa e é expressa pela equação:

$$S_c = N \times \bar{H}_e \quad (11)$$

onde:

N - é o número de indivíduos do grupo exposto;

\bar{H}_e - é dose equivalente efetiva (dose efetiva) individual anual média do grupo exposto.

APÊNDICE 2

INSTALAÇÃO ABERTA FIXA

Tabela 2.1 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Cenário I | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* (mSv) | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv-pessoa) | | | |
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | 2,20 | 2,25 | 2,31 | 2,58 | 11,80 | 11,81 | 11,83 | 11,90 | 1,30 | 1,31 | 1,33 | 1,40 | 47,20 | 47,25 | 47,31 | 47,58 |
| 4 | 2,20 | 2,25 | 2,31 | 2,58 | 11,80 | 11,81 | 11,83 | 11,90 | 1,30 | 1,31 | 1,33 | 1,40 | 47,20 | 47,25 | 47,31 | 47,58 |
| 5 | 18,17 | 18,78 | 19,01 | 19,54 | 15,79 | 15,95 | 16,00 | 16,14 | 5,29 | 5,45 | 5,50 | 5,64 | 63,17 | 63,78 | 64,01 | 64,54 |
| 8 | 19,09 | 19,59 | 19,83 | 22,37 | 16,02 | 16,15 | 16,21 | 16,84 | 5,52 | 5,65 | 5,71 | 6,34 | 64,09 | 64,59 | 64,83 | 67,37 |
| 19 | 9,29 | 9,55 | 9,75 | 10,97 | 13,57 | 13,64 | 13,69 | 13,99 | 3,07 | 3,14 | 3,19 | 3,49 | 54,29 | 54,55 | 54,75 | 55,97 |
| 13 | 6,01 | 6,18 | 6,25 | 7,05 | 12,75 | 12,80 | 12,81 | 13,01 | 2,25 | 2,30 | 2,31 | 2,51 | 51,01 | 51,18 | 51,25 | 52,05 |
| 25 | 3,24 | 3,36 | 3,37 | 3,81 | 12,06 | 12,09 | 12,09 | 12,20 | 1,56 | 1,59 | 1,59 | 1,70 | 48,24 | 48,36 | 48,37 | 48,81 |
| 26 | 22,98 | 23,53 | 24,03 | 25,56 | 17,00 | 17,13 | 17,26 | 17,64 | 6,50 | 6,63 | 6,76 | 7,14 | 67,98 | 68,53 | 69,03 | 70,56 |
| 27 | 11,13 | 11,54 | 11,68 | 13,18 | 14,03 | 14,14 | 14,17 | 14,55 | 3,53 | 3,64 | 3,67 | 4,05 | 56,13 | 56,54 | 56,68 | 58,18 |
| 30 | 14,41 | 14,78 | 14,93 | 16,89 | 14,85 | 14,95 | 14,98 | 15,47 | 4,35 | 4,45 | 4,48 | 4,97 | 59,41 | 59,78 | 59,93 | 61,89 |
| 32 | 2,20 | 2,25 | 2,31 | 2,58 | 11,80 | 11,81 | 11,83 | 11,90 | 1,30 | 1,31 | 1,33 | 1,40 | 47,20 | 47,25 | 47,31 | 47,58 |
| 33 | 6,37 | 6,56 | 6,65 | 7,50 | 12,84 | 12,89 | 12,91 | 13,13 | 2,34 | 2,39 | 2,41 | 2,63 | 51,37 | 51,56 | 51,65 | 52,50 |
| 35 | 29,97 | 30,91 | 31,05 | 33,29 | 18,74 | 18,98 | 19,01 | 19,57 | 8,24 | 8,48 | 8,51 | 9,07 | 74,97 | 75,91 | 76,05 | 78,29 |
| 37 | 18,17 | 18,78 | 19,01 | 19,54 | 15,79 | 15,95 | 16,00 | 16,14 | 5,29 | 5,45 | 5,50 | 5,64 | 63,17 | 63,78 | 64,01 | 64,54 |

Tabela 2.2 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Cenário II | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* (mSv) | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv-pessoa) | | | |
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | 1,32 | 1,35 | 1,49 | 1,94 | 11,58 | 11,59 | 11,62 | 11,74 | 1,08 | 1,09 | 1,12 | 1,24 | 46,32 | 46,35 | 46,49 | 46,94 |
| 4 | 1,32 | 1,35 | 1,49 | 1,94 | 11,58 | 11,59 | 11,62 | 11,74 | 1,08 | 1,09 | 1,12 | 1,24 | 46,32 | 46,35 | 46,49 | 46,94 |
| 14 | 23,75 | 24,58 | 25,22 | 25,63 | 17,19 | 17,40 | 17,56 | 17,66 | 6,69 | 6,90 | 7,06 | 7,16 | 68,75 | 69,58 | 70,22 | 70,63 |
| 16 | 20,83 | 21,49 | 21,98 | 23,73 | 16,46 | 16,62 | 16,75 | 17,18 | 5,96 | 6,12 | 6,25 | 6,68 | 65,83 | 66,49 | 66,98 | 68,73 |
| 18 | 18,04 | 18,51 | 18,96 | 20,02 | 15,76 | 15,88 | 15,99 | 16,26 | 5,26 | 5,38 | 5,49 | 5,76 | 63,04 | 63,51 | 63,96 | 65,02 |
| 20 | 33,62 | 34,05 | 33,76 | 36,69 | 19,66 | 19,76 | 19,69 | 20,42 | 9,16 | 9,26 | 9,19 | 9,92 | 78,62 | 79,05 | 78,76 | 81,69 |
| 22 | 7,91 | 8,56 | 8,91 | 10,60 | 13,23 | 13,39 | 13,48 | 13,90 | 2,73 | 2,89 | 2,98 | 3,40 | 52,91 | 53,56 | 53,91 | 55,60 |
| 23 | 12,97 | 13,23 | 13,37 | 14,58 | 14,49 | 14,56 | 14,59 | 14,90 | 3,99 | 4,06 | 4,09 | 4,40 | 57,97 | 58,23 | 58,37 | 59,58 |
| 24 | 25,11 | 32,18 | 36,36 | 36,47 | 17,53 | 19,30 | 20,34 | 20,37 | 7,03 | 8,80 | 9,84 | 9,87 | 70,11 | 77,18 | 81,36 | 81,47 |
| 29 | 22,55 | 23,18 | 23,66 | 25,72 | 16,89 | 17,05 | 17,17 | 17,68 | 6,39 | 6,55 | 6,67 | 7,18 | 67,55 | 68,18 | 68,66 | 70,72 |
| 32 | 1,32 | 1,35 | 1,49 | 1,94 | 11,58 | 11,59 | 11,62 | 11,74 | 1,08 | 1,09 | 1,12 | 1,24 | 46,32 | 46,35 | 46,49 | 46,94 |
| 34 | 18,62 | 19,18 | 19,60 | 20,82 | 15,91 | 16,05 | 16,15 | 16,46 | 5,41 | 5,55 | 5,65 | 5,96 | 63,62 | 64,18 | 64,60 | 65,82 |
| 35 | 22,62 | 23,26 | 23,78 | 25,81 | 16,91 | 17,07 | 17,20 | 17,70 | 6,41 | 6,57 | 6,70 | 7,20 | 67,62 | 68,26 | 68,78 | 70,81 |
| 36 | 12,94 | 13,11 | 13,27 | 14,50 | 14,49 | 14,53 | 14,57 | 14,88 | 3,99 | 4,03 | 4,07 | 4,38 | 57,94 | 58,11 | 58,27 | 59,50 |
| 37 | 16,60 | 16,90 | 17,20 | 17,70 | 15,40 | 15,48 | 15,55 | 15,68 | 4,90 | 4,98 | 5,05 | 5,18 | 61,60 | 61,90 | 62,20 | 62,70 |

h_{OP} - Dose equivalente individual anual do operador; h^* - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área supervisionada " $h^*=(h_{OP}+3 \times h^*_{3/10})/4$ "; h^*_1 - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área livre; S_C - Dose coletiva dos trabalhadores " $S_C=N \times (h_{OP}+3 \times 15)/4$ "; P_1 , P_2 , P_3 e P_4 - Distâncias fonte-operador iguais a 8,1- 8,8- 10,8 e 18 m, respectivamente.

Tabela 2.3 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv- | | | |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | 1,13 | 1,14 | 1,16 | 1,19 | 11,53 | 11,54 | 11,54 | 11,55 | 1,03 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 46,13 | 46,14 | 46,16 | 46,19 |
| 4 | 1,13 | 1,14 | 1,16 | 1,19 | 11,53 | 11,54 | 11,54 | 11,55 | 1,03 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 46,13 | 46,14 | 46,16 | 46,19 |
| 11 | 16,02 | 16,23 | 16,43 | 16,87 | 15,26 | 15,31 | 15,36 | 15,47 | 4,76 | 4,81 | 4,86 | 4,97 | 61,02 | 61,23 | 61,43 | 61,87 |
| 14 | 17,74 | 18,09 | 18,45 | 19,54 | 15,69 | 15,77 | 15,86 | 16,14 | 5,19 | 5,27 | 5,36 | 5,64 | 62,74 | 63,09 | 63,45 | 64,54 |
| 15 | 30,65 | 30,71 | 33,28 | 36,54 | 18,91 | 18,93 | 19,57 | 20,39 | 8,41 | 8,43 | 9,07 | 9,89 | 75,65 | 75,71 | 78,28 | 81,54 |
| 16 | 9,82 | 9,92 | 10,00 | 10,54 | 13,71 | 13,73 | 13,75 | 13,89 | 3,21 | 3,23 | 3,25 | 3,39 | 54,82 | 54,92 | 55,00 | 55,54 |
| 18 | 15,80 | 15,99 | 16,15 | 16,47 | 15,20 | 15,25 | 15,29 | 15,37 | 4,70 | 4,75 | 4,79 | 4,87 | 60,80 | 60,99 | 61,15 | 61,47 |
| 20 | 20,50 | 20,91 | 21,22 | 22,90 | 16,38 | 16,48 | 16,56 | 16,98 | 5,88 | 5,98 | 6,06 | 6,48 | 65,50 | 65,91 | 66,22 | 67,90 |
| 22 | 4,83 | 4,88 | 4,92 | 5,19 | 12,46 | 12,47 | 12,48 | 12,55 | 1,96 | 1,97 | 1,98 | 2,05 | 49,83 | 49,88 | 49,92 | 50,19 |
| 23 | 9,51 | 9,60 | 9,67 | 10,20 | 13,63 | 13,65 | 13,67 | 13,80 | 3,13 | 3,15 | 3,17 | 3,30 | 54,51 | 54,60 | 54,67 | 55,20 |
| 28 | 33,68 | 33,94 | 34,55 | 35,00 | 19,67 | 19,74 | 19,89 | 20,00 | 9,17 | 9,24 | 9,39 | 9,50 | 78,68 | 78,94 | 78,55 | 80,00 |
| 29 | 17,16 | 17,47 | 17,78 | 18,67 | 15,54 | 15,62 | 15,70 | 15,92 | 5,04 | 5,12 | 5,20 | 5,42 | 62,16 | 62,47 | 62,78 | 63,67 |
| 31 | 24,01 | 24,34 | 24,45 | 26,57 | 17,25 | 17,34 | 17,36 | 17,89 | 6,75 | 6,84 | 6,86 | 7,39 | 69,01 | 69,34 | 69,45 | 71,57 |
| 32 | 1,13 | 1,14 | 1,16 | 1,19 | 11,53 | 11,54 | 11,54 | 11,55 | 1,03 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 46,13 | 46,14 | 46,16 | 46,19 |
| 34 | 15,98 | 16,18 | 16,38 | 16,79 | 15,25 | 15,30 | 15,35 | 15,45 | 4,75 | 4,80 | 4,85 | 4,95 | 60,98 | 61,18 | 61,38 | 61,79 |
| 35 | 17,18 | 17,49 | 17,80 | 18,71 | 15,55 | 15,62 | 15,70 | 15,93 | 5,05 | 5,12 | 5,20 | 5,43 | 62,18 | 62,49 | 62,80 | 63,71 |
| 36 | 9,19 | 9,28 | 9,35 | 9,84 | 13,55 | 13,57 | 13,59 | 13,71 | 3,05 | 3,07 | 3,09 | 3,21 | 54,19 | 54,28 | 54,35 | 54,84 |
| 37 | 13,25 | 13,38 | 13,47 | 14,20 | 14,56 | 14,60 | 14,62 | 14,80 | 4,06 | 4,10 | 4,12 | 4,30 | 58,25 | 58,38 | 58,47 | 59,20 |
| 38 | 4,36 | 4,41 | 4,43 | 4,67 | 12,34 | 12,35 | 12,36 | 12,42 | 1,84 | 1,85 | 1,86 | 1,92 | 49,36 | 49,41 | 49,43 | 49,67 |

Tabela 2.4 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Cenário IV | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* (mSv) | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv-pessoa) | | | |
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,14 | 11,52 | 11,53 | 11,53 | 11,54 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 46,09 | 46,10 | 46,11 | 46,14 |
| 4 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,14 | 11,52 | 11,53 | 11,53 | 11,54 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 46,09 | 46,10 | 46,11 | 46,14 |
| 10 | 34,69 | 36,19 | 36,86 | 37,58 | 19,92 | 20,30 | 20,47 | 20,65 | 9,42 | 9,80 | 9,97 | 10,15 | 79,69 | 81,19 | 81,86 | 82,58 |
| 11 | 15,69 | 15,82 | 15,95 | 16,25 | 15,17 | 15,21 | 15,24 | 15,31 | 4,67 | 4,71 | 4,74 | 4,81 | 60,69 | 60,82 | 60,95 | 61,25 |
| 14 | 16,73 | 16,94 | 17,16 | 17,87 | 15,43 | 15,49 | 15,54 | 15,72 | 4,93 | 4,99 | 5,04 | 5,22 | 61,73 | 61,94 | 62,16 | 62,87 |
| 15 | 24,21 | 24,46 | 24,51 | 25,86 | 17,30 | 17,37 | 17,38 | 17,72 | 6,80 | 6,87 | 6,88 | 7,22 | 69,21 | 69,46 | 69,51 | 70,86 |
| 16 | 2,58 | 2,66 | 2,77 | 2,83 | 11,90 | 11,92 | 11,94 | 11,96 | 1,40 | 1,42 | 1,44 | 1,46 | 47,58 | 47,66 | 47,77 | 47,83 |
| 18 | 15,56 | 15,67 | 15,78 | 16,00 | 15,14 | 15,17 | 15,20 | 15,25 | 4,64 | 4,67 | 4,70 | 4,75 | 60,56 | 60,67 | 60,78 | 61,00 |
| 20 | 18,40 | 18,63 | 18,84 | 19,93 | 15,85 | 15,91 | 15,96 | 16,23 | 5,35 | 5,41 | 5,46 | 5,73 | 63,40 | 63,63 | 63,84 | 64,93 |
| 22 | 1,71 | 1,73 | 1,71 | 1,77 | 11,68 | 11,68 | 11,68 | 11,69 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,19 | 46,71 | 46,73 | 46,71 | 46,77 |
| 23 | 9,83 | 9,88 | 9,92 | 10,24 | 13,71 | 13,72 | 13,73 | 13,81 | 3,21 | 3,22 | 3,23 | 3,31 | 54,83 | 54,88 | 54,92 | 55,24 |
| 28 | 25,57 | 26,08 | 26,14 | 27,25 | 17,64 | 17,77 | 17,79 | 18,06 | 7,14 | 7,27 | 7,29 | 7,56 | 70,57 | 71,08 | 71,14 | 72,25 |
| 29 | 16,38 | 16,56 | 16,76 | 17,35 | 15,35 | 15,39 | 15,44 | 15,59 | 4,85 | 4,89 | 4,94 | 5,09 | 61,38 | 61,56 | 61,76 | 62,35 |
| 31 | 20,52 | 20,72 | 20,80 | 22,40 | 16,38 | 16,43 | 16,45 | 16,85 | 5,88 | 5,93 | 5,95 | 6,35 | 65,52 | 65,72 | 65,80 | 67,40 |
| 32 | 1,09 | 1,10 | 1,11 | 1,14 | 11,52 | 11,53 | 11,53 | 11,54 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 46,09 | 46,10 | 46,11 | 46,14 |
| 34 | 15,66 | 15,79 | 15,92 | 16,20 | 15,17 | 15,20 | 15,23 | 15,30 | 4,67 | 4,70 | 4,73 | 4,80 | 60,66 | 60,79 | 60,92 | 61,20 |
| 35 | 16,38 | 16,67 | 17,02 | 17,58 | 15,35 | 15,42 | 15,51 | 15,65 | 4,85 | 4,92 | 5,01 | 5,15 | 61,38 | 61,67 | 62,02 | 62,58 |
| 36 | 9,30 | 9,35 | 9,40 | 9,71 | 13,58 | 13,59 | 13,60 | 13,68 | 3,08 | 3,09 | 3,10 | 3,18 | 54,30 | 54,35 | 54,40 | 54,71 |
| 37 | 13,55 | 13,63 | 13,69 | 14,14 | 14,64 | 14,66 | 14,67 | 14,79 | 4,14 | 4,16 | 4,17 | 4,29 | 58,55 | 58,63 | 58,69 | 59,14 |
| 38 | 4,51 | 4,54 | 4,56 | 4,70 | 12,38 | 12,39 | 12,39 | 12,43 | 1,88 | 1,89 | 1,89 | 1,93 | 49,51 | 49,54 | 49,56 | 49,70 |

h_{OP} - Dose equivalente individual anual do operador; h^* - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área supervisionada " $h^*=(h_{OP}+3 \times h^*_{3/10})/4$ "; h^*_1 - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área livre; S_C - Dose coletiva dos trabalhadores " $S_C=N \times (h_{OP}+3 \times 15)/4$ "; P_1 , P_2 , P_3 e P_4 - Distâncias fonte-operador iguais a 8,1- 8,8- 10,8 e 18 m, respectivamente.

Tabela 2.5 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Cenário V | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* (mSv) | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv-pessoa) | | | |
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 11,51 | 11,51 | 11,51 | 11,52 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 46,04 | 46,04 | 46,05 | 46,07 |
| 4 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 11,51 | 11,51 | 11,51 | 11,52 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 46,04 | 46,04 | 46,05 | 46,07 |
| 10 | 31,99 | 32,35 | 33,24 | 35,79 | 19,25 | 19,39 | 19,56 | 20,20 | 8,75 | 8,89 | 9,06 | 9,70 | 76,99 | 77,55 | 78,24 | 80,79 |
| 11 | 15,27 | 15,37 | 15,47 | 15,72 | 15,07 | 15,09 | 15,12 | 15,18 | 4,57 | 4,59 | 4,62 | 4,68 | 60,27 | 60,37 | 60,47 | 60,72 |
| 14 | 16,09 | 16,23 | 16,40 | 16,95 | 15,27 | 15,31 | 15,35 | 15,49 | 4,77 | 4,81 | 4,85 | 4,99 | 61,09 | 61,23 | 61,40 | 61,95 |
| 15 | 21,74 | 21,89 | 22,00 | 23,02 | 16,69 | 16,72 | 16,75 | 17,01 | 6,19 | 6,22 | 6,25 | 6,51 | 66,74 | 66,89 | 67,00 | 68,02 |
| 16 | 10,16 | 10,20 | 10,24 | 10,49 | 13,79 | 13,80 | 13,81 | 13,87 | 3,29 | 3,30 | 3,31 | 3,37 | 55,16 | 55,20 | 55,24 | 55,49 |
| 18 | 15,17 | 15,26 | 15,35 | 15,55 | 15,04 | 15,07 | 15,09 | 15,14 | 4,54 | 4,57 | 4,59 | 4,64 | 60,17 | 60,26 | 60,35 | 60,55 |
| 20 | 17,12 | 17,29 | 17,33 | 18,38 | 15,53 | 15,57 | 15,58 | 15,85 | 5,03 | 5,07 | 5,08 | 5,35 | 62,12 | 62,29 | 62,33 | 63,38 |
| 21 | 34,30 | 35,10 | 37,00 | 38,18 | 19,83 | 20,03 | 20,50 | 20,80 | 9,33 | 9,53 | 10,00 | 10,30 | 79,30 | 80,10 | 82,00 | 83,18 |
| 22 | 5,28 | 5,30 | 5,32 | 5,44 | 12,57 | 12,58 | 12,58 | 12,61 | 2,07 | 2,08 | 2,08 | 2,11 | 50,28 | 50,30 | 50,32 | 50,44 |
| 23 | 10,15 | 10,19 | 10,22 | 10,47 | 13,79 | 13,80 | 13,81 | 13,87 | 3,29 | 3,30 | 3,31 | 3,37 | 55,15 | 55,19 | 55,22 | 55,47 |
| 24 | 17,75 | 17,91 | 18,04 | 18,92 | 15,69 | 15,73 | 15,76 | 15,98 | 5,19 | 5,23 | 5,26 | 5,48 | 62,75 | 62,91 | 63,04 | 63,92 |
| 28 | 22,78 | 23,20 | 23,27 | 24,07 | 16,95 | 17,05 | 17,07 | 17,27 | 6,45 | 6,55 | 6,57 | 6,77 | 67,78 | 68,20 | 68,27 | 69,07 |
| 29 | 15,81 | 15,95 | 16,09 | 16,56 | 15,20 | 15,24 | 15,27 | 15,39 | 4,70 | 4,74 | 4,77 | 4,89 | 60,81 | 60,95 | 61,09 | 61,56 |
| 31 | 19,00 | 19,13 | 19,16 | 20,20 | 16,00 | 16,03 | 16,04 | 16,30 | 5,50 | 5,53 | 5,54 | 5,80 | 64,00 | 64,13 | 64,16 | 65,20 |
| 32 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,07 | 11,51 | 11,51 | 11,51 | 11,52 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 46,04 | 46,04 | 46,05 | 46,07 |
| 34 | 15,26 | 15,35 | 15,45 | 15,69 | 15,07 | 15,09 | 15,11 | 15,17 | 4,57 | 4,59 | 4,61 | 4,67 | 60,26 | 60,35 | 60,45 | 60,69 |
| 35 | 15,81 | 15,95 | 16,10 | 16,58 | 15,20 | 15,24 | 15,28 | 15,40 | 4,70 | 4,74 | 4,78 | 4,90 | 60,81 | 60,95 | 61,10 | 61,58 |
| 36 | 9,74 | 9,78 | 9,81 | 10,04 | 13,69 | 13,70 | 13,70 | 13,76 | 3,19 | 3,20 | 3,20 | 3,26 | 54,74 | 54,78 | 54,81 | 55,04 |

Tabela 2.6 – Dose calculada a diferentes distâncias fonte trabalhadores, na instalação aberta fixa.

| Cenário VI | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| Opção | h_{OP} (mSv) | | | | h^* (mSv) | | | | h^*_1 (mSv) | | | | S_C (mSv-pessoa) | | | |
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 0 | 24,62 | 24,63 | 26,09 | 26,80 | 17,41 | 17,41 | 17,77 | 17,95 | 6,91 | 6,91 | 7,27 | 7,45 | 69,62 | 69,63 | 71,09 | 71,80 |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,01 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 46,00 | 46,00 | 46,00 | 46,01 |
| 4 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,01 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 46,00 | 46,00 | 46,00 | 46,01 |
| 6 | 23,23 | 23,84 | 24,24 | 24,67 | 17,06 | 17,21 | 17,31 | 17,42 | 6,56 | 6,71 | 6,81 | 6,92 | 68,23 | 68,84 | 69,24 | 69,67 |
| 9 | 15,05 | 15,12 | 15,19 | 15,37 | 15,01 | 15,03 | 15,05 | 15,09 | 4,51 | 4,53 | 4,55 | 4,59 | 60,05 | 60,12 | 60,19 | 60,37 |
| 10 | 20,73 | 21,25 | 21,44 | 21,48 | 16,43 | 16,56 | 16,61 | 16,62 | 5,93 | 6,06 | 6,11 | 6,12 | 65,73 | 66,25 | 66,44 | 66,48 |
| 11 | 14,87 | 14,92 | 14,96 | 15,05 | 14,97 | 14,98 | 14,99 | 15,01 | 4,47 | 4,48 | 4,49 | 4,51 | 59,87 | 59,92 | 59,96 | 60,05 |
| 12 | 15,55 | 15,63 | 15,73 | 16,10 | 15,14 | 15,16 | 15,18 | 15,28 | 4,64 | 4,66 | 4,68 | 4,78 | 60,55 | 60,63 | 60,73 | 61,10 |
| 14 | 15,19 | 15,26 | 15,35 | 15,61 | 15,05 | 15,07 | 15,09 | 15,15 | 4,55 | 4,57 | 4,59 | 4,65 | 60,19 | 60,26 | 60,35 | 60,61 |
| 15 | 17,42 | 17,45 | 17,47 | 18,11 | 15,61 | 15,61 | 15,62 | 15,78 | 5,11 | 5,11 | 5,12 | 5,28 | 62,42 | 62,45 | 62,47 | 63,11 |
| 16 | 9,80 | 9,86 | 9,97 | 10,04 | 13,70 | 13,72 | 13,74 | 13,76 | 3,20 | 3,22 | 3,24 | 3,26 | 54,80 | 54,86 | 54,97 | 55,04 |
| 18 | 14,84 | 14,87 | 14,91 | 15,11 | 14,96 | 14,97 | 14,98 | 15,03 | 4,46 | 4,47 | 4,48 | 4,53 | 59,84 | 59,87 | 59,91 | 60,11 |
| 20 | 15,61 | 15,70 | 15,80 | 16,20 | 15,15 | 15,18 | 15,20 | 15,30 | 4,65 | 4,68 | 4,70 | 4,80 | 60,61 | 60,70 | 60,80 | 61,20 |
| 21 | 22,79 | 23,43 | 23,71 | 24,09 | 16,95 | 17,11 | 17,18 | 17,27 | 6,45 | 6,61 | 6,68 | 6,77 | 67,79 | 68,43 | 68,71 | 69,09 |
| 24 | 15,85 | 15,93 | 16,02 | 16,43 | 15,21 | 15,23 | 15,26 | 15,36 | 4,71 | 4,73 | 4,76 | 4,86 | 60,85 | 60,93 | 61,02 | 61,43 |
| 28 | 17,82 | 17,92 | 17,99 | 18,80 | 15,71 | 15,73 | 15,75 | 15,95 | 5,21 | 5,23 | 5,25 | 5,45 | 62,82 | 62,92 | 62,99 | 63,80 |
| 29 | 15,08 | 15,15 | 15,21 | 15,42 | 15,02 | 15,04 | 15,05 | 15,11 | 4,52 | 4,54 | 4,55 | 4,61 | 60,08 | 60,15 | 60,21 | 60,42 |
| 31 | 16,26 | 16,34 | 16,39 | 16,92 | 15,32 | 15,34 | 15,35 | 15,48 | 4,82 | 4,84 | 4,85 | 4,98 | 61,26 | 61,34 | 61,39 | 61,92 |
| 32 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,01 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 11,50 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 46,00 | 46,00 | 46,00 | 46,01 |
| 34 | 14,87 | 14,91 | 14,95 | 15,03 | 14,97 | 14,98 | 14,99 | 15,01 | 4,47 | 4,48 | 4,49 | 4,51 | 59,87 | 59,91 | 59,95 | 60,03 |
| 35 | 15,08 | 15,15 | 15,23 | 15,42 | 15,02 | 15,04 | 15,06 | 15,11 | 4,52 | 4,54 | 4,56 | 4,61 | 60,08 | 60,15 | 60,23 | 60,42 |
| 36 | 8,46 | 8,48 | 8,49 | 8,60 | 13,37 | 13,37 | 13,37 | 13,40 | 2,87 | 2,87 | 2,87 | 2,90 | 53,46 | 53,48 | 53,49 | 53,60 |

h_{OP} - Dose equivalente individual anual do operador; h^* - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área supervisionada " $h^*=(h_{OP}+3 \times 15)/4$ "; h^*_1 - Dose equivalente individual anual média dos trabalhadores na área livre; S_C - Dose coletiva dos trabalhadores " $S_C=N \times (h_{OP}+3 \times 15)/4$ "; P_1 , P_2 , P_3 e P_4 - Distâncias fonte-operador iguais a 8,1- 8,8- 10,8 e 18 m, respectivamente.

Tabela 2.7 – Característica das opções de proteção do cenário I, na instalação aberta fixa.

| Opção | X_p | a (m ²) | H_{OP} | S_c | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_c)$ | P_6 (m) | P_6' (m) |
|-------|--------------|-----------------------|----------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 1 | 16 | 37399 | 0,002 | 0,047 | 1,000 | 0,514 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 153 |
| 4 | 313 | 16336 | 0,002 | 0,047 | 0,925 | 0,798 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 100 |
| 5 | 363 | 75490 | 0,018 | 0,063 | 0,917 | 0,000 | | | 0,891 | 0,429 | 157 | 153 |
| 8 | 626 | 32373 | 0,019 | 0,064 | 0,847 | 0,582 | | | 0,888 | 0,393 | 103 | 100 |
| 13 | 908 | 32373 | 0,006 | 0,051 | 0,762 | 0,582 | | 0,990 | | 0,857 | 103 | 100 |
| 19 | 797 | 19610 | 0,009 | 0,054 | 0,804 | 0,754 | | 0,960 | | 0,750 | 80 | 78 |
| 25 | 1.080 | 19610 | 0,003 | 0,048 | 0,733 | 0,754 | 1,000 | | | 0,964 | 80 | 78 |
| 26 | 1009 | 20615 | 0,023 | 0,068 | 0,750 | 0,740 | | | 0,870 | 0,250 | 82 | 80 |
| 27 | 1.292 | 20615 | 0,011 | 0,056 | 0,679 | 0,740 | | 0,940 | | 0,679 | 82 | 80 |
| 30 | 2.109 | 10210 | 0,014 | 0,059 | 0,474 | 0,881 | | 0,910 | | 0,571 | 58 | 56 |
| 32 | 2.196 | 2897 | 0,002 | 0,047 | 0,452 | 0,980 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 38 |
| 33 | 1999 | 10210 | 0,006 | 0,051 | 0,593 | 0,881 | | 0,990 | | 0,857 | 58 | 56 |
| 35 | 3.045 | 3424 | 0,030 | 0,075 | 0,239 | 0,973 | | | 0,812 | 0,000 | 34 | 32 |
| 37 | 3.996 | 1389 | 0,018 | 0,063 | 0,000 | 1,000 | | | 0,891 | 0,429 | 22 | 20 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_c - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_c)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P_6 e P_6' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.8 – Característica das opções de proteção do cenário II, na instalação aberta fixa.

| Opção | X_p | a (m ²) | H_{OP} | S_c | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_c)$ | P_6 (m) | P_6' (m) |
|-------|-------------|-----------------------|----------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 1 | 16 | 37399 | 0,001 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 153 |
| 4 | 313 | 16336 | 0,001 | 0,046 | 0,925 | 0,585 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 100 |
| 14 | 694 | 32373 | 0,024 | 0,069 | 0,830 | 0,140 | | | 0,864 | 0,303 | 103 | 100 |
| 16 | 766 | 19610 | 0,021 | 0,066 | 0,812 | 0,494 | | | 0,880 | 0,394 | 80 | 78 |
| 18 | 865 | 19610 | 0,018 | 0,063 | 0,787 | 0,494 | | | 0,891 | 0,485 | 80 | 78 |
| 20 | 889 | 11693 | 0,034 | 0,079 | 0,781 | 0,714 | | | 0,754 | 0,000 | 62 | 60 |
| 22 | 938 | 11693 | 0,008 | 0,053 | 0,768 | 0,714 | | 0,970 | | 0,788 | 62 | 60 |
| 23 | 1037 | 11693 | 0,013 | 0,058 | 0,734 | 0,714 | | 0,920 | | 0,636 | 62 | 60 |
| 24 | 1077 | 20615 | 0,025 | 0,070 | 0,733 | 0,466 | | | 0,857 | 0,273 | 82 | 80 |
| 29 | 1785 | 10210 | 0,023 | 0,068 | 0,555 | 0,755 | | | 0,870 | 0,333 | 58 | 56 |
| 32 | 2196 | 2897 | 0,001 | 0,046 | 0,452 | 0,958 | 1,000 | | | 1,000 | 20 | 38 |
| 34 | 2257 | 6651 | 0,019 | 0,064 | 0,437 | 0,854 | | | 0,888 | 0,455 | 47 | 45 |
| 35 | 3045 | 3424 | 0,022 | 0,068 | 0,239 | 0,944 | | | 0,875 | 0,333 | 34 | 32 |
| 36 | 3194 | 3424 | 0,013 | 0,058 | 0,201 | 0,944 | | 0,920 | | 0,636 | 34 | 32 |
| 37 | 3996 | 1389 | 0,017 | 0,062 | 0,000 | 1,000 | | | 0,895 | 0,515 | 22 | 20 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_c - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_c)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P_6 e P_6' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.9 – Característica das opções de proteção do cenário III, na instalação aberta fixa

| Opção | X _P | a (m ²) | H _{OP} | S _C | u(X) | u(a) | u(h ₁) | u(h ₂) | u(h ₃) | u(S _C) | P ₆ (m) | P ₆ '(m) |
|-------|----------------|---------------------|-----------------|----------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | 16 | 30481 | 0,001 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 138 |
| 4 | 313 | 13291 | 0,001 | 0,046 | 0,928 | 0,585 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 90 |
| 11 | 595 | 26309 | 0,016 | 0,061 | 0,860 | 0,142 | | | 0,897 | 0,545 | 93 | 90 |
| 14 | 694 | 26309 | 0,018 | 0,063 | 0,836 | 0,142 | | | 0,891 | 0,485 | 93 | 90 |
| 15 | 717 | 16514 | 0,031 | 0,076 | 0,830 | 0,475 | | | 0,800 | 0,091 | 73 | 72 |
| 16 | 766 | 16514 | 0,010 | 0,055 | 0,818 | 0,475 | | 0,950 | | 0,727 | 73 | 72 |
| 18 | 865 | 16514 | 0,016 | 0,061 | 0,794 | 0,475 | | | 0,897 | 0,545 | 73 | 72 |
| 20 | 889 | 9506 | 0,021 | 0,066 | 0,789 | 0,713 | | | 0,880 | 0,394 | 56 | 54 |
| 22 | 938 | 9506 | 0,005 | 0,050 | 0,777 | 0,713 | 1,000 | | | 0,879 | 56 | 54 |
| 23 | 1037 | 9506 | 0,010 | 0,055 | 0,744 | 0,713 | | 0,950 | | 0,727 | 56 | 54 |
| 28 | 1636 | 8333 | 0,034 | 0,079 | 0,608 | 0,753 | | | 0,754 | 0,000 | 52 | 51 |
| 29 | 1785 | 8333 | 0,017 | 0,062 | 0,572 | 0,753 | | | 0,895 | 0,515 | 52 | 51 |
| 31 | 2109 | 5411 | 0,024 | 0,069 | 0,493 | 0,853 | | | 0,864 | 0,303 | 42 | 41 |
| 32 | 2196 | 2278 | 0,001 | 0,046 | 0,472 | 0,959 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 33 |
| 34 | 2257 | 5411 | 0,016 | 0,061 | 0,457 | 0,853 | | | 0,897 | 0,545 | 42 | 41 |
| 35 | 3045 | 2377 | 0,017 | 0,062 | 0,266 | 0,956 | | | 0,895 | 0,515 | 28 | 27 |
| 36 | 3194 | 2377 | 0,009 | 0,054 | 0,230 | 0,956 | | 0,960 | | 0,758 | 28 | 27 |
| 37 | 3996 | 1076 | 0,013 | 0,058 | 0,036 | 1,000 | | 0,920 | | 0,636 | 19 | 18 |
| 38 | 4145 | 1076 | 0,004 | 0,049 | 0,000 | 1,000 | 1,000 | | | 0,909 | 19 | 18 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); u(X), u(a), u(h) e u(S_C) - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P₆ e P₆' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.10 – Característica das opções de proteção do cenário IV, na instalação aberta fixa

| Opção | X _P | a (m ²) | H _{OP} | S _C | u(X) | u(a) | u(h ₁) | u(h ₂) | u(h ₃) | u(S _C) | P ₆ (m) | P ₆ '(m) |
|-------|----------------|---------------------|-----------------|----------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | 16 | 31355 | 0,001 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 140 |
| 4 | 313 | 13291 | 0,001 | 0,046 | 0,928 | 0,598 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 90 |
| 10 | 545 | 26309 | 0,035 | 0,080 | 0,872 | 0,167 | | | 0,736 | 0,000 | 93 | 90 |
| 11 | 595 | 26309 | 0,016 | 0,061 | 0,860 | 0,167 | | | 0,897 | 0,595 | 93 | 90 |
| 14 | 694 | 26309 | 0,017 | 0,062 | 0,836 | 0,167 | | | 0,895 | 0,568 | 93 | 90 |
| 15 | 717 | 16745 | 0,024 | 0,070 | 0,830 | 0,483 | | | 0,864 | 0,351 | 74 | 72 |
| 16 | 766 | 16745 | 0,003 | 0,048 | 0,818 | 0,483 | 1,000 | | | 0,946 | 74 | 72 |
| 18 | 865 | 16745 | 0,016 | 0,061 | 0,794 | 0,483 | | | 0,897 | 0,595 | 74 | 72 |
| 20 | 889 | 9506 | 0,018 | 0,063 | 0,789 | 0,723 | | | 0,891 | 0,541 | 56 | 54 |
| 22 | 938 | 9506 | 0,002 | 0,047 | 0,777 | 0,723 | 1,000 | | | 0,973 | 56 | 54 |
| 23 | 1037 | 9506 | 0,010 | 0,055 | 0,744 | 0,723 | | 0,950 | | 0,757 | 56 | 54 |
| 28 | 1636 | 8498 | 0,026 | 0,071 | 0,608 | 0,756 | | | 0,850 | 0,324 | 53 | 51 |
| 29 | 1785 | 8498 | 0,016 | 0,061 | 0,572 | 0,756 | | | 0,897 | 0,568 | 53 | 51 |
| 31 | 2109 | 5411 | 0,021 | 0,066 | 0,493 | 0,859 | | | 0,880 | 0,459 | 42 | 41 |
| 32 | 2196 | 2278 | 0,001 | 0,046 | 0,472 | 0,962 | 1,000 | | | 1,000 | 19 | 33 |
| 34 | 2257 | 5675 | 0,016 | 0,061 | 0,457 | 0,850 | | | 0,897 | 0,595 | 43 | 42 |
| 35 | 3045 | 2553 | 0,016 | 0,061 | 0,266 | 0,953 | | | 0,897 | 0,568 | 29 | 28 |
| 36 | 3194 | 2553 | 0,009 | 0,054 | 0,230 | 0,953 | | 0,960 | | 0,784 | 29 | 28 |
| 37 | 3996 | 1137 | 0,014 | 0,059 | 0,036 | 1,000 | | 0,910 | | 0,649 | 20 | 18 |
| 38 | 4145 | 1137 | 0,005 | 0,050 | 0,000 | 1,000 | 1,000 | | | 0,892 | 20 | 18 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); u(X), u(a), u(h) e u(S_C) - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P₆ e P₆' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.11 – Característica das opções de proteção do cenário V, na instalação aberta fixa

| Opção | X_P | a (m ²) | H_{OP} | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ | P_8 (m) | P_8' (m) |
|-------|-------|-----------------------|----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 1 | 16 | 31297 | 0,001 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 140 |
| 4 | 313 | 13232 | 0,001 | 0,046 | 0,907 | 0,625 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 90 |
| 10 | 545 | 26900 | 0,032 | 0,077 | 0,834 | 0,152 | | | 0,786 | 0,165 | 95 | 90 |
| 11 | 595 | 26900 | 0,015 | 0,060 | 0,818 | 0,152 | | 0,900 | | 0,614 | 95 | 90 |
| 14 | 694 | 26900 | 0,016 | 0,061 | 0,787 | 0,152 | | | 0,897 | 0,592 | 95 | 90 |
| 15 | 717 | 16754 | 0,022 | 0,067 | 0,779 | 0,503 | | | 0,875 | 0,435 | 75 | 71 |
| 16 | 766 | 16754 | 0,010 | 0,055 | 0,764 | 0,503 | | 0,950 | | 0,751 | 75 | 71 |
| 18 | 865 | 16754 | 0,015 | 0,060 | 0,733 | 0,503 | | 0,900 | | 0,616 | 75 | 71 |
| 20 | 889 | 9506 | 0,017 | 0,062 | 0,725 | 0,753 | | | 0,895 | 0,565 | 56 | 54 |
| 21 | 928 | 17437 | 0,034 | 0,079 | 0,713 | 0,479 | | | 0,754 | 0,000 | 75 | 74 |
| 22 | 938 | 9506 | 0,005 | 0,050 | 0,710 | 0,753 | 1,000 | | | 0,884 | 56 | 54 |
| 23 | 1037 | 9506 | 0,010 | 0,055 | 0,667 | 0,753 | | 0,950 | | 0,754 | 56 | 54 |
| 24 | 1077 | 26154 | 0,018 | 0,063 | 0,666 | 0,178 | | | 0,891 | 0,549 | 75 | 105 |
| 28 | 1636 | 8828 | 0,023 | 0,068 | 0,490 | 0,777 | | | 0,870 | 0,405 | 54 | 52 |
| 29 | 1785 | 8828 | 0,016 | 0,061 | 0,443 | 0,777 | | | 0,897 | 0,600 | 54 | 52 |
| 31 | 2109 | 5545 | 0,019 | 0,064 | 0,341 | 0,890 | | | 0,888 | 0,514 | 43 | 41 |
| 32 | 2196 | 2325 | 0,001 | 0,046 | 0,314 | 0,982 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 34 |
| 34 | 2257 | 5545 | 0,015 | 0,060 | 0,295 | 0,890 | | 0,900 | | 0,614 | 43 | 41 |
| 35 | 3045 | 2377 | 0,016 | 0,061 | 0,047 | 1,000 | | | 0,897 | 0,600 | 28 | 27 |
| 36 | 3194 | 2377 | 0,010 | 0,055 | 0,000 | 1,000 | | 0,950 | | 0,765 | 28 | 27 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); H_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P_8 e P_8' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.12 – Característica das opções de proteção do cenário VI, na instalação aberta fixa

| Opção | X_P | a (m ²) | H_{OP} | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ | P_8 (m) | P_8' (m) |
|-------|-------|-----------------------|----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 0 | 0 | 63360 | 0,025 | 0,069 | 1,000 | 0,000 | | | 0,857 | 0,000 | 144 | 140 |
| 1 | 16 | 31297 | 0,001 | 0,046 | 0,995 | 0,526 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 140 |
| 4 | 313 | 13232 | 0,001 | 0,046 | 0,902 | 0,822 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 90 |
| 6 | 373 | 41551 | 0,023 | 0,068 | 0,883 | 0,358 | | | 0,870 | 0,043 | 116 | 114 |
| 9 | 423 | 41551 | 0,015 | 0,060 | 0,868 | 0,358 | | 0,900 | | 0,391 | 116 | 114 |
| 10 | 545 | 26603 | 0,021 | 0,066 | 0,829 | 0,603 | | | 0,880 | 0,130 | 94 | 90 |
| 11 | 595 | 26603 | 0,015 | 0,060 | 0,814 | 0,603 | | 0,900 | | 0,391 | 94 | 90 |
| 12 | 522 | 41551 | 0,016 | 0,061 | 0,837 | 0,358 | | | 0,897 | 0,348 | 116 | 114 |
| 14 | 694 | 26603 | 0,015 | 0,060 | 0,783 | 0,603 | | 0,900 | | 0,391 | 94 | 90 |
| 15 | 717 | 16520 | 0,017 | 0,062 | 0,776 | 0,768 | | | 0,895 | 0,304 | 74 | 71 |
| 16 | 766 | 16520 | 0,010 | 0,055 | 0,760 | 0,768 | | 0,950 | | 0,609 | 74 | 71 |
| 18 | 865 | 16520 | 0,015 | 0,060 | 0,729 | 0,768 | | 0,900 | | 0,391 | 74 | 71 |
| 20 | 889 | 9164 | 0,016 | 0,061 | 0,722 | 0,889 | | | 0,897 | 0,348 | 55 | 53 |
| 21 | 928 | 25500 | 0,023 | 0,068 | 0,709 | 0,621 | | | 0,870 | 0,043 | 75 | 103 |
| 24 | 1077 | 25500 | 0,016 | 0,061 | 0,663 | 0,621 | | | 0,897 | 0,348 | 75 | 103 |
| 28 | 1636 | 8828 | 0,018 | 0,063 | 0,488 | 0,894 | | | 0,891 | 0,261 | 54 | 52 |
| 29 | 1785 | 8828 | 0,015 | 0,060 | 0,441 | 0,894 | | 0,900 | | 0,391 | 54 | 52 |
| 31 | 2109 | 5545 | 0,016 | 0,061 | 0,340 | 0,948 | | | 0,897 | 0,348 | 43 | 41 |
| 32 | 2196 | 2325 | 0,001 | 0,046 | 0,312 | 1,001 | 1,000 | | | 1,000 | 18 | 34 |
| 34 | 2257 | 5545 | 0,015 | 0,060 | 0,293 | 0,948 | | 0,900 | | 0,391 | 43 | 41 |
| 35 | 3045 | 2377 | 0,015 | 0,060 | 0,047 | 1,000 | | 0,900 | | 0,391 | 28 | 27 |
| 36 | 3194 | 2377 | 0,009 | 0,054 | 0,000 | 1,000 | | 0,960 | | 0,652 | 28 | 27 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); H_{OP} - Dose equivalente individual anual (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção, área de isolamento, dose equivalente individual anual e dose coletiva); P_8 e P_8' - Distâncias fonte operador e indivíduos do público (m), respectivamente.

Tabela 2.13 – Custo anual das opções de proteção do cenário I, na instalação aberta fixa.

| Opção | Coeficiente monetário do | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|-------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | a(m ²) | S _c | X _p | X _a | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | | |
| 1 | 37399 | 0,047 | 16 | 18700 | 157 | 486 | 956 | 1191 | 18857 | 19186 | 19656 | 19891 | | | | | | |
| 4 | 16336 | 0,047 | 313 | 8168 | 454 | 783 | 1253 | 1488 | 8622 | 8951 | 9421 | 9656 | | | | | | |
| 5 | 75490 | 0,063 | 363 | 37745 | 552 | 993 | 1623 | 1938 | 38297 | 38738 | 39368 | 39683 | | | | | | |
| 8 | 32373 | 0,064 | 626 | 16186 | 818 | 1266 | 1906 | 2226 | 17004 | 17452 | 18092 | 18430 | | | | | | |
| 13 | 32373 | 0,051 | 908 | 16186 | 1061 | 1418 | 1928 | 2183 | 17247 | 17604 | 18114 | 18369 | | | | | | |
| 19 | 19610 | 0,054 | 797 | 9805 | 959 | 1337 | 1877 | 2147 | 10764 | 11142 | 11682 | 11952 | | | | | | |
| 25 | 19610 | 0,048 | 1080 | 9805 | 1224 | 1560 | 2040 | 2280 | 11029 | 11365 | 11845 | 12085 | | | | | | |
| 26 | 20615 | 0,068 | 1009 | 10308 | 1213 | 1689 | 2369 | 2709 | 11521 | 11997 | 12677 | 13017 | | | | | | |
| 27 | 20615 | 0,056 | 1292 | 10308 | 1460 | 1852 | 2412 | 2692 | 11768 | 12160 | 12720 | 13000 | | | | | | |
| 30 | 10210 | 0,059 | 2109 | 5105 | 2286 | 2699 | 3289 | 3584 | 7391 | 7804 | 8394 | 8689 | | | | | | |
| 32 | 2897 | 0,047 | 2196 | 1448 | 2337 | 2666 | 3136 | 3371 | 3785 | 4114 | 4584 | 4819 | | | | | | |
| 33 | 10210 | 0,051 | 1999 | 5105 | 2112 | 2469 | 2979 | 3234 | 4721 | 7574 | 8114 | 8339 | | | | | | |
| 35 | 3424 | 0,075 | 3045 | 1712 | 3270 | 3795 | 4545 | 4920 | 4982 | 5507 | 6257 | 6632 | | | | | | |
| 37 | 1389 | 0,063 | 3996 | 694 | 4185 | 4626 | 5256 | 5571 | 4879 | 5320 | 5950 | 6265 | | | | | | |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do dano biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m²

igual a 10 dólares) - $X_a = \frac{a \times 10}{20}$

Tabela 2.14 – Custo anual das opções de proteção do cenário II, na instalação aberta fixa.

| Opção | Coeficiente monetário do dano | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|-------|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | a(m ²) | S _c | X _p | X _a | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | | |
| 1 | 37399 | 0,046 | 16 | 18700 | 154 | 476 | 936 | 1166 | 18854 | 19176 | 19636 | 19866 | | | | | | |
| 4 | 16336 | 0,046 | 313 | 8168 | 451 | 773 | 1233 | 1463 | 8619 | 8941 | 9401 | 9631 | | | | | | |
| 14 | 32373 | 0,069 | 694 | 16186 | 901 | 1384 | 2074 | 2419 | 17087 | 17570 | 18260 | 18605 | | | | | | |
| 16 | 19610 | 0,066 | 766 | 9805 | 964 | 1426 | 2086 | 2416 | 10769 | 11231 | 11891 | 12221 | | | | | | |
| 18 | 19610 | 0,063 | 865 | 9805 | 1054 | 1495 | 2125 | 2440 | 10859 | 11300 | 11930 | 12245 | | | | | | |
| 20 | 11693 | 0,079 | 889 | 5847 | 1126 | 1679 | 2469 | 2864 | 6973 | 7526 | 8316 | 8711 | | | | | | |
| 22 | 11693 | 0,053 | 938 | 5847 | 1097 | 1468 | 1998 | 2263 | 6944 | 7315 | 7845 | 8110 | | | | | | |
| 23 | 11693 | 0,058 | 1037 | 5847 | 1207 | 1613 | 2193 | 2483 | 7054 | 7460 | 8040 | 8330 | | | | | | |
| 24 | 20615 | 0,070 | 1077 | 10308 | 1287 | 1777 | 2477 | 2827 | 11595 | 12085 | 12785 | 13135 | | | | | | |
| 29 | 10210 | 0,068 | 1785 | 5105 | 1989 | 2465 | 3145 | 3485 | 7094 | 7570 | 8250 | 8590 | | | | | | |
| 32 | 2897 | 0,046 | 2196 | 1448 | 2334 | 2656 | 3116 | 3346 | 3782 | 4104 | 4564 | 4794 | | | | | | |
| 34 | 6651 | 0,064 | 2257 | 3325 | 2449 | 2897 | 3537 | 3857 | 5774 | 6222 | 6862 | 7182 | | | | | | |
| 35 | 3424 | 0,068 | 3045 | 1712 | 3249 | 3725 | 4405 | 4745 | 4961 | 5437 | 6117 | 6457 | | | | | | |
| 36 | 3424 | 0,058 | 3194 | 1712 | 3368 | 3774 | 4354 | 4644 | 5080 | 5486 | 6066 | 6356 | | | | | | |
| 37 | 1389 | 0,061 | 3996 | 694 | 4179 | 4606 | 5216 | 5521 | 4873 | 5300 | 5910 | 6215 | | | | | | |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do dano biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m²

igual a 10 dólares) - $X_a = \frac{a \times 10}{20}$

Tabela 2.15 – Custo anual das opções de proteção do cenário III, na instalação aberta fixa.

| Opçãod | a(m ²) | Coeficiente monetário do detrimento | | | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|--------|--------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | S _C | X _P | X _a | X _P +X _a | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | | |
| 1 | 30481 | 0,046 | 16 | 15241 | 154 | 476 | 936 | 1166 | 15395 | 15717 | 16177 | 16407 | | | | | | | | | |
| 4 | 13291 | 0,046 | 313 | 6645 | 451 | 773 | 1233 | 1463 | 7096 | 7418 | 7878 | 8108 | | | | | | | | | |
| 11 | 26309 | 0,061 | 595 | 13155 | 778 | 1205 | 1815 | 2120 | 13933 | 14360 | 14970 | 15275 | | | | | | | | | |
| 14 | 26309 | 0,063 | 694 | 13155 | 883 | 1324 | 1954 | 2269 | 14038 | 14479 | 15109 | 15424 | | | | | | | | | |
| 15 | 16514 | 0,076 | 717 | 8257 | 945 | 1477 | 2237 | 2617 | 9202 | 9734 | 10494 | 10874 | | | | | | | | | |
| 16 | 16514 | 0,055 | 766 | 8257 | 931 | 1316 | 1866 | 2141 | 9188 | 9573 | 10123 | 10398 | | | | | | | | | |
| 18 | 16514 | 0,061 | 865 | 8257 | 1048 | 1475 | 2085 | 2390 | 9305 | 9732 | 10342 | 10647 | | | | | | | | | |
| 20 | 9506 | 0,066 | 889 | 4753 | 1087 | 1549 | 2209 | 2539 | 5840 | 6302 | 6962 | 7292 | | | | | | | | | |
| 22 | 9506 | 0,050 | 938 | 4753 | 1088 | 1438 | 1938 | 2188 | 5841 | 6191 | 6691 | 6941 | | | | | | | | | |
| 23 | 9506 | 0,055 | 1037 | 4753 | 1198 | 1583 | 2133 | 2408 | 5951 | 6336 | 6886 | 7161 | | | | | | | | | |
| 28 | 8333 | 0,079 | 1636 | 4167 | 1873 | 2426 | 3216 | 3611 | 6040 | 6593 | 7383 | 7778 | | | | | | | | | |
| 29 | 8333 | 0,062 | 1785 | 4167 | 1971 | 2405 | 3025 | 3335 | 6138 | 6572 | 7192 | 7502 | | | | | | | | | |
| 31 | 5411 | 0,069 | 2109 | 2706 | 2316 | 2799 | 3489 | 3834 | 5022 | 5505 | 6195 | 6540 | | | | | | | | | |
| 32 | 2278 | 0,046 | 2196 | 1139 | 2334 | 2656 | 3116 | 3346 | 3473 | 3795 | 4255 | 4485 | | | | | | | | | |
| 34 | 5411 | 0,061 | 2257 | 2706 | 2440 | 2867 | 3477 | 3782 | 5146 | 5573 | 6183 | 6488 | | | | | | | | | |
| 35 | 2377 | 0,062 | 3045 | 1188 | 3231 | 3665 | 4285 | 4595 | 4419 | 4853 | 5473 | 5783 | | | | | | | | | |
| 36 | 2377 | 0,054 | 3194 | 1188 | 3356 | 3734 | 4274 | 4544 | 4544 | 4922 | 5462 | 5732 | | | | | | | | | |
| 37 | 1076 | 0,058 | 3996 | 538 | 4170 | 4576 | 5156 | 5446 | 4708 | 5114 | 5694 | 5984 | | | | | | | | | |
| 38 | 1076 | 0,049 | 4145 | 538 | 4292 | 4635 | 5125 | 5370 | 4830 | 5173 | 5663 | 5908 | | | | | | | | | |

a - área de isolamento; S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m² igual a 10 dólares) -

$$X_a = \frac{a \times 10}{20}$$

Tabela 2.16 – Custo anual das opções de proteção do cenário IV, na instalação aberta fixa.

| Opçãod | a(m ²) | Coeficiente monetário do detrimento | | | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|--------|--------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | S _C | X _P | X _a | X _P +X _a | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | X _P +X _a +X _Y | | |
| 1 | 31355 | 0,046 | 16 | 15677 | 154 | 476 | 936 | 1166 | 15831 | 16153 | 16613 | 16843 | | | | | | | | | |
| 4 | 13291 | 0,046 | 313 | 6645 | 451 | 773 | 1233 | 1463 | 7096 | 7418 | 7878 | 8108 | | | | | | | | | |
| 10 | 26309 | 0,083 | 545 | 13155 | 794 | 1375 | 2205 | 2620 | 13949 | 14530 | 15360 | 15775 | | | | | | | | | |
| 11 | 26309 | 0,061 | 595 | 13155 | 778 | 1205 | 1815 | 2120 | 13933 | 14360 | 14970 | 15275 | | | | | | | | | |
| 14 | 26309 | 0,062 | 694 | 13155 | 880 | 1314 | 1934 | 2244 | 14035 | 14469 | 15089 | 15399 | | | | | | | | | |
| 15 | 16745 | 0,070 | 717 | 8372 | 927 | 1417 | 2117 | 2467 | 9299 | 9789 | 10489 | 10839 | | | | | | | | | |
| 16 | 16745 | 0,048 | 766 | 8372 | 910 | 1246 | 1726 | 1966 | 9282 | 9618 | 10098 | 10338 | | | | | | | | | |
| 18 | 16745 | 0,061 | 865 | 8372 | 1048 | 1475 | 2085 | 2390 | 9420 | 9847 | 10457 | 10762 | | | | | | | | | |
| 20 | 9506 | 0,063 | 889 | 4753 | 1078 | 1519 | 2149 | 2464 | 5831 | 6272 | 6902 | 7217 | | | | | | | | | |
| 22 | 9506 | 0,047 | 938 | 4753 | 1079 | 1408 | 1878 | 2113 | 5832 | 6161 | 6631 | 6866 | | | | | | | | | |
| 23 | 9506 | 0,055 | 1037 | 4713 | 1198 | 1583 | 2133 | 2408 | 5951 | 6336 | 6886 | 7161 | | | | | | | | | |
| 28 | 8498 | 0,071 | 1636 | 4249 | 1849 | 2346 | 3056 | 3411 | 6098 | 6595 | 7305 | 7660 | | | | | | | | | |
| 29 | 8498 | 0,062 | 1785 | 4249 | 1971 | 2405 | 3025 | 3335 | 6220 | 6654 | 7274 | 7584 | | | | | | | | | |
| 31 | 5411 | 0,066 | 2109 | 2706 | 2307 | 2769 | 3429 | 3759 | 5013 | 5475 | 6135 | 6465 | | | | | | | | | |
| 32 | 2278 | 0,046 | 2196 | 1139 | 2334 | 2656 | 3116 | 3346 | 3473 | 3795 | 4255 | 4485 | | | | | | | | | |
| 34 | 5675 | 0,061 | 2257 | 2838 | 2440 | 2867 | 3477 | 3782 | 5278 | 5705 | 6315 | 6620 | | | | | | | | | |
| 35 | 2553 | 0,062 | 3045 | 1276 | 3231 | 3665 | 4285 | 4595 | 4507 | 4941 | 5561 | 5871 | | | | | | | | | |
| 36 | 2553 | 0,054 | 3194 | 1276 | 3356 | 3734 | 4274 | 4544 | 4632 | 5010 | 5550 | 5820 | | | | | | | | | |
| 37 | 1137 | 0,059 | 3996 | 569 | 4173 | 4586 | 5176 | 5471 | 4742 | 5155 | 5745 | 6040 | | | | | | | | | |
| 38 | 1137 | 0,050 | 4145 | 569 | 4295 | 4645 | 5145 | 5395 | 4864 | 5214 | 5714 | 5964 | | | | | | | | | |

a - área de isolamento; S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m² igual a 10 dólares) -

$$X_a = \frac{a \times 10}{20}$$

Tabela 2.17 – Custo anual das opções de proteção do cenário V, na instalação aberta fixa.

| Opção | Coeficiente monetário do detrimento | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| | a(m ²) | S _c | X _p | X _a | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y |
| 1 | 31297 | 0,046 | 16 | 15648 | 154 | 476 | 936 | 1166 | 15802 | 16124 | 16584 | 16814 |
| 4 | 13232 | 0,046 | 313 | 6616 | 451 | 773 | 1233 | 1463 | 7067 | 7389 | 7849 | 8079 |
| 10 | 26900 | 0,077 | 545 | 13450 | 776 | 1314 | 2083 | 2468 | 14226 | 14764 | 15533 | 15917 |
| 11 | 26900 | 0,060 | 595 | 13450 | 776 | 1198 | 1801 | 2103 | 14226 | 14648 | 15251 | 15552 |
| 14 | 26900 | 0,061 | 694 | 13450 | 877 | 1305 | 1916 | 2222 | 14327 | 14755 | 15366 | 15671 |
| 15 | 16754 | 0,067 | 717 | 8377 | 918 | 1386 | 2055 | 2390 | 9295 | 9763 | 10432 | 10767 |
| 16 | 16754 | 0,055 | 766 | 8377 | 932 | 1318 | 1870 | 2146 | 9309 | 9695 | 10247 | 10523 |
| 18 | 16754 | 0,060 | 865 | 8377 | 1046 | 1467 | 2069 | 2370 | 9423 | 9844 | 10446 | 10747 |
| 20 | 9506 | 0,062 | 889 | 4753 | 1075 | 1510 | 2131 | 2442 | 5829 | 6263 | 6884 | 7195 |
| 21 | 17437 | 0,083 | 928 | 8719 | 1177 | 1758 | 2588 | 3003 | 9896 | 10477 | 11307 | 11722 |
| 22 | 9506 | 0,050 | 938 | 4753 | 1089 | 1441 | 1944 | 2196 | 5842 | 6194 | 6697 | 6949 |
| 23 | 9506 | 0,055 | 1037 | 4753 | 1198 | 1584 | 2135 | 2411 | 5952 | 6337 | 6888 | 7164 |
| 24 | 26154 | 0,063 | 1077 | 13077 | 1265 | 1704 | 2331 | 2645 | 14342 | 14781 | 15408 | 15721 |
| 28 | 8828 | 0,068 | 1636 | 4414 | 1840 | 2316 | 2996 | 3336 | 6254 | 6730 | 7410 | 7750 |
| 29 | 8828 | 0,061 | 1785 | 4414 | 1967 | 2393 | 3001 | 3305 | 6381 | 6807 | 7415 | 7719 |
| 31 | 5545 | 0,064 | 2109 | 2772 | 2301 | 2749 | 3389 | 3709 | 5073 | 5521 | 6161 | 6481 |
| 32 | 2325 | 0,046 | 2196 | 1449 | 2334 | 2656 | 3116 | 3346 | 3210 | 3532 | 3992 | 4222 |
| 34 | 5545 | 0,060 | 2257 | 2772 | 2438 | 2860 | 3463 | 3765 | 5210 | 5632 | 6235 | 6537 |
| 35 | 2377 | 0,061 | 3045 | 1188 | 3227 | 3653 | 4261 | 4565 | 4416 | 4841 | 5449 | 5753 |
| 36 | 2377 | 0,055 | 3194 | 1188 | 3358 | 3741 | 4288 | 4562 | 4546 | 4929 | 5476 | 5750 |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m² igual a 10 dólares) -

$$X_a = \frac{a \times 10}{20}$$

Tabela 2.18 – Custo anual das opções de proteção do cenário VI, na instalação aberta fixa

| Opção | Coeficiente monetário do detrimento | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| | a(m ²) | S _c | X _p | X _a | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y | X _p +X _a +X _y |
| 0 | 63360 | 0,072 | 0 | 31680 | 216 | 720 | 1440 | 1800 | 31896 | 32400 | 33120 | 33480 |
| 1 | 31297 | 0,046 | 16 | 15648 | 154 | 476 | 936 | 1166 | 15802 | 16124 | 16584 | 16814 |
| 4 | 13232 | 0,046 | 313 | 6616 | 451 | 773 | 1233 | 1463 | 7067 | 7389 | 7849 | 8079 |
| 6 | 41551 | 0,070 | 373 | 20775 | 583 | 1073 | 1773 | 2123 | 21358 | 21848 | 22548 | 22898 |
| 9 | 41551 | 0,060 | 423 | 20775 | 603 | 1023 | 1623 | 1923 | 21378 | 21798 | 22398 | 22698 |
| 10 | 26603 | 0,066 | 545 | 13302 | 743 | 1205 | 1865 | 2195 | 14045 | 14507 | 15167 | 15497 |
| 11 | 26603 | 0,060 | 595 | 13302 | 775 | 1195 | 1795 | 2095 | 14077 | 14497 | 15097 | 15397 |
| 12 | 41551 | 0,061 | 522 | 20775 | 705 | 1132 | 1742 | 2047 | 21480 | 21907 | 22517 | 22822 |
| 14 | 26603 | 0,060 | 694 | 13302 | 874 | 1294 | 1894 | 2194 | 14176 | 14596 | 15196 | 15496 |
| 15 | 16520 | 0,062 | 717 | 8260 | 903 | 1337 | 1957 | 2267 | 9163 | 9597 | 10217 | 10527 |
| 16 | 16520 | 0,054 | 766 | 8260 | 928 | 1306 | 1846 | 2116 | 9188 | 9566 | 10106 | 10376 |
| 18 | 16520 | 0,060 | 865 | 8260 | 1045 | 1465 | 2065 | 2365 | 9305 | 9725 | 10325 | 10625 |
| 20 | 9164 | 0,061 | 889 | 4582 | 1072 | 1499 | 2109 | 2414 | 5654 | 6081 | 6691 | 6996 |
| 21 | 25500 | 0,069 | 928 | 12750 | 1135 | 1618 | 2308 | 2653 | 13885 | 14368 | 15058 | 15403 |
| 24 | 25500 | 0,061 | 1077 | 12750 | 1260 | 1687 | 2297 | 2602 | 14010 | 14437 | 15047 | 15352 |
| 28 | 8828 | 0,063 | 1636 | 4414 | 1825 | 2266 | 2896 | 3211 | 6239 | 6680 | 7310 | 7625 |
| 29 | 8828 | 0,061 | 1785 | 4414 | 1968 | 2395 | 3005 | 3310 | 6382 | 6809 | 7419 | 7724 |
| 31 | 5545 | 0,061 | 2109 | 2772 | 2292 | 2719 | 3329 | 3634 | 5064 | 5491 | 6101 | 6406 |
| 32 | 2325 | 0,046 | 2196 | 1162 | 2334 | 2656 | 3116 | 3346 | 3496 | 3818 | 4278 | 4508 |
| 34 | 5545 | 0,060 | 2257 | 2772 | 2437 | 2857 | 3457 | 3757 | 5209 | 5629 | 6229 | 6529 |
| 35 | 2377 | 0,060 | 3045 | 1188 | 3225 | 3645 | 4245 | 4545 | 4413 | 4833 | 5433 | 5733 |
| 36 | 2377 | 0,054 | 3194 | 1188 | 3356 | 3734 | 4274 | 4544 | 4544 | 4922 | 5462 | 5732 |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólares/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m² igual a 10 dólares) -

$$X_a = \frac{a \times 10}{20}$$

Tabela 2.19 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário I, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO I | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(X) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 1 | 0,838 | 0,539 | 0,540 | 0,542 | 0,543 | 0,876 | 0,535 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,876 |
| 4 | 0,908 | 0,805 | 0,805 | 0,806 | 0,806 | 0,834 | 0,745 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,886 |
| 5 | 0,449 | 0,047 | 0,048 | 0,049 | 0,050 | 0,754 | 0,112 | 0,112 | 0,112 | 0,736 | 0,412 |
| 8 | 0,607 | 0,595 | 0,594 | 0,594 | 0,593 | 0,728 | 0,543 | 0,135 | 0,135 | 0,757 | 0,410 |
| 13 | 0,734 | 0,591 | 0,592 | 0,593 | 0,593 | 0,693 | 0,567 | 0,160 | 0,853 | 0,160 | 0,760 |
| 19 | 0,769 | 0,757 | 0,757 | 0,756 | 0,756 | 0,726 | 0,691 | 0,163 | 0,835 | 0,163 | 0,688 |
| 25 | 0,817 | 0,753 | 0,754 | 0,754 | 0,755 | 0,685 | 0,700 | 0,873 | 0,173 | 0,173 | 0,848 |
| 26 | 0,580 | 0,740 | 0,739 | 0,737 | 0,737 | 0,656 | 0,649 | 0,131 | 0,131 | 0,739 | 0,306 |
| 27 | 0,699 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | 0,627 | 0,670 | 0,152 | 0,810 | 0,152 | 0,627 |
| 30 | 0,642 | 0,860 | 0,859 | 0,858 | 0,858 | 0,474 | 0,758 | 0,142 | 0,779 | 0,142 | 0,542 |
| 32 | 0,811 | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,953 | 0,488 | 0,857 | 0,872 | 0,172 | 0,172 | 0,872 |
| 33 | 0,777 | 0,866 | 0,866 | 0,866 | 0,866 | 0,581 | 0,783 | 0,166 | 0,859 | 0,166 | 0,766 |
| 35 | 0,404 | 0,934 | 0,932 | 0,928 | 0,927 | 0,268 | 0,782 | 0,101 | 0,101 | 0,670 | 0,101 |
| 37 | 0,476 | 0,948 | 0,947 | 0,945 | 0,944 | 0,116 | 0,816 | 0,116 | 0,116 | 0,740 | 0,416 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total.

Tabela 2.20 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário II, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO II | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(X) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 1 | 0,667 | 0,102 | 0,107 | 0,114 | 0,118 | 0,850 | 0,150 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,850 |
| 4 | 0,837 | 0,620 | 0,622 | 0,625 | 0,627 | 0,823 | 0,585 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,876 |
| 14 | 0,424 | 0,209 | 0,209 | 0,210 | 0,210 | 0,688 | 0,205 | 0,107 | 0,107 | 0,712 | 0,319 |
| 16 | 0,567 | 0,525 | 0,525 | 0,524 | 0,523 | 0,697 | 0,475 | 0,129 | 0,129 | 0,745 | 0,405 |
| 18 | 0,589 | 0,523 | 0,523 | 0,523 | 0,523 | 0,684 | 0,479 | 0,133 | 0,133 | 0,757 | 0,472 |
| 20 | 0,498 | 0,719 | 0,715 | 0,709 | 0,706 | 0,659 | 0,612 | 0,112 | 0,112 | 0,640 | 0,112 |
| 22 | 0,757 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,721 | 0,700 | 0,662 | 0,162 | 0,841 | 0,162 | 0,714 |
| 23 | 0,695 | 0,716 | 0,715 | 0,715 | 0,714 | 0,664 | 0,650 | 0,150 | 0,794 | 0,150 | 0,596 |
| 24 | 0,491 | 0,492 | 0,491 | 0,489 | 0,488 | 0,630 | 0,443 | 0,116 | 0,116 | 0,717 | 0,307 |
| 29 | 0,548 | 0,734 | 0,732 | 0,729 | 0,727 | 0,515 | 0,654 | 0,126 | 0,126 | 0,735 | 0,359 |
| 32 | 0,803 | 0,908 | 0,909 | 0,909 | 0,910 | 0,487 | 0,841 | 0,871 | 0,171 | 0,171 | 0,871 |
| 34 | 0,582 | 0,812 | 0,810 | 0,807 | 0,805 | 0,437 | 0,729 | 0,132 | 0,132 | 0,753 | 0,450 |
| 35 | 0,505 | 0,872 | 0,869 | 0,865 | 0,862 | 0,287 | 0,780 | 0,120 | 0,120 | 0,732 | 0,353 |
| 36 | 0,594 | 0,869 | 0,868 | 0,866 | 0,865 | 0,276 | 0,796 | 0,135 | 0,779 | 0,135 | 0,581 |
| 37 | 0,505 | 0,900 | 0,897 | 0,894 | 0,893 | 0,120 | 0,820 | 0,120 | 0,120 | 0,747 | 0,481 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total.

Tabela 2.21 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário III, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO III | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(X) | $K(a)$ | $K(h_1)$ | $K(h_2)$ | $K(h_3)$ | $K(S_c)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,667 | 0,126 | 0,132 | 0,140 | 0,144 | 0,850 | 0,150 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| 4 | 0,838 | 0,628 | 0,631 | 0,634 | 0,636 | 0,825 | 0,585 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,176 |
| 11 | 0,516 | 0,231 | 0,234 | 0,237 | 0,238 | 0,724 | 0,222 | 0,122 | 0,122 | 0,750 | 0,750 |
| 14 | 0,488 | 0,228 | 0,230 | 0,232 | 0,234 | 0,703 | 0,217 | 0,118 | 0,118 | 0,742 | 0,742 |
| 15 | 0,465 | 0,518 | 0,515 | 0,511 | 0,509 | 0,691 | 0,442 | 0,110 | 0,110 | 0,670 | 0,670 |
| 16 | 0,674 | 0,518 | 0,519 | 0,521 | 0,522 | 0,721 | 0,481 | 0,149 | 0,814 | 0,149 | 0,149 |
| 18 | 0,605 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,692 | 0,468 | 0,136 | 0,136 | 0,764 | 0,764 |
| 20 | 0,632 | 0,722 | 0,719 | 0,716 | 0,715 | 0,691 | 0,638 | 0,139 | 0,139 | 0,755 | 0,755 |
| 22 | 0,790 | 0,722 | 0,723 | 0,724 | 0,725 | 0,712 | 0,668 | 0,868 | 0,168 | 0,168 | 0,168 |
| 23 | 0,728 | 0,717 | 0,717 | 0,717 | 0,717 | 0,678 | 0,656 | 0,157 | 0,822 | 0,157 | 0,157 |
| 28 | 0,454 | 0,733 | 0,728 | 0,721 | 0,718 | 0,531 | 0,633 | 0,106 | 0,106 | 0,634 | 0,634 |
| 29 | 0,613 | 0,730 | 0,729 | 0,727 | 0,726 | 0,537 | 0,664 | 0,137 | 0,137 | 0,763 | 0,763 |
| 31 | 0,550 | 0,807 | 0,803 | 0,799 | 0,796 | 0,471 | 0,722 | 0,126 | 0,126 | 0,730 | 0,730 |
| 32 | 0,810 | 0,899 | 0,900 | 0,901 | 0,902 | 0,502 | 0,843 | 0,872 | 0,172 | 0,172 | 0,172 |
| 34 | 0,618 | 0,803 | 0,801 | 0,799 | 0,798 | 0,458 | 0,734 | 0,138 | 0,138 | 0,766 | 0,766 |
| 35 | 0,579 | 0,870 | 0,867 | 0,864 | 0,862 | 0,318 | 0,801 | 0,132 | 0,132 | 0,758 | 0,758 |
| 36 | 0,648 | 0,866 | 0,865 | 0,864 | 0,864 | 0,306 | 0,814 | 0,145 | 0,817 | 0,145 | 0,145 |
| 37 | 0,557 | 0,881 | 0,879 | 0,877 | 0,875 | 0,155 | 0,830 | 0,130 | 0,774 | 0,130 | 0,130 |
| 38 | 0,636 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,878 | 0,145 | 0,845 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,145 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T - Função de prioridade total.

Tabela 2.22 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário IV, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO IV | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(X) | $K(a)$ | $K(h_1)$ | $K(h_2)$ | $K(h_3)$ | $K(S_c)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,667 | 0,123 | 0,129 | 0,137 | 0,141 | 0,850 | 0,150 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,850 |
| 4 | 0,842 | 0,639 | 0,641 | 0,644 | 0,646 | 0,826 | 0,595 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,876 |
| 10 | 0,346 | 0,251 | 0,249 | 0,247 | 0,245 | 0,699 | 0,205 | 0,089 | 0,089 | 0,604 | 0,089 |
| 11 | 0,541 | 0,251 | 0,253 | 0,257 | 0,258 | 0,728 | 0,243 | 0,126 | 0,126 | 0,754 | 0,542 |
| 14 | 0,524 | 0,248 | 0,250 | 0,253 | 0,255 | 0,708 | 0,240 | 0,123 | 0,123 | 0,750 | 0,521 |
| 15 | 0,555 | 0,525 | 0,523 | 0,522 | 0,521 | 0,708 | 0,465 | 0,126 | 0,126 | 0,731 | 0,372 |
| 16 | 0,749 | 0,525 | 0,528 | 0,532 | 0,534 | 0,735 | 0,501 | 0,862 | 0,162 | 0,162 | 0,825 |
| 18 | 0,624 | 0,521 | 0,521 | 0,522 | 0,523 | 0,695 | 0,477 | 0,139 | 0,139 | 0,767 | 0,555 |
| 20 | 0,684 | 0,730 | 0,729 | 0,727 | 0,726 | 0,699 | 0,653 | 0,147 | 0,147 | 0,771 | 0,526 |
| 22 | 0,824 | 0,730 | 0,732 | 0,734 | 0,735 | 0,717 | 0,680 | 0,874 | 0,174 | 0,174 | 0,855 |
| 23 | 0,741 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,679 | 0,665 | 0,159 | 0,824 | 0,159 | 0,689 |
| 28 | 0,563 | 0,737 | 0,734 | 0,730 | 0,728 | 0,552 | 0,656 | 0,127 | 0,127 | 0,722 | 0,354 |
| 29 | 0,632 | 0,734 | 0,733 | 0,731 | 0,730 | 0,540 | 0,669 | 0,140 | 0,140 | 0,768 | 0,537 |
| 31 | 0,604 | 0,814 | 0,811 | 0,808 | 0,806 | 0,480 | 0,736 | 0,135 | 0,135 | 0,750 | 0,456 |
| 32 | 0,811 | 0,904 | 0,904 | 0,905 | 0,906 | 0,502 | 0,8453 | 0,872 | 0,172 | 0,172 | 0,872 |
| 34 | 0,634 | 0,802 | 0,801 | 0,799 | 0,798 | 0,460 | 0,735 | 0,140 | 0,140 | 0,768 | 0,556 |
| 35 | 0,596 | 0,870 | 0,868 | 0,865 | 0,863 | 0,321 | 0,801 | 0,134 | 0,134 | 0,762 | 0,532 |
| 36 | 0,656 | 0,866 | 0,865 | 0,865 | 0,864 | 0,308 | 0,814 | 0,146 | 0,818 | 0,146 | 0,695 |
| 37 | 0,562 | 0,883 | 0,882 | 0,880 | 0,878 | 0,155 | 0,830 | 0,130 | 0,767 | 0,130 | 0,584 |
| 38 | 0,631 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,145 | 0,8446 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,769 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T - Função de prioridade total.

Tabela 2.23 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário V, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO V | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(X) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _c) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 1 | 0,667 | 0,100 | 0,106 | 0,115 | 0,139 | 0,850 | 0,150 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,850 |
| 4 | 0,844 | 0,653 | 0,655 | 0,659 | 0,681 | 0,811 | 0,614 | 0,877 | 0,177 | 0,177 | 0,877 |
| 10 | 0,383 | 0,218 | 0,218 | 0,217 | 0,220 | 0,680 | 0,203 | 0,097 | 0,097 | 0,647 | 0,212 |
| 11 | 0,528 | 0,218 | 0,221 | 0,224 | 0,239 | 0,697 | 0,230 | 0,124 | 0,754 | 0,124 | 0,554 |
| 14 | 0,510 | 0,215 | 0,217 | 0,221 | 0,235 | 0,672 | 0,227 | 0,121 | 0,121 | 0,750 | 0,536 |
| 15 | 0,572 | 0,529 | 0,529 | 0,528 | 0,536 | 0,675 | 0,481 | 0,130 | 0,130 | 0,742 | 0,434 |
| 16 | 0,672 | 0,529 | 0,530 | 0,533 | 0,549 | 0,683 | 0,500 | 0,148 | 0,813 | 0,148 | 0,674 |
| 18 | 0,617 | 0,525 | 0,526 | 0,527 | 0,540 | 0,651 | 0,489 | 0,138 | 0,768 | 0,138 | 0,569 |
| 20 | 0,681 | 0,750 | 0,749 | 0,747 | 0,757 | 0,655 | 0,674 | 0,147 | 0,147 | 0,773 | 0,542 |
| 21 | 0,397 | 0,500 | 0,497 | 0,492 | 0,490 | 0,596 | 0,432 | 0,097 | 0,097 | 0,625 | 0,097 |
| 22 | 0,782 | 0,750 | 0,751 | 0,752 | 0,770 | 0,664 | 0,695 | 0,867 | 0,167 | 0,167 | 0,786 |
| 23 | 0,725 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,760 | 0,623 | 0,683 | 0,156 | 0,821 | 0,156 | 0,684 |
| 24 | 0,464 | 0,226 | 0,228 | 0,232 | 0,244 | 0,580 | 0,238 | 0,114 | 0,114 | 0,738 | 0,498 |
| 28 | 0,557 | 0,748 | 0,746 | 0,742 | 0,749 | 0,470 | 0,671 | 0,127 | 0,127 | 0,736 | 0,411 |
| 29 | 0,607 | 0,744 | 0,743 | 0,742 | 0,753 | 0,446 | 0,680 | 0,136 | 0,136 | 0,764 | 0,556 |
| 31 | 0,582 | 0,836 | 0,834 | 0,831 | 0,840 | 0,371 | 0,755 | 0,132 | 0,132 | 0,753 | 0,491 |
| 32 | 0,765 | 0,917 | 0,918 | 0,919 | 0,939 | 0,385 | 0,852 | 0,865 | 0,165 | 0,165 | 0,865 |
| 34 | 0,600 | 0,832 | 0,830 | 0,828 | 0,840 | 0,341 | 0,758 | 0,135 | 0,765 | 0,135 | 0,565 |
| 35 | 0,549 | 0,907 | 0,904 | 0,901 | 0,912 | 0,160 | 0,827 | 0,127 | 0,127 | 0,755 | 0,547 |
| 36 | 0,588 | 0,902 | 0,902 | 0,900 | 0,915 | 0,136 | 0,836 | 0,136 | 0,801 | 0,136 | 0,671 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do dano biológico; U_T - Função de prioridade total.

Tabela 2.24 – Valores da função de prioridade total das nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I no cenário VI, para as diferentes opções de proteção estudada na instalação aberta fixa.

| CENÁRIO VI | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | K(x) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _c) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 0 | 0,333 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,793 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,693 | 0,093 |
| 1 | 0,840 | 0,550 | 0,550 | 0,552 | 0,553 | 0,872 | 0,543 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,876 |
| 4 | 0,908 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,827 | 0,818 | 0,761 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,886 |
| 6 | 0,428 | 0,383 | 0,382 | 0,381 | 0,380 | 0,726 | 0,357 | 0,108 | 0,108 | 0,716 | 0,138 |
| 9 | 0,539 | 0,383 | 0,382 | 0,383 | 0,383 | 0,733 | 0,375 | 0,126 | 0,756 | 0,126 | 0,400 |
| 10 | 0,521 | 0,613 | 0,612 | 0,610 | 0,609 | 0,703 | 0,543 | 0,122 | 0,122 | 0,738 | 0,213 |
| 11 | 0,602 | 0,613 | 0,612 | 0,611 | 0,611 | 0,705 | 0,557 | 0,135 | 0,765 | 0,135 | 0,409 |
| 12 | 0,514 | 0,381 | 0,381 | 0,381 | 0,381 | 0,708 | 0,372 | 0,122 | 0,122 | 0,750 | 0,365 |
| 14 | 0,592 | 0,611 | 0,610 | 0,610 | 0,609 | 0,682 | 0,555 | 0,134 | 0,764 | 0,134 | 0,408 |
| 15 | 0,616 | 0,768 | 0,766 | 0,764 | 0,764 | 0,680 | 0,674 | 0,137 | 0,137 | 0,763 | 0,350 |
| 16 | 0,712 | 0,767 | 0,766 | 0,766 | 0,766 | 0,686 | 0,691 | 0,154 | 0,819 | 0,154 | 0,580 |
| 18 | 0,629 | 0,765 | 0,764 | 0,763 | 0,762 | 0,650 | 0,676 | 0,139 | 0,769 | 0,139 | 0,413 |
| 20 | 0,652 | 0,879 | 0,878 | 0,876 | 0,875 | 0,648 | 0,764 | 0,143 | 0,143 | 0,771 | 0,386 |
| 21 | 0,458 | 0,624 | 0,623 | 0,620 | 0,619 | 0,609 | 0,546 | 0,112 | 0,112 | 0,721 | 0,143 |
| 24 | 0,543 | 0,622 | 0,621 | 0,620 | 0,620 | 0,590 | 0,560 | 0,126 | 0,126 | 0,755 | 0,370 |
| 28 | 0,547 | 0,873 | 0,871 | 0,869 | 0,868 | 0,468 | 0,752 | 0,127 | 0,127 | 0,751 | 0,309 |
| 29 | 0,575 | 0,871 | 0,869 | 0,867 | 0,867 | 0,440 | 0,757 | 0,131 | 0,761 | 0,131 | 0,405 |
| 31 | 0,545 | 0,917 | 0,915 | 0,913 | 0,912 | 0,364 | 0,790 | 0,127 | 0,127 | 0,755 | 0,370 |
| 32 | 0,771 | 0,967 | 0,966 | 0,966 | 0,966 | 0,384 | 0,866 | 0,866 | 0,166 | 0,166 | 0,866 |
| 34 | 0,544 | 0,915 | 0,913 | 0,911 | 0,910 | 0,332 | 0,790 | 0,127 | 0,757 | 0,127 | 0,401 |
| 35 | 0,479 | 0,952 | 0,950 | 0,948 | 0,947 | 0,149 | 0,816 | 0,117 | 0,747 | 0,117 | 0,391 |
| 36 | 0,550 | 0,950 | 0,948 | 0,947 | 0,947 | 0,131 | 0,830 | 0,131 | 0,803 | 0,131 | 0,587 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do dano biológico; U_T - Função de prioridade total.

Tabela 2.25 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários I na instalação aberta fixa.

| Cenário I | | | | | | | | | | |
|-----------|--|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | |
| | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,854 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,877 | 0,513 | 0,513 | 0,513 | 0,513 |
| 4 | 0,815 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,835 | 0,721 | 0,721 | 0,721 | 0,721 |
| 5 | 0,747 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,755 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 8 | 0,727 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,728 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 |
| 13 | 0,677 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,694 | 0,548 | 0,548 | 0,548 | 0,548 |
| 19 | 0,715 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,727 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 |
| 25 | 0,667 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,687 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 |
| 26 | 0,661 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,655 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 |
| 27 | 0,619 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,628 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 30 | 0,469 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,474 | 0,748 | 0,748 | 0,748 | 0,748 |
| 32 | 0,471 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,490 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 |
| 33 | 0,568 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,582 | 0,762 | 0,762 | 0,762 | 0,762 |
| 35 | 0,284 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,267 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 |
| 37 | 0,117 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,116 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,910 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,927 | 0,516 | 0,516 | 0,516 | 0,516 |
| 4 | 0,864 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,879 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 5 | 0,765 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,771 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 8 | 0,730 | 0,544 | 0,544 | 0,544 | 0,544 | 0,730 | 0,544 | 0,544 | 0,544 | 0,544 |
| 13 | 0,719 | 0,549 | 0,549 | 0,549 | 0,549 | 0,731 | 0,550 | 0,550 | 0,550 | 0,550 |
| 19 | 0,744 | 0,678 | 0,678 | 0,678 | 0,678 | 0,752 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 |
| 25 | 0,715 | 0,678 | 0,678 | 0,678 | 0,678 | 0,728 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 |
| 26 | 0,647 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,643 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 |
| 27 | 0,642 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,649 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 |
| 30 | 0,481 | 0,749 | 0,749 | 0,749 | 0,749 | 0,484 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,750 |
| 32 | 0,516 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,529 | 0,832 | 0,832 | 0,832 | 0,832 |
| 33 | 0,603 | 0,764 | 0,764 | 0,764 | 0,764 | 0,613 | 0,764 | 0,764 | 0,764 | 0,764 |
| 35 | 0,244 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,232 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 37 | 0,113 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,112 | 0,808 | 0,808 | 0,808 | 0,808 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.26 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários II na instalação aberta fixa.

| Cenário II | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,826 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,859 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 4 | 0,804 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,831 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 |
| 14 | 0,686 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,688 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 |
| 16 | 0,695 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,698 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 18 | 0,679 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,685 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 20 | 0,670 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,654 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 |
| 22 | 0,688 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,704 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 |
| 23 | 0,657 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,667 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 |
| 24 | 0,632 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,629 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 |
| 29 | 0,517 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,514 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 |
| 32 | 0,471 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,493 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 |
| 34 | 0,437 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,438 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 |
| 35 | 0,291 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,285 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 |
| 36 | 0,271 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,278 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 |
| 37 | 0,119 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,121 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,906 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,929 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| 4 | 0,868 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,887 | 0,565 | 0,565 | 0,565 | 0,565 |
| 14 | 0,692 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,693 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,210 |
| 16 | 0,701 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,702 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 18 | 0,694 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,698 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 20 | 0,632 | 0,628 | 0,628 | 0,628 | 0,628 | 0,620 | 0,627 | 0,627 | 0,627 | 0,627 |
| 22 | 0,727 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,739 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 |
| 23 | 0,681 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,688 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,642 |
| 24 | 0,626 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,624 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,448 |
| 29 | 0,509 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,507 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 |
| 32 | 0,525 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,541 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 |
| 34 | 0,439 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,439 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 |
| 35 | 0,278 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,274 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 |
| 36 | 0,289 | 0,781 | 0,781 | 0,781 | 0,781 | 0,294 | 0,782 | 0,782 | 0,782 | 0,782 |
| 37 | 0,123 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,125 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.27 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários III na instalação aberta fixa.

| Cenário III | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(α) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(α) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,826 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,857 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 4 | 0,806 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,831 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 |
| 11 | 0,715 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,727 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 |
| 14 | 0,696 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,705 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 |
| 15 | 0,698 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,689 | 0,457 | 0,457 | 0,457 | 0,457 |
| 16 | 0,710 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,725 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 18 | 0,685 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | 0,694 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 |
| 20 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 |
| 22 | 0,698 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,717 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 |
| 23 | 0,668 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,681 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,642 |
| 28 | 0,543 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,527 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 |
| 29 | 0,534 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,538 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 |
| 31 | 0,475 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,470 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 32 | 0,486 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,507 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 |
| 34 | 0,454 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,459 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 |
| 35 | 0,316 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,319 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,791 |
| 36 | 0,297 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,309 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 |
| 37 | 0,150 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,156 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 |
| 38 | 0,132 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,149 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,902 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,925 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| 4 | 0,867 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,886 | 0,565 | 0,565 | 0,565 | 0,565 |
| 11 | 0,744 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,753 | 0,218 | 0,218 | 0,218 | 0,218 |
| 14 | 0,719 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,726 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 |
| 15 | 0,675 | 0,455 | 0,455 | 0,455 | 0,455 | 0,668 | 0,454 | 0,454 | 0,454 | 0,454 |
| 16 | 0,747 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,758 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,470 |
| 18 | 0,706 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,712 | 0,464 | 0,464 | 0,464 | 0,464 |
| 20 | 0,690 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,690 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 |
| 22 | 0,744 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,757 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,651 |
| 23 | 0,699 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | 0,709 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 |
| 28 | 0,505 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,493 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,646 |
| 29 | 0,544 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,547 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 31 | 0,462 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,458 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 32 | 0,538 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,553 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 |
| 34 | 0,465 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,468 | 0,727 | 0,727 | 0,727 | 0,727 |
| 35 | 0,322 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,323 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 36 | 0,326 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,334 | 0,797 | 0,797 | 0,797 | 0,797 |
| 37 | 0,166 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,170 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 |
| 38 | 0,499 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,186 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 |

Tabela 2.28 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do dano biológico, do cenários IV na instalação aberta fixa.

| Cenário IV | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | |
| | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,826 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,859 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 4 | 0,807 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,833 | 0,571 | 0,571 | 0,571 | 0,571 |
| 10 | 0,706 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,696 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 |
| 11 | 0,717 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,732 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,236 |
| 14 | 0,699 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,712 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |
| 15 | 0,707 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,708 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 16 | 0,717 | 0,477 | 0,477 | 0,477 | 0,477 | 0,742 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,479 |
| 18 | 0,687 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,698 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,469 |
| 20 | 0,695 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,701 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 |
| 22 | 0,700 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,724 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 |
| 23 | 0,669 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,683 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 |
| 28 | 0,555 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,551 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 29 | 0,535 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,542 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| 31 | 0,479 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,480 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 |
| 32 | 0,486 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,508 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 |
| 34 | 0,455 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,462 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 |
| 35 | 0,317 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,322 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 |
| 36 | 0,298 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,311 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 37 | 0,150 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,157 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 38 | 0,132 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,149 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,905 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,928 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| 4 | 0,870 | 0,574 | 0,574 | 0,574 | 0,574 | 0,889 | 0,575 | 0,575 | 0,575 | 0,575 |
| 10 | 0,682 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,675 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 11 | 0,752 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,762 | 0,237 | 0,237 | 0,237 | 0,237 |
| 14 | 0,731 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,740 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,235 |
| 15 | 0,709 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,709 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 16 | 0,778 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,795 | 0,482 | 0,482 | 0,482 | 0,482 |
| 18 | 0,713 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,721 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,470 |
| 20 | 0,709 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,714 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 |
| 22 | 0,757 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,774 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| 23 | 0,704 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,715 | 0,652 | 0,652 | 0,652 | 0,652 |
| 28 | 0,547 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,544 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 29 | 0,551 | 0,661 | 0,661 | 0,661 | 0,661 | 0,556 | 0,662 | 0,662 | 0,662 | 0,662 |
| 31 | 0,481 | 0,731 | 0,731 | 0,731 | 0,731 | 0,482 | 0,731 | 0,731 | 0,731 | 0,731 |
| 32 | 0,540 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,555 | 0,821 | 0,821 | 0,821 | 0,821 |
| 34 | 0,472 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,477 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 |
| 35 | 0,328 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,332 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,791 |
| 36 | 0,330 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,339 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 |
| 37 | 0,168 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,173 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 |
| 38 | 0,173 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,185 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficiente monetário do dano biológico.

Tabela 2.29 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do dano biológico, do cenários V na instalação aberta fixa.

| Cenário V | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,830 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,871 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 4 | 0,795 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,828 | 0,591 | 0,591 | 0,591 | 0,591 |
| 10 | 0,682 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,678 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,213 |
| 11 | 0,687 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,706 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 |
| 14 | 0,663 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,681 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 |
| 15 | 0,673 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,678 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 |
| 16 | 0,673 | 0,485 | 0,485 | 0,485 | 0,485 | 0,694 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,486 |
| 18 | 0,643 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,658 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 |
| 20 | 0,651 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,659 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 21 | 0,605 | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,588 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,448 |
| 22 | 0,652 | 0,673 | 0,673 | 0,673 | 0,673 | 0,677 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,675 |
| 23 | 0,615 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,633 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 24 | 0,573 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,588 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 28 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 29 | 0,441 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,451 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 31 | 0,369 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,373 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 |
| 32 | 0,371 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,399 | 0,823 | 0,823 | 0,823 | 0,823 |
| 34 | 0,337 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,346 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,744 |
| 35 | 0,157 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,163 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 36 | 0,128 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,143 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,929 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,959 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 |
| 4 | 0,874 | 0,594 | 0,594 | 0,594 | 0,594 | 0,897 | 0,595 | 0,595 | 0,595 | 0,595 |
| 10 | 0,673 | 0,212 | 0,212 | 0,212 | 0,212 | 0,670 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 |
| 11 | 0,734 | 0,223 | 0,223 | 0,223 | 0,223 | 0,747 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 |
| 14 | 0,707 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,720 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 15 | 0,685 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,688 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,481 |
| 16 | 0,724 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,739 | 0,489 | 0,489 | 0,489 | 0,489 |
| 18 | 0,679 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,481 | 0,689 | 0,482 | 0,482 | 0,482 | 0,482 |
| 20 | 0,671 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,677 | 0,669 | 0,669 | 0,669 | 0,669 |
| 21 | 0,564 | 0,446 | 0,446 | 0,446 | 0,446 | 0,552 | 0,445 | 0,445 | 0,445 | 0,445 |
| 22 | 0,711 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,729 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 |
| 23 | 0,658 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,671 | 0,671 | 0,671 | 0,671 | 0,671 |
| 24 | 0,610 | 0,232 | 0,232 | 0,232 | 0,232 | 0,621 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 |
| 28 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,469 | 0,669 | 0,669 | 0,669 | 0,669 |
| 29 | 0,465 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,472 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,670 |
| 31 | 0,378 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,381 | 0,748 | 0,748 | 0,748 | 0,748 |
| 32 | 0,438 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,458 | 0,829 | 0,829 | 0,829 | 0,829 |
| 34 | 0,359 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,365 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,747 |
| 35 | 0,173 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,178 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 |
| 36 | 0,165 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,176 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 |

Tabela 2.30 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários VI na instalação aberta fixa.

| Cenário VI | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | | |
| 0 | 0,800 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,792 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | |
| 1 | 0,852 | 0,519 | 0,519 | 0,519 | 0,519 | 0,875 | 0,521 | 0,521 | 0,521 | 0,521 | |
| 4 | 0,799 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,820 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | |
| 6 | 0,735 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,725 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | |
| 9 | 0,730 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,733 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | |
| 10 | 0,711 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,702 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | |
| 11 | 0,704 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,705 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | |
| 12 | 0,706 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,708 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | |
| 14 | 0,681 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,682 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | |
| 15 | 0,684 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | |
| 16 | 0,680 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,687 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | |
| 18 | 0,651 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,650 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | |
| 20 | 0,651 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,647 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | |
| 21 | 0,620 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,607 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | |
| 24 | 0,591 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,590 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | |
| 28 | 0,474 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,467 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | |
| 29 | 0,442 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,440 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | |
| 31 | 0,368 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,364 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | |
| 32 | 0,367 | 0,833 | 0,833 | 0,833 | 0,833 | 0,386 | 0,835 | 0,835 | 0,835 | 0,835 | |
| 34 | 0,334 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,332 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | |
| 35 | 0,152 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,149 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | |
| 36 | 0,125 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,131 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | | |
| 0 | 0,780 | 0,112 | 0,112 | 0,112 | 0,112 | 0,775 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | |
| 1 | 0,908 | 0,523 | 0,523 | 0,523 | 0,523 | 0,925 | 0,524 | 0,524 | 0,524 | 0,524 | |
| 4 | 0,849 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,864 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | |
| 6 | 0,711 | 0,374 | 0,374 | 0,374 | 0,374 | 0,704 | 0,373 | 0,373 | 0,373 | 0,373 | |
| 9 | 0,738 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,740 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | |
| 10 | 0,689 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,682 | 0,555 | 0,555 | 0,555 | 0,555 | |
| 11 | 0,706 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,706 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | |
| 12 | 0,710 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,710 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | |
| 14 | 0,683 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,683 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | |
| 15 | 0,673 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,670 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | 0,679 | |
| 16 | 0,697 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,702 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | |
| 18 | 0,648 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,648 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | |
| 20 | 0,642 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,640 | 0,766 | 0,766 | 0,766 | 0,766 | |
| 21 | 0,590 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,581 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | |
| 24 | 0,589 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,588 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | |
| 28 | 0,457 | 0,755 | 0,755 | 0,755 | 0,755 | 0,452 | 0,755 | 0,755 | 0,755 | 0,755 | |
| 29 | 0,437 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,435 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | |
| 31 | 0,358 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,355 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | |
| 32 | 0,413 | 0,838 | 0,838 | 0,838 | 0,838 | 0,427 | 0,839 | 0,839 | 0,839 | 0,839 | |
| 34 | 0,328 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,326 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | |
| 35 | 0,145 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,142 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | |
| 36 | 0,140 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,144 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | |

Tabela 2.31 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários I na instalação aberta fixa.

| Cenário I | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,848 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,857 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,511 |
| 4 | 0,810 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,817 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 |
| 5 | 0,745 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,748 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 8 | 0,727 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,727 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 |
| 13 | 0,673 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,679 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 |
| 19 | 0,712 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,716 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 |
| 25 | 0,662 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,670 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,675 |
| 26 | 0,663 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,661 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 |
| 27 | 0,616 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,620 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 |
| 30 | 0,542 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,544 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 |
| 32 | 0,466 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,473 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,827 |
| 33 | 0,564 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,569 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 |
| 35 | 0,288 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,282 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 |
| 37 | 0,118 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,118 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,869 | 0,512 | 0,512 | 0,512 | 0,512 | 0,875 | 0,512 | 0,512 | 0,512 | 0,512 |
| 4 | 0,828 | 0,721 | 0,721 | 0,721 | 0,721 | 0,834 | 0,721 | 0,721 | 0,721 | 0,721 |
| 5 | 0,752 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,754 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 8 | 0,728 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,728 | 0,545 | 0,545 | 0,545 | 0,545 |
| 13 | 0,688 | 0,547 | 0,547 | 0,547 | 0,547 | 0,693 | 0,547 | 0,547 | 0,547 | 0,547 |
| 19 | 0,723 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,726 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 |
| 25 | 0,680 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,685 | 0,676 | 0,676 | 0,676 | 0,676 |
| 26 | 0,658 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 |
| 27 | 0,625 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,627 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 30 | 0,546 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,548 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 |
| 32 | 0,483 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,488 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 |
| 33 | 0,577 | 0,761 | 0,761 | 0,761 | 0,761 | 0,581 | 0,761 | 0,761 | 0,761 | 0,761 |
| 35 | 0,273 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,269 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 |
| 37 | 0,117 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,116 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.32 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários II na instalação aberta fixa.

| Cenário II | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,818 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,830 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 4 | 0,797 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,807 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 |
| 14 | 0,686 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,686 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 |
| 16 | 0,695 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,696 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 18 | 0,678 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,680 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 20 | 0,675 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,669 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 |
| 22 | 0,684 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | 0,690 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 |
| 23 | 0,655 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,658 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 |
| 24 | 0,632 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,632 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 |
| 29 | 0,518 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,517 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 |
| 32 | 0,465 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,474 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 34 | 0,437 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,437 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 35 | 0,292 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,290 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 |
| 36 | 0,269 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,272 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 |
| 37 | 0,119 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,120 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,847 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,856 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 4 | 0,821 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,828 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 |
| 14 | 0,688 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,688 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,210 |
| 16 | 0,697 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,698 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 18 | 0,683 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,685 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 |
| 20 | 0,660 | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,656 | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 |
| 22 | 0,699 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,703 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,646 |
| 23 | 0,664 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,666 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,640 |
| 24 | 0,630 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,630 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 |
| 29 | 0,515 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,514 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 |
| 32 | 0,485 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,491 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 |
| 34 | 0,438 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,438 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 35 | 0,287 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,286 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 |
| 36 | 0,276 | 0,779 | 0,779 | 0,779 | 0,779 | 0,278 | 0,779 | 0,779 | 0,779 | 0,779 |
| 37 | 0,121 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,121 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 |

3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.33 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários III na instalação aberta fixa.

| Cenário III | | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | | |
| 1 | 0,818 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,829 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | |
| 4 | 0,799 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,809 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | |
| 11 | 0,712 | 0,216 | 0,216 | 0,216 | 0,216 | 0,716 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | |
| 14 | 0,693 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,697 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | |
| 15 | 0,701 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,697 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | 0,458 | |
| 16 | 0,705 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,711 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | |
| 18 | 0,683 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | 0,686 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | 0,462 | |
| 20 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | |
| 22 | 0,693 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,646 | 0,700 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | |
| 23 | 0,664 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,669 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | 0,641 | |
| 28 | 0,547 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,542 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | |
| 29 | 0,532 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,534 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | |
| 31 | 0,476 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,474 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | |
| 32 | 0,480 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,488 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | |
| 34 | 0,453 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,455 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | |
| 35 | 0,316 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,317 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | |
| 36 | 0,294 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,299 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | |
| 37 | 0,148 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,151 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | |
| 38 | 0,128 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,134 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | | |
| 1 | 0,846 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,854 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | |
| 4 | 0,822 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,829 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | |
| 11 | 0,723 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,726 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | |
| 14 | 0,702 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,704 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | |
| 15 | 0,692 | 0,457 | 0,457 | 0,457 | 0,457 | 0,690 | 0,457 | 0,457 | 0,457 | 0,457 | |
| 16 | 0,719 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,724 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | |
| 18 | 0,691 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,693 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | |
| 20 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,691 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | |
| 22 | 0,710 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,715 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | |
| 23 | 0,676 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,679 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | |
| 28 | 0,533 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,529 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | |
| 29 | 0,536 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,537 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | 0,657 | |
| 31 | 0,472 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,470 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | |
| 32 | 0,499 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,505 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | |
| 34 | 0,457 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,458 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | |
| 35 | 0,318 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,318 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | |
| 36 | 0,305 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,308 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | |
| 37 | 0,154 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,156 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | |
| 38 | 0,656 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,148 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | |

3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.34 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do dano biológico, do cenários IV na instalação aberta fixa.

| Cenário IV | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,818 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,830 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 4 | 0,800 | 0,569 | 0,569 | 0,569 | 0,569 | 0,810 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,570 |
| 10 | 0,709 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,705 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 |
| 11 | 0,714 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,719 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,235 |
| 14 | 0,695 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,700 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |
| 15 | 0,707 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,707 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 16 | 0,710 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,476 | 0,720 | 0,477 | 0,477 | 0,477 | 0,477 |
| 18 | 0,684 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,688 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,469 |
| 20 | 0,693 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,696 | 0,647 | 0,647 | 0,647 | 0,647 |
| 22 | 0,694 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,703 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,654 |
| 23 | 0,665 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,670 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 |
| 28 | 0,556 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,554 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 29 | 0,533 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,536 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 |
| 31 | 0,479 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,479 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 |
| 32 | 0,480 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,488 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 |
| 34 | 0,453 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,456 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 |
| 35 | 0,316 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,318 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 |
| 36 | 0,295 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,299 | 0,790 | 0,790 | 0,790 | 0,790 |
| 37 | 0,148 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,150 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 |
| 38 | 0,128 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,134 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,847 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,856 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 4 | 0,824 | 0,571 | 0,571 | 0,571 | 0,571 | 0,831 | 0,571 | 0,571 | 0,571 | 0,571 |
| 10 | 0,700 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,697 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 |
| 11 | 0,727 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,730 | 0,236 | 0,236 | 0,236 | 0,236 |
| 14 | 0,707 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,711 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |
| 15 | 0,708 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,708 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 16 | 0,733 | 0,478 | 0,478 | 0,478 | 0,478 | 0,740 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,479 |
| 18 | 0,694 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,697 | 0,469 | 0,469 | 0,469 | 0,469 |
| 20 | 0,699 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,700 | 0,648 | 0,648 | 0,648 | 0,648 |
| 22 | 0,715 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,655 | 0,722 | 0,656 | 0,656 | 0,656 | 0,656 |
| 23 | 0,678 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,682 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 |
| 28 | 0,553 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,552 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 |
| 29 | 0,539 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,541 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| 31 | 0,480 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,480 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 |
| 32 | 0,500 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,506 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 |
| 34 | 0,460 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,461 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 |
| 35 | 0,320 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,322 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 |
| 36 | 0,307 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,791 | 0,310 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 37 | 0,154 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,156 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 38 | 0,143 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,148 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 |

3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficiente monetário do dano biológico.

Tabela 2.35 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários V na instalação aberta fixa.

| Cenário V | | | | | | | | | | |
|--|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,819 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,834 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 4 | 0,787 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,799 | 0,589 | 0,589 | 0,589 | 0,589 |
| 10 | 0,683 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,682 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,214 |
| 11 | 0,682 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,689 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 14 | 0,659 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,665 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,219 |
| 15 | 0,671 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,673 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 |
| 16 | 0,667 | 0,484 | 0,484 | 0,484 | 0,484 | 0,675 | 0,485 | 0,485 | 0,485 | 0,485 |
| 18 | 0,640 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,645 | 0,479 | 0,479 | 0,479 | 0,479 |
| 20 | 0,648 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,651 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 21 | 0,609 | 0,451 | 0,451 | 0,451 | 0,451 | 0,603 | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,450 |
| 22 | 0,646 | 0,672 | 0,672 | 0,672 | 0,672 | 0,655 | 0,673 | 0,673 | 0,673 | 0,673 |
| 23 | 0,610 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,666 | 0,617 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 24 | 0,569 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,575 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 28 | 0,471 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 29 | 0,439 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,442 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 31 | 0,368 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,369 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,745 |
| 32 | 0,364 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,374 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 |
| 34 | 0,335 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,338 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,743 |
| 35 | 0,155 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,158 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 |
| 36 | 0,124 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,130 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,856 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,867 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 4 | 0,816 | 0,590 | 0,590 | 0,590 | 0,590 | 0,825 | 0,590 | 0,590 | 0,590 | 0,590 |
| 10 | 0,680 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,679 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,213 |
| 11 | 0,700 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,705 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 |
| 14 | 0,675 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,680 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 |
| 15 | 0,676 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,677 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 |
| 16 | 0,686 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,692 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,486 |
| 18 | 0,653 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,657 | 0,480 | 0,480 | 0,480 | 0,480 |
| 20 | 0,656 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,658 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 21 | 0,594 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,589 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 |
| 22 | 0,668 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 |
| 23 | 0,626 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,631 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 24 | 0,583 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,587 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 28 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,470 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 29 | 0,448 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,450 | 0,668 | 0,668 | 0,668 | 0,668 |
| 31 | 0,371 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,372 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 |
| 32 | 0,389 | 0,822 | 0,822 | 0,822 | 0,822 | 0,396 | 0,823 | 0,823 | 0,823 | 0,823 |
| 34 | 0,343 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,345 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,744 |
| 35 | 0,161 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,163 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 36 | 0,138 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,142 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 |

3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.36 - Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, do cenários VI na instalação aberta fixa.

| Cenário VI | | | | | | | | | | |
|------------|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | |
| | Constante de crescimento do atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) | K(X) | K(a) | K(h ₂) | K(h ₃) | K(S _C) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 0 | 0,802 | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,799 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 |
| 1 | 0,845 | 0,519 | 0,519 | 0,519 | 0,519 | 0,854 | 0,519 | 0,519 | 0,519 | 0,519 |
| 4 | 0,794 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,801 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,736 |
| 6 | 0,737 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,734 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 |
| 9 | 0,730 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,731 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 |
| 10 | 0,713 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,710 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 |
| 11 | 0,704 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,705 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 |
| 12 | 0,706 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,707 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 |
| 14 | 0,681 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,681 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 |
| 15 | 0,691 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,689 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 |
| 16 | 0,679 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,681 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,683 |
| 18 | 0,651 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,651 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 |
| 20 | 0,652 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,651 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 |
| 21 | 0,623 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,619 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 |
| 24 | 0,592 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,591 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 |
| 28 | 0,476 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,474 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 |
| 29 | 0,443 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,442 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 |
| 31 | 0,369 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,368 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 |
| 32 | 0,362 | 0,832 | 0,832 | 0,832 | 0,832 | 0,370 | 0,833 | 0,833 | 0,833 | 0,833 |
| 34 | 0,335 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,334 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 |
| 35 | 0,153 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,152 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 |
| 36 | 0,124 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,126 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 0 | 0,795 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,793 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 |
| 1 | 0,867 | 0,520 | 0,520 | 0,520 | 0,520 | 0,873 | 0,520 | 0,520 | 0,520 | 0,520 |
| 4 | 0,812 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,818 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | 0,737 |
| 6 | 0,728 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,726 | 0,375 | 0,375 | 0,375 | 0,375 |
| 9 | 0,732 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,733 | 0,378 | 0,378 | 0,378 | 0,378 |
| 10 | 0,705 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,703 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,557 |
| 11 | 0,705 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,705 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 |
| 12 | 0,707 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,708 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 |
| 14 | 0,682 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,682 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 |
| 15 | 0,687 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,686 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 |
| 16 | 0,685 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,687 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,683 |
| 18 | 0,650 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,650 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 |
| 20 | 0,649 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,648 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 |
| 21 | 0,612 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,609 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 |
| 24 | 0,591 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,590 | 0,562 | 0,562 | 0,562 | 0,562 |
| 28 | 0,470 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,468 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 |
| 29 | 0,441 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,440 | 0,754 | 0,754 | 0,754 | 0,754 |
| 31 | 0,366 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,364 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 |
| 32 | 0,380 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,385 | 0,835 | 0,835 | 0,835 | 0,835 |
| 34 | 0,333 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,332 | 0,785 | 0,785 | 0,785 | 0,785 |
| 35 | 0,151 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,150 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 |
| 36 | 0,129 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,131 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |

3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficiente monetário do detrimento biológico.

Tabela 2.38– Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade IV, avaliação direta, nos cenários de irradiação da instalação aberta fixa, para diferentes taxa de juros aplicados ao custo de proteção.

| Avaliação direta | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Função de prioridade total dos atributos de proteção "U _T " | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coeficiente monetário do detrimento biológico | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
| | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
| | 3% | | | | | | | | 6% | | | | | | | |
| 1 | 0,547 | 0,547 | 0,550 | 0,551 | 0,556 | 0,557 | 0,559 | 0,559 | | | | | | | | |
| 4 | 0,807 | 0,807 | 0,808 | 0,808 | 0,809 | 0,810 | 0,810 | 0,811 | | | | | | | | |
| 5 | 0,062 | 0,062 | 0,064 | 0,065 | 0,079 | 0,079 | 0,081 | 0,081 | | | | | | | | |
| 8 | 0,599 | 0,599 | 0,598 | 0,598 | 0,604 | 0,604 | 0,603 | 0,603 | | | | | | | | |
| 13 | 0,594 | 0,594 | 0,596 | 0,596 | 0,597 | 0,598 | 0,599 | 0,599 | | | | | | | | |
| 19 | 0,757 | 0,757 | 0,757 | 0,757 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | | | | | | | | |
| 25 | 0,753 | 0,753 | 0,754 | 0,754 | 0,752 | 0,753 | 0,754 | 0,754 | | | | | | | | |
| 26 | 0,741 | 0,741 | 0,738 | 0,737 | 0,741 | 0,740 | 0,738 | 0,737 | | | | | | | | |
| 27 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | | | | | | | | |
| 30 | 0,853 | 0,853 | 0,852 | 0,851 | 0,846 | 0,845 | 0,844 | 0,844 | | | | | | | | |
| 32 | 0,944 | 0,944 | 0,945 | 0,945 | 0,935 | 0,935 | 0,935 | 0,935 | | | | | | | | |
| 33 | 0,862 | 0,862 | 0,861 | 0,861 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | | | | | | | | |
| 35 | 0,922 | 0,922 | 0,917 | 0,915 | 0,909 | 0,907 | 0,903 | 0,902 | | | | | | | | |
| 37 | 0,932 | 0,932 | 0,929 | 0,928 | 0,914 | 0,913 | 0,911 | 0,910 | | | | | | | | |
| | 9% | | | | | | | | 10% | | | | | | | |
| 1 | 0,565 | 0,565 | 0,568 | 0,569 | 0,575 | 0,576 | 0,578 | 0,579 | | | | | | | | |
| 4 | 0,812 | 0,812 | 0,813 | 0,813 | 0,814 | 0,815 | 0,815 | 0,816 | | | | | | | | |
| 5 | 0,097 | 0,097 | 0,098 | 0,099 | 0,115 | 0,116 | 0,117 | 0,118 | | | | | | | | |
| 8 | 0,609 | 0,609 | 0,608 | 0,608 | 0,615 | 0,614 | 0,614 | 0,613 | | | | | | | | |
| 13 | 0,601 | 0,601 | 0,602 | 0,603 | 0,605 | 0,605 | 0,606 | 0,607 | | | | | | | | |
| 19 | 0,759 | 0,759 | 0,759 | 0,759 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | | | | | | | | |
| 25 | 0,752 | 0,752 | 0,753 | 0,754 | 0,752 | 0,752 | 0,753 | 0,753 | | | | | | | | |
| 26 | 0,741 | 0,741 | 0,738 | 0,737 | 0,741 | 0,740 | 0,738 | 0,738 | | | | | | | | |
| 27 | 0,734 | 0,734 | 0,734 | 0,734 | 0,733 | 0,733 | 0,732 | 0,732 | | | | | | | | |
| 30 | 0,838 | 0,838 | 0,836 | 0,836 | 0,830 | 0,829 | 0,828 | 0,828 | | | | | | | | |
| 32 | 0,924 | 0,924 | 0,925 | 0,925 | 0,913 | 0,914 | 0,914 | 0,914 | | | | | | | | |
| 33 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,845 | 0,845 | 0,845 | 0,845 | | | | | | | | |
| 35 | 0,894 | 0,894 | 0,889 | 0,888 | 0,879 | 0,877 | 0,875 | 0,873 | | | | | | | | |
| 37 | 0,894 | 0,894 | 0,892 | 0,891 | 0,874 | 0,873 | 0,871 | 0,871 | | | | | | | | |

3%, 6%, 9% e 12% – Juros anuais aplicados ao custo de proteção de acordo com a tabela price.

Tabela 2.39 – Número de vezes que as opções de proteção apareceram como solução analítica ótima nos diferentes tipos de avaliação, em cada cenários de irradiação, na instalação aberta fixa.

| Opção | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} |
|-------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------------|-------------|------------|----------------|-----------------|
| | Cenário I | | | | Cenário II | | | | Cenário III | | | |
| 1 | | | 1 | 4 | | | 1 | 4 | | | 1 | 4 |
| 4 | | 1 | 4 | | | 1 | 2 | | | 1 | 1 | |
| 8 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 22 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | 1 |
| 32 | 4 | | 1 | 16 | 4 | | 1 | 16 | 4 | | | |
| 33 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 38 | | | | | | | | | | | 1 | 16 |
| | Cenário IV | | | | Cenário V | | | | Cenário VI | | | |
| 1 | | | 1 | 4 | | | 1 | 4 | | | 1 | 4 |
| 4 | | 1 | 2 | | | 1 | 2 | | | 1 | 2 | |
| 15 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 16 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 20 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 23 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 32 | 4 | | 1 | 16 | 4 | | 1 | 16 | 4 | | 1 | 16 |

Tabela 2.40 – Resultados do desempenho das opções de proteção consideradas como SÃO, nos cenários de irradiação na instalação aberta fixa.

| Opção | Cenário I | Cenário II | Cenário III | Cenário IV | Cenário V | Cenário VI | NT/C | NCT | NTA | NTC | %F ₁ |
|-------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|------|-----|-----|-----|-----------------|
| 1 | x | x | x | x | x | x | 31 | 6 | 30 | 186 | 16 |
| 4 | x | x | x | x | x | x | 31 | 6 | 18 | 186 | 10 |
| 8 | x | | | | | | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 15 | | | | | | x | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 16 | | | | | | x | 31 | 5 | 1 | 155 | 1 |
| 18 | | x | | | | | 31 | 5 | 1 | 155 | 1 |
| 20 | | | | x | x | x | 31 | 5 | 4 | 155 | 3 |
| 22 | | x | | | | | 31 | 4 | 1 | 124 | 1 |
| 23 | | | x | x | x | | 31 | 4 | 3 | 124 | 2 |
| 32 | x | x | x | x | x | x | 31 | 6 | 126 | 186 | 68 |
| 33 | x | | | | | | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 34 | | | x | | | | 31 | 5 | 1 | 31 | 3 |
| 38 | | | x | | | | 31 | 2 | 17 | 31 | 55 |

NT/C - Número de testes por cenário de irradiação - Avaliação lógica (1 teste), Avaliação direta (4 testes), Análise de sensibilidade I (6 testes), Análise de sensibilidade II (20 testes); NCT - Números de cenários em que a opção foi testada; NTA - Número de vezes em que a opção apareceu como solução analítica ótima; NTC - Número de teste em que a opção de proteção foi submetida nos cenários de irradiação; %F₁ - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como solução analítica ótima (%F₁=100xNTA/NTC).

Tabela 2.41 – Valores dos atributos das opções de proteção otimizadas, na instalação aberta fixa.

| dh | Opção | X_p | $X_p + X_Y + X_a$ | $X_p + X_Y$ | h | S_c | $a(m^2)$ |
|--------------------|-------|-------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| h < 5 mSv | 1 | 16 | 18857 | 157 | 0,002 | 0,047 | 37399 |
| | 4 | 313 | 8622 | 454 | 0,002 | 0,047 | 16336 |
| | 32 | 2196 | 3785 | 2337 | 0,002 | 0,047 | 2897 |
| | 38 | 4145 | 4830 | 4292 | 0,004 | 0,049 | 1076 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 16 | 766 | 9188 | 928 | 0,010 | 0,055 | 16520 |
| | 22 | 938 | 6944 | 1097 | 0,008 | 0,053 | 11693 |
| | 23 | 1037 | 5951 | 1198 | 0,010 | 0,055 | 9506 |
| | 33 | 1999 | 4721 | 2112 | 0,006 | 0,051 | 10210 |
| | 34 | 2257 | 5146 | 2440 | 0,016 | 0,061 | 5411 |
| h > 15 mSv | 8 | 626 | 17004 | 818 | 0,019 | 0,064 | 32373 |
| | 15 | 717 | 9163 | 903 | 0,017 | 0,062 | 16520 |
| | 18 | 865 | 10859 | 1054 | 0,018 | 0,063 | 19610 |
| | 20 | 889 | 5831 | 1078 | 0,018 | 0,063 | 9506 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Siervert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares); h- Dose equivalente individual anual (Sv); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa).

Tabela 2.42 - Valores das freqüências e preferências relativas dos atributos de proteção, das opções otimizadas na instalação aberta fixa.

| dh | Opção | %F ₁ | %P(X_p) | %P($X_p + X_Y$) | %P($X_p + X_Y + X_a$) | %P(h) | %P(S_c) | %P(a) | E ₁ | E ₂ | E ₃ |
|--------------------|-------|-----------------|-------------|-------------------|-------------------------|-------|-------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| h < 5 mSv | 1 | 16 | 100 | 100 | 0 | 100 | 100 | 0 | 316 | 316 | 216 |
| | 4 | 10 | 93 | 93 | 68 | 100 | 100 | 58 | 360 | 360 | 336 |
| | 32 | 68 | 47 | 47 | 100 | 100 | 100 | 95 | 410 | 410 | 463 |
| | 38 | 55 | 0 | 0 | 93 | 88 | 88 | 100 | 331 | 331 | 424 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 16 | 1 | 82 | 81 | 64 | 53 | 53 | 57 | 246 | 245 | 228 |
| | 22 | 1 | 78 | 77 | 79 | 65 | 65 | 71 | 279 | 278 | 280 |
| | 23 | 2 | 75 | 75 | 86 | 53 | 53 | 77 | 259 | 259 | 271 |
| | 33 | 3 | 52 | 53 | 94 | 76 | 76 | 75 | 292 | 292 | 325 |
| | 34 | 3 | 46 | 45 | 91 | 18 | 18 | 88 | 172 | 171 | 218 |
| h > 15 mSv | 8 | 3 | 85 | 84 | 12 | 0 | 0 | 14 | 102 | 101 | 29 |
| | 15 | 3 | 83 | 82 | 64 | 12 | 12 | 57 | 167 | 166 | 149 |
| | 18 | 1 | 79 | 78 | 53 | 6 | 6 | 49 | 141 | 140 | 114 |
| | 20 | 3 | 79 | 78 | 86 | 6 | 6 | 77 | 170 | 169 | 178 |

%F₁- Freqüência relativa de aparição da opção de proteção como SAO; %P(X_p), %P($X_p + X_Y$), %P($X_p + X_Y + X_a$), %P(h) e %P(S_c) e %P(a) - Preferência relativa pelos atributos de proteção; E₁, E₂ e E₃ - Escore (Soma dos valores da freqüência de aparição como SAO e preferências relativas dos atributos de proteção. E₁ = %F₁+%P(X_p)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a); E₂ = %F₁+%P($X_p + X_Y$)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a); E₃ = %F₁+%P($X_p + X_Y + X_a$)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a)

APÊNDICE 3

INSTALAÇÃO ABERTA MÓVEL

Tabela 3.1 – Taxa de dose e dose equivalente anual calculada para indivíduos do público nas residências, "R", resultante das exposições das juntas "J" na instalação aberta móvel (ensaios realizados ao nível do solo), para ^{192}Ir com 1,85 TBq e blindagem de 19 mm de Pb.

| Taxa de dose equivalente na residência "R", resultante da exposição na junta "J" (mSv/h) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| R | J ₁ | J ₂ | J ₃ | J ₄ | J ₅ | J ₆ | J ₇ | J ₈ | J ₉ | J ₁₀ | *H _{PP} |
| R ₁ | 0,1520 | 0,0770 | 0,0320 | 0,0150 | 0,0090 | 0,0050 | 0,0040 | 0,0030 | 0,0020 | 0,0010 | 0,700 |
| R ₂ | 0,0042 | 0,1100 | 0,1360 | 0,0570 | 0,0250 | 0,0020 | 0,0070 | 0,0050 | 0,0030 | 0,0020 | 0,819 |
| R ₃ | 0,0130 | 0,0250 | 0,0570 | 0,1360 | 0,0770 | 0,0420 | 0,0190 | 0,0100 | 0,0060 | 0,0040 | 0,907 |
| R ₄ | 0,0050 | 0,0090 | 0,0150 | 0,0320 | 0,0770 | 0,1520 | 0,0770 | 0,0320 | 0,0150 | 0,0090 | 0,986 |
| R ₅ | 0,0030 | 0,0040 | 0,0060 | 0,0100 | 0,0190 | 0,0420 | 0,1100 | 0,1360 | 0,0570 | 0,0250 | 0,961 |
| R ₆ | 0,0020 | 0,0020 | 0,0030 | 0,0050 | 0,0070 | 0,0130 | 0,0250 | 0,0570 | 0,1360 | 0,1100 | 0,840 |
| R ₇ | 0,0010 | 0,0009 | 0,0020 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0050 | 0,0090 | 0,0150 | 0,0320 | 0,0770 | 0,347 |
| R ₈ | 0,0007 | 0,0009 | 0,0010 | 0,0015 | 0,0020 | 0,0030 | 0,0040 | 0,0060 | 0,0100 | 0,0190 | 0,112 |
| R ₉ | 0,0005 | 0,0006 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0020 | 0,0010 | 0,0030 | 0,0050 | 0,0030 | 0,042 |
| R ₁₀ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0020 | 0,0010 | 0,0040 | 0,027 |

h_{PP} – Dose equivalente calculada para os indivíduos do público nas residências oriunda das exposições nas juntas radiografadas (mSv).

Tabela 3.2 – Taxa de dose e dose equivalente anual calculada para indivíduos do público nas residências, "R", resultante das exposições das juntas "J" na instalação aberta móvel (ensaios realizados ao nível do solo), para ^{192}Ir com 1,1 TBq e blindagem de 19 mm de Pb.

| Taxa de dose equivalente na residência "R", resultante da exposição na junta "J" (mSv/h) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| R | J ₁ | J ₂ | J ₃ | J ₄ | J ₅ | J ₆ | J ₇ | J ₈ | J ₉ | J ₁₀ | h _{PP} |
| R ₁ | 0,0911 | 0,0470 | 0,0190 | 0,0092 | 0,0051 | 0,0032 | 0,0021 | 0,0015 | 0,0011 | 0,0008 | 0,720 |
| R ₂ | 0,0250 | 0,0654 | 0,0819 | 0,0342 | 0,0147 | 0,0075 | 0,0044 | 0,0028 | 0,0019 | 0,0013 | 0,956 |
| R ₃ | 0,0075 | 0,0147 | 0,0342 | 0,0819 | 0,0654 | 0,0250 | 0,0114 | 0,0061 | 0,0037 | 0,0024 | 0,997 |
| R ₄ | 0,0032 | 0,0051 | 0,0092 | 0,0190 | 0,0470 | 0,0911 | 0,0470 | 0,0190 | 0,0092 | 0,0051 | 1,000 |
| R ₅ | 0,0017 | 0,0024 | 0,0037 | 0,0061 | 0,0114 | 0,0250 | 0,0654 | 0,0819 | 0,0342 | 0,0147 | 0,986 |
| R ₆ | 0,0009 | 0,0013 | 0,0019 | 0,0028 | 0,0044 | 0,0075 | 0,0654 | 0,0819 | 0,0342 | 0,0147 | 0,860 |
| R ₇ | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0021 | 0,0032 | 0,0051 | 0,0092 | 0,0190 | 0,0470 | 0,358 |
| R ₈ | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0012 | 0,0017 | 0,0024 | 0,0037 | 0,0061 | 0,0114 | 0,116 |
| R ₉ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0070 | 0,0009 | 0,0008 | 0,0019 | 0,0028 | 0,0044 | 0,078 |
| R ₁₀ | 0,0002 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0021 | 0,030 |

h_{PP} – Dose equivalente individual anual calculada para os indivíduos do público nas residências oriunda das exposições nas juntas radiografadas (mSv).

Tabela 3.3 – Taxa de dose e dose equivalente anual calculada para indivíduos do público nas residências, "R", resultante das exposições das juntas "J" na instalação aberta móvel (ensaios realizados ao nível do solo), para ^{192}Ir com 0,74 TBq e blindagem de 19 mm de Pb.

| Taxa de dose equivalente na residência "R", resultante da exposição na junta "J" (mSv/h) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| R | J ₁ | J ₂ | J ₃ | J ₄ | J ₅ | J ₆ | J ₇ | J ₈ | J ₉ | J ₁₀ | $h_{P/P}$ |
| R ₁ | 0,0607 | 0,0315 | 0,0127 | 0,0062 | 0,0034 | 0,0021 | 0,0014 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,707 |
| R ₂ | 0,0169 | 0,0436 | 0,0546 | 0,0228 | 0,0098 | 0,0050 | 0,0029 | 0,0018 | 0,0013 | 0,0009 | 0,938 |
| R ₃ | 0,0050 | 0,0098 | 0,0228 | 0,0546 | 0,0436 | 0,0169 | 0,0076 | 0,0041 | 0,0025 | 0,0016 | 0,991 |
| R ₄ | 0,0021 | 0,0034 | 0,0062 | 0,0127 | 0,0315 | 0,0607 | 0,0315 | 0,0127 | 0,0062 | 0,0034 | 1,000 |
| R ₅ | 0,0011 | 0,0016 | 0,0025 | 0,0041 | 0,0076 | 0,0169 | 0,0436 | 0,0546 | 0,0228 | 0,0098 | 0,968 |
| R ₆ | 0,0007 | 0,0009 | 0,0013 | 0,0018 | 0,0029 | 0,0050 | 0,0098 | 0,0228 | 0,0546 | 0,0436 | 0,843 |
| R ₇ | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0014 | 0,0021 | 0,0034 | 0,0062 | 0,0127 | 0,0315 | 0,352 |
| R ₈ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0011 | 0,0016 | 0,0025 | 0,0041 | 0,0076 | 0,115 |
| R ₉ | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0013 | 0,0018 | 0,0029 | 0,052 |
| R ₁₀ | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0014 | 0,029 |

$h_{P/P}$ – Dose equivalente individual anual calculada para os indivíduos do público nas residências oriunda das exposições nas juntas radiografadas (mSv).

Tabela 3.4 – Taxa de dose e dose equivalente anual calculada para indivíduos do público nas residências "R", resultante das exposições das juntas "J" na instalação aberta móvel (ensaios realizados ao nível do solo), para ^{192}Ir com 0.37 TBq e blindagem de 19 mm de Pb.

| Taxa de dose equivalente na residência "R", resultante da exposição na junta "J" (mSv/h) | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| R | J ₁ | J ₂ | J ₃ | J ₄ | J ₅ | J ₆ | J ₇ | J ₈ | J ₉ | J ₁₀ | $h_{P/P}$ |
| R ₁ | 0,0304 | 0,0157 | 0,0064 | 0,0031 | 0,0017 | 0,0010 | 0,0007 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0003 | 0,643 |
| R ₂ | 0,0086 | 0,0218 | 0,0273 | 0,0114 | 0,0049 | 0,0025 | 0,0015 | 0,0009 | 0,0006 | 0,0004 | 0,853 |
| R ₃ | 0,0025 | 0,0049 | 0,0114 | 0,0273 | 0,0218 | 0,0086 | 0,0038 | 0,0020 | 0,0012 | 0,0008 | 0,900 |
| R ₄ | 0,0010 | 0,0017 | 0,0031 | 0,0064 | 0,0157 | 0,0304 | 0,0157 | 0,0064 | 0,0031 | 0,0017 | 0,910 |
| R ₅ | 0,0006 | 0,0008 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0038 | 0,0086 | 0,0218 | 0,0273 | 0,0114 | 0,0049 | 0,880 |
| R ₆ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0015 | 0,0025 | 0,0049 | 0,0114 | 0,0273 | 0,0218 | 0,765 |
| R ₇ | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,0010 | 0,0017 | 0,0031 | 0,0064 | 0,0157 | 0,320 |
| R ₈ | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0008 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0038 | 0,103 |
| R ₉ | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0015 | 0,047 |
| R ₁₀ | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0007 | 0,026 |

$h_{P/P}$ – Dose equivalente individual anual calculada para os indivíduos do público nas residências oriunda das exposições nas juntas radiografadas (mSv).

Tabela 3.5 – Taxa de dose e dose equivalente anual calculada para indivíduos do público nas residências, "R", resultante das exposições das juntas "J" na instalação aberta móvel, para ensaios realizados em vala para ^{192}Ir com 0,37 TBq.

| Taxa de dose equivalente na residência "R", resultante da exposição na junta "J" (mSv/h) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| | J ₁ | J ₂ | J ₃ | J ₄ | J ₅ | J ₆ | J ₇ | J ₈ | J ₉ | J ₁₀ | h_{PP} |
| R | | | | | | | | | | | |
| R ₁ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $1,1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $1,1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₂ | $3,4 \times 10^{-32}$ | $8,1 \times 10^{-18}$ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $4,7 \times 10^{-27}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₃ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $4,7 \times 10^{-27}$ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $8,1 \times 10^{-18}$ | $8,1 \times 10^{-18}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₄ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $1,1 \times 10^{-33}$ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $1,1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₅ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 10^{-33}$ | $3,4 \times 10^{-32}$ | $8,1 \times 10^{-18}$ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $4,7 \times 10^{-27}$ | $< 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₆ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 10^{-33}$ | $< 10^{-33}$ | $< 10^{-33}$ | $4,7 \times 10^{-27}$ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $8,1 \times 10^{-18}$ | $\ll 1$ |
| R ₇ | $3,9 \times 10^{-12}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $1,1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₈ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₉ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |
| R ₁₀ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $< 1 \times 10^{-33}$ | $\ll 1$ |

h_{PP} – Dose equivalente individual anual calculada para os indivíduos do público nas residências oriunda das exposições nas juntas radiografadas (mSv).

Tabela 3.6 – Características das opções de proteção dos cenários de irradiação na instalação aberta móvel.

| Cenário I.a | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Opção | Atributo de proteção | | | | Função de prioridade parcial | | | | | Custo de proteção total | | | |
| | X _P | h _{OP} | h _{P/P} | S _C | u(X) | u(h ₁) | u(h ₂) | u(h ₃) | u(S _C) | X _P +X _V | X _P +X _V | X _P +X _V | X _P +X _V |
| 1 | 1217 | 0,0237 | 0,081 | 0,095 | 0,254 | | | 0,866 | 0,000 | 1501 | 2164 | 3111 | 3585 |
| 2 | 1616 | 0,0120 | 0,043 | 0,048 | 0,000 | | 0,930 | | 0,607 | 1760 | 2096 | 2576 | 2816 |
| 3 | 1283 | 0,0120 | 0,081 | 0,048 | 0,211 | | 0,930 | | 0,607 | 1427 | 1763 | 2243 | 2483 |
| 4 | 1303 | 0,0091 | 0,081 | 0,036 | 0,198 | | 0,959 | | 0,756 | 1412 | 1668 | 2033 | 2215 |
| 5 | 38 | 0,0045 | 0,033 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 0,999 | 91 | 216 | 394 | 483 |
| Cenário I.b | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0045 | 0,023 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 91 | 216 | 394 | 483 |
| 6 | 815 | 0,0500 | 0,160 | 0,200 | 0,183 | | | 0,000 | 0,000 | 1415 | 2815 | 4815 | 5815 |
| 7 | 857 | 0,0312 | 0,160 | 0,125 | 0,138 | | | 0,795 | 0,411 | 1232 | 2107 | 3356 | 3981 |
| 8 | 903 | 0,0184 | 0,160 | 0,074 | 0,090 | | | 0,890 | 0,693 | 1124 | 1639 | 2375 | 2743 |
| 9 | 945 | 0,0120 | 0,160 | 0,048 | 0,045 | | | 0,930 | 0,834 | 1089 | 1425 | 1905 | 2145 |
| 10 | 988 | 0,0073 | 0,160 | 0,029 | 0,000 | | | 0,977 | 0,938 | 1075 | 1278 | 1569 | 1714 |
| Cenário I.c | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0045 | 0,013 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 91 | 216 | 394 | 483 |
| 12 | 373 | 0,0420 | 0,310 | 0,168 | 0,244 | | | 0,533 | 0,000 | 877 | 2052 | 3731 | 4571 |
| 13 | 395 | 0,0312 | 0,310 | 0,125 | 0,194 | | | 0,797 | 0,287 | 770 | 1645 | 2894 | 3519 |
| 14 | 438 | 0,0189 | 0,310 | 0,076 | 0,097 | | | 0,888 | 0,615 | 665 | 1195 | 1952 | 2331 |
| 15 | 481 | 0,0128 | 0,310 | 0,051 | 0,000 | | | 0,923 | 0,780 | 634 | 991 | 1501 | 1756 |
| Cenário II.a | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1217 | 0,0245 | 0,183 | 0,098 | 0,100 | | | 0,861 | 0,000 | 1511 | 2197 | 3176 | 3666 |
| 4 | 1305 | 0,0095 | 0,183 | 0,038 | 0,032 | | | 0,955 | 0,751 | 1419 | 1684 | 2063 | 2253 |
| 5 | 38 | 0,0046 | 0,034 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 93 | 222 | 406 | 498 |
| 16 | 1259 | 0,0155 | 0,183 | 0,062 | 0,067 | | | 0,899 | 0,450 | 1445 | 1879 | 2499 | 2809 |
| 19 | 1347 | 0,0060 | 0,183 | 0,024 | 0,000 | | | 0,990 | 0,923 | 1419 | 1589 | 1830 | 1951 |
| Cenário II.b | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0046 | 0,028 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 93 | 222 | 406 | 498 |
| 7 | 857 | 0,0325 | 0,335 | 0,130 | 0,138 | | | 0,779 | 0,248 | 1247 | 2157 | 3457 | 4107 |
| 8 | 903 | 0,0192 | 0,335 | 0,077 | 0,090 | | | 0,887 | 0,606 | 1133 | 1671 | 2438 | 2822 |
| 9 | 945 | 0,0120 | 0,335 | 0,048 | 0,045 | | | 0,930 | 0,799 | 1089 | 1425 | 1905 | 2145 |
| 10 | 988 | 0,0076 | 0,335 | 0,030 | 0,000 | | | 0,975 | 0,918 | 1079 | 1290 | 1592 | 1743 |
| 17 | 837 | 0,0417 | 0,335 | 0,167 | 0,159 | | | 0,545 | 0,000 | 1337 | 2505 | 4172 | 5006 |
| Cenário II.c | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0046 | 0,014 | 0,018 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 93 | 222 | 406 | 498 |
| 12 | 373 | 0,0391 | 0,630 | 0,156 | 0,309 | | | 0,635 | 0,000 | 842 | 1937 | 3501 | 4283 |
| 13 | 395 | 0,0292 | 0,630 | 0,117 | 0,264 | | | 0,822 | 0,286 | 745 | 1561 | 2727 | 3310 |
| 14 | 438 | 0,0177 | 0,630 | 0,071 | 0,175 | | | 0,893 | 0,618 | 650 | 1145 | 1852 | 2205 |
| 15 | 481 | 0,0110 | 0,630 | 0,044 | 0,087 | | | 0,940 | 0,812 | 613 | 921 | 1360 | 1580 |
| 18 | 523 | 0,0070 | 0,630 | 0,028 | 0,000 | | | 0,980 | 0,928 | 607 | 803 | 1082 | 1222 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); h_{OP} - Dose equivalente individual anual (Sv); h_{P/P} - Dose equivalente individual anual calculada para indivíduo do público (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sv-pessoa); u(X), u(h) e u(S_C) - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção; X_V - Custo do detrimento biológico; 3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficientes monetários do detrimento biológico, S_C = 4 × h_{OP}

Tabela 3.6 – Características das opções de proteção dos cenários de irradiação na instalação aberta móvel. Continuação da tabela 3.6

| Cenário III.a | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------------|------------------|------------------|----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Opção | Atributo de proteção | | | | Função de prioridade parcial | | | | | Custo de proteção total | | | |
| | X _P | *h _{OP} | h _{P/P} | S _C | u(X) | u(h ₁) | u(h ₂) | u(h ₃) | u(S _C) | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y |
| 1 | 1217 | 0,0251 | 0,178 | 0,100 | 0,129 | | | 0,857 | 0,000 | 1517 | 2222 | 3227 | 3729 |
| 3 | 1283 | 0,0123 | 0,178 | 0,049 | 0,079 | | 0,927 | | 0,628 | 1431 | 1776 | 2269 | 2515 |
| 4 | 1305 | 0,0098 | 0,178 | 0,039 | 0,063 | | 0,952 | | 0,752 | 1423 | 1698 | 2091 | 2287 |
| 5 | 38 | 0,0047 | 0,034 | 0,019 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 95 | 227 | 416 | 510 |
| 20 | 1390 | 0,0062 | 0,178 | 0,025 | 0,000 | | 0,988 | | 0,931 | 1464 | 1638 | 1885 | 2009 |
| Cenário III.b | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0047 | 0,028 | 0,019 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 95 | 227 | 416 | 510 |
| 7 | 857 | 0,0333 | 0,278 | 0,133 | 0,138 | | | 0,766 | 0,248 | 1257 | 2190 | 3523 | 4190 |
| 9 | 945 | 0,0123 | 0,278 | 0,049 | 0,045 | | 0,927 | | 0,801 | 1093 | 1438 | 1931 | 2177 |
| 10 | 988 | 0,0077 | 0,278 | 0,031 | 0,000 | | 0,973 | | 0,921 | 1081 | 1298 | 1607 | 1762 |
| 17 | 837 | 0,0428 | 0,278 | 0,171 | 0,159 | | | 0,500 | 0,000 | 1350 | 2547 | 4258 | 5113 |
| Cenário III.c | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0047 | 0,014 | 0,019 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 95 | 227 | 416 | 510 |
| 12 | 373 | 0,0446 | 0,617 | 0,178 | 0,309 | | | 0,412 | 0,000 | 908 | 2155 | 3938 | 4829 |
| 14 | 438 | 0,0206 | 0,617 | 0,082 | 0,175 | | | 0,882 | 0,603 | 685 | 1260 | 2082 | 2493 |
| 15 | 481 | 0,0126 | 0,617 | 0,050 | 0,087 | | 0,925 | | 0,804 | 632 | 983 | 1485 | 1736 |
| 18 | 523 | 0,0079 | 0,617 | 0,032 | 0,000 | | 0,971 | | 0,920 | 618 | 840 | 1157 | 1316 |
| Cenário IV.a | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0041 | 0,030 | 0,017 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 88 | 203 | 368 | 451 |
| 21 | 1083 | 0,0280 | 0,210 | 0,112 | 0,111 | | | 0,833 | 0,000 | 1419 | 2203 | 3323 | 3883 |
| 22 | 1126 | 0,0177 | 0,210 | 0,071 | 0,075 | | | 0,893 | 0,433 | 1338 | 1833 | 2540 | 2893 |
| 23 | 1171 | 0,0108 | 0,210 | 0,043 | 0,037 | | 0,942 | | 0,723 | 1300 | 1602 | 2033 | 2249 |
| 24 | 1214 | 0,0068 | 0,210 | 0,027 | 0,000 | | 0,982 | | 0,891 | 1295 | 1485 | 1756 | 1892 |
| Cenário IV.b | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0041 | 0,250 | 0,017 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 88 | 203 | 368 | 451 |
| 6 | 815 | 0,0480 | 0,298 | 0,192 | 0,183 | | | 0,190 | 0,000 | 1391 | 2735 | 4655 | 5615 |
| 7 | 857 | 0,0292 | 0,298 | 0,117 | 0,138 | | | 0,822 | 0,431 | 1207 | 2023 | 3189 | 3772 |
| 9 | 945 | 0,0108 | 0,298 | 0,043 | 0,045 | | 0,942 | | 0,851 | 1074 | 1376 | 1807 | 2023 |
| 10 | 988 | 0,0068 | 0,298 | 0,027 | 0,000 | | 0,982 | | 0,942 | 1069 | 1259 | 1530 | 1666 |
| 26 | 924 | 0,0139 | 0,298 | 0,056 | 0,067 | | 0,911 | | 0,779 | 1091 | 1481 | 2038 | 2316 |
| Cenário IV.c | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 38 | 0,0041 | 0,012 | 0,017 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 | 88 | 203 | 368 | 451 |
| 12 | 373 | 0,0390 | 0,560 | 0,156 | 0,309 | | | 0,638 | 0,240 | 841 | 1933 | 3493 | 4273 |
| 14 | 438 | 0,0177 | 0,560 | 0,071 | 0,175 | | | 0,893 | 0,707 | 650 | 1145 | 1852 | 2205 |
| 15 | 481 | 0,0110 | 0,560 | 0,044 | 0,087 | | 0,940 | | 0,853 | 613 | 920 | 1359 | 1578 |
| 18 | 523 | 0,0070 | 0,560 | 0,028 | 0,000 | | 0,980 | | 0,940 | 607 | 803 | 1082 | 1222 |
| 25 | 352 | 0,0500 | 0,560 | 0,200 | 0,353 | | | 0,000 | 0,000 | 952 | 2352 | 4352 | 5352 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); *h_{OP} - Dose equivalente individual anual (Sv); h_{P/P} - Dose equivalente individual anual calculada para indivíduo do público (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sv-pessoa); u(X), u(h) e u(S_C) - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção; X_Y - Custo do detrimento biológico; 3000, 10000, 20000 e 25000 - Coeficientes monetários do detrimento biológico. S_C = 4 × h_{OP}

Tabela 3.7 – Valores da função de prioridade total obtidas na avaliação lógica, para diferentes opções de proteção na instalação aberta móvel.

| Avaliação lógica | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Opção | U_T | Opção | U_T | Opção | U_T |
| Cenário de irradiação | | | | | |
| I.a | | I.b | | I.c | |
| 1 | 0,123 | 5 | 1,000 | 5 | 1,000 |
| 2 | 0,375 | 6 | 0,080 | 12 | 0,114 |
| 3 | 0,325 | 7 | 0,266 | 13 | 0,232 |
| 4 | 0,294 | 8 | 0,387 | 14 | 0,352 |
| 5 | 1,000 | 9 | 0,437 | 15 | 0,390 |
| | | 10 | 0,469 | | |
| II.a | | II.b | | II.c | |
| 1 | 0,043 | 5 | 0,999 | 5 | 0,999 |
| 4 | 0,390 | 7 | 0,185 | 12 | 0,143 |
| 5 | 0,999 | 8 | 0,343 | 13 | 0,264 |
| 9 | 0,461 | 9 | 0,419 | 14 | 0,390 |
| 16 | 0,254 | 10 | 0,459 | 15 | 0,445 |
| | | 17 | 0,071 | 18 | 0,464 |
| III.a | | III.b | | III.c | |
| 1 | 0,054 | 5 | 1,000 | 5 | 1,000 |
| 3 | 0,356 | 7 | 0,185 | 12 | 0,143 |
| 4 | 0,404 | 9 | 0,420 | 14 | 0,382 |
| 5 | 1,000 | 10 | 0,461 | 15 | 0,441 |
| 20 | 0,465 | 17 | 0,070 | 18 | 0,460 |
| IV.a | | IV.b | | IV.c | |
| 5 | 1,000 | 5 | 1,000 | 5 | 1,000 |
| 21 | 0,048 | 6 | 0,080 | 12 | 0,163 |
| 22 | 0,249 | 7 | 0,163 | 14 | 0,264 |
| 23 | 0,378 | 9 | 0,434 | 15 | 0,434 |
| 24 | 0,446 | 10 | 0,466 | 18 | 0,466 |
| | | 26 | 0,264 | 25 | 0,470 |

U_T – Função de prioridade total

Tabela 3.8 – Valores da função de prioridade total obtidas na avaliação direta, para diferentes opções de proteção na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total (U_T) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|---------------|-------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Coeficiente monetário do detrimento biológico (dólar/homen-sievert) | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | Opção | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | Opção | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
| Cenário I.a | | | | Cenário I.b | | | | Cenário I.c | | | | | | |
| 1 | 0,216 | 0,177 | 0,157 | 0,152 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 2 | 0,073 | 0,171 | 0,219 | 0,231 | 6 | 0,129 | 0,113 | 0,108 | 0,106 | 12 | 0,144 | 0,125 | 0,120 | 0,119 |
| 3 | 0,258 | 0,322 | 0,353 | 0,362 | 7 | 0,178 | 0,206 | 0,216 | 0,218 | 13 | 0,218 | 0,227 | 0,230 | 0,230 |
| 4 | 0,266 | 0,356 | 0,399 | 0,411 | 8 | 0,199 | 0,258 | 0,280 | 0,284 | 14 | 0,283 | 0,327 | 0,339 | 0,341 |
| 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 9 | 0,193 | 0,271 | 0,298 | 0,305 | 15 | 0,286 | 0,352 | 0,370 | 0,374 |
| | | | | | 10 | 0,182 | 0,273 | 0,306 | 0,313 | | | | | |
| Cenário II.a | | | | Cenário II.b | | | | Cenário II.c | | | | | | |
| 1 | 0,074 | 0,062 | 0,055 | 0,053 | 5 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 5 | 0,999 | 0,999 | 1,857 | 0,999 |
| 4 | 0,132 | 0,236 | 0,292 | 0,307 | 7 | 0,155 | 0,172 | 0,178 | 0,179 | 12 | 0,185 | 0,159 | 0,152 | 0,151 |
| 5 | 0,999 | 0,999 | 0,998 | 0,998 | 8 | 0,218 | 0,287 | 0,312 | 0,317 | 13 | 0,258 | 0,262 | 0,263 | 0,263 |
| 16 | 0,115 | 0,171 | 0,202 | 0,210 | 9 | 0,239 | 0,339 | 0,374 | 0,383 | 14 | 0,325 | 0,366 | 0,377 | 0,379 |
| 19 | 0,132 | 0,264 | 0,337 | 0,356 | 10 | 0,241 | 0,362 | 0,405 | 0,415 | 15 | 0,342 | 0,407 | 0,425 | 0,429 |
| | | | | | 17 | 0,104 | 0,086 | 0,079 | 0,078 | 18 | 0,333 | 0,415 | 0,438 | 0,443 |
| Cenário III.a | | | | Cenário III.b | | | | Cenário III.c | | | | | | |
| 1 | 0,095 | 0,079 | 0,071 | 0,068 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 3 | 0,163 | 0,241 | 0,283 | 0,294 | 7 | 0,155 | 0,172 | 0,177 | 0,179 | 13 | 0,180 | 0,157 | 0,151 | 0,149 |
| 4 | 0,156 | 0,255 | 0,309 | 0,323 | 9 | 0,241 | 0,340 | 0,375 | 0,383 | 14 | 0,326 | 0,361 | 0,371 | 0,373 |
| 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 10 | 0,244 | 0,364 | 0,407 | 0,416 | 15 | 0,349 | 0,407 | 0,423 | 0,427 |
| 20 | 0,134 | 0,267 | 0,339 | 0,358 | 17 | 0,103 | 0,085 | 0,079 | 0,077 | 18 | 0,343 | 0,417 | 0,437 | 0,442 |
| Cenário IV.a | | | | Cenário IV.b | | | | Cenário IV.c | | | | | | |
| 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 5 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 21 | 0,080 | 0,066 | 0,059 | 0,057 | 6 | 0,129 | 0,114 | 0,108 | 0,107 | 12 | 0,270 | 0,266 | 0,265 | 0,265 |
| 22 | 0,130 | 0,184 | 0,209 | 0,216 | 7 | 0,178 | 0,208 | 0,219 | 0,222 | 14 | 0,374 | 0,412 | 0,423 | 0,425 |
| 23 | 0,153 | 0,254 | 0,302 | 0,314 | 9 | 0,189 | 0,268 | 0,296 | 0,303 | 15 | 0,381 | 0,435 | 0,450 | 0,453 |
| 24 | 0,156 | 0,286 | 0,348 | 0,364 | 10 | 0,175 | 0,266 | 0,299 | 0,307 | 18 | 0,367 | 0,433 | 0,45 | 0,454 |
| | | | | | 26 | 0,194 | 0,263 | 0,289 | 0,295 | 25 | 0,198 | 0,175 | 0,169 | 0,168 |

Tabela 3.9 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade I, para diferentes opções de proteção na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total (U_T) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $k(X)$ | $k(S)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | Opção | $k(X)$ | $k(S)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | Opção | $k(X)$ | $k(S)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ |
| Cenário I.a | | | | | Cenário I.b | | | | | Cenário I.c | | | | | | |
| 0,231 | 0,139 | 0,139 | 0,139 | 0,464 | 5 | 0,688 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 |
| 0,210 | 0,491 | 0,210 | 0,559 | 0,210 | 6 | 0,081 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,029 | 12 | 0,180 | 0,095 | 0,095 | 0,095 | 0,295 |
| 0,276 | 0,363 | 0,198 | 0,546 | 0,198 | 7 | 0,136 | 0,320 | 0,166 | 0,166 | 0,465 | 13 | 0,224 | 0,265 | 0,158 | 0,158 | 0,456 |
| 0,268 | 0,340 | 0,193 | 0,553 | 0,193 | 8 | 0,139 | 0,468 | 0,208 | 0,208 | 0,542 | 14 | 0,233 | 0,429 | 0,199 | 0,199 | 0,532 |
| 0,75 | 0,75 | 0,750 | 0,559 | 0,375 | 9 | 0,188 | 0,538 | 0,225 | 0,574 | 0,225 | 15 | 0,213 | 0,505 | 0,213 | 0,559 | 0,213 |
| | | | | | 10 | 0,181 | 0,591 | 0,239 | 0,606 | 0,239 | | | | | | |
| Cenário II.a | | | | | Cenário II.b | | | | | Cenário II.c | | | | | | |
| 0,151 | 0,118 | 0,118 | 0,118 | 0,441 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 |
| 0,228 | 0,500 | 0,217 | 0,576 | 0,217 | 7 | 0,189 | 0,236 | 0,144 | 0,144 | 0,436 | 12 | 0,223 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,363 |
| 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 8 | 0,227 | 0,424 | 0,197 | 0,197 | 0,529 | 13 | 0,260 | 0,276 | 0,169 | 0,169 | 0,477 |
| 0,198 | 0,346 | 0,176 | 0,176 | 0,513 | 9 | 0,236 | 0,521 | 0,221 | 0,570 | 0,221 | 14 | 0,270 | 0,442 | 0,209 | 0,209 | 0,544 |
| 0,240 | 0,588 | 0,240 | 0,611 | 0,240 | 10 | 0,237 | 0,582 | 0,237 | 0,602 | 0,237 | 15 | 0,259 | 0,534 | 0,229 | 0,582 | 0,229 |
| | | | | | 17 | 0,138 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,290 | 18 | 0,239 | 0,588 | 0,239 | 0,606 | 0,239 |
| Cenário III.a | | | | | Cenário III.b | | | | | Cenário III.c | | | | | | |
| 0,163 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,442 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,300 | 0,375 |
| 0,237 | 0,440 | 0,205 | 0,552 | 0,205 | 7 | 0,188 | 0,235 | 0,142 | 0,142 | 0,429 | 13 | 0,196 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,242 |
| 0,240 | 0,501 | 0,220 | 0,577 | 0,220 | 9 | 0,236 | 0,521 | 0,221 | 0,568 | 0,221 | 14 | 0,266 | 0,432 | 0,206 | 0,161 | 0,536 |
| 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 10 | 0,237 | 0,582 | 0,237 | 0,601 | 0,237 | 15 | 0,255 | 0,527 | 0,226 | 0,512 | 0,226 |
| 0,239 | 0,587 | 0,239 | 0,610 | 0,239 | 17 | 0,133 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,268 | 18 | 0,236 | 0,581 | 0,236 | 0,531 | 0,236 |
| Cenário IV.a | | | | | Cenário IV.b | | | | | Cenário IV.c | | | | | | |
| 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 | 5 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,375 | 0,375 |
| 0,152 | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,429 | 6 | 0,103 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,115 | 12 | 0,254 | 0,236 | 0,146 | 0,146 | 0,385 |
| 0,199 | 0,336 | 0,174 | 0,174 | 0,509 | 7 | 0,217 | 0,333 | 0,172 | 0,172 | 0,480 | 14 | 0,281 | 0,485 | 0,220 | 0,220 | 0,555 |
| 0,224 | 0,483 | 0,212 | 0,565 | 0,212 | 9 | 0,243 | 0,548 | 0,229 | 0,582 | 0,229 | 15 | 0,264 | 0,554 | 0,234 | 0,587 | 0,234 |
| 0,234 | 0,567 | 0,234 | 0,602 | 0,234 | 10 | 0,241 | 0,594 | 0,241 | 0,609 | 0,241 | 18 | 0,240 | 0,593 | 0,240 | 0,608 | 0,240 |
| | | | | | 26 | 0,242 | 0,511 | 0,219 | 0,560 | 0,219 | 25 | 0,165 | 0,043 | 0,043 | 0,043 | 0,050 |

$K(X)$, $K(h)$ e $K(S_C)$ – Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 3.10 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção do cenário I, na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Coeficiente monetário do dano biológico (dólar/homen- | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constantes de crescimento dos atributos de | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
| | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| Cenário I.a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,247 | 0,177 | 0,177 | 0,177 | 0,211 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,186 | 0,156 | 0,156 | 0,156 | 0,178 | 0,154 | 0,154 | 0,154 |
| 2 | 0,175 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,213 | 0,172 | 0,172 | 0,172 | 0,238 | 0,178 | 0,178 | 0,178 | 0,246 | 0,180 | 0,180 | 0,180 |
| 3 | 0,281 | 0,195 | 0,195 | 0,195 | 0,318 | 0,203 | 0,203 | 0,203 | 0,344 | 0,208 | 0,208 | 0,208 | 0,352 | 0,209 | 0,209 | 0,209 |
| 4 | 0,289 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,345 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,382 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,394 | 0,224 | 0,224 | 0,224 |
| 5 | 0,712 | 0,681 | 0,681 | 0,681 | 0,797 | 0,705 | 0,705 | 0,705 | 0,854 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,872 | 0,723 | 0,723 | 0,723 |
| Cenário I.b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,803 | 0,707 | 0,707 | 0,707 | 0,899 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,940 | 0,738 | 0,738 | 0,738 | 0,951 | 0,740 | 0,740 | 0,740 |
| 6 | 0,080 | 0,023 | 0,023 | 0,023 | 0,080 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,080 | 0,021 | 0,021 | 0,021 | 0,080 | 0,021 | 0,021 | 0,021 |
| 7 | 0,223 | 0,159 | 0,159 | 0,159 | 0,244 | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,253 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,256 | 0,165 | 0,165 | 0,165 |
| 8 | 0,269 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,326 | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,351 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,357 | 0,203 | 0,203 | 0,203 |
| 9 | 0,282 | 0,192 | 0,192 | 0,192 | 0,357 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,390 | 0,216 | 0,216 | 0,216 | 0,398 | 0,218 | 0,218 | 0,218 |
| 10 | 0,288 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,376 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,414 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,424 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| Cenário I.c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,860 | 0,721 | 0,721 | 0,721 | 0,941 | 0,738 | 0,738 | 0,738 | 0,968 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,974 | 0,745 | 0,745 | 0,745 |
| 12 | 0,151 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,130 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,123 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,121 | 0,097 | 0,097 | 0,097 |
| 13 | 0,228 | 0,159 | 0,159 | 0,159 | 0,231 | 0,158 | 0,158 | 0,158 | 0,231 | 0,158 | 0,158 | 0,158 | 0,232 | 0,158 | 0,158 | 0,158 |
| 14 | 0,285 | 0,186 | 0,186 | 0,186 | 0,324 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,337 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,340 | 0,197 | 0,197 | 0,197 |
| 15 | 0,291 | 0,192 | 0,192 | 0,192 | 0,348 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,367 | 0,208 | 0,208 | 0,208 | 0,371 | 0,209 | 0,209 | 0,209 |

Tabela 3.11 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção do cenário II, na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total (U_T) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|
| Coeficiente monetário do detrimento biológico (dólar/homen-sievert) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ |
| Cenário II.a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,722 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,799 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,857 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 17 | 0,163 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,129 | 0,139 | 0,139 | 0,139 | 0,104 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| 18 | 0,192 | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,209 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,222 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,171 | 0,171 | 0,171 | 0,171 |
| 19 | 0,210 | 0,175 | 0,175 | 0,175 | 0,260 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,298 | 0,198 | 0,198 | 0,198 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,201 |
| 20 | 0,214 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,284 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,335 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,216 | 0,216 | 0,216 | 0,216 |
| Cenário II.b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,722 | 0,702 | 0,702 | 0,702 | 0,800 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,857 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,875 | 0,738 | 0,738 | 0,738 |
| 7 | 0,190 | 0,147 | 0,147 | 0,147 | 0,188 | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,187 | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,187 | 0,144 | 0,144 | 0,144 |
| 4 | 0,090 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,250 | 0,186 | 0,186 | 0,186 | 0,277 | 0,191 | 0,191 | 0,191 | 0,285 | 0,192 | 0,192 | 0,192 |
| 9 | 0,216 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,273 | 0,204 | 0,204 | 0,204 | 0,315 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,328 | 0,213 | 0,213 | 0,213 |
| 10 | 0,212 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,282 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,333 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,349 | 0,226 | 0,226 | 0,226 |
| 17 | 0,146 | 0,102 | 0,102 | 0,102 | 0,125 | 0,094 | 0,094 | 0,094 | 0,109 | 0,091 | 0,091 | 0,091 | 0,105 | 0,090 | 0,090 | 0,090 |
| Cenário II.c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,853 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,935 | 0,737 | 0,737 | 0,737 | 0,964 | 0,743 | 0,743 | 0,743 | 0,970 | 0,744 | 0,744 | 0,744 |
| 12 | 0,191 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,164 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,155 | 0,119 | 0,119 | 0,119 | 0,153 | 0,118 | 0,118 | 0,118 |
| 13 | 0,261 | 0,172 | 0,172 | 0,172 | 0,263 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,263 | 0,169 | 0,169 | 0,169 | 0,264 | 0,169 | 0,169 | 0,169 |
| 14 | 0,319 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,331 | 0,204 | 0,204 | 0,204 | 0,373 | 0,206 | 0,206 | 0,206 | 0,376 | 0,207 | 0,207 | 0,207 |
| 15 | 0,336 | 0,207 | 0,207 | 0,207 | 0,398 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,419 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,424 | 0,225 | 0,225 | 0,225 |
| 18 | 0,332 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,407 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,432 | 0,232 | 0,232 | 0,232 | 0,438 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |

Tabela 3.12 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção do cenário III, na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total (U_T) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Coeficiente monetário do detrimento biológico (dólar/homen-sievert) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
| | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ |
| Cenário III.a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,174 | 0,153 | 0,153 | 0,153 | 0,141 | 0,142 | 0,142 | 0,142 | 0,117 | 0,135 | 0,135 | 0,135 | 0,109 | 0,133 | 0,133 | 0,133 |
| 3 | 0,224 | 0,176 | 0,176 | 0,176 | 0,261 | 0,186 | 0,186 | 0,186 | 0,288 | 0,192 | 0,192 | 0,192 | 0,297 | 0,194 | 0,194 | 0,194 |
| 4 | 0,223 | 0,179 | 0,179 | 0,179 | 0,274 | 0,192 | 0,192 | 0,192 | 0,311 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,322 | 0,204 | 0,204 | 0,204 |
| 5 | 0,723 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,801 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,859 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,876 | 0,724 | 0,724 | 0,724 |
| 20 | 0,215 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,286 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,337 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,353 | 0,217 | 0,217 | 0,217 |
| Cenário III.b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,787 | 0,703 | 0,703 | 0,703 | 0,884 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,930 | 0,634 | 0,634 | 0,634 | 0,942 | 0,739 | 0,739 | 0,739 |
| 7 | 0,187 | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,186 | 0,144 | 0,144 | 0,144 | 0,186 | 0,188 | 0,188 | 0,188 | 0,185 | 0,143 | 0,143 | 0,143 |
| 9 | 0,263 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,335 | 0,204 | 0,204 | 0,204 | 0,368 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,377 | 0,213 | 0,213 | 0,213 |
| 10 | 0,270 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,357 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,398 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,408 | 0,226 | 0,226 | 0,226 |
| 17 | 0,124 | 0,095 | 0,095 | 0,095 | 0,099 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,136 | 0,136 | 0,136 | 0,085 | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| Cenário III.c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,865 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,943 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,969 | 0,744 | 0,744 | 0,744 | 0,975 | 0,745 | 0,745 | 0,745 |
| 13 | 0,172 | 0,097 | 0,097 | 0,097 | 0,155 | 0,091 | 0,091 | 0,091 | 0,150 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,149 | 0,089 | 0,089 | 0,089 |
| 14 | 0,319 | 0,195 | 0,195 | 0,195 | 0,356 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,367 | 0,203 | 0,203 | 0,203 | 0,370 | 0,204 | 0,204 | 0,204 |
| 15 | 0,341 | 0,206 | 0,206 | 0,206 | 0,399 | 0,218 | 0,218 | 0,218 | 0,418 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,422 | 0,222 | 0,222 | 0,222 |
| 18 | 0,339 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,409 | 0,226 | 0,226 | 0,226 | 0,432 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,437 | 0,232 | 0,232 | 0,232 |

Tabela 3.13 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção do cenário IV, na instalação aberta móvel.

| Função de prioridade total (U_T) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Coeficiente monetário do detrimento biológico (dólar/homen-sievert) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | | |
| Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opção | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| Cenário IV.a | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,738 | 0,689 | 0,689 | 0,689 | 0,825 | 0,712 | 0,712 | 0,712 | 0,881 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,898 | 0,729 | 0,729 | 0,729 |
| 21 | 0,158 | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,122 | 0,134 | 0,134 | 0,134 | 0,098 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| 22 | 0,196 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,214 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,225 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,228 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| 23 | 0,217 | 0,176 | 0,176 | 0,176 | 0,270 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,304 | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,314 | 0,200 | 0,200 | 0,200 |
| 24 | 0,224 | 0,182 | 0,182 | 0,182 | 0,297 | 0,202 | 0,202 | 0,202 | 0,344 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,358 | 0,216 | 0,216 | 0,216 |
| Cenário IV.b | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,800 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,896 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,938 | 0,738 | 0,738 | 0,738 | 0,948 | 0,740 | 0,740 | 0,740 |
| 6 | 0,099 | 0,051 | 0,051 | 0,051 | 0,089 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,085 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | 0,084 | 0,045 | 0,045 | 0,045 |
| 7 | 0,228 | 0,164 | 0,164 | 0,164 | 0,251 | 0,168 | 0,168 | 0,168 | 0,261 | 0,169 | 0,169 | 0,169 | 0,263 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| 9 | 0,283 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,360 | 0,212 | 0,212 | 0,212 | 0,393 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,402 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 10 | 0,286 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,374 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,413 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,422 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 26 | 0,277 | 0,189 | 0,189 | 0,189 | 0,345 | 0,204 | 0,204 | 0,204 | 0,375 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,382 | 0,212 | 0,212 | 0,212 |
| Cenário IV.c | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 0,880 | 0,725 | 0,725 | 0,725 | 0,951 | 0,741 | 0,741 | 0,741 | 0,973 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,978 | 0,746 | 0,746 | 0,746 |
| 12 | 0,259 | 0,148 | 0,148 | 0,148 | 0,262 | 0,147 | 0,147 | 0,147 | 0,263 | 0,146 | 0,146 | 0,146 | 0,263 | 0,146 | 0,146 | 0,146 |
| 14 | 0,360 | 0,207 | 0,207 | 0,207 | 0,404 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,418 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,421 | 0,218 | 0,218 | 0,218 |
| 15 | 0,369 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,427 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,444 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,448 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 18 | 0,360 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,425 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,446 | 0,235 | 0,235 | 0,235 | 0,450 | 0,236 | 0,236 | 0,236 |
| 25 | 0,164 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,163 | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,163 | 0,044 | 0,044 | 0,044 | 0,163 | 0,044 | 0,044 | 0,044 |

Tabela 3.15 – Resultados do desempenho das opções de proteção consideradas como SAO, nos cenários de irradiação na instalação aberta móvel.

| Opção | Cenários de irradiação | | | | | | | | | | | | Resultado do desempenho | | | | |
|-------|------------------------|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------------------------|-----|-----|-----|-----------------|
| | I.a | I.b | I.c | II.a | II.b | II.c | III.a | III.b | III.c | IV.a | IV.b | IV.c | NT/C | NCT | NTA | NTC | %F ₁ |
| 1 | x | | | | | | x | | | | | | 26 | 3 | 2 | 78 | 3 |
| 2 | x | | | | | | | | | | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |
| 5 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | 26 | 12 | 288 | 312 | 92 |
| 7 | | | | | | | | x | | | x | | 26 | 4 | 2 | 104 | 2 |
| 8 | | x | | | x | | | | | | | | 26 | 2 | 2 | 52 | 4 |
| 10 | | x | | | x | | | x | | | x | | 26 | 4 | 4 | 104 | 4 |
| 14 | | | x | | | x | | | x | | | x | 26 | 4 | 4 | 104 | 4 |
| 15 | | | x | | | | | | | | | | 26 | 4 | 1 | 104 | 1 |
| 16 | | | | x | | | | | | | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |
| 18 | | | | | | x | | | x | | | x | 26 | 3 | 3 | 78 | 4 |
| 19 | | | | x | | | | | | | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |
| 20 | | | | | | | x | | | | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |
| 22 | | | | | | | | | | x | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |
| 24 | | | | | | | | | | x | | | 26 | 1 | 1 | 26 | 4 |

NT/C - Número de testes por cenário de irradiação - Avaliação lógica (1 teste), Avaliação direta 4 testes), Análise de sensibilidade I (5 teste), Análise de sensibilidade II (16 teste); NCT - Números de cenários em que a opção foi testada; NTA - Número de vezes em que a opção apareceu como solução analítica ótima; NTC - Número de teste em que a opção de proteção foi submetida nos cenários de irradiação; %F₁ - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como solução analítica ótima (%F₁=100xNTA/NTC).

Tabela 3.16 – Valores dos atributos, frequências e preferências relativas das opções de proteção otimizadas, na instalação aberta móvel.

| dh | Opção | X _p | X _p +X _v | h | S _c | %F ₁ | %P(X _p) | %P(X _p +X _v) | %P(h) | %P(S _c) | E ₁ | E ₂ | |
|------------|--------------------|----------------|--------------------------------|--------|----------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------|-------|---------------------|----------------|----------------|-----|
| h < 5 mSv | 5 | 38 | 92 | 0,0045 | 0,018 | 92 | 100 | 100 | 100 | 100 | 392 | 392 | |
| | 2 | 1616 | 1760 | 0,0120 | 0,048 | 4 | 0 | 0 | 93 | 74 | 171 | 171 | |
| | 10 | 988 | 1075 | 0,0073 | 0,029 | 4 | 40 | 41 | 98 | 90 | 232 | 233 | |
| | 5 mSv < h < 15 mSv | 15 | 481 | 634 | 0,0130 | 0,051 | 1 | 72 | 68 | 92 | 71 | 236 | 232 |
| | | 18 | 523 | 607 | 0,0070 | 0,028 | 4 | 69 | 69 | 98 | 91 | 262 | 262 |
| | | 19 | 1347 | 1419 | 0,0060 | 0,024 | 4 | 17 | 20 | 99 | 95 | 215 | 218 |
| | | 20 | 1390 | 1464 | 0,0062 | 0,025 | 4 | 14 | 18 | 99 | 94 | 211 | 215 |
| | 24 | 1214 | 1295 | 0,0068 | 0,027 | 4 | 25 | 28 | 98 | 92 | 220 | 222 | |
| h > 15 mSv | 1 | 1217 | 1501 | 0,0237 | 0,095 | 3 | 25 | 16 | 87 | 33 | 148 | 138 | |
| | 7 | 857 | 1256 | 0,0330 | 0,133 | 2 | 48 | 30 | 77 | 0 | 127 | 109 | |
| | 8 | 903 | 1134 | 0,0192 | 0,077 | 4 | 45 | 38 | 89 | 49 | 186 | 179 | |
| | 14 | 438 | 684 | 0,0210 | 0,082 | 4 | 75 | 65 | 88 | 44 | 211 | 201 | |
| | 16 | 1259 | 1445 | 0,0155 | 0,062 | 4 | 23 | 19 | 90 | 62 | 178 | 175 | |
| | 22 | 1126 | 1338 | 0,0177 | 0,071 | 4 | 31 | 25 | 87 | 54 | 176 | 171 | |

X_p - Custo da barreira de proteção; X_v - Custo do detrimento biológico; h - Dose equivalente individual anual (Sv); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); %F₁ - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como SAO; %P(X), %P(X_p+X_v), %P(h) e %P(S_c) - Preferência relativa pela opção de proteção; E₁, E₂ e E₃ - Escore (Soma dos valores da frequência de aparição como SAO e preferências relativas dos atributos de proteção. E₁=%F₁+%P(X)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a); E₂=%F₁+%P(X_p+X_v)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a); E₃=%F₁+%P(X_p+X_v+X_i)+%P(h)+%P(S_c)+%P(a)

APÊNDICE 4

INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{192}Ir

Tabela 4.1 – Característica das opções de proteção do cenário I, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | α (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(\alpha)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|----------------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 214 | 381 | | | 0,050 | 0,001 | 6,7 | 0,053 | 1,000 | 0,337 | | | 0,047 | 0,000 |
| 3 | 245 | 178 | | 0,014 | | 0,001 | 3,9 | 0,017 | 0,990 | 0,690 | | 0,913 | | 0,739 |
| 6 | 306 | 0 | 0,0010 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,971 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 7 | 950 | 364 | | | 0,044 | 0,001 | 6,5 | 0,047 | 0,767 | 0,366 | | | 0,434 | 0,114 |
| 8 | 1166 | 154 | | 0,011 | | 0,001 | 3,5 | 0,014 | 0,699 | 0,732 | | 0,943 | | 0,801 |
| 9 | 1381 | 71 | 0,0027 | | | 0,001 | 1,9 | 0,006 | 0,631 | 0,876 | 1,0 | | | 0,966 |
| 10 | 3379 | 574 | | | 0,028 | 0,001 | 8,8 | 0,031 | 0,000 | 0,000 | | | 0,834 | 0,448 |
| 17 | 464 | 364 | | | 0,043 | 0,001 | 6,5 | 0,046 | 0,921 | 0,366 | | | 0,489 | 0,138 |
| 20 | 1037 | 0 | 0,0010 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,740 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 21 | 3035 | 309 | | | 0,043 | 0,001 | 5,8 | 0,046 | 0,109 | 0,462 | | | 0,489 | 0,138 |
| 22 | 486 | 197 | | | 0,017 | 0,001 | 4,2 | 0,020 | 0,914 | 0,658 | | | 0,896 | 0,680 |
| 24 | 2341 | 236 | | | 0,026 | 0,001 | 4,8 | 0,029 | 0,328 | 0,589 | | | 0,850 | 0,487 |
| 25 | 3057 | 184 | | | 0,017 | 0,001 | 4,0 | 0,020 | 0,102 | 0,679 | | | 0,894 | 0,665 |
| 27 | 534 | 63 | 0,0021 | | | 0,001 | 1,7 | 0,005 | 0,899 | 0,891 | 1,0 | | | 0,977 |
| 28 | 3105 | 60 | 0,0023 | | | 0,001 | 1,7 | 0,005 | 0,086 | 0,895 | 1,0 | | | 0,973 |
| 35 | 533 | 50 | 0,0015 | | | 0,001 | 1,4 | 0,005 | 0,899 | 0,913 | 1,0 | | | 0,990 |
| 45 | 809 | 468 | | | 0,049 | 0,001 | 7,7 | 0,052 | 0,812 | 0,184 | | | 0,151 | 0,025 |
| 46 | 874 | 309 | | | 0,033 | 0,001 | 5,8 | 0,036 | 0,791 | 0,462 | | | 0,779 | 0,353 |
| 47 | 1090 | 137 | | 0,008 | | 0,001 | 3,2 | 0,011 | 0,723 | 0,761 | | 0,970 | | 0,856 |
| 50 | 1520 | 0 | 0,0010 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,587 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 54 | 3200 | 216 | | | 0,017 | 0,001 | 4,5 | 0,020 | 0,056 | 0,624 | | | 0,894 | 0,665 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); α - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(\alpha)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção

Tabela 4.2 – Característica das opções de proteção do cenário II, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | α (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(\alpha)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|----------------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| 6 | 306 | 0 | 0,0010 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 1,000 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 7 | 950 | 364 | | | 0,044 | 0,001 | 6,5 | 0,047 | 0,778 | 0,553 | | | 0,422 | 0,122 |
| 8 | 1166 | 154 | | 0,011 | | 0,001 | 3,5 | 0,014 | 0,703 | 0,811 | | 0,941 | | 0,799 |
| 11 | 838 | 646 | | | 0,050 | 0,001 | 9,5 | 0,053 | 0,816 | 0,206 | | | 0,000 | 0,000 |
| 14 | 993 | 115 | | 0,007 | | 0,001 | 2,8 | 0,010 | 0,763 | 0,858 | | 0,983 | | 0,884 |
| 22 | 486 | 197 | | | 0,017 | 0,001 | 4,2 | 0,020 | 0,938 | 0,759 | | | 0,877 | 0,682 |
| 23 | 1627 | 324 | | | 0,035 | 0,001 | 6,0 | 0,038 | 0,544 | 0,602 | | | 0,707 | 0,297 |
| 25 | 3057 | 184 | | | 0,016 | 0,001 | 4,0 | 0,019 | 0,050 | 0,774 | | | 0,879 | 0,698 |
| 26 | 738 | 190 | | | 0,018 | 0,001 | 4,1 | 0,021 | 0,813 | 0,766 | | | 0,872 | 0,651 |
| 31 | 454 | 814 | | 0,007 | | 0,001 | 11,0 | 0,010 | 0,949 | 0,000 | | 0,980 | | 0,878 |
| 47 | 1090 | 76 | | 0,008 | | 0,001 | 2,0 | 0,011 | 0,729 | 0,907 | | 0,968 | | 0,853 |
| 49 | 1305 | 63 | 0,0020 | | | 0,001 | 1,7 | 0,005 | 0,655 | 0,923 | 1,0 | | | 0,981 |
| 52 | 771 | 143 | | 0,008 | | 0,001 | 3,3 | 0,011 | 0,839 | 0,825 | | 0,975 | | 0,867 |
| 53 | 987 | 63 | 0,0020 | | | 0,001 | 1,7 | 0,005 | 0,765 | 0,923 | 1,0 | | | 0,980 |
| 54 | 3200 | 389 | | | 0,021 | 0,001 | 6,8 | 0,024 | 0,000 | 0,522 | | | 0,859 | 0,582 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); α - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(\alpha)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção

Tabela 4.3 – Característica das opções de proteção do cenário III, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| 12 | 778 | 229 | | | 0,020 | 0,001 | 4,7 | 0,023 | 0,835 | 0,238 | | | 0,883 | 0,388 |
| 13 | 864 | 160 | | 0,012 | | 0,001 | 3,6 | 0,015 | 0,806 | 0,469 | | 0,934 | | 0,681 |
| 14 | 993 | 100 | 0,0049 | | | 0,001 | 2,5 | 0,008 | 0,761 | 0,668 | 1,0 | | | 0,903 |
| 16 | 301 | 236 | | | 0,024 | 0,001 | 4,8 | 0,027 | 1,000 | 0,215 | | | 0,867 | 0,282 |
| 17 | 464 | 301 | | | 0,032 | 0,001 | 5,7 | 0,035 | 0,944 | 0,000 | | | 0,786 | 0,000 |
| 18 | 606 | 172 | | 0,013 | | 0,001 | 3,8 | 0,016 | 0,895 | 0,429 | | 0,923 | | 0,644 |
| 19 | 822 | 76 | 0,0031 | | | 0,001 | 2,0 | 0,006 | 0,820 | 0,748 | 1,0 | | | 0,964 |
| 21 | 3035 | 257 | | | 0,032 | 0,001 | 5,1 | 0,035 | 0,057 | 0,146 | | | 0,786 | 0,000 |
| 36 | 624 | 0 | 0,0010 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,889 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 37 | 1406 | 105 | | 0,006 | | 0,001 | 2,6 | 0,009 | 0,619 | 0,651 | | 0,994 | | 0,879 |
| 47 | 1090 | 110 | | 0,006 | | 0,001 | 2,7 | 0,009 | 0,728 | 0,634 | | 0,988 | | 0,862 |
| 48 | 1176 | 85 | 0,0036 | | | 0,001 | 2,2 | 0,007 | 0,698 | 0,716 | 1,0 | | | 0,947 |
| 54 | 3200 | 178 | | 0,013 | | 0,001 | 3,9 | 0,016 | 0,000 | 0,409 | | 0,922 | | 0,640 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção

Tabela 4.4 – Característica das opções de proteção do cenário IV, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 219 | 309 | | | 0,034 | 0,001 | 5,8 | 0,037 | 1,000 | 0,522 | | | 0,762 | 0,338 |
| 5 | 293 | 0 | 0,0014 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,975 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 17 | 464 | 301 | | | 0,036 | 0,001 | 5,7 | 0,039 | 0,918 | 0,534 | | | 0,706 | 0,280 |
| 18 | 606 | 166 | | 0,013 | | 0,001 | 3,7 | 0,016 | 0,870 | 0,743 | | 0,920 | | 0,761 |
| 19 | 822 | 76 | 0,0032 | | | 0,001 | 2,0 | 0,006 | 0,798 | 0,882 | 1,0 | | | 0,962 |
| 21 | 3035 | 264 | | | 0,033 | 0,001 | 5,2 | 0,036 | 0,055 | 0,591 | | | 0,767 | 0,344 |
| 30 | 369 | 468 | | | 0,043 | 0,001 | 7,7 | 0,046 | 0,950 | 0,275 | | | 0,482 | 0,141 |
| 32 | 397 | 286 | | | 0,022 | 0,001 | 5,5 | 0,025 | 0,940 | 0,557 | | | 0,876 | 0,581 |
| 39 | 925 | 381 | | | 0,047 | 0,001 | 6,7 | 0,050 | 0,763 | 0,411 | | | 0,248 | 0,057 |
| 40 | 1248 | 115 | | 0,006 | | 0,001 | 2,8 | 0,009 | 0,655 | 0,821 | | 0,989 | | 0,902 |
| 41 | 1032 | 257 | | | 0,026 | 0,001 | 5,1 | 0,029 | 0,727 | 0,602 | | | 0,852 | 0,499 |
| 42 | 1334 | 81 | 0,0036 | | | 0,001 | 2,1 | 0,007 | 0,626 | 0,875 | 1,0 | | | 0,955 |
| 44 | 658 | 646 | | | 0,050 | 0,001 | 9,5 | 0,053 | 0,853 | 0,000 | | | 0,000 | 0,000 |
| 46 | 874 | 271 | | | 0,026 | 0,001 | 5,3 | 0,029 | 0,780 | 0,580 | | | 0,846 | 0,483 |
| 47 | 1090 | 121 | | 0,006 | | 0,001 | 2,9 | 0,009 | 0,708 | 0,813 | | 0,986 | | 0,896 |
| 54 | 3200 | 184 | | 0,013 | | 0,001 | 4,0 | 0,016 | 0,000 | 0,715 | | 0,917 | | 0,754 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção

Tabela 4.5 – Característica das opções de proteção do cenário V, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_P | a (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 219 | 301 | | | 0,034 | 0,001 | 5,7 | 0,037 | 1,000 | 0,836 | | | 0,747 | 0,290 |
| 4 | 263 | 100 | | 0,005 | | 0,001 | 2,5 | 0,008 | 0,984 | 0,946 | | 0,998 | | 0,907 |
| 6 | 306 | 0 | 0,0008 | | | 0,001 | 0,0 | 0,004 | 0,969 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 12 | 778 | 229 | | | 0,022 | 0,001 | 4,7 | 0,025 | 0,801 | 0,875 | | | 0,876 | 0,558 |
| 14 | 993 | 100 | | 0,005 | | 0,001 | 2,5 | 0,008 | 0,725 | 0,946 | | 0,996 | | 0,904 |
| 18 | 606 | 172 | | 0,014 | | 0,001 | 3,8 | 0,017 | 0,862 | 0,906 | | 0,915 | | 0,731 |
| 29 | 357 | 477 | | | 0,045 | 0,001 | 7,8 | 0,048 | 0,951 | 0,740 | | | 0,392 | 0,067 |
| 32 | 397 | 286 | | | 0,022 | 0,001 | 5,5 | 0,025 | 0,937 | 0,844 | | | 0,874 | 0,546 |
| 33 | 482 | 90 | 0,0028 | | | 0,001 | 2,3 | 0,006 | 0,906 | 0,951 | 1,0 | | | 0,958 |
| 38 | 601 | 1836 | | | 0,048 | 0,001 | 18,0 | 0,051 | 0,864 | 0,000 | | | 0,182 | 0,000 |
| 43 | 3030 | 332 | | | 0,037 | 0,001 | 6,1 | 0,040 | 0,000 | 0,819 | | | 0,701 | 0,243 |
| 45 | 809 | 381 | | | 0,037 | 0,001 | 6,7 | 0,040 | 0,790 | 0,793 | | | 0,696 | 0,239 |
| 46 | 874 | 271 | | | 0,027 | 0,001 | 5,3 | 0,030 | 0,767 | 0,852 | | | 0,840 | 0,442 |
| 47 | 1090 | 115 | | 0,007 | | 0,001 | 2,8 | 0,010 | 0,690 | 0,937 | | 0,984 | | 0,878 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção

Tabela 4.6 – Característica das opções de proteção do cenário VI, na instalação fechada sem teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_P | a (m ²) | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 219 | 271 | | | 0,030 | 0,001 | 5,3 | 0,033 | 1,000 | 0,332 | | | 0,811 | 0,363 |
| 4 | 263 | 90 | 0,0046 | | | 0,001 | 2,3 | 0,008 | 0,985 | 0,778 | 1,0 | | | 0,937 |
| 6 | 306 | 0 | 0,0018 | | | | 0,0 | 0,005 | 0,970 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 17 | 464 | 279 | | | 0,030 | 0,001 | 5,4 | 0,033 | 0,916 | 0,314 | | | 0,811 | 0,363 |
| 18 | 606 | 160 | | 0,012 | | 0,001 | 3,6 | 0,015 | 0,868 | 0,606 | | 0,932 | | 0,774 |
| 19 | 822 | 71 | 0,0029 | | | 0,001 | 1,9 | 0,006 | 0,794 | 0,824 | 1,0 | | | 0,975 |
| 29 | 357 | 406 | | | 0,039 | 0,001 | 7,0 | 0,042 | 0,953 | 0,000 | | | 0,629 | 0,157 |
| 31 | 454 | 115 | 0,0049 | | | 0,001 | 2,8 | 0,008 | 0,920 | 0,716 | 1,0 | | | 0,930 |
| 32 | 397 | 264 | | | 0,020 | 0,001 | 5,2 | 0,023 | 0,939 | 0,349 | | | 0,886 | 0,600 |
| 34 | 510 | 0 | 0,0018 | | | 0,001 | 0,0 | 0,005 | 0,900 | 1,000 | 1,0 | | | 0,998 |
| 46 | 874 | 236 | | | 0,022 | 0,001 | 4,8 | 0,025 | 0,776 | 0,418 | | | 0,873 | 0,536 |
| 47 | 1090 | 105 | | 0,006 | | 0,001 | 2,6 | 0,009 | 0,702 | 0,741 | | 0,993 | | 0,911 |
| 51 | 3144 | 381 | | | 0,046 | 0,001 | 6,7 | 0,049 | 0,000 | 0,063 | | | 0,310 | 0,000 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m²); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhadores e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $U(X)$, $U(a)$, $U(h)$ e $U(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção.

Tabela 4.7 – Custo anual das opções de proteção do cenário I, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Opção | Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | X_p | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 1 | 214 | 381 | 190 | 0,053 | 372 | 741 | 1268 | 1532 | 562 | 931 | 1458 | 1722 |
| 3 | 245 | 178 | 89 | 0,017 | 295 | 412 | 579 | 663 | 384 | 501 | 668 | 751 |
| 6 | 306 | 0 | 0 | 0,004 | 318 | 346 | 386 | 406 | 318 | 346 | 386 | 406 |
| 7 | 950 | 364 | 182 | 0,047 | 1091 | 1421 | 1893 | 2129 | 1273 | 1603 | 2075 | 2311 |
| 8 | 1166 | 154 | 77 | 0,014 | 1207 | 1303 | 1440 | 1509 | 1284 | 1380 | 1517 | 1586 |
| 9 | 1381 | 71 | 36 | 0,006 | 1398 | 1438 | 1494 | 1523 | 1434 | 1473 | 1530 | 1558 |
| 10 | 3379 | 574 | 287 | 0,031 | 3472 | 3688 | 3997 | 4151 | 3759 | 3975 | 4284 | 4438 |
| 17 | 464 | 364 | 182 | 0,046 | 602 | 924 | 1384 | 1614 | 784 | 1106 | 1566 | 1796 |
| 20 | 1037 | 0 | 0 | 0,004 | 1049 | 1077 | 1117 | 1137 | 1049 | 1077 | 1117 | 1137 |
| 21 | 3035 | 309 | 154 | 0,046 | 3173 | 3495 | 3955 | 4185 | 3327 | 3649 | 4109 | 4339 |
| 22 | 486 | 197 | 98 | 0,020 | 545 | 682 | 878 | 976 | 643 | 780 | 976 | 1074 |
| 24 | 2341 | 236 | 118 | 0,029 | 2428 | 2631 | 2921 | 3066 | 2546 | 2749 | 3039 | 3184 |
| 25 | 3057 | 184 | 92 | 0,020 | 3118 | 3260 | 3463 | 3565 | 3210 | 3352 | 3555 | 3657 |
| 27 | 534 | 63 | 31 | 0,005 | 549 | 585 | 636 | 662 | 581 | 616 | 667 | 693 |
| 28 | 3105 | 60 | 30 | 0,005 | 3121 | 3158 | 3212 | 3238 | 3151 | 3188 | 3242 | 3268 |
| 35 | 533 | 50 | 25 | 0,005 | 547 | 578 | 623 | 646 | 571 | 603 | 648 | 670 |
| 45 | 809 | 468 | 234 | 0,052 | 964 | 1324 | 1839 | 2097 | 1198 | 1558 | 2073 | 2331 |
| 46 | 874 | 309 | 154 | 0,036 | 981 | 1229 | 1584 | 1762 | 1135 | 1383 | 1738 | 1916 |
| 47 | 1090 | 137 | 68 | 0,011 | 1123 | 1200 | 1310 | 1365 | 1191 | 1268 | 1378 | 1433 |
| 50 | 1520 | 0 | 0 | 0,004 | 1532 | 1560 | 1600 | 1620 | 1532 | 1560 | 1600 | 1620 |
| 54 | 3200 | 216 | 108 | 0,020 | 3261 | 3403 | 3606 | 3708 | 3369 | 3511 | 3714 | 3816 |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.8 – Custo anual das opções de proteção do cenário II, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Opção | Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | X_p | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 6 | 306 | 0 | 0 | 0,004 | 318 | 346 | 386 | 406 | 318 | 346 | 386 | 406 |
| 7 | 950 | 364 | 182 | 0,047 | 1091 | 1420 | 1890 | 2125 | 1273 | 1602 | 2072 | 2307 |
| 8 | 1166 | 154 | 77 | 0,014 | 1208 | 1305 | 1443 | 1513 | 1285 | 1382 | 1520 | 1590 |
| 11 | 838 | 646 | 323 | 0,053 | 997 | 1368 | 1898 | 2163 | 1320 | 1691 | 2221 | 2486 |
| 14 | 993 | 115 | 58 | 0,010 | 1022 | 1090 | 1187 | 1235 | 1080 | 1148 | 1244 | 1293 |
| 22 | 486 | 197 | 98 | 0,020 | 545 | 682 | 878 | 976 | 643 | 780 | 976 | 1074 |
| 23 | 1627 | 324 | 162 | 0,038 | 1742 | 2012 | 2396 | 2589 | 1904 | 2174 | 2558 | 2751 |
| 25 | 3057 | 184 | 92 | 0,019 | 3113 | 3245 | 3433 | 3527 | 3205 | 3337 | 3525 | 3619 |
| 26 | 738 | 190 | 95 | 0,021 | 801 | 949 | 1160 | 1266 | 788 | 1144 | 1255 | 1361 |
| 31 | 454 | 814 | 407 | 0,010 | 484 | 554 | 654 | 704 | 891 | 961 | 1061 | 1111 |
| 47 | 1090 | 76 | 38 | 0,011 | 1124 | 1202 | 1314 | 1370 | 1162 | 1240 | 1352 | 1408 |
| 49 | 1305 | 63 | 31 | 0,005 | 1320 | 1355 | 1404 | 1429 | 1351 | 1386 | 1435 | 1460 |
| 52 | 771 | 143 | 71 | 0,011 | 803 | 876 | 981 | 1034 | 874 | 947 | 1052 | 1105 |
| 53 | 987 | 63 | 31 | 0,005 | 1002 | 1037 | 1087 | 1112 | 1033 | 1068 | 1118 | 1143 |
| 54 | 3200 | 389 | 194 | 0,024 | 3273 | 3445 | 3689 | 3812 | 3468 | 3639 | 3884 | 4006 |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.9 – Custo anual das opções de proteção do cenário III, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Opção | Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|-------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| | X_p | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_c | X_p+X_Y | X_p+X_Y | X_p+X_Y | X_p+X_Y | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | |
| 12 | 778 | 229 | 115 | 0,023 | 848 | 1012 | 1245 | 1362 | 963 | 1126 | 1360 | 1477 | | | | | | | | |
| 13 | 864 | 160 | 80 | 0,015 | 908 | 1010 | 1155 | 1228 | 988 | 1090 | 1235 | 1308 | | | | | | | | |
| 14 | 993 | 100 | 50 | 0,008 | 1017 | 1072 | 1151 | 1191 | 1067 | 1122 | 1201 | 1241 | | | | | | | | |
| 16 | 301 | 236 | 118 | 0,027 | 381 | 567 | 832 | 965 | 499 | 685 | 950 | 1083 | | | | | | | | |
| 17 | 464 | 301 | 150 | 0,035 | 569 | 814 | 1164 | 1339 | 719 | 964 | 1314 | 1489 | | | | | | | | |
| 18 | 606 | 172 | 86 | 0,016 | 653 | 763 | 920 | 998 | 739 | 849 | 1005 | 1084 | | | | | | | | |
| 19 | 822 | 76 | 38 | 0,006 | 840 | 883 | 944 | 974 | 878 | 921 | 982 | 1012 | | | | | | | | |
| 21 | 3035 | 257 | 129 | 0,035 | 3140 | 3385 | 3735 | 3910 | 3269 | 3514 | 3864 | 4039 | | | | | | | | |
| 36 | 624 | 0 | 0 | 0,004 | 636 | 664 | 704 | 724 | 636 | 664 | 704 | 724 | | | | | | | | |
| 37 | 1406 | 105 | 53 | 0,009 | 1432 | 1492 | 1578 | 1622 | 1484 | 1545 | 1631 | 1674 | | | | | | | | |
| 47 | 1090 | 110 | 55 | 0,009 | 1117 | 1182 | 1273 | 1319 | 1173 | 1237 | 1328 | 1374 | | | | | | | | |
| 48 | 1176 | 85 | 43 | 0,007 | 1196 | 1242 | 1308 | 1340 | 1238 | 1284 | 1350 | 1383 | | | | | | | | |
| 54 | 3200 | 178 | 89 | 0,016 | 3247 | 3358 | 3516 | 3595 | 3336 | 3447 | 3605 | 3684 | | | | | | | | |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.10 – Custo anual das opções de proteção do cenário IV, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Opção | Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | 3000 | | | | 10000 | | | | 20000 | | | | 25000 | | | |
|-------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|
| | X_p | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_c | X_p+X_Y | X_p+X_Y | X_p+X_Y | X_p+X_Y | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | $X_a+X_p+X_Y$ | |
| 2 | 219 | 309 | 154 | 0,037 | 329 | 584 | 950 | 1133 | 483 | 739 | 1104 | 1287 | | | | | | | | |
| 5 | 293 | 0 | 0 | 0,004 | 307 | 337 | 381 | 402 | 307 | 337 | 381 | 402 | | | | | | | | |
| 17 | 464 | 301 | 150 | 0,039 | 582 | 858 | 1252 | 1449 | 733 | 1008 | 1402 | 1599 | | | | | | | | |
| 18 | 606 | 166 | 83 | 0,016 | 654 | 766 | 926 | 1006 | 737 | 849 | 1009 | 1089 | | | | | | | | |
| 19 | 822 | 76 | 38 | 0,006 | 841 | 884 | 946 | 977 | 879 | 922 | 984 | 1015 | | | | | | | | |
| 21 | 3035 | 264 | 132 | 0,036 | 3144 | 3398 | 3761 | 3942 | 3276 | 3530 | 3893 | 4074 | | | | | | | | |
| 30 | 369 | 468 | 234 | 0,046 | 507 | 831 | 1292 | 1523 | 742 | 1065 | 1526 | 1757 | | | | | | | | |
| 32 | 397 | 286 | 143 | 0,025 | 471 | 644 | 892 | 1016 | 614 | 787 | 1035 | 1159 | | | | | | | | |
| 39 | 925 | 381 | 190 | 0,050 | 1076 | 1427 | 1929 | 2180 | 1266 | 1617 | 2120 | 2371 | | | | | | | | |
| 40 | 1248 | 115 | 58 | 0,009 | 1275 | 1339 | 1431 | 1476 | 1333 | 1397 | 1488 | 1534 | | | | | | | | |
| 41 | 1032 | 257 | 129 | 0,029 | 1118 | 1319 | 1607 | 1751 | 1247 | 1448 | 1735 | 1879 | | | | | | | | |
| 42 | 1334 | 81 | 40 | 0,007 | 1354 | 1400 | 1465 | 1498 | 1394 | 1440 | 1506 | 1538 | | | | | | | | |
| 44 | 658 | 646 | 323 | 0,053 | 817 | 1188 | 1718 | 1983 | 1140 | 1511 | 2041 | 2306 | | | | | | | | |
| 46 | 874 | 271 | 136 | 0,029 | 962 | 1169 | 1464 | 1611 | 1098 | 1305 | 1600 | 1747 | | | | | | | | |
| 47 | 1090 | 121 | 60 | 0,009 | 1118 | 1184 | 1278 | 1325 | 1179 | 1244 | 1338 | 1385 | | | | | | | | |
| 54 | 3200 | 184 | 92 | 0,016 | 3249 | 3363 | 3527 | 3608 | 3341 | 3455 | 3619 | 3700 | | | | | | | | |

a - área de isolamento; S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.11 – Custo anual das opções de proteção do cenário V, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-----------------------------------|-------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_P | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_C | X_P+X_Y | X_P+X_Y | X_P+X_Y | X_P+X_Y | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ |
| 2 | 219 | 301 | 150 | 0,037 | 331 | 593 | 967 | 1154 | 482 | 743 | 1117 | 1304 |
| 4 | 263 | 100 | 50 | 0,008 | 288 | 345 | 427 | 467 | 338 | 395 | 477 | 517 |
| 6 | 306 | 0 | 0 | 0,004 | 317 | 344 | 382 | 401 | 317 | 344 | 382 | 401 |
| 12 | 778 | 229 | 115 | 0,025 | 852 | 1025 | 1272 | 1396 | 967 | 1140 | 1387 | 1511 |
| 14 | 993 | 100 | 50 | 0,008 | 1018 | 1077 | 1160 | 1202 | 1068 | 1127 | 1210 | 1252 |
| 18 | 606 | 172 | 86 | 0,017 | 656 | 771 | 937 | 1019 | 741 | 857 | 1022 | 1105 |
| 29 | 357 | 477 | 239 | 0,048 | 501 | 836 | 1315 | 1555 | 739 | 1075 | 1554 | 1794 |
| 32 | 397 | 286 | 143 | 0,025 | 473 | 650 | 903 | 1029 | 616 | 793 | 1046 | 1172 |
| 33 | 482 | 90 | 45 | 0,006 | 499 | 540 | 598 | 627 | 544 | 585 | 643 | 672 |
| 38 | 601 | 1836 | 918 | 0,051 | 754 | 1112 | 1623 | 1879 | 1672 | 2030 | 2541 | 2797 |
| 43 | 3030 | 332 | 166 | 0,040 | 3149 | 3426 | 3822 | 4020 | 3315 | 3592 | 3988 | 4186 |
| 45 | 809 | 381 | 190 | 0,040 | 928 | 1207 | 1605 | 1804 | 1119 | 1397 | 1796 | 1995 |
| 46 | 874 | 271 | 136 | 0,030 | 965 | 1176 | 1478 | 1629 | 1100 | 1311 | 1613 | 1764 |
| 47 | 1090 | 115 | 58 | 0,010 | 1119 | 1186 | 1281 | 1329 | 1176 | 1243 | 1339 | 1387 |

a - área de isolamento; S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_P - Custo anual da barreira de proteção(dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.12 – Custo anual das opções de proteção do cenário VI, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Coef. monetário (dólar/Sv-pessoa) | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-----------------------------------|-------|-----------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_P | $a(\text{m}^2)$ | X_a | S_C | X_P+X_Y | X_P+X_Y | X_P+X_Y | X_P+X_Y | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ | $X_a+X_P+X_Y$ |
| 2 | 219 | 271 | 136 | 0,033 | 318 | 550 | 881 | 1047 | 454 | 686 | 1017 | 1183 |
| 4 | 263 | 90 | 45 | 0,008 | 286 | 339 | 414 | 452 | 331 | 384 | 459 | 497 |
| 6 | 306 | 0 | 0 | 0,005 | 320 | 354 | 401 | 425 | 320 | 354 | 401 | 425 |
| 17 | 464 | 279 | 139 | 0,033 | 563 | 795 | 1126 | 1292 | 703 | 935 | 1266 | 1431 |
| 18 | 606 | 160 | 80 | 0,015 | 650 | 754 | 903 | 977 | 730 | 834 | 983 | 1057 |
| 19 | 822 | 71 | 36 | 0,006 | 840 | 881 | 940 | 969 | 875 | 917 | 975 | 1005 |
| 29 | 357 | 406 | 203 | 0,042 | 484 | 780 | 1203 | 1415 | 687 | 983 | 1406 | 1618 |
| 31 | 454 | 115 | 58 | 0,008 | 478 | 533 | 611 | 651 | 535 | 590 | 669 | 708 |
| 32 | 397 | 264 | 132 | 0,023 | 465 | 623 | 848 | 961 | 597 | 755 | 980 | 1093 |
| 34 | 510 | 0 | 0 | 0,005 | 525 | 559 | 607 | 631 | 525 | 559 | 607 | 631 |
| 46 | 874 | 236 | 118 | 0,025 | 950 | 1128 | 1383 | 1510 | 1068 | 1246 | 1501 | 1628 |
| 47 | 1090 | 105 | 53 | 0,009 | 1116 | 1177 | 1264 | 1308 | 1169 | 1230 | 1317 | 1360 |
| 51 | 3144 | 381 | 190 | 0,049 | 3292 | 3637 | 4130 | 4377 | 3482 | 3827 | 4320 | 4567 |

a - área de isolamento; S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_P - Custo anual da barreira de proteção(dólares); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares - 1m^2 igual a 10 dólares).

Tabela 4.13 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário I, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ¹⁹²Ir.

| CENÁRIO I | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Av. lógica | | Av. Direta | | | | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 1 | 0,446 | 0,8558 | 0,782 | 0,697 | 0,661 | 0,769 | 0,305 | 0,069 | 0,069 | 0,102 | 0,069 |
| 3 | 0,806 | 0,9326 | 0,916 | 0,897 | 0,889 | 0,859 | 0,650 | 0,167 | 0,806 | 0,167 | 0,684 |
| 6 | 0,990 | 0,9748 | 0,977 | 0,980 | 0,981 | 0,876 | 0,898 | 0,898 | 0,198 | 0,198 | 0,898 |
| 7 | 0,410 | 0,6637 | 0,617 | 0,562 | 0,539 | 0,608 | 0,339 | 0,083 | 0,083 | 0,387 | 0,163 |
| 8 | 0,736 | 0,6897 | 0,699 | 0,710 | 0,715 | 0,631 | 0,670 | 0,158 | 0,818 | 0,158 | 0,718 |
| 9 | 0,815 | 0,6599 | 0,686 | 0,717 | 0,730 | 0,594 | 0,785 | 0,872 | 0,172 | 0,172 | 0,848 |
| 10 | 0,149 | 0,0181 | 0,055 | 0,098 | 0,116 | 0,064 | 0,064 | 0,064 | 0,064 | 0,648 | 0,378 |
| 17 | 0,473 | 0,7980 | 0,741 | 0,675 | 0,648 | 0,736 | 0,351 | 0,095 | 0,095 | 0,438 | 0,192 |
| 20 | 0,907 | 0,7749 | 0,794 | 0,817 | 0,826 | 0,690 | 0,886 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,886 |
| 21 | 0,239 | 0,1725 | 0,170 | 0,166 | 0,165 | 0,143 | 0,384 | 0,060 | 0,060 | 0,403 | 0,157 |
| 22 | 0,748 | 0,8596 | 0,844 | 0,826 | 0,819 | 0,793 | 0,617 | 0,157 | 0,157 | 0,784 | 0,633 |
| 24 | 0,457 | 0,3482 | 0,360 | 0,374 | 0,380 | 0,317 | 0,523 | 0,111 | 0,111 | 0,706 | 0,452 |
| 25 | 0,485 | 0,2215 | 0,260 | 0,304 | 0,323 | 0,194 | 0,593 | 0,117 | 0,117 | 0,743 | 0,583 |
| 27 | 0,920 | 0,8950 | 0,902 | 0,910 | 0,914 | 0,812 | 0,812 | 0,888 | 0,188 | 0,188 | 0,872 |
| 28 | 0,654 | 0,2545 | 0,316 | 0,388 | 0,418 | 0,213 | 0,774 | 0,848 | 0,148 | 0,148 | 0,829 |
| 34 | 0,932 | 0,8990 | 0,907 | 0,916 | 0,920 | 0,814 | 0,829 | 0,890 | 0,190 | 0,190 | 0,883 |
| 44 | 0,338 | 0,6761 | 0,620 | 0,555 | 0,528 | 0,622 | 0,187 | 0,058 | 0,058 | 0,164 | 0,075 |
| 45 | 0,530 | 0,7094 | 0,679 | 0,643 | 0,628 | 0,661 | 0,442 | 0,118 | 0,118 | 0,664 | 0,366 |
| 46 | 0,773 | 0,7175 | 0,729 | 0,743 | 0,749 | 0,656 | 0,697 | 0,164 | 0,843 | 0,164 | 0,764 |
| 49 | 0,852 | 0,6428 | 0,673 | 0,709 | 0,724 | 0,566 | 0,878 | 0,878 | 0,178 | 0,178 | 0,878 |
| 53 | 0,450 | 0,1736 | 0,216 | 0,265 | 0,286 | 0,155 | 0,549 | 0,112 | 0,112 | 0,738 | 0,578 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(S_c) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.14 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário II, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ¹⁹²Ir.

| CENÁRIO II | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Av. lógica | | Av. Direta | | | | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 6 | 1,000 | 1,0000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,900 | 0,900 | 0,900 | 0,200 | 0,200 | 0,900 |
| 7 | 0,478 | 0,6865 | 0,638 | 0,581 | 0,557 | 0,624 | 0,480 | 0,093 | 0,093 | 0,388 | 0,179 |
| 8 | 0,762 | 0,7125 | 0,720 | 0,729 | 0,732 | 0,636 | 0,729 | 0,161 | 0,820 | 0,161 | 0,721 |
| 11 | 0,329 | 0,6194 | 0,566 | 0,504 | 0,477 | 0,595 | 0,194 | 0,049 | 0,049 | 0,049 | 0,049 |
| 14 | 0,828 | 0,7739 | 0,783 | 0,794 | 0,799 | 0,693 | 0,774 | 0,173 | 0,862 | 0,173 | 0,792 |
| 22 | 0,791 | 0,8838 | 0,866 | 0,846 | 0,837 | 0,816 | 0,693 | 0,163 | 0,163 | 0,776 | 0,640 |
| 23 | 0,482 | 0,5496 | 0,528 | 0,502 | 0,492 | 0,491 | 0,529 | 0,108 | 0,108 | 0,603 | 0,315 |
| 25 | 0,509 | 0,2416 | 0,281 | 0,327 | 0,346 | 0,158 | 0,662 | 0,120 | 0,120 | 0,736 | 0,609 |
| 26 | 0,740 | 0,7879 | 0,776 | 0,762 | 0,757 | 0,716 | 0,691 | 0,155 | 0,155 | 0,765 | 0,610 |
| 31 | 0,608 | 0,7330 | 0,752 | 0,773 | 0,783 | 0,806 | 0,145 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,809 |
| 46 | 0,822 | 0,7572 | 0,765 | 0,775 | 0,779 | 0,666 | 0,806 | 0,172 | 0,849 | 0,172 | 0,769 |
| 49 | 0,843 | 0,7066 | 0,730 | 0,758 | 0,769 | 0,614 | 0,823 | 0,876 | 0,176 | 0,176 | 0,863 |
| 52 | 0,839 | 0,8271 | 0,831 | 0,835 | 0,836 | 0,803 | 0,802 | 0,925 | 0,907 | 0,225 | 0,832 |
| 53 | 0,894 | 0,8191 | 0,833 | 0,849 | 0,856 | 0,729 | 0,830 | 0,884 | 0,184 | 0,184 | 0,870 |
| 54 | 0,368 | 0,1409 | 0,179 | 0,223 | 0,242 | 0,098 | 0,464 | 0,098 | 0,098 | 0,699 | 0,506 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(S_c) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.15 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário III, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ¹⁹²Ir.

| Av. lógica | | Av. Direta | | | | CENÁRIO I.I | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 12 | 0,483 | 0,7624 | 0,737 | 0,706 | 0,692 | 0,701 | 0,283 | 0,117 | 0,117 | 0,734 | 0,379 |
| 13 | 0,639 | 0,7537 | 0,747 | 0,740 | 0,737 | 0,695 | 0,471 | 0,143 | 0,797 | 0,143 | 0,604 |
| 14 | 0,761 | 0,7376 | 0,747 | 0,758 | 0,762 | 0,683 | 0,632 | 0,864 | 0,164 | 0,164 | 0,776 |
| 16 | 0,496 | 0,9008 | 0,859 | 0,809 | 0,786 | 0,818 | 0,269 | 0,118 | 0,118 | 0,724 | 0,309 |
| 17 | 0,313 | 0,8188 | 0,765 | 0,699 | 0,670 | 0,744 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,637 | 0,086 |
| 18 | 0,646 | 0,8330 | 0,819 | 0,802 | 0,795 | 0,763 | 0,444 | 0,143 | 0,789 | 0,143 | 0,579 |
| 19 | 0,828 | 0,8032 | 0,812 | 0,822 | 0,827 | 0,738 | 0,698 | 0,874 | 0,174 | 0,174 | 0,827 |
| 21 | 0,069 | 0,0685 | 0,064 | 0,058 | 0,056 | 0,093 | 0,152 | 0,050 | 0,050 | 0,600 | 0,050 |
| 36 | 0,971 | 0,9245 | 0,930 | 0,936 | 0,938 | 0,835 | 0,896 | 0,896 | 0,196 | 0,196 | 0,896 |
| 37 | 0,689 | 0,5816 | 0,599 | 0,621 | 0,631 | 0,548 | 0,609 | 0,153 | 0,849 | 0,153 | 0,749 |
| 47 | 0,724 | 0,7018 | 0,710 | 0,721 | 0,726 | 0,651 | 0,602 | 0,158 | 0,850 | 0,158 | 0,742 |
| 48 | 0,769 | 0,6843 | 0,700 | 0,718 | 0,727 | 0,636 | 0,667 | 0,865 | 0,165 | 0,165 | 0,807 |
| 54 | 0,343 | 0,0590 | 0,096 | 0,141 | 0,161 | 0,098 | 0,384 | 0,098 | 0,743 | 0,098 | 0,531 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(S_c) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.16 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário IV, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ¹⁹²Ir.

| Av. lógica | | Av. Direta | | | | CENÁRIO IV | | | | | |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Opção | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 2 | 0,620 | 0,8856 | 0,837 | 0,781 | 0,758 | 0,831 | 0,497 | 0,131 | 0,1311 | 0,665 | 0,368 |
| 5 | 0,991 | 0,9790 | 0,981 | 0,983 | 0,984 | 0,880 | 0,899 | 0,899 | 0,1986 | 0,199 | 0,899 |
| 17 | 0,575 | 0,8165 | 0,769 | 0,714 | 0,691 | 0,760 | 0,495 | 0,122 | 0,1216 | 0,616 | 0,317 |
| 18 | 0,788 | 0,8339 | 0,827 | 0,820 | 0,817 | 0,766 | 0,685 | 0,164 | 0,8082 | 0,164 | 0,697 |
| 19 | 0,875 | 0,8067 | 0,820 | 0,836 | 0,843 | 0,728 | 0,799 | 0,881 | 0,1813 | 0,181 | 0,855 |
| 21 | 0,332 | 0,1688 | 0,184 | 0,202 | 0,210 | 0,130 | 0,502 | 0,088 | 0,0881 | 0,625 | 0,329 |
| 30 | 0,454 | 0,7901 | 0,733 | 0,667 | 0,639 | 0,754 | 0,285 | 0,092 | 0,0922 | 0,429 | 0,191 |
| 32 | 0,691 | 0,8518 | 0,828 | 0,800 | 0,789 | 0,802 | 0,538 | 0,147 | 0,1475 | 0,761 | 0,554 |
| 39 | 0,404 | 0,6545 | 0,602 | 0,541 | 0,515 | 0,593 | 0,361 | 0,073 | 0,0730 | 0,246 | 0,113 |
| 40 | 0,783 | 0,6730 | 0,693 | 0,716 | 0,726 | 0,605 | 0,742 | 0,167 | 0,8589 | 0,167 | 0,798 |
| 41 | 0,602 | 0,6772 | 0,661 | 0,643 | 0,636 | 0,626 | 0,554 | 0,133 | 0,1329 | 0,729 | 0,482 |
| 42 | 0,808 | 0,6607 | 0,687 | 0,717 | 0,729 | 0,588 | 0,784 | 0,871 | 0,1712 | 0,171 | 0,840 |
| 44 | 0,280 | 0,6526 | 0,595 | 0,528 | 0,500 | 0,630 | 0,042 | 0,042 | 0,0420 | 0,042 | 0,042 |
| 46 | 0,608 | 0,7174 | 0,697 | 0,673 | 0,663 | 0,667 | 0,540 | 0,134 | 0,1336 | 0,726 | 0,472 |
| 47 | 0,798 | 0,7161 | 0,732 | 0,750 | 0,758 | 0,648 | 0,738 | 0,169 | 0,8592 | 0,169 | 0,796 |
| 54 | 0,490 | 0,1616 | 0,214 | 0,274 | 0,300 | 0,119 | 0,620 | 0,119 | 0,7610 | 0,119 | 0,647 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(S_c) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.17 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário V, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ^{192}Ir .

| CENÁRIO V | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Av. lógica | | Av. Direta | | | | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 2 | 0,709 | 0,940 | 0,882 | 0,816 | 0,788 | 0,844 | 0,729 | 0,144 | 0,144 | 0,667 | 0,346 |
| 4 | 0,946 | 0,974 | 0,968 | 0,961 | 0,958 | 0,880 | 0,854 | 0,192 | 0,891 | 0,192 | 0,827 |
| 6 | 0,989 | 0,975 | 0,977 | 0,980 | 0,981 | 0,876 | 0,898 | 0,898 | 0,198 | 0,198 | 0,898 |
| 12 | 0,747 | 0,810 | 0,788 | 0,762 | 0,751 | 0,722 | 0,768 | 0,156 | 0,156 | 0,769 | 0,546 |
| 14 | 0,855 | 0,766 | 0,778 | 0,792 | 0,798 | 0,679 | 0,840 | 0,178 | 0,876 | 0,178 | 0,811 |
| 18 | 0,832 | 0,861 | 0,850 | 0,836 | 0,831 | 0,771 | 0,805 | 0,170 | 0,811 | 0,170 | 0,682 |
| 29 | 0,586 | 0,874 | 0,802 | 0,720 | 0,685 | 0,772 | 0,625 | 0,107 | 0,107 | 0,382 | 0,155 |
| 32 | 0,775 | 0,902 | 0,870 | 0,834 | 0,818 | 0,814 | 0,751 | 0,160 | 0,160 | 0,771 | 0,542 |
| 33 | 0,937 | 0,914 | 0,918 | 0,923 | 0,925 | 0,823 | 0,856 | 0,891 | 0,191 | 0,191 | 0,861 |
| 38 | 0,286 | 0,666 | 0,607 | 0,538 | 0,510 | 0,654 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,180 | 0,052 |
| 43 | 0,354 | 0,161 | 0,168 | 0,176 | 0,180 | 0,088 | 0,662 | 0,088 | 0,088 | 0,579 | 0,258 |
| 45 | 0,608 | 0,768 | 0,721 | 0,667 | 0,644 | 0,680 | 0,681 | 0,126 | 0,126 | 0,613 | 0,293 |
| 46 | 0,685 | 0,763 | 0,735 | 0,702 | 0,688 | 0,676 | 0,741 | 0,145 | 0,145 | 0,733 | 0,454 |
| 47 | 0,832 | 0,736 | 0,748 | 0,763 | 0,769 | 0,650 | 0,830 | 0,174 | 0,863 | 0,174 | 0,789 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.18 – Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário VI, para diferentes opções de proteção na instalação fechada sem teto com ^{192}Ir .

| CENÁRIO VI | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Av. lógica | | Av. Direta | | | | Análise de Sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 2 | 0,565 | 0,890 | 0,843 | 0,789 | 0,766 | 0,825 | 0,357 | 0,125 | 0,125 | 0,693 | 0,380 |
| 4 | 0,900 | 0,956 | 0,954 | 0,952 | 0,952 | 0,874 | 0,729 | 0,885 | 0,185 | 0,185 | 0,841 |
| 6 | 0,989 | 0,973 | 0,975 | 0,978 | 0,979 | 0,876 | 0,898 | 0,898 | 0,198 | 0,198 | 0,898 |
| 17 | 0,529 | 0,812 | 0,772 | 0,726 | 0,707 | 0,757 | 0,339 | 0,120 | 0,120 | 0,687 | 0,374 |
| 18 | 0,745 | 0,821 | 0,817 | 0,812 | 0,810 | 0,758 | 0,583 | 0,158 | 0,811 | 0,158 | 0,700 |
| 19 | 0,858 | 0,790 | 0,807 | 0,826 | 0,834 | 0,722 | 0,756 | 0,879 | 0,179 | 0,179 | 0,861 |
| 29 | 0,369 | 0,797 | 0,740 | 0,675 | 0,647 | 0,751 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,527 | 0,197 |
| 31 | 0,853 | 0,889 | 0,893 | 0,897 | 0,899 | 0,817 | 0,679 | 0,878 | 0,178 | 0,178 | 0,829 |
| 32 | 0,628 | 0,847 | 0,825 | 0,800 | 0,789 | 0,792 | 0,383 | 0,138 | 0,138 | 0,759 | 0,559 |
| 34 | 0,963 | 0,910 | 0,918 | 0,927 | 0,931 | 0,819 | 0,895 | 0,895 | 0,195 | 0,195 | 0,893 |
| 46 | 0,570 | 0,705 | 0,690 | 0,673 | 0,666 | 0,659 | 0,422 | 0,129 | 0,129 | 0,740 | 0,504 |
| 47 | 0,776 | 0,695 | 0,714 | 0,736 | 0,745 | 0,640 | 0,685 | 0,166 | 0,861 | 0,166 | 0,804 |
| 51 | 0,021 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,019 | 0,062 | 0,019 | 0,019 | 0,235 | 0,019 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 4.19 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário I, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total " U_T " das opções de proteção | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,770 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,762 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,316 |
| 3 | 0,855 | 0,637 | 0,637 | 0,637 | 0,637 | 0,885 | 0,639 | 0,639 | 0,639 | 0,639 |
| 6 | 0,870 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,914 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,878 |
| 7 | 0,609 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,601 | 0,347 | 0,347 | 0,347 | 0,347 |
| 8 | 0,626 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,659 | 0,654 | 0,654 | 0,654 | 0,654 |
| 9 | 0,588 | 0,759 | 0,759 | 0,759 | 0,759 | 0,631 | 0,762 | 0,762 | 0,762 | 0,762 |
| 10 | 0,061 | 0,053 | 0,053 | 0,053 | 0,053 | 0,082 | 0,055 | 0,055 | 0,055 | 0,055 |
| 17 | 0,737 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,731 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 |
| 20 | 0,683 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,727 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 |
| 21 | 0,144 | 0,385 | 0,385 | 0,385 | 0,385 | 0,135 | 0,385 | 0,385 | 0,385 | 0,385 |
| 22 | 0,789 | 0,607 | 0,607 | 0,607 | 0,607 | 0,815 | 0,608 | 0,608 | 0,608 | 0,608 |
| 24 | 0,315 | 0,514 | 0,514 | 0,514 | 0,514 | 0,327 | 0,515 | 0,515 | 0,515 | 0,515 |
| 25 | 0,191 | 0,574 | 0,574 | 0,574 | 0,574 | 0,215 | 0,576 | 0,576 | 0,576 | 0,576 |
| 27 | 0,806 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,850 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 28 | 0,207 | 0,742 | 0,742 | 0,742 | 0,742 | 0,251 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 |
| 35 | 0,808 | 0,805 | 0,805 | 0,805 | 0,805 | 0,852 | 0,808 | 0,808 | 0,808 | 0,808 |
| 45 | 0,622 | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,197 | 0,617 | 0,196 | 0,196 | 0,196 | 0,196 |
| 46 | 0,661 | 0,444 | 0,444 | 0,444 | 0,444 | 0,665 | 0,444 | 0,444 | 0,444 | 0,444 |
| 47 | 0,651 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,688 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 |
| 50 | 0,560 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,604 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 |
| 54 | 0,151 | 0,529 | 0,529 | 0,529 | 0,529 | 0,176 | 0,532 | 0,532 | 0,532 | 0,532 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,750 | 0,313 | 0,313 | 0,313 | 0,313 | 0,764 | 0,312 | 0,312 | 0,312 | 0,312 |
| 3 | 0,927 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,642 | 0,848 | 0,643 | 0,643 | 0,643 | 0,643 |
| 6 | 0,977 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 0,863 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,885 |
| 7 | 0,591 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,604 | 0,344 | 0,344 | 0,344 | 0,344 |
| 8 | 0,707 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,621 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 |
| 9 | 0,693 | 0,768 | 0,768 | 0,768 | 0,768 | 0,583 | 0,770 | 0,770 | 0,770 | 0,770 |
| 10 | 0,112 | 0,057 | 0,057 | 0,057 | 0,057 | 0,061 | 0,058 | 0,058 | 0,058 | 0,058 |
| 17 | 0,721 | 0,358 | 0,358 | 0,358 | 0,358 | 0,731 | 0,357 | 0,357 | 0,357 | 0,357 |
| 20 | 0,790 | 0,868 | 0,868 | 0,868 | 0,868 | 0,678 | 0,871 | 0,871 | 0,871 | 0,871 |
| 21 | 0,123 | 0,384 | 0,384 | 0,384 | 0,384 | 0,143 | 0,384 | 0,384 | 0,384 | 0,384 |
| 22 | 0,851 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,783 | 0,611 | 0,611 | 0,611 | 0,611 |
| 24 | 0,342 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,313 | 0,518 | 0,518 | 0,518 | 0,518 |
| 25 | 0,249 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,189 | 0,582 | 0,582 | 0,582 | 0,582 |
| 27 | 0,913 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,800 | 0,798 | 0,798 | 0,798 | 0,798 |
| 28 | 0,313 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,206 | 0,756 | 0,756 | 0,756 | 0,756 |
| 35 | 0,916 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,801 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 |
| 45 | 0,610 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,617 | 0,193 | 0,193 | 0,193 | 0,193 |
| 46 | 0,670 | 0,443 | 0,443 | 0,443 | 0,443 | 0,656 | 0,443 | 0,443 | 0,443 | 0,443 |
| 47 | 0,741 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,645 | 0,686 | 0,686 | 0,686 | 0,686 |
| 50 | 0,666 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,556 | 0,862 | 0,862 | 0,862 | 0,862 |
| 54 | 0,212 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,150 | 0,538 | 0,538 | 0,538 | 0,538 |

Tabela 4.20 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário II, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total ¹ das opções de | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de | | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | |
| | | | 3000 | | | | | | | 10000 | |
| 6 | 0,896 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,944 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | |
| 7 | 0,625 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,488 | 0,613 | 0,487 | 0,487 | 0,487 | 0,487 | |
| 8 | 0,633 | 0,711 | 0,711 | 0,711 | 0,711 | 0,668 | 0,714 | 0,714 | 0,714 | 0,714 | |
| 11 | 0,596 | 0,203 | 0,203 | 0,203 | 0,203 | 0,591 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | 0,201 | |
| 14 | 0,689 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,753 | 0,730 | 0,757 | 0,757 | 0,757 | 0,757 | |
| 22 | 0,813 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,683 | 0,840 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | |
| 23 | 0,491 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | 0,488 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | |
| 25 | 0,155 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,183 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | 0,644 | |
| 26 | 0,714 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,737 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | |
| 31 | 0,800 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,868 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | |
| 47 | 0,663 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,700 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | |
| 49 | 0,610 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,658 | 0,800 | 0,800 | 0,800 | 0,800 | |
| 52 | 0,801 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,817 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | |
| 53 | 0,725 | 0,805 | 0,805 | 0,805 | 0,805 | 0,773 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | |
| 54 | 0,096 | 0,447 | 0,447 | 0,447 | 0,447 | 0,119 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | |
| | | | 20000 | | | | | | | 25000 | |
| 6 | 1,000 | 0,886 | 0,886 | 0,886 | 0,886 | 1,000 | 0,888 | 0,888 | 0,888 | 0,888 | |
| 7 | 0,589 | 0,485 | 0,485 | 0,485 | 0,485 | 0,562 | 0,484 | 0,484 | 0,484 | 0,484 | |
| 8 | 0,708 | 0,718 | 0,718 | 0,718 | 0,718 | 0,709 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | |
| 11 | 0,576 | 0,199 | 0,199 | 0,199 | 0,199 | 0,554 | 0,198 | 0,198 | 0,198 | 0,198 | |
| 14 | 0,778 | 0,761 | 0,761 | 0,761 | 0,761 | 0,781 | 0,763 | 0,763 | 0,763 | 0,763 | |
| 22 | 0,866 | 0,687 | 0,687 | 0,687 | 0,687 | 0,856 | 0,688 | 0,688 | 0,688 | 0,688 | |
| 23 | 0,478 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | 0,530 | 0,460 | 0,529 | 0,529 | 0,529 | 0,529 | |
| 25 | 0,219 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,231 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | 0,651 | |
| 26 | 0,761 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,752 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | |
| 31 | 0,952 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,967 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | |
| 47 | 0,743 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,744 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | |
| 49 | 0,718 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,727 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | |
| 52 | 0,830 | 0,797 | 0,797 | 0,797 | 0,797 | 0,814 | 0,798 | 0,798 | 0,798 | 0,798 | |
| 53 | 0,831 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,815 | 0,837 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | |
| 54 | 0,150 | 0,453 | 0,453 | 0,453 | 0,453 | 0,161 | 0,455 | 0,455 | 0,455 | 0,455 | |

Tabela 4.21 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário III, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " das opções de proteção | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | | |
| 12 | 0,699 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,705 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | |
| 13 | 0,688 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,706 | 0,461 | 0,461 | 0,461 | 0,461 | |
| 14 | 0,672 | 0,611 | 0,611 | 0,611 | 0,611 | 0,700 | 0,613 | 0,613 | 0,613 | 0,613 | |
| 16 | 0,818 | 0,278 | 0,278 | 0,278 | 0,278 | 0,818 | 0,277 | 0,277 | 0,277 | 0,277 | |
| 17 | 0,749 | 0,107 | 0,107 | 0,107 | 0,107 | 0,737 | 0,105 | 0,105 | 0,105 | 0,105 | |
| 18 | 0,756 | 0,435 | 0,435 | 0,435 | 0,435 | 0,774 | 0,436 | 0,436 | 0,436 | 0,436 | |
| 19 | 0,726 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,674 | 0,756 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | |
| 21 | 0,099 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,085 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | |
| 36 | 0,823 | 0,871 | 0,871 | 0,871 | 0,871 | 0,854 | 0,873 | 0,873 | 0,873 | 0,873 | |
| 37 | 0,538 | 0,587 | 0,587 | 0,587 | 0,587 | 0,564 | 0,589 | 0,589 | 0,589 | 0,589 | |
| 47 | 0,641 | 0,582 | 0,582 | 0,582 | 0,582 | 0,667 | 0,584 | 0,584 | 0,584 | 0,584 | |
| 48 | 0,624 | 0,643 | 0,643 | 0,643 | 0,643 | 0,654 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | 0,645 | |
| 54 | 0,091 | 0,365 | 0,365 | 0,365 | 0,365 | 0,108 | 0,367 | 0,367 | 0,367 | 0,367 | |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | | |
| 12 | 0,713 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,717 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | |
| 13 | 0,733 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,747 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | |
| 14 | 0,739 | 0,616 | 0,616 | 0,616 | 0,616 | 0,759 | 0,617 | 0,617 | 0,617 | 0,617 | |
| 16 | 0,818 | 0,276 | 0,276 | 0,276 | 0,276 | 0,818 | 0,275 | 0,275 | 0,275 | 0,275 | |
| 17 | 0,720 | 0,102 | 0,102 | 0,102 | 0,102 | 0,711 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | |
| 18 | 0,799 | 0,437 | 0,437 | 0,437 | 0,437 | 0,811 | 0,438 | 0,438 | 0,438 | 0,438 | |
| 19 | 0,799 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,680 | 0,821 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | 0,682 | |
| 21 | 0,064 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,054 | 0,159 | 0,159 | 0,159 | 0,159 | |
| 36 | 0,897 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,919 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | |
| 37 | 0,603 | 0,592 | 0,592 | 0,592 | 0,592 | 0,622 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | |
| 47 | 0,705 | 0,587 | 0,587 | 0,587 | 0,587 | 0,723 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | 0,588 | |
| 48 | 0,697 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,649 | 0,718 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | 0,650 | |
| 54 | 0,133 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | 0,146 | 0,371 | 0,371 | 0,371 | 0,371 | |

Tabela 4.22 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário IV, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total " U_T " das opções de proteção | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | | | | | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 2 | 0,831 | 0,502 | 0,502 | 0,502 | 0,502 | 0,833 | 0,501 | 0,501 | 0,501 | 0,501 |
| 5 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,921 | 0,879 | 0,879 | 0,879 | 0,879 |
| 17 | 0,760 | 0,501 | 0,501 | 0,501 | 0,501 | 0,757 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| 18 | 0,762 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,794 | 0,672 | 0,672 | 0,672 | 0,672 |
| 19 | 0,723 | 0,775 | 0,775 | 0,775 | 0,775 | 0,769 | 0,779 | 0,779 | 0,779 | 0,779 |
| 21 | 0,130 | 0,495 | 0,495 | 0,495 | 0,495 | 0,131 | 0,496 | 0,496 | 0,496 | 0,496 |
| 30 | 0,755 | 0,295 | 0,295 | 0,295 | 0,295 | 0,750 | 0,293 | 0,293 | 0,293 | 0,293 |
| 32 | 0,800 | 0,532 | 0,532 | 0,532 | 0,532 | 0,821 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 |
| 39 | 0,595 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | 0,585 | 0,368 | 0,368 | 0,368 | 0,368 |
| 40 | 0,601 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,643 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 |
| 41 | 0,625 | 0,549 | 0,549 | 0,549 | 0,549 | 0,637 | 0,550 | 0,550 | 0,550 | 0,550 |
| 42 | 0,583 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,758 | 0,628 | 0,762 | 0,762 | 0,762 | 0,762 |
| 44 | 0,630 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,052 | 0,630 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| 46 | 0,666 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,678 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,536 |
| 47 | 0,643 | 0,716 | 0,716 | 0,716 | 0,716 | 0,685 | 0,719 | 0,719 | 0,719 | 0,719 |
| 54 | 0,116 | 0,595 | 0,595 | 0,595 | 0,595 | 0,148 | 0,599 | 0,599 | 0,599 | 0,599 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 2 | 0,835 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,818 | 0,499 | 0,499 | 0,499 | 0,499 |
| 5 | 0,988 | 0,884 | 0,884 | 0,884 | 0,884 | 1,000 | 0,886 | 0,886 | 0,886 | 0,886 |
| 17 | 0,692 | 0,499 | 0,499 | 0,499 | 0,499 | 0,735 | 0,499 | 0,499 | 0,499 | 0,499 |
| 18 | 0,840 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,675 | 0,845 | 0,677 | 0,677 | 0,677 | 0,677 |
| 19 | 0,834 | 0,784 | 0,784 | 0,784 | 0,784 | 0,849 | 0,786 | 0,786 | 0,786 | 0,786 |
| 21 | 0,057 | 0,498 | 0,498 | 0,498 | 0,498 | 0,129 | 0,498 | 0,498 | 0,498 | 0,498 |
| 30 | 0,743 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,724 | 0,290 | 0,290 | 0,290 | 0,290 |
| 32 | 0,851 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,847 | 0,534 | 0,534 | 0,534 | 0,534 |
| 39 | 0,570 | 0,366 | 0,366 | 0,366 | 0,366 | 0,551 | 0,365 | 0,365 | 0,365 | 0,365 |
| 40 | 0,703 | 0,727 | 0,727 | 0,727 | 0,727 | 0,717 | 0,729 | 0,729 | 0,729 | 0,729 |
| 41 | 0,655 | 0,551 | 0,551 | 0,551 | 0,551 | 0,650 | 0,552 | 0,552 | 0,552 | 0,552 |
| 42 | 0,693 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,710 | 0,770 | 0,770 | 0,770 | 0,770 |
| 44 | 0,630 | 0,048 | 0,048 | 0,048 | 0,048 | 0,617 | 0,047 | 0,047 | 0,047 | 0,047 |
| 46 | 0,590 | 0,537 | 0,537 | 0,537 | 0,537 | 0,688 | 0,538 | 0,538 | 0,538 | 0,538 |
| 47 | 0,550 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,758 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,726 |
| 54 | 0,031 | 0,604 | 0,604 | 0,604 | 0,604 | 0,213 | 0,607 | 0,607 | 0,607 | 0,607 |

Tabela 4.23 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário V, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " das opções de proteção | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | | | | | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 2 | 0,845 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,835 | 0,735 | 0,735 | 0,735 | 0,735 |
| 4 | 0,876 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,914 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 0,837 |
| 6 | 0,870 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,916 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,878 |
| 12 | 0,720 | 0,762 | 0,762 | 0,762 | 0,762 | 0,731 | 0,763 | 0,763 | 0,763 | 0,763 |
| 14 | 0,674 | 0,818 | 0,818 | 0,818 | 0,818 | 0,712 | 0,821 | 0,821 | 0,821 | 0,821 |
| 18 | 0,768 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,793 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 |
| 29 | 0,774 | 0,638 | 0,638 | 0,638 | 0,638 | 0,755 | 0,636 | 0,636 | 0,636 | 0,636 |
| 32 | 0,813 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,746 | 0,824 | 0,747 | 0,747 | 0,747 | 0,747 |
| 33 | 0,818 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,834 | 0,861 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 0,837 |
| 38 | 0,654 | 0,064 | 0,064 | 0,064 | 0,064 | 0,650 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 |
| 43 | 0,090 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,077 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 |
| 45 | 0,681 | 0,687 | 0,687 | 0,687 | 0,687 | 0,669 | 0,686 | 0,686 | 0,686 | 0,686 |
| 46 | 0,676 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,678 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | 0,740 |
| 47 | 0,646 | 0,808 | 0,808 | 0,808 | 0,808 | 0,682 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 2 | 0,821 | 0,733 | 0,733 | 0,733 | 0,733 | 0,803 | 0,733 | 0,733 | 0,733 | 0,733 |
| 4 | 0,969 | 0,841 | 0,841 | 0,841 | 0,841 | 0,983 | 0,843 | 0,843 | 0,843 | 0,843 |
| 6 | 0,981 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 1,000 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,885 |
| 12 | 0,747 | 0,764 | 0,764 | 0,764 | 0,764 | 0,744 | 0,765 | 0,765 | 0,765 | 0,765 |
| 14 | 0,767 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,783 | 0,828 | 0,828 | 0,828 | 0,828 |
| 18 | 0,829 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,835 | 0,798 | 0,798 | 0,798 | 0,798 |
| 29 | 0,727 | 0,633 | 0,633 | 0,633 | 0,633 | 0,703 | 0,632 | 0,632 | 0,632 | 0,632 |
| 32 | 0,839 | 0,748 | 0,748 | 0,748 | 0,748 | 0,835 | 0,748 | 0,748 | 0,748 | 0,748 |
| 33 | 0,922 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,939 | 0,844 | 0,844 | 0,844 | 0,844 |
| 38 | 0,644 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,060 | 0,632 | 0,059 | 0,059 | 0,059 | 0,059 |
| 43 | 0,059 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,050 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| 45 | 0,652 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,685 | 0,634 | 0,684 | 0,684 | 0,684 | 0,684 |
| 46 | 0,680 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | 0,672 | 0,740 | 0,740 | 0,740 | 0,740 |
| 47 | 0,734 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,749 | 0,818 | 0,818 | 0,818 | 0,818 |

Tabela 4.24 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário VI, na instalação fechada sem teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total " U_T " das opções de proteção | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constantes de crescimento dos atributos de proteção | | | | | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | | | | | |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 2 | 0,824 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,831 | 0,361 | 0,361 | 0,361 | 0,361 |
| 4 | 0,867 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,911 | 0,712 | 0,712 | 0,712 | 0,712 |
| 6 | 0,869 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,875 | 0,913 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,878 |
| 17 | 0,756 | 0,343 | 0,343 | 0,343 | 0,343 | 0,763 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,342 |
| 18 | 0,753 | 0,567 | 0,567 | 0,567 | 0,567 | 0,787 | 0,570 | 0,570 | 0,570 | 0,570 |
| 19 | 0,716 | 0,731 | 0,731 | 0,731 | 0,731 | 0,761 | 0,734 | 0,734 | 0,734 | 0,734 |
| 29 | 0,751 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,751 | 0,096 | 0,096 | 0,096 | 0,096 |
| 31 | 0,811 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,658 | 0,855 | 0,661 | 0,661 | 0,661 | 0,661 |
| 32 | 0,789 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,376 | 0,814 | 0,377 | 0,377 | 0,377 | 0,377 |
| 34 | 0,813 | 0,870 | 0,870 | 0,870 | 0,870 | 0,856 | 0,874 | 0,874 | 0,874 | 0,874 |
| 46 | 0,657 | 0,416 | 0,416 | 0,416 | 0,416 | 0,675 | 0,417 | 0,417 | 0,417 | 0,417 |
| 47 | 0,634 | 0,662 | 0,662 | 0,662 | 0,662 | 0,676 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,665 |
| 51 | 0,020 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,012 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 2 | 0,841 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,840 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 |
| 4 | 0,972 | 0,716 | 0,716 | 0,716 | 0,716 | 0,996 | 0,718 | 0,718 | 0,718 | 0,718 |
| 6 | 0,976 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 0,883 | 1,000 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,885 |
| 17 | 0,773 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,773 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,341 |
| 18 | 0,836 | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,854 | 0,574 | 0,574 | 0,574 | 0,574 |
| 19 | 0,826 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,739 | 0,852 | 0,742 | 0,742 | 0,742 | 0,742 |
| 29 | 0,751 | 0,094 | 0,094 | 0,094 | 0,094 | 0,746 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,093 |
| 31 | 0,917 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,942 | 0,667 | 0,667 | 0,667 | 0,667 |
| 32 | 0,851 | 0,379 | 0,379 | 0,379 | 0,379 | 0,863 | 0,379 | 0,379 | 0,379 | 0,379 |
| 34 | 0,919 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,878 | 0,943 | 0,881 | 0,881 | 0,881 | 0,881 |
| 46 | 0,702 | 0,418 | 0,418 | 0,418 | 0,418 | 0,710 | 0,419 | 0,419 | 0,419 | 0,419 |
| 47 | 0,736 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,670 | 0,760 | 0,672 | 0,672 | 0,672 | 0,672 |
| 51 | 0,000 | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,006 | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,065 |

Tabela 4.25 – Número de vezes que as opções de proteção apareceram como solução analítica ótima nos diferentes tipos de avaliação, em cada cenários de irradiação, na instalação fechada sem teto, para ^{192}Ir .

| Opção | Av. lógica | Av. direta | S _I | S _{II} | Av. lógica | Av. direta | S _I | S _{II} | Av. lógica | Av. direta | S _I | S _{II} |
|-------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------------|-------------|------------|----------------|-----------------|
| | Cenário I | | | | Cenário II | | | | Cenário III | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 1 | 4 | 4 | 20 | 1 | 4 | 3 | 20 | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | 20 |
| 46 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 47 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 52 | | | | | | | 2 | | | | | |
| | Cenário IV | | | | Cenário V | | | | Cenário VI | | | |
| 4 | | | | | | | 2 | | | | | |
| 5 | 1 | 4 | 3 | 20 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 1 | 4 | 3 | 20 | 1 | 4 | 4 | 20 |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | |
| 46 | | | | | | | | | | | 1 | |
| 47 | | | 1 | | | | | | | | 1 | |

Tabela 4.26 - Resultados do desempenho das opções de proteção consideradas como SAO, nos cenários de irradiação na instalação fechada sem teto, para ^{192}Ir .

| Opção | Cenários de irradiação | | | | | | Resultado do desempenho | | | | |
|-------|------------------------|------------|-------------|------------|-----------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Cenário I | Cenário II | Cenário III | Cenário IV | Cenário V | Cenário VI | NT/C | NCT | NTA | NTC | %F1 |
| 4 | | | | | x | | 31 | 2 | 2 | 62 | 3 |
| 5 | | | | x | | | 31 | 1 | 28 | 31 | 90 |
| 6 | x | x | | | x | x | 31 | 4 | 114 | 124 | 92 |
| 12 | | | x | | | | 31 | 2 | 1 | 62 | 2 |
| 19 | | | | x | | | 31 | 3 | 1 | 93 | 1 |
| 22 | x | x | | | | | 31 | 2 | 2 | 62 | 3 |
| 32 | | | | x | x | | 31 | 3 | 2 | 93 | 2 |
| 36 | | | x | | | | 31 | 1 | 29 | 31 | 94 |
| 46 | | | | | | x | 31 | 4 | 1 | 124 | 1 |
| 47 | x | | x | x | | x | 31 | 6 | 4 | 186 | 2 |
| 52 | | x | | | | | 31 | 1 | 2 | 31 | 6 |

NT/C - Número de testes por cenário de irradiação - Avaliação lógica (1 teste), Avaliação direta (4 testes), Análise de sensibilidade I (6 testes), Análise de sensibilidade II (20 testes); NCT - Número de cenários em que a opção foi testada; NTA - Número de vezes em que a opção apareceu como solução analítica ótima; NTC - Número de testes em que a opção de proteção foi submetida nos cenários de irradiação; %F1 - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como solução analítica ótima (%F1=100xNTA/NTC).

Tabela 4.27 – Valores dos atributos das opções de proteção que apresentaram os melhores desempenho na instalação fechada sem teto, para ^{192}Ir .

| dh (mSv) | Opção | X_P | X_P+X_Y | $X_P+X_a+X_Y$ | $a(\text{m}^2)$ | $h(\text{Sv})$ | S_C |
|--------------------|-----------|-------------|-------------|---------------|-----------------|----------------|--------------|
| h < 5 mSv | 5 | 293 | 305 | 305 | 0 | 0,001 | 0,004 |
| | 6 | 306 | 318 | 318 | 0 | 0,002 | 0,004 |
| | 19 | 822 | 840 | 878 | 76 | 0,003 | 0,006 |
| | 36 | 624 | 639 | 639 | 0 | 0,001 | 0,005 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 4 | 263 | 287 | 337 | 100 | 0,005 | 0,008 |
| | 47 | 1090 | 1123 | 1192 | 137 | 0,008 | 0,011 |
| | 52 | 771 | 804 | 876 | 143 | 0,008 | 0,011 |
| h > 15 mSv | 12 | 778 | 847 | 962 | 229 | 0,020 | 0,023 |
| | 22 | 486 | 546 | 645 | 197 | 0,017 | 0,020 |
| | 32 | 397 | 472 | 615 | 286 | 0,022 | 0,025 |
| | 46 | 874 | 949 | 1067 | 236 | 0,022 | 0,025 |

X_P - Custo da barreira de proteção (dólar/ano); X_Y - Custo do detrimento biológico (dólar/Siervert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólar/ano); h - Dose equivalente individual anual (Sv); S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa).

Tabela 4.28 – Valores das freqüências e preferências relativas das opções de proteção otimizadas, na instalação fechada sem teto, por intervalo de dose equivalente individual anual, para ^{192}Ir .

| dh | Opção | % F1 | %P(X) | %P(X_P+X_Y) | %P($X_P+X_a+X_Y$) | %P(h) | %P(S) | %P(a) | E_1 | E_2 | E_3 |
|--------------------|-----------|------|-----------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| h < 5 mSv | 5 | 90 | 96 | 98 | 100 | 98 | 100 | 100 | 485 | 486 | 488 |
| | 6 | 92 | 95 | 96 | 99 | 96 | 100 | 100 | 483 | 485 | 487 |
| | 19 | 1 | 32 | 34 | 35 | 90 | 90 | 97 | 311 | 312 | 314 |
| | 36 | 94 | 56 | 58 | 62 | 100 | 95 | 100 | 446 | 447 | 452 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 4 | 3 | 100 | 100 | 96 | 80 | 81 | 97 | 360 | 360 | 357 |
| | 47 | 2 | 0 | 0 | 0 | 67 | 67 | 95 | 231 | 231 | 231 |
| | 52 | 6 | 39 | 38 | 36 | 69 | 67 | 95 | 275 | 275 | 272 |
| h > 15 mSv | 12 | 2 | 38 | 33 | 26 | 10 | 10 | 92 | 151 | 146 | 139 |
| | 22 | 3 | 73 | 69 | 62 | 25 | 24 | 93 | 218 | 214 | 207 |
| | 32 | 2 | 84 | 78 | 65 | 0 | 0 | 90 | 176 | 170 | 157 |
| | 46 | 1 | 26 | 21 | 14 | 0 | 0 | 92 | 119 | 114 | 107 |

%F₁ - Freqüência relativa de aparição da opção de proteção como SAO; %P(X), %P(X_P+X_Y), %P(h) e %P(S_C) - Preferência relativa pela opção de proteção; E_1 , E_2 e E_3 - Escore (Soma dos valores da freqüência de aparição como SAO e preferências relativas dos atributos de proteção. $E_1 = \%F_1 + \%P(X) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$; $E_2 = \%F_1 + \%P(X_P+X_Y) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$; $E_3 = \%F_1 + \%P(X_P+X_Y+X_a) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$).

APÊNDICE 5

INSTALAÇÃO FECHADA SEM TETO PARA ^{60}Co

Tabela 5.1 – Característica das opções de proteção do cenário I, na instalação fechada sem teto, com ^{60}Co .

| Opção | X_p | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | $a(\text{m}^2)$ | S_c | $U(X)$ | $U(S_c)$ | $U(h_1)$ | $U(h_2)$ | $U(h_3)$ | $U(a)$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 2 | 350 | | | 0,023 | 0,001 | 6,0 | 324 | 0,0256 | 1,000 | 0,475 | | | 0,872 | 0,397 |
| 4 | 394 | | 0,006 | | 0,001 | 3,4 | 148 | 0,0090 | 0,968 | 0,882 | | 0,990 | | 0,803 |
| 7 | 543 | 0,003 | | | 0,001 | 2,5 | 100 | 0,0061 | 0,860 | 0,953 | 1,0 | | | 0,915 |
| 10 | 952 | | | 0,042 | 0,001 | 8,0 | 496 | 0,0450 | 0,563 | 0,000 | | | 0,532 | 0,000 |
| 11 | 1082 | | | 0,023 | 0,001 | 6,2 | 340 | 0,0260 | 0,469 | 0,466 | | | 0,870 | 0,361 |
| 12 | 1297 | | 0,009 | | 0,001 | 4,1 | 190 | 0,0116 | 0,313 | 0,819 | | 0,964 | | 0,706 |
| 13 | 1383 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0061 | 0,250 | 0,953 | 1,0 | | | 0,903 |
| 14 | 1728 | 0,001 | | | 0,001 | 1,7 | 63 | 0,0042 | 0,000 | 1,000 | 1,0 | | | 1,001 |
| 22 | 609 | | 0,007 | | 0,001 | 3,7 | 166 | 0,0100 | 0,812 | 0,858 | | 0,980 | | 0,763 |
| 23 | 631 | 0,004 | | | 0,001 | 4,6 | 223 | 0,0066 | 0,796 | 0,942 | 1,0 | | | 0,631 |
| 25 | 680 | | 0,009 | | 0,001 | 4,3 | 203 | 0,0117 | 0,761 | 0,816 | | 0,963 | | 0,677 |
| 26 | 964 | 0,004 | | | 0,001 | 3,5 | 154 | 0,0068 | 0,554 | 0,936 | 1,0 | | | 0,790 |
| 33 | 972 | | | 0,041 | 0,001 | 8,0 | 496 | 0,0442 | 0,549 | 0,020 | | | 0,564 | 0,000 |
| 34 | 1101 | | | 0,023 | 0,001 | 6,2 | 340 | 0,0258 | 0,455 | 0,471 | | | 0,871 | 0,361 |
| 35 | 1316 | | 0,009 | | 0,001 | 4,0 | 184 | 0,0115 | 0,299 | 0,821 | | 0,965 | | 0,721 |
| 36 | 1532 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0062 | 0,142 | 0,951 | 1,0 | | | 0,903 |
| 39 | 883 | | | 0,015 | 0,001 | 5,8 | 309 | 0,0182 | 0,613 | 0,657 | | | 0,900 | 0,433 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares/ano); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_c - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_c)$

- Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção. $S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.2 – Característica das opções de proteção do cenário II, na instalação fechada sem teto, com ^{60}Co .

| Opção | X_p | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | $a(\text{m}^2)$ | S_c | $U(X)$ | $U(S_c)$ | $U(h_1)$ | $U(h_2)$ | $U(h_3)$ | $U(a)$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 1 | 328 | | | 0,046 | 0,001 | 7,5 | 450 | 0,0490 | 1,000 | 0,043 | | | 0,329 | 0,229 |
| 2 | 350 | | | 0,024 | 0,001 | 5,6 | 293 | 0,0270 | 0,993 | 0,518 | | | 0,864 | 0,498 |
| 3 | 372 | | 0,012 | | 0,001 | 4,7 | 229 | 0,0150 | 0,986 | 0,778 | | 0,930 | | 0,607 |
| 4 | 394 | | 0,006 | | 0,001 | 3,3 | 143 | 0,0092 | 0,979 | 0,902 | | 0,988 | | 0,756 |
| 5 | 416 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0062 | 0,972 | 0,968 | 1,0 | | | 0,820 |
| 6 | 525 | 0,002 | | | 0,001 | 0,0 | 0 | 0,0047 | 0,936 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 8 | 1424 | | | 0,048 | 0,001 | 8,4 | 534 | 0,0510 | 0,645 | 0,000 | | | 0,190 | 0,085 |
| 11 | 1081 | | | 0,024 | 0,001 | 6,3 | 348 | 0,0272 | 0,756 | 0,514 | | | 0,863 | 0,405 |
| 17 | 3166 | 0,004 | | | 0,001 | 7,7 | 468 | 0,0072 | 0,079 | 0,946 | 1,0 | | | 0,198 |
| 18 | 587 | | 0,014 | | 0,001 | 4,9 | 243 | 0,0170 | 0,916 | 0,734 | | 0,910 | | 0,584 |
| 20 | 2472 | | 0,007 | | 0,001 | 6,3 | 348 | 0,0103 | 0,304 | 0,879 | | 0,977 | | 0,405 |
| 22 | 609 | | 0,007 | | 0,001 | 3,7 | 166 | 0,0100 | 0,909 | 0,886 | | 0,980 | | 0,716 |
| 23 | 631 | 0,004 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0070 | 0,902 | 0,950 | 1,0 | | | 0,820 |
| 25 | 680 | | 0,011 | | 0,001 | 4,4 | 209 | 0,0135 | 0,886 | 0,810 | | 0,945 | | 0,641 |
| 26 | 964 | 0,004 | | | 0,001 | 3,5 | 154 | 0,0069 | 0,794 | 0,952 | 1,0 | | | 0,736 |
| 28 | 1418 | | 0,014 | | 0,001 | 6,1 | 332 | 0,0170 | 0,647 | 0,734 | | 0,910 | | 0,432 |
| 29 | 1504 | | 0,015 | | 0,001 | 5,1 | 257 | 0,0179 | 0,619 | 0,715 | | 0,901 | | 0,560 |
| 36 | 1532 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0063 | 0,609 | 0,966 | 1,0 | | | 0,820 |
| 37 | 769 | | | 0,037 | 0,001 | 8,9 | 584 | 0,0402 | 0,857 | 0,233 | | | 0,687 | 0,000 |
| 38 | 3410 | | | 0,028 | 0,001 | 7,8 | 477 | 0,0309 | 0,000 | 0,434 | | | 0,834 | 0,183 |
| 39 | 883 | | | 0,015 | 0,001 | 5,8 | 309 | 0,0182 | 0,820 | 0,708 | | | 0,900 | 0,472 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares/ano); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_c - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_c)$

- Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção. $S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.3 – Característica das opções de proteção do cenário III, na instalação fechada sem teto, com ^{60}Co .

| Opção | X_p | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | $a(\text{m}^2)$ | S_C | $U(X)$ | $U(S_C)$ | $U(h_1)$ | $U(h_2)$ | $U(h_3)$ | $U(a)$ |
|-------|-------------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 1 | 328 | | | 0,047 | 0,001 | 8,5 | 544 | 0,0500 | 1,000 | 0,000 | | | 0,263 | 0,223 |
| 2 | 350 | | | 0,024 | 0,001 | 6,2 | 340 | 0,0270 | 0,985 | 0,508 | | | 0,864 | 0,515 |
| 3 | 372 | | 0,012 | | 0,001 | 4,8 | 236 | 0,0154 | 0,971 | 0,764 | | 0,926 | | 0,663 |
| 4 | 394 | | 0,006 | | 0,001 | 3,4 | 148 | 0,0094 | 0,956 | 0,896 | | 0,986 | | 0,788 |
| 5 | 416 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0063 | 0,942 | 0,965 | 1,0 | | | 0,850 |
| 6 | 525 | 0,002 | | | 0,001 | 0,0 | 0 | 0,0047 | 0,870 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 15 | 910 | | | 0,018 | 0,001 | 5,5 | 286 | 0,0206 | 0,617 | 0,649 | | | 0,893 | 0,591 |
| 16 | 586 | | | 0,044 | 0,001 | 8,3 | 525 | 0,0472 | 0,830 | 0,062 | | | 0,431 | 0,251 |
| 18 | 587 | | 0,014 | | 0,001 | 5,0 | 250 | 0,0173 | 0,830 | 0,722 | | 0,907 | | 0,643 |
| 22 | 609 | | 0,007 | | 0,001 | 3,7 | 166 | 0,0104 | 0,815 | 0,874 | | 0,976 | | 0,763 |
| 23 | 631 | 0,004 | | | 0,001 | 2,7 | 110 | 0,0068 | 0,801 | 0,954 | 1,0 | | | 0,843 |
| 24 | 567 | | | 0,046 | 0,001 | 10,0 | 700 | 0,0490 | 0,843 | 0,022 | | | 0,329 | 0,000 |
| 26 | 964 | 0,004 | | | 0,001 | 3,5 | 154 | 0,0072 | 0,582 | 0,945 | 1,0 | | | 0,780 |
| 28 | 1418 | | | 0,023 | 0,001 | 6,1 | 332 | 0,0257 | 0,283 | 0,536 | | | 0,871 | 0,526 |
| 29 | 1504 | | | 0,015 | 0,001 | 5,2 | 264 | 0,0183 | 0,227 | 0,700 | | | 0,899 | 0,623 |
| 30 | 1293 | | 0,008 | | 0,001 | 4,0 | 184 | 0,0112 | 0,366 | 0,857 | | 0,968 | | 0,737 |
| 31 | 1849 | 0,003 | | | 0,001 | 2,6 | 105 | 0,0061 | 0,000 | 0,969 | 1,0 | | | 0,850 |
| 39 | 883 | | | 0,016 | 0,001 | 6,2 | 340 | 0,0192 | 0,635 | 0,680 | | | 0,897 | 0,515 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares/ano); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $U(X)$, $U(a)$, $U(h)$ e $U(S_C)$

- Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção. $S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{P/P}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.4 – Característica das opções de proteção do cenário IV, na instalação fechada sem teto, com ^{60}Co .

| Opção | X_p | h_1 | h_2 | h_3 | $H_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | $a(\text{m}^2)$ | S_C | $U(X)$ | $U(S_C)$ | $U(h_1)$ | $U(h_2)$ | $U(h_3)$ | $U(a)$ |
|-------|-------------|--------|-------|-------|-----------|-----------|-----------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|--------|
| 1 | 328 | | | 0,041 | 0,001 | 7,8 | 477 | 0,0440 | 1,000 | 0,153 | | | 0,571 | 0,309 |
| 2 | 350 | | | 0,021 | 0,001 | 5,9 | 316 | 0,0240 | 0,990 | 0,599 | | | 0,880 | 0,604 |
| 3 | 372 | | 0,011 | | 0,001 | 4,4 | 209 | 0,0138 | 0,980 | 0,826 | | 0,942 | | 0,800 |
| 4 | 394 | | 0,006 | | 0,001 | 3,3 | 143 | 0,0087 | 0,970 | 0,940 | | 0,993 | | 0,922 |
| 5 | 416 | 0,0030 | | | 0,001 | 2,5 | 100 | 0,0060 | 0,959 | 1,000 | 1,0 | | | 1,000 |
| 9 | 1468 | | 0,011 | | 0,001 | 5,0 | 250 | 0,0143 | 0,469 | 0,815 | | 0,937 | | 0,725 |
| 19 | 1400 | | | 0,029 | 0,001 | 6,8 | 389 | 0,0318 | 0,500 | 0,425 | | | 0,825 | 0,471 |
| 20 | 2472 | | | 0,023 | 0,001 | 6,2 | 340 | 0,0261 | 0,000 | 0,552 | | | 0,869 | 0,561 |
| 21 | 652 | 0,0046 | | | 0,001 | 3,0 | 126 | 0,0076 | 0,849 | 0,964 | 1,0 | | | 0,952 |
| 22 | 609 | | 0,006 | | 0,001 | 3,5 | 154 | 0,0094 | 0,869 | 0,924 | | 0,986 | | 0,901 |
| 24 | 567 | | | 0,042 | 0,001 | 9,5 | 646 | 0,0454 | 0,889 | 0,122 | | | 0,516 | 0,000 |
| 25 | 680 | | | 0,023 | 0,001 | 4,1 | 190 | 0,0262 | 0,836 | 0,550 | | | 0,869 | 0,835 |
| 26 | 964 | 0,0038 | | | 0,001 | 3,3 | 143 | 0,0068 | 0,704 | 0,982 | 1,0 | | | 0,922 |
| 27 | 1202 | | | 0,048 | 0,001 | 6,8 | 389 | 0,0509 | 0,593 | 0,000 | | | 0,199 | 0,471 |
| 28 | 1418 | | | 0,019 | 0,001 | 5,7 | 301 | 0,0216 | 0,492 | 0,652 | | | 0,889 | 0,632 |
| 30 | 1293 | | 0,007 | | 0,001 | 3,7 | 166 | 0,0102 | 0,550 | 0,906 | | 0,978 | | 0,880 |
| 32 | 1662 | 0,0044 | | | 0,001 | 3,0 | 126 | 0,0074 | 0,378 | 0,969 | 1,0 | | | 0,952 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares/ano); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $U(X)$, $U(a)$, $U(h)$ e $U(S_C)$

- Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção. $S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{P/P}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.5 - Custo anual das opções de proteção do cenário I, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| Coeficiente monetário USS.(Sv-pessoa) ⁻¹ | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|---|----------------|-----|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| Opção | X _p | a | X _a | S _C | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y |
| 2 | 350 | 324 | 162 | 0,0256 | 427 | 606 | 862 | 990 | 589 | 768 | 1024 | 1152 |
| 4 | 394 | 148 | 74 | 0,0090 | 421 | 484 | 574 | 619 | 495 | 558 | 648 | 693 |
| 7 | 543 | 100 | 50 | 0,0061 | 561 | 604 | 665 | 696 | 611 | 654 | 715 | 746 |
| 10 | 952 | 496 | 248 | 0,0450 | 1087 | 1402 | 1852 | 2077 | 1335 | 1650 | 2100 | 2325 |
| 11 | 1082 | 340 | 170 | 0,0260 | 1160 | 1342 | 1602 | 1732 | 1330 | 1512 | 1772 | 1902 |
| 12 | 1297 | 190 | 95 | 0,0116 | 1332 | 1413 | 1529 | 1587 | 1427 | 1508 | 1624 | 1682 |
| 13 | 1383 | 105 | 53 | 0,0061 | 1401 | 1444 | 1505 | 1536 | 1454 | 1497 | 1558 | 1588 |
| 14 | 1728 | 63 | 31 | 0,0042 | 1741 | 1770 | 1812 | 1833 | 1772 | 1801 | 1843 | 1864 |
| 22 | 609 | 166 | 83 | 0,0100 | 639 | 709 | 809 | 859 | 722 | 792 | 892 | 942 |
| 23 | 631 | 223 | 111 | 0,0066 | 651 | 697 | 762 | 795 | 762 | 808 | 874 | 906 |
| 25 | 680 | 203 | 101 | 0,0117 | 715 | 797 | 914 | 973 | 817 | 898 | 1015 | 1074 |
| 26 | 964 | 154 | 77 | 0,0068 | 984 | 1032 | 1100 | 1134 | 1061 | 1109 | 1177 | 1211 |
| 33 | 972 | 496 | 248 | 0,0442 | 1105 | 1414 | 1856 | 2077 | 1353 | 1662 | 2104 | 2325 |
| 34 | 1101 | 340 | 170 | 0,0258 | 1178 | 1359 | 1617 | 1746 | 1348 | 1529 | 1787 | 1916 |
| 35 | 1316 | 184 | 92 | 0,0115 | 1351 | 1431 | 1546 | 1604 | 1443 | 1523 | 1638 | 1696 |
| 36 | 1532 | 105 | 53 | 0,0062 | 1551 | 1594 | 1656 | 1687 | 1604 | 1647 | 1709 | 1740 |
| 39 | 883 | 309 | 154 | 0,0182 | 938 | 1065 | 1247 | 1338 | 1092 | 1219 | 1401 | 1492 |

Tabela 5.6 - Custo anual das opções de proteção do cenário II, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| Coeficiente monetário USS.(Sv-pessoa) ⁻¹ | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|---|----------------|-----|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| Opção | X _p | a | X _a | S _C | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y | X _a +X _p +X _y |
| 1 | 328 | 450 | 225 | 0,0490 | 475 | 818 | 1308 | 1553 | 700 | 1043 | 1533 | 1778 |
| 2 | 350 | 293 | 147 | 0,0270 | 431 | 620 | 890 | 1025 | 578 | 767 | 1037 | 1172 |
| 3 | 372 | 229 | 115 | 0,0150 | 417 | 522 | 672 | 747 | 532 | 637 | 787 | 862 |
| 4 | 394 | 143 | 71 | 0,0092 | 422 | 487 | 579 | 625 | 493 | 558 | 650 | 696 |
| 5 | 416 | 105 | 53 | 0,0062 | 435 | 478 | 540 | 571 | 487 | 531 | 593 | 624 |
| 6 | 525 | 0 | 0 | 0,0047 | 539 | 572 | 619 | 643 | 539 | 572 | 619 | 643 |
| 8 | 1424 | 534 | 267 | 0,0510 | 1577 | 1934 | 2444 | 2699 | 1844 | 2201 | 2711 | 2966 |
| 11 | 1081 | 348 | 174 | 0,0272 | 1163 | 1353 | 1625 | 1761 | 1336 | 1527 | 1799 | 1935 |
| 17 | 3166 | 468 | 234 | 0,0447 | 3300 | 3613 | 4060 | 4284 | 3534 | 3847 | 4294 | 4518 |
| 18 | 587 | 243 | 122 | 0,0170 | 638 | 757 | 927 | 1012 | 760 | 879 | 1049 | 1134 |
| 20 | 2472 | 348 | 174 | 0,0103 | 2503 | 2575 | 2678 | 2730 | 2677 | 2749 | 2852 | 2903 |
| 22 | 609 | 166 | 83 | 0,0100 | 639 | 709 | 809 | 859 | 722 | 792 | 892 | 942 |
| 23 | 631 | 105 | 53 | 0,0070 | 652 | 701 | 771 | 806 | 705 | 754 | 824 | 859 |
| 25 | 680 | 209 | 105 | 0,0135 | 721 | 815 | 950 | 1018 | 825 | 920 | 1055 | 1122 |
| 26 | 964 | 154 | 77 | 0,0069 | 985 | 1033 | 1102 | 1137 | 1062 | 1110 | 1179 | 1214 |
| 28 | 1418 | 332 | 166 | 0,0170 | 1469 | 1588 | 1758 | 1843 | 1635 | 1754 | 1924 | 2009 |
| 29 | 1504 | 257 | 129 | 0,0179 | 1558 | 1683 | 1862 | 1952 | 1686 | 1812 | 1991 | 2080 |
| 36 | 1532 | 105 | 53 | 0,0063 | 1551 | 1595 | 1658 | 1689 | 1604 | 1648 | 1711 | 1742 |
| 37 | 769 | 584 | 292 | 0,0402 | 890 | 1171 | 1573 | 1774 | 1182 | 1463 | 1865 | 2066 |
| 38 | 3410 | 477 | 239 | 0,0309 | 3503 | 3719 | 4028 | 4183 | 3741 | 3958 | 4267 | 4421 |
| 39 | 883 | 309 | 154 | 0,0182 | 938 | 1065 | 1247 | 1338 | 1092 | 1219 | 1401 | 1492 |

α - área de isolamento (m²); S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólar); X_y - Custo anual do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólar, 1m²

igual a 10 dólares). $S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.7 – Custo anual das opções de proteção do cenário III, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| Coeficiente monetário USS.(Sv-pessoa) ⁻¹ | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|---|----------------|-----|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| Opção | X _P | a | X _a | S _C | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y |
| 1 | 328 | 544 | 272 | 0,0500 | 478 | 828 | 1328 | 1578 | 750 | 1100 | 1600 | 1850 |
| 2 | 350 | 340 | 170 | 0,0270 | 431 | 620 | 890 | 1025 | 601 | 790 | 1060 | 1195 |
| 3 | 372 | 236 | 118 | 0,0154 | 419 | 526 | 680 | 757 | 537 | 644 | 798 | 875 |
| 4 | 394 | 148 | 74 | 0,0094 | 422 | 488 | 582 | 629 | 497 | 562 | 656 | 703 |
| 5 | 416 | 105 | 53 | 0,0063 | 435 | 479 | 542 | 574 | 488 | 532 | 595 | 626 |
| 6 | 525 | 0 | 0 | 0,0047 | 539 | 572 | 619 | 643 | 539 | 572 | 619 | 643 |
| 15 | 910 | 286 | 143 | 0,0206 | 972 | 1116 | 1322 | 1425 | 1115 | 1259 | 1465 | 1568 |
| 16 | 586 | 525 | 262 | 0,0472 | 728 | 1058 | 1530 | 1766 | 990 | 1320 | 1792 | 2028 |
| 18 | 587 | 250 | 125 | 0,0173 | 639 | 760 | 933 | 1020 | 764 | 885 | 1058 | 1145 |
| 22 | 609 | 166 | 83 | 0,0104 | 640 | 713 | 817 | 869 | 723 | 796 | 900 | 952 |
| 23 | 631 | 110 | 55 | 0,0068 | 651 | 699 | 767 | 801 | 706 | 754 | 822 | 856 |
| 24 | 567 | 700 | 350 | 0,0490 | 714 | 1057 | 1547 | 1792 | 1064 | 1407 | 1897 | 2142 |
| 26 | 964 | 154 | 77 | 0,0072 | 986 | 1036 | 1108 | 1144 | 1063 | 1113 | 1185 | 1221 |
| 28 | 1418 | 332 | 166 | 0,0257 | 1495 | 1675 | 1932 | 2061 | 1661 | 1841 | 2098 | 2226 |
| 29 | 1504 | 264 | 132 | 0,0183 | 1559 | 1687 | 1870 | 1962 | 1691 | 1819 | 2002 | 2094 |
| 30 | 1293 | 184 | 92 | 0,0112 | 1327 | 1405 | 1517 | 1573 | 1419 | 1497 | 1609 | 1665 |
| 31 | 1849 | 105 | 53 | 0,0061 | 1867 | 1910 | 1971 | 2002 | 1920 | 1963 | 2024 | 2054 |
| 39 | 883 | 340 | 170 | 0,0192 | 941 | 1075 | 1267 | 1363 | 1110 | 1245 | 1437 | 1533 |

Tabela 5.8 - Custo anual das opções de proteção do cenário IV, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| Coeficiente monetário USS.(Sv-pessoa) ⁻¹ | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|---|----------------|-----|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| Opção | X _P | a | X _a | S _C | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y | X _a +X _P +X _Y |
| 1 | 328 | 477 | 239 | 0,0440 | 460 | 768 | 1208 | 1428 | 699 | 1007 | 1447 | 1667 |
| 2 | 350 | 316 | 158 | 0,0240 | 422 | 590 | 830 | 950 | 581 | 749 | 989 | 1109 |
| 3 | 372 | 209 | 105 | 0,0138 | 414 | 510 | 648 | 717 | 518 | 615 | 753 | 822 |
| 4 | 394 | 143 | 71 | 0,0087 | 420 | 481 | 568 | 612 | 492 | 552 | 639 | 683 |
| 5 | 416 | 100 | 50 | 0,0060 | 434 | 476 | 536 | 566 | 484 | 526 | 586 | 616 |
| 9 | 1468 | 250 | 125 | 0,0143 | 1511 | 1611 | 1754 | 1826 | 1636 | 1736 | 1879 | 1951 |
| 19 | 1400 | 389 | 194 | 0,0318 | 1495 | 1718 | 2036 | 2195 | 1690 | 1912 | 2230 | 2389 |
| 20 | 2472 | 340 | 170 | 0,0261 | 2550 | 2733 | 2994 | 3125 | 2720 | 2903 | 3164 | 3294 |
| 21 | 652 | 126 | 63 | 0,0076 | 675 | 728 | 804 | 842 | 738 | 791 | 867 | 905 |
| 22 | 609 | 154 | 77 | 0,0094 | 637 | 703 | 797 | 844 | 714 | 780 | 874 | 921 |
| 24 | 567 | 646 | 323 | 0,0454 | 703 | 1021 | 1475 | 1702 | 1026 | 1344 | 1798 | 2025 |
| 25 | 680 | 190 | 95 | 0,0262 | 759 | 942 | 1204 | 1335 | 854 | 1037 | 1299 | 1430 |
| 26 | 964 | 143 | 71 | 0,0068 | 984 | 1032 | 1100 | 1134 | 1056 | 1103 | 1171 | 1205 |
| 27 | 1202 | 389 | 194 | 0,0509 | 1355 | 1711 | 2220 | 2474 | 1549 | 1905 | 2414 | 2668 |
| 28 | 1418 | 301 | 150 | 0,0216 | 1483 | 1634 | 1850 | 1958 | 1633 | 1784 | 2000 | 2108 |
| 30 | 1293 | 166 | 83 | 0,0102 | 1324 | 1395 | 1497 | 1548 | 1407 | 1478 | 1580 | 1631 |
| 32 | 1662 | 126 | 63 | 0,0074 | 1684 | 1736 | 1810 | 1847 | 1747 | 1799 | 1873 | 1910 |

a - área de isolamento (m^2); S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólar); X_Y - Custo anual do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólar $\cdot \text{m}^2$ igual

a 10 dólares). $S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 5.9 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário I, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto com ^{60}Co .

| CENÁRIO I | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)^*$ | $k(S_c)^*$ | $k(h_1)^*$ | $k(h_2)^*$ | $k(h_3)^*$ | $k(a)^*$ |
| | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 2 | 0,624 | 0,832 | 0,786 | 0,737 | 0,718 | 0,837 | 0,470 | 0,137 | 0,137 | 0,748 | 0,415 |
| 4 | 0,885 | 0,926 | 0,920 | 0,914 | 0,912 | 0,860 | 0,800 | 0,182 | 0,875 | 0,182 | 0,744 |
| 7 | 0,909 | 0,878 | 0,888 | 0,898 | 0,902 | 0,788 | 0,854 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,827 |
| 10 | 0,188 | 0,401 | 0,349 | 0,295 | 0,274 | 0,449 | 0,055 | 0,055 | 0,055 | 0,427 | 0,055 |
| 11 | 0,432 | 0,444 | 0,447 | 0,450 | 0,451 | 0,436 | 0,434 | 0,108 | 0,108 | 0,717 | 0,361 |
| 12 | 0,613 | 0,433 | 0,483 | 0,535 | 0,556 | 0,359 | 0,713 | 0,140 | 0,815 | 0,140 | 0,634 |
| 13 | 0,702 | 0,441 | 0,507 | 0,577 | 0,604 | 0,331 | 0,823 | 0,855 | 0,155 | 0,155 | 0,787 |
| 14 | 0,667 | 0,288 | 0,380 | 0,476 | 0,514 | 0,150 | 0,850 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,851 |
| 22 | 0,811 | 0,804 | 0,811 | 0,818 | 0,821 | 0,739 | 0,771 | 0,171 | 0,857 | 0,171 | 0,704 |
| 23 | 0,790 | 0,768 | 0,791 | 0,814 | 0,824 | 0,726 | 0,828 | 0,868 | 0,168 | 0,168 | 0,610 |
| 25 | 0,751 | 0,745 | 0,754 | 0,764 | 0,768 | 0,693 | 0,732 | 0,161 | 0,835 | 0,161 | 0,635 |
| 26 | 0,760 | 0,631 | 0,671 | 0,712 | 0,728 | 0,552 | 0,819 | 0,864 | 0,164 | 0,164 | 0,717 |
| 33 | 0,189 | 0,392 | 0,344 | 0,293 | 0,274 | 0,441 | 0,070 | 0,057 | 0,057 | 0,451 | 0,057 |
| 34 | 0,429 | 0,435 | 0,440 | 0,444 | 0,446 | 0,426 | 0,437 | 0,108 | 0,108 | 0,717 | 0,360 |
| 35 | 0,614 | 0,427 | 0,478 | 0,531 | 0,552 | 0,350 | 0,715 | 0,140 | 0,816 | 0,140 | 0,645 |
| 36 | 0,665 | 0,364 | 0,440 | 0,519 | 0,551 | 0,249 | 0,815 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,782 |
| 39 | 0,568 | 0,576 | 0,586 | 0,597 | 0,601 | 0,559 | 0,590 | 0,130 | 0,130 | 0,760 | 0,433 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ – Constantes de crescimento dos atributos de proteção;

Tabela 5.10 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto com ^{60}Co .

| CENÁRIO II | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)^*$ | $k(S_c)^*$ | $k(h_1)^*$ | $k(h_2)^*$ | $k(h_3)^*$ | $k(a)^*$ |
| | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,424 | 0,8470 | 0,784 | 0,710 | 0,678 | 0,780 | 0,110 | 0,080 | 0,080 | 0,310 | 0,241 |
| 2 | 0,670 | 0,8995 | 0,870 | 0,835 | 0,819 | 0,839 | 0,506 | 0,144 | 0,144 | 0,748 | 0,492 |
| 3 | 0,790 | 0,9200 | 0,909 | 0,896 | 0,890 | 0,855 | 0,709 | 0,165 | 0,816 | 0,165 | 0,590 |
| 4 | 0,879 | 0,9416 | 0,938 | 0,935 | 0,933 | 0,866 | 0,813 | 0,181 | 0,873 | 0,181 | 0,710 |
| 5 | 0,920 | 0,9480 | 0,950 | 0,951 | 0,952 | 0,868 | 0,865 | 0,888 | 0,188 | 0,188 | 0,762 |
| 6 | 0,979 | 0,9482 | 0,952 | 0,957 | 0,959 | 0,852 | 0,897 | 0,897 | 0,197 | 0,197 | 0,897 |
| 8 | 0,243 | 0,5352 | 0,493 | 0,444 | 0,423 | 0,497 | 0,046 | 0,046 | 0,046 | 0,179 | 0,106 |
| 11 | 0,558 | 0,6930 | 0,679 | 0,662 | 0,655 | 0,656 | 0,487 | 0,127 | 0,127 | 0,731 | 0,410 |
| 17 | 0,138 | 0,0995 | 0,102 | 0,106 | 0,107 | 0,126 | 0,166 | 0,771 | 0,071 | 0,071 | 0,260 |
| 18 | 0,745 | 0,8583 | 0,849 | 0,837 | 0,832 | 0,798 | 0,671 | 0,157 | 0,794 | 0,157 | 0,566 |
| 20 | 0,529 | 0,3406 | 0,383 | 0,432 | 0,454 | 0,341 | 0,744 | 0,128 | 0,812 | 0,128 | 0,411 |
| 22 | 0,837 | 0,8783 | 0,879 | 0,880 | 0,880 | 0,811 | 0,794 | 0,175 | 0,861 | 0,175 | 0,676 |
| 23 | 0,891 | 0,8909 | 0,895 | 0,901 | 0,903 | 0,815 | 0,849 | 0,884 | 0,184 | 0,184 | 0,758 |
| 25 | 0,779 | 0,8455 | 0,843 | 0,839 | 0,838 | 0,784 | 0,731 | 0,164 | 0,826 | 0,164 | 0,613 |
| 26 | 0,827 | 0,7906 | 0,803 | 0,818 | 0,825 | 0,730 | 0,841 | 0,874 | 0,174 | 0,174 | 0,690 |
| 28 | 0,604 | 0,6163 | 0,626 | 0,636 | 0,641 | 0,588 | 0,650 | 0,136 | 0,773 | 0,136 | 0,438 |
| 29 | 0,631 | 0,6129 | 0,621 | 0,630 | 0,634 | 0,573 | 0,640 | 0,140 | 0,770 | 0,140 | 0,532 |
| 36 | 0,798 | 0,6545 | 0,679 | 0,708 | 0,720 | 0,596 | 0,846 | 0,870 | 0,170 | 0,170 | 0,744 |
| 37 | 0,363 | 0,7027 | 0,666 | 0,623 | 0,604 | 0,689 | 0,252 | 0,089 | 0,089 | 0,570 | 0,089 |
| 38 | 0,206 | 0,0438 | 0,074 | 0,110 | 0,126 | 0,073 | 0,376 | 0,073 | 0,073 | 0,656 | 0,200 |
| 39 | 0,667 | 0,7625 | 0,758 | 0,753 | 0,751 | 0,719 | 0,641 | 0,145 | 0,145 | 0,775 | 0,475 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ – Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.11 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto com ^{60}Co .

| CENÁRIO III | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)^*$ | $k(S_c)^*$ | $k(h_1)^*$ | $k(h_2)^*$ | $k(h_3)^*$ | $k(a)^*$ |
| | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,408 | 0,712 | 0,628 | 0,538 | 0,501 | 0,775 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,258 | 0,230 |
| 2 | 0,669 | 0,819 | 0,782 | 0,742 | 0,727 | 0,834 | 0,499 | 0,144 | 0,144 | 0,748 | 0,504 |
| 3 | 0,799 | 0,868 | 0,856 | 0,842 | 0,837 | 0,846 | 0,701 | 0,166 | 0,814 | 0,166 | 0,630 |
| 4 | 0,881 | 0,903 | 0,903 | 0,902 | 0,901 | 0,851 | 0,809 | 0,181 | 0,872 | 0,181 | 0,733 |
| 5 | 0,919 | 0,916 | 0,922 | 0,928 | 0,931 | 0,848 | 0,863 | 0,888 | 0,188 | 0,188 | 0,783 |
| 6 | 0,957 | 0,917 | 0,927 | 0,937 | 0,941 | 0,803 | 0,894 | 0,894 | 0,194 | 0,194 | 0,894 |
| 15 | 0,620 | 0,612 | 0,616 | 0,621 | 0,623 | 0,570 | 0,592 | 0,138 | 0,138 | 0,763 | 0,552 |
| 16 | 0,381 | 0,615 | 0,549 | 0,479 | 0,451 | 0,661 | 0,122 | 0,079 | 0,079 | 0,380 | 0,254 |
| 18 | 0,732 | 0,768 | 0,763 | 0,757 | 0,755 | 0,736 | 0,660 | 0,155 | 0,790 | 0,155 | 0,605 |
| 22 | 0,818 | 0,804 | 0,812 | 0,821 | 0,824 | 0,743 | 0,783 | 0,171 | 0,855 | 0,171 | 0,706 |
| 23 | 0,866 | 0,822 | 0,838 | 0,855 | 0,861 | 0,741 | 0,847 | 0,880 | 0,180 | 0,180 | 0,770 |
| 24 | 0,289 | 0,546 | 0,484 | 0,418 | 0,391 | 0,650 | 0,075 | 0,060 | 0,060 | 0,290 | 0,060 |
| 26 | 0,769 | 0,662 | 0,695 | 0,731 | 0,746 | 0,573 | 0,827 | 0,865 | 0,165 | 0,165 | 0,711 |
| 28 | 0,449 | 0,371 | 0,390 | 0,411 | 0,420 | 0,310 | 0,486 | 0,111 | 0,111 | 0,721 | 0,479 |
| 29 | 0,517 | 0,372 | 0,411 | 0,453 | 0,469 | 0,282 | 0,612 | 0,122 | 0,122 | 0,752 | 0,558 |
| 30 | 0,653 | 0,505 | 0,546 | 0,591 | 0,609 | 0,403 | 0,746 | 0,146 | 0,824 | 0,146 | 0,662 |
| 31 | 0,607 | 0,309 | 0,387 | 0,471 | 0,504 | 0,142 | 0,819 | 0,841 | 0,141 | 0,141 | 0,736 |
| 39 | 0,610 | 0,602 | 0,612 | 0,621 | 0,625 | 0,582 | 0,612 | 0,136 | 0,136 | 0,764 | 0,497 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.12 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário IV, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada sem teto com ^{60}Co .

| CENÁRIO IV | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Avaliação lógica | | Avaliação direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)^*$ | $k(S_c)^*$ | $k(h_1)^*$ | $k(h_2)^*$ | $k(h_3)^*$ | $k(a)^*$ |
| | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,488 | 0,826 | 0,757 | 0,680 | 0,648 | 0,8020 | 0,209 | 0,102 | 0,102 | 0,502 | 0,318 |
| 2 | 0,731 | 0,896 | 0,866 | 0,832 | 0,818 | 0,8465 | 0,573 | 0,154 | 0,154 | 0,770 | 0,576 |
| 3 | 0,868 | 0,937 | 0,926 | 0,913 | 0,908 | 0,8628 | 0,756 | 0,177 | 0,837 | 0,177 | 0,737 |
| 4 | 0,944 | 0,958 | 0,956 | 0,954 | 0,953 | 0,8693 | 0,849 | 0,191 | 0,886 | 0,191 | 0,837 |
| 5 | 0,986 | 0,968 | 0,972 | 0,975 | 0,977 | 0,8687 | 0,898 | 0,898 | 0,198 | 0,198 | 0,898 |
| 9 | 0,665 | 0,525 | 0,554 | 0,587 | 0,601 | 0,4649 | 0,717 | 0,147 | 0,803 | 0,147 | 0,654 |
| 19 | 0,461 | 0,481 | 0,475 | 0,469 | 0,466 | 0,4515 | 0,408 | 0,110 | 0,110 | 0,688 | 0,440 |
| 20 | 0,362 | 0,116 | 0,160 | 0,210 | 0,231 | 0,0797 | 0,484 | 0,098 | 0,098 | 0,706 | 0,490 |
| 21 | 0,921 | 0,872 | 0,881 | 0,892 | 0,896 | 0,7799 | 0,863 | 0,888 | 0,188 | 0,188 | 0,855 |
| 22 | 0,897 | 0,875 | 0,880 | 0,886 | 0,888 | 0,7899 | 0,831 | 0,184 | 0,874 | 0,184 | 0,815 |
| 24 | 0,336 | 0,678 | 0,621 | 0,557 | 0,531 | 0,6964 | 0,162 | 0,076 | 0,076 | 0,437 | 0,076 |
| 25 | 0,739 | 0,819 | 0,791 | 0,761 | 0,748 | 0,7366 | 0,539 | 0,154 | 0,154 | 0,762 | 0,739 |
| 26 | 0,867 | 0,754 | 0,777 | 0,803 | 0,814 | 0,6672 | 0,868 | 0,880 | 0,180 | 0,180 | 0,825 |
| 27 | 0,351 | 0,532 | 0,478 | 0,417 | 0,392 | 0,4701 | 0,063 | 0,063 | 0,063 | 0,202 | 0,392 |
| 28 | 0,588 | 0,517 | 0,531 | 0,546 | 0,553 | 0,4677 | 0,589 | 0,133 | 0,133 | 0,755 | 0,575 |
| 30 | 0,775 | 0,622 | 0,651 | 0,684 | 0,697 | 0,5421 | 0,799 | 0,165 | 0,850 | 0,165 | 0,781 |
| 32 | 0,761 | 0,506 | 0,553 | 0,606 | 0,628 | 0,4175 | 0,842 | 0,864 | 0,164 | 0,164 | 0,831 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_c)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.13 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário I, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| CENÁRIO I | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| Função de prioridade total "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | | 10000 | | | | |
| 2 | 0,898 | 0,527 | 0,527 | 0,527 | 0,527 | 0,873 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,517 |
| 4 | 0,949 | 0,846 | 0,846 | 0,846 | 0,846 | 0,947 | 0,844 | 0,844 | 0,844 | 0,844 |
| 7 | 0,884 | 0,919 | 0,919 | 0,919 | 0,919 | 0,883 | 0,919 | 0,919 | 0,919 | 0,919 |
| 10 | 0,471 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,429 | 0,119 | 0,119 | 0,119 | 0,119 |
| 11 | 0,495 | 0,436 | 0,436 | 0,436 | 0,436 | 0,472 | 0,431 | 0,431 | 0,431 | 0,431 |
| 12 | 0,442 | 0,691 | 0,691 | 0,691 | 0,691 | 0,440 | 0,695 | 0,695 | 0,695 | 0,695 |
| 13 | 0,426 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 0,837 | 0,426 | 0,844 | 0,844 | 0,844 | 0,844 |
| 14 | 0,250 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,250 | 0,891 | 0,891 | 0,891 | 0,891 |
| 22 | 0,826 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,824 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 |
| 23 | 0,809 | 0,698 | 0,698 | 0,698 | 0,698 | 0,829 | 0,699 | 0,699 | 0,699 | 0,699 |
| 25 | 0,775 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,723 | 0,775 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 |
| 26 | 0,642 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,649 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 |
| 33 | 0,464 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,423 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 |
| 34 | 0,559 | 0,434 | 0,434 | 0,434 | 0,434 | 0,463 | 0,430 | 0,430 | 0,430 | 0,430 |
| 35 | 0,562 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,430 | 0,705 | 0,705 | 0,705 | 0,705 |
| 36 | 0,344 | 0,824 | 0,824 | 0,824 | 0,824 | 0,344 | 0,832 | 0,832 | 0,832 | 0,832 |
| 39 | 0,626 | 0,513 | 0,513 | 0,513 | 0,513 | 0,624 | 0,511 | 0,511 | 0,511 | 0,511 |
| | 20000 | | | | | 25000 | | | | |
| 2 | 0,812 | 0,506 | 0,506 | 0,506 | 0,506 | 0,759 | 0,501 | 0,501 | 0,501 | 0,501 |
| 4 | 0,915 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,872 | 0,841 | 0,841 | 0,841 | 0,841 |
| 7 | 0,855 | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,817 | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 |
| 10 | 0,359 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,315 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| 11 | 0,425 | 0,426 | 0,426 | 0,426 | 0,426 | 0,391 | 0,424 | 0,424 | 0,424 | 0,424 |
| 12 | 0,422 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,402 | 0,701 | 0,701 | 0,701 | 0,701 |
| 13 | 0,413 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,395 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |
| 14 | 0,242 | 0,904 | 0,904 | 0,904 | 0,904 | 0,231 | 0,909 | 0,909 | 0,909 | 0,909 |
| 22 | 0,795 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,759 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 |
| 23 | 0,831 | 0,701 | 0,701 | 0,701 | 0,701 | 0,807 | 0,701 | 0,701 | 0,701 | 0,701 |
| 25 | 0,750 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,716 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 |
| 26 | 0,638 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,614 | 0,797 | 0,797 | 0,797 | 0,797 |
| 33 | 0,354 | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,311 | 0,103 | 0,103 | 0,103 | 0,103 |
| 34 | 0,417 | 0,425 | 0,425 | 0,425 | 0,425 | 0,384 | 0,423 | 0,423 | 0,423 | 0,423 |
| 35 | 0,412 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,391 | 0,711 | 0,711 | 0,711 | 0,711 |
| 36 | 0,333 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,842 | 0,319 | 0,846 | 0,846 | 0,846 | 0,846 |
| 39 | 0,603 | 0,508 | 0,508 | 0,508 | 0,508 | 0,575 | 0,507 | 0,507 | 0,507 | 0,507 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(Sc) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.14 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário II, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| CENÁRIO II | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ |
| Função de prioridade total "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | | 10000 | | | | |
| 1 | 0,812 | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,793 | 0,327 | 0,327 | 0,327 | 0,327 |
| 2 | 0,909 | 0,603 | 0,603 | 0,603 | 0,603 | 0,897 | 0,598 | 0,598 | 0,598 | 0,598 |
| 3 | 0,932 | 0,694 | 0,694 | 0,694 | 0,694 | 0,932 | 0,692 | 0,692 | 0,692 | 0,692 |
| 4 | 0,953 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,955 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 |
| 5 | 0,958 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,963 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 6 | 0,952 | 0,992 | 0,992 | 0,992 | 0,992 | 0,952 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,993 |
| 8 | 0,513 | 0,166 | 0,166 | 0,166 | 0,166 | 0,502 | 0,161 | 0,161 | 0,161 | 0,161 |
| 11 | 0,721 | 0,504 | 0,504 | 0,504 | 0,504 | 0,712 | 0,501 | 0,501 | 0,501 | 0,501 |
| 17 | 0,194 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,157 | 0,277 | 0,277 | 0,277 | 0,277 |
| 18 | 0,873 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,665 | 0,872 | 0,663 | 0,663 | 0,663 | 0,663 |
| 20 | 0,407 | 0,465 | 0,465 | 0,465 | 0,465 | 0,422 | 0,468 | 0,468 | 0,468 | 0,468 |
| 22 | 0,895 | 0,773 | 0,773 | 0,773 | 0,773 | 0,898 | 0,772 | 0,772 | 0,772 | 0,772 |
| 23 | 0,905 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,908 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 |
| 25 | 0,863 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,709 | 0,865 | 0,708 | 0,708 | 0,708 | 0,708 |
| 26 | 0,815 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,822 | 0,777 | 0,777 | 0,777 | 0,777 |
| 28 | 0,654 | 0,518 | 0,518 | 0,518 | 0,518 | 0,659 | 0,518 | 0,518 | 0,518 | 0,518 |
| 29 | 0,646 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,645 | 0,609 | 0,609 | 0,609 | 0,609 |
| 36 | 0,686 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,817 | 0,691 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 |
| 37 | 0,725 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,716 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 |
| 38 | 0,125 | 0,241 | 0,241 | 0,241 | 0,241 | 0,119 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,242 |
| 39 | 0,787 | 0,568 | 0,568 | 0,568 | 0,568 | 0,789 | 0,566 | 0,566 | 0,566 | 0,566 |
| | 20000 | | | | | 25000 | | | | |
| 1 | 0,767 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,754 | 0,314 | 0,314 | 0,314 | 0,314 |
| 2 | 0,878 | 0,592 | 0,592 | 0,592 | 0,592 | 0,869 | 0,589 | 0,589 | 0,589 | 0,589 |
| 3 | 0,933 | 0,689 | 0,689 | 0,689 | 0,689 | 0,934 | 0,688 | 0,688 | 0,688 | 0,688 |
| 4 | 0,959 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,810 | 0,960 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 |
| 5 | 0,969 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,972 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 6 | 0,952 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,952 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,993 |
| 8 | 0,487 | 0,155 | 0,155 | 0,155 | 0,155 | 0,479 | 0,152 | 0,152 | 0,152 | 0,152 |
| 11 | 0,698 | 0,496 | 0,496 | 0,496 | 0,496 | 0,692 | 0,494 | 0,494 | 0,494 | 0,494 |
| 17 | 0,105 | 0,271 | 0,271 | 0,271 | 0,271 | 0,080 | 0,268 | 0,268 | 0,268 | 0,268 |
| 18 | 0,871 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,870 | 0,659 | 0,659 | 0,659 | 0,659 |
| 20 | 0,443 | 0,471 | 0,471 | 0,471 | 0,471 | 0,454 | 0,473 | 0,473 | 0,473 | 0,473 |
| 22 | 0,902 | 0,771 | 0,771 | 0,771 | 0,771 | 0,904 | 0,771 | 0,771 | 0,771 | 0,771 |
| 23 | 0,913 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,915 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 |
| 25 | 0,866 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,867 | 0,706 | 0,706 | 0,706 | 0,706 |
| 26 | 0,831 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,836 | 0,779 | 0,779 | 0,779 | 0,779 |
| 28 | 0,666 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,670 | 0,517 | 0,517 | 0,517 | 0,517 |
| 29 | 0,643 | 0,608 | 0,608 | 0,608 | 0,608 | 0,642 | 0,608 | 0,608 | 0,608 | 0,608 |
| 36 | 0,697 | 0,821 | 0,821 | 0,821 | 0,821 | 0,700 | 0,823 | 0,823 | 0,823 | 0,823 |
| 37 | 0,704 | 0,176 | 0,176 | 0,176 | 0,176 | 0,698 | 0,172 | 0,172 | 0,172 | 0,172 |
| 38 | 0,110 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,106 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,242 |
| 39 | 0,792 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,564 | 0,793 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a), K(h) e k(S_c) – Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.15 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário III, na instalação fechada sem teto para ^{60}Co .

| CENÁRIO III | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| Função de prioridade total "U _T " | | | | | | | | | | |
| Opção | 3000 | | | | | 10000 | | | | |
| | 1 | 0,7946 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,757 | 0,305 | 0,305 | 0,305 |
| 2 | 0,8992 | 0,613 | 0,613 | 0,613 | 0,613 | 0,871 | 0,604 | 0,604 | 0,604 | 0,604 |
| 3 | 0,9247 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,920 | 0,728 | 0,728 | 0,728 | 0,728 |
| 4 | 0,9397 | 0,833 | 0,833 | 0,833 | 0,833 | 0,941 | 0,832 | 0,832 | 0,832 | 0,832 |
| 5 | 0,9404 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,947 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 |
| 6 | 0,9029 | 0,984 | 0,984 | 0,984 | 0,984 | 0,903 | 0,986 | 0,986 | 0,986 | 0,986 |
| 15 | 0,6423 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,628 | 0,629 | 0,629 | 0,629 | 0,629 |
| 16 | 0,6894 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,646 | 0,327 | 0,327 | 0,327 | 0,327 |
| 18 | 0,8123 | 0,698 | 0,698 | 0,698 | 0,698 | 0,804 | 0,694 | 0,694 | 0,694 | 0,694 |
| 22 | 0,8290 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,830 | 0,796 | 0,796 | 0,796 | 0,796 |
| 23 | 0,8329 | 0,858 | 0,858 | 0,858 | 0,858 | 0,838 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 |
| 24 | 0,6638 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,140 | 0,642 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 26 | 0,6625 | 0,784 | 0,784 | 0,784 | 0,784 | 0,671 | 0,788 | 0,788 | 0,788 | 0,788 |
| 28 | 0,3764 | 0,538 | 0,538 | 0,538 | 0,538 | 0,351 | 0,537 | 0,537 | 0,537 | 0,537 |
| 29 | 0,3563 | 0,609 | 0,609 | 0,609 | 0,609 | 0,347 | 0,612 | 0,612 | 0,612 | 0,612 |
| 30 | 0,4876 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,488 | 0,726 | 0,726 | 0,726 | 0,726 |
| 31 | 0,2342 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,767 | 0,241 | 0,778 | 0,778 | 0,778 | 0,778 |
| 39 | 0,6511 | 0,577 | 0,577 | 0,577 | 0,577 | 0,647 | 0,575 | 0,575 | 0,575 | 0,575 |
| | 20000 | | | | | 25000 | | | | |
| 1 | 0,703 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,614 | 0,282 | 0,282 | 0,282 | 0,282 |
| 2 | 0,831 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | 0,736 | 0,589 | 0,589 | 0,589 | 0,589 |
| 3 | 0,913 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,724 | 0,826 | 0,722 | 0,722 | 0,722 | 0,722 |
| 4 | 0,943 | 0,830 | 0,830 | 0,830 | 0,830 | 0,858 | 0,829 | 0,829 | 0,829 | 0,829 |
| 5 | 0,955 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,872 | 0,880 | 0,880 | 0,880 | 0,880 |
| 6 | 0,903 | 0,988 | 0,988 | 0,988 | 0,988 | 0,820 | 0,988 | 0,988 | 0,988 | 0,988 |
| 15 | 0,607 | 0,626 | 0,626 | 0,626 | 0,626 | 0,542 | 0,625 | 0,625 | 0,625 | 0,625 |
| 16 | 0,584 | 0,313 | 0,313 | 0,313 | 0,313 | 0,502 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 |
| 18 | 0,792 | 0,691 | 0,691 | 0,691 | 0,691 | 0,714 | 0,689 | 0,689 | 0,689 | 0,689 |
| 22 | 0,831 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,755 | 0,795 | 0,795 | 0,795 | 0,795 |
| 23 | 0,845 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,771 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 24 | 0,610 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,540 | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,108 |
| 26 | 0,683 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,792 | 0,626 | 0,793 | 0,793 | 0,793 | 0,793 |
| 28 | 0,315 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,270 | 0,536 | 0,536 | 0,536 | 0,536 |
| 29 | 0,333 | 0,616 | 0,616 | 0,616 | 0,616 | 0,296 | 0,617 | 0,617 | 0,617 | 0,617 |
| 30 | 0,489 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,730 | 0,445 | 0,732 | 0,732 | 0,732 | 0,732 |
| 31 | 0,251 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,789 | 0,232 | 0,794 | 0,794 | 0,794 | 0,794 |
| 39 | 0,641 | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,573 | 0,580 | 0,572 | 0,572 | 0,572 | 0,572 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – Coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a), K(h) e k(S_c) – Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 5.17 - Número de vezes que as opções de proteção apareceram como solução analítica ótima nos diferentes tipos de avaliação, em cada cenários de irradiação, na instalação fechada sem teto, para ^{60}Co .

| Opção | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} |
|-------------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------------|
| Cenário I | | | | Cenário II | | | | |
| 4 | 4 | | 2 | 4 | | | 1 | |
| 5 | | | | | | | 1 | 4 |
| 6 | | | | | 4 | 1 | 3 | 16 |
| 7 | 4 | 1 | 2 | 16 | | | | |
| 14 | | | 1 | | | | | |
| 39 | | | 1 | | | | | |
| Cenário III | | | | Cenário IV | | | | |
| 2 | | | | | | | 1 | |
| 4 | | | 2 | | | | 2 | |
| 5 | | | | 4 | 4 | 1 | 3 | 20 |
| 6 | 4 | 1 | 3 | 16 | | | | |
| 39 | | | 1 | | | | | |

S_I – Análise de sensibilidade I; S_{II} – Análise de sensibilidade II.

Tabela 5.18 – Resultados do desempenho das opções de proteção consideradas como SAO, nos cenários de irradiação na instalação fechada sem teto, para ^{60}Co .

| Opção | Cenários de irradiação | | | | Resultado do desempenho | | | | |
|-------|------------------------|------------|-------------|------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Cenário I | Cenário II | Cenário III | Cenário IV | NT/C | NCT | NTA | NTC | %F1 |
| 2 | | | | x | 31 | 4 | 1 | 124 | 1 |
| 4 | x | x | x | x | 31 | 4 | 15 | 124 | 12 |
| 5 | | x | | x | 31 | 3 | 37 | 93 | 40 |
| 6 | | x | x | | 31 | 2 | 48 | 62 | 77 |
| 7 | x | | | | 31 | 1 | 23 | 31 | 74 |
| 14 | x | | | | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 39 | x | | x | | 31 | 3 | 2 | 93 | 2 |

NT/C - Número de testes por cenário de irradiação - Avaliação lógica (1 teste), Avaliação direta (4 testes), Análise de sensibilidade I (6 testes), Análise de sensibilidade II (20 testes); NCT - Números de cenários em que a opção foi testada; NTA - Número de vezes em que a opção apareceu como solução analítica ótima; NTC - Número de teste em que a opção de proteção foi submetida nos cenários de irradiação; %F1 - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como solução analítica ótima (%F1=100xNTA/NTC).

Tabela 5.19 – Valores dos atributos das opções de proteção que apresentaram os melhores desempenho na instalação fechada sem teto, para ^{60}Co .

| dh | Opção | X_p | X_p+X_y | $X_p+X_y+X_a$ | a | h | SC | %F1 |
|--------------------|-------|-------|-----------|---------------|-----|-------|--------|-----|
| h < 5 mSv | 5 | 416 | 435 | 487 | 105 | 0,003 | 0,0062 | 40 |
| | 6 | 525 | 539 | 539 | 0 | 0,002 | 0,0047 | 77 |
| | 7 | 543 | 561 | 611 | 100 | 0,003 | 0,0061 | 74 |
| | 14 | 1728 | 1741 | 1772 | 63 | 0,001 | 0,0042 | 3 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 4 | 394 | 421 | 495 | 148 | 0,006 | 0,0090 | 12 |
| h > 15 mSv | 2 | 350 | 422 | 581 | 316 | 0,021 | 0,0240 | 1 |
| | 39 | 883 | 941 | 1110 | 340 | 0,016 | 0,0192 | 2 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólar); X_y - Custo anual do detrimento biológico (dólar/Siervert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólar/ano); h - Dose equivalente individual anual (Sv); S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa).

Tabela 5.20 – Valores das freqüências e preferências relativas das opções de proteção otimizadas, na instalação fechada sem teto, por intervalo de dose equivalente anual, para ^{60}Co .

| dh | Opção | %F ₁ | %P(X_p) | %P(X_p+X_y) | %P($X_p+X_y+X_a$) | %P(h) | %P(S_C) | %P(a) | E ₁ | E ₂ | E ₃ |
|--------------------|-------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------|-------|-------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| h < 5 mSv | 5 | 40 | 95 | 99 | 100 | 90 | 90 | 69 | 384 | 388 | 389 |
| | 6 | 77 | 87 | 91 | 96 | 95 | 97 | 100 | 457 | 461 | 466 |
| | 7 | 74 | 86 | 89 | 90 | 90 | 90 | 71 | 411 | 414 | 415 |
| | 14 | 3 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 81 | 284 | 285 | 284 |
| 5 mSv < h < 15 mSv | 4 | 12 | 97 | 100 | 99 | 75 | 76 | 56 | 316 | 319 | 319 |
| h > 15 mSv | 2 | 1 | 100 | 100 | 93 | 0 | 0 | 7 | 108 | 108 | 101 |
| | 39 | 2 | 61 | 61 | 52 | 25 | 24 | 0 | 113 | 112 | 103 |

%F₁- Freqüência relativa de aparição da opção de proteção considerada como SAO; %P(X), %P(X_p+X_y), %P(h) e %P(S_C) - Preferência relativa pela opção de proteção; E₁, E₂ e E₃ - Escore (Soma dos valores das freqüências de aparições das opções consideradas como SAO e preferências relativas dos atributos de proteção.

$E_1 = \%F_1 + \%P(X) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$; $E_2 = \%F_1 + \%P(X_p+X_y) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$;

$E_3 = \%F_1 + \%P(X_p+X_y+X_a) + \%P(h) + \%P(S_C) + \%P(a)$.

APÊNDICE 6

INSTALAÇÃO FECHADA COM TETO

Tabela 6.1 – Característica das opções de proteção do cenário I, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_P | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 434 | 66 | | | 0,043 | 0,001 | 13 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | | | 0,489 | 0,000 |
| 2 | 493 | 59 | | | 0,043 | 0,001 | 12 | 0,046 | 0,980 | 0,182 | | | 0,489 | 0,000 |
| 3 | 552 | 54 | | | 0,043 | 0,001 | 11 | 0,046 | 0,960 | 0,312 | | | 0,489 | 0,000 |
| 4 | 968 | 28 | | | 0,043 | 0,001 | 6 | 0,046 | 0,818 | 1,000 | | | 0,489 | 0,000 |
| 13 | 489 | 66 | | 0,006 | | 0,001 | 13 | 0,009 | 0,981 | 0,000 | | 0,985 | | 0,891 |
| 14 | 548 | 59 | | 0,006 | | 0,001 | 12 | 0,009 | 0,961 | 0,182 | | 0,985 | | 0,891 |
| 15 | 607 | 54 | | 0,006 | | 0,001 | 11 | 0,009 | 0,941 | 0,312 | | 0,985 | | 0,891 |
| 16 | 1023 | 28 | | 0,006 | | 0,001 | 6 | 0,009 | 0,799 | 1,000 | | 0,985 | | 0,891 |
| 20 | 657 | 66 | | | 0,017 | 0,001 | 13 | 0,020 | 0,924 | 0,000 | | | 0,896 | 0,644 |
| 21 | 716 | 59 | | | 0,017 | 0,001 | 12 | 0,020 | 0,904 | 0,182 | | | 0,896 | 0,644 |
| 22 | 775 | 54 | | | 0,017 | 0,001 | 11 | 0,020 | 0,884 | 0,312 | | | 0,896 | 0,644 |
| 23 | 1191 | 28 | | | 0,017 | 0,001 | 6 | 0,020 | 0,698 | 1,000 | | | 0,896 | 0,644 |
| 32 | 675 | 66 | | 0,006 | | 0,001 | 13 | 0,009 | 0,918 | 0,000 | | 0,985 | | 0,891 |
| 33 | 734 | 59 | | 0,006 | | 0,001 | 12 | 0,009 | 0,898 | 0,182 | | 0,985 | | 0,891 |
| 34 | 793 | 54 | | 0,006 | | 0,001 | 11 | 0,009 | 0,878 | 0,312 | | 0,985 | | 0,891 |
| 35 | 1209 | 28 | | 0,006 | | 0,001 | 6 | 0,009 | 0,736 | 1,000 | | 0,985 | | 0,891 |
| 36 | 694 | 66 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,911 | 0,000 | 1,000 | | | 0,988 |
| 37 | 753 | 59 | 0,003 | | | 0,001 | 12 | 0,006 | 0,891 | 0,182 | 1,000 | | | 0,988 |
| 38 | 812 | 54 | 0,003 | | | 0,001 | 11 | 0,006 | 0,871 | 0,312 | 1,000 | | | 0,988 |
| 39 | 1228 | 28 | 0,003 | | | 0,001 | 6 | 0,006 | 0,730 | 1,000 | 1,000 | | | 0,988 |
| 40 | 2836 | 66 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,182 | 0,000 | 1,000 | | | 0,980 |
| 41 | 2895 | 59 | 0,003 | | | 0,001 | 12 | 0,006 | 0,162 | 0,182 | 1,000 | | | 0,980 |
| 42 | 2955 | 54 | 0,003 | | | 0,001 | 11 | 0,006 | 0,141 | 0,312 | 1,000 | | | 0,980 |
| 43 | 3370 | 28 | 0,003 | | | 0,001 | 6 | 0,006 | 0,000 | 1,000 | 1,000 | | | 0,980 |
| 51 | 630 | 66 | | 0,007 | | 0,001 | 13 | 0,010 | 0,933 | 0,000 | | 0,980 | | 0,878 |
| 52 | 689 | 59 | | 0,007 | | 0,001 | 12 | 0,010 | 0,913 | 0,182 | | 0,980 | | 0,878 |
| 53 | 748 | 54 | | 0,007 | | 0,001 | 11 | 0,010 | 0,893 | 0,312 | | 0,980 | | 0,878 |
| 54 | 1164 | 28 | | 0,007 | | 0,001 | 6 | 0,010 | 0,751 | 1,000 | | 0,980 | | 0,878 |
| 55 | 895 | 66 | | 0,009 | | 0,001 | 13 | 0,012 | 0,843 | 0,000 | | 0,961 | | 0,832 |
| 56 | 954 | 59 | | 0,009 | | 0,001 | 12 | 0,012 | 0,823 | 0,182 | | 0,961 | | 0,832 |
| 57 | 1013 | 54 | | 0,009 | | 0,001 | 11 | 0,012 | 0,803 | 0,312 | | 0,961 | | 0,832 |
| 58 | 1429 | 28 | | 0,009 | | 0,001 | 6 | 0,012 | 0,661 | 1,000 | | 0,961 | | 0,832 |
| 59 | 1075 | 66 | 0,002 | | | 0,001 | 13 | 0,005 | 0,782 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 60 | 1134 | 59 | 0,002 | | | 0,001 | 12 | 0,005 | 0,762 | 0,182 | 1,000 | | | 1,000 |
| 61 | 1193 | 54 | 0,002 | | | 0,001 | 11 | 0,005 | 0,741 | 0,312 | 1,000 | | | 1,000 |
| 62 | 1609 | 28 | 0,002 | | | 0,001 | 6 | 0,005 | 0,600 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 |

X_P - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção.

$$S_C = \left\{ \frac{h_{OP} + 3 \times h_{P/P}}{4} \right\} \times 4$$

Tabela 6.2 – Característica das opções de proteção do cenário II, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 434 | 76 | | | 0,043 | 0,001 | 15 | 0,046 | 1,000 | 0,000 | | | 0,489 | 0,000 |
| 2 | 493 | 67 | | | 0,043 | 0,001 | 13 | 0,046 | 0,980 | 0,186 | | | 0,489 | 0,000 |
| 3 | 552 | 63 | | | 0,043 | 0,001 | 13 | 0,046 | 0,960 | 0,278 | | | 0,489 | 0,000 |
| 4 | 968 | 28 | | | 0,043 | 0,001 | 6 | 0,046 | 0,818 | 1,000 | | | 0,489 | 0,000 |
| 13 | 489 | 66 | | 0,006 | | 0,001 | 15 | 0,009 | 0,981 | 0,206 | | 0,985 | | 0,902 |
| 14 | 548 | 67 | | 0,006 | | 0,001 | 13 | 0,009 | 0,961 | 0,186 | | 0,985 | | 0,902 |
| 15 | 607 | 63 | | 0,006 | | 0,001 | 13 | 0,009 | 0,941 | 0,278 | | 0,985 | | 0,902 |
| 16 | 1023 | 28 | | 0,006 | | 0,001 | 6 | 0,009 | 0,799 | 1,000 | | 0,985 | | 0,902 |
| 20 | 657 | 76 | | | 0,017 | 0,001 | 15 | 0,020 | 0,924 | 0,000 | | | 0,896 | 0,652 |
| 21 | 716 | 67 | | | 0,017 | 0,001 | 13 | 0,020 | 0,904 | 0,186 | | | 0,896 | 0,652 |
| 22 | 775 | 63 | | | 0,017 | 0,001 | 13 | 0,020 | 0,884 | 0,278 | | | 0,896 | 0,652 |
| 23 | 1191 | 28 | | | 0,017 | 0,001 | 6 | 0,020 | 0,698 | 1,000 | | | 0,896 | 0,652 |
| 36 | 694 | 76 | 0,003 | | | 0,001 | 15 | 0,006 | 0,911 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 37 | 753 | 67 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,891 | 0,186 | 1,000 | | | 1,000 |
| 38 | 812 | 63 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,871 | 0,278 | 1,000 | | | 1,000 |
| 39 | 1228 | 28 | 0,003 | | | 0,001 | 6 | 0,006 | 0,730 | 1,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 40 | 2836 | 76 | 0,003 | | | 0,001 | 15 | 0,006 | 0,182 | 0,000 | 1,000 | | | 0,993 |
| 41 | 2895 | 67 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,162 | 0,186 | 1,000 | | | 0,993 |
| 42 | 2954 | 63 | 0,003 | | | 0,001 | 13 | 0,006 | 0,142 | 0,278 | 1,000 | | | 0,993 |
| 43 | 3370 | 28 | 0,003 | | | 0,001 | 6 | 0,006 | 0,000 | 1,000 | 1,000 | | | 0,993 |
| 51 | 630 | 76 | | 0,007 | | 0,001 | 15 | 0,010 | 0,933 | 0,000 | | 0,980 | | 0,889 |
| 52 | 689 | 67 | | 0,007 | | 0,001 | 13 | 0,010 | 0,913 | 0,186 | | 0,980 | | 0,889 |
| 53 | 748 | 63 | | 0,007 | | 0,001 | 13 | 0,010 | 0,893 | 0,278 | | 0,980 | | 0,889 |
| 54 | 1164 | 28 | | 0,007 | | 0,001 | 6 | 0,010 | 0,751 | 1,000 | | 0,980 | | 0,889 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção.

$$S_C = \left\langle \frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right\rangle \times 4$$

Tabela 6.3 – Característica das opções de proteção do cenário III, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{P/P}$ | $D_{P/P}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 17 | 936 | 68 | | | 0,037 | 0,001 | 14 | 0,040 | 0,892 | 0,000 | | | 0,683 | 0,001 |
| 18 | 995 | 62 | | | 0,037 | 0,001 | 12 | 0,040 | 0,871 | 0,154 | | | 0,683 | 0,001 |
| 19 | 1054 | 56 | | | 0,037 | 0,001 | 11 | 0,040 | 0,850 | 0,295 | | | 0,683 | 0,001 |
| 24 | 957 | 67,5 | | 0,014 | | 0,001 | 14 | 0,017 | 0,884 | 0,000 | | 0,914 | | 0,653 |
| 25 | 1016 | 62 | | 0,014 | | 0,001 | 12 | 0,017 | 0,863 | 0,154 | | 0,914 | | 0,653 |
| 26 | 1075 | 56 | | 0,014 | | 0,001 | 11 | 0,017 | 0,842 | 0,295 | | 0,914 | | 0,653 |
| 27 | 1491 | 28,5 | | 0,014 | | 0,001 | 6 | 0,017 | 0,695 | 1,000 | | 0,914 | | 0,653 |
| 44 | 1663 | 68 | 0,002 | | | 0,001 | 14 | 0,005 | 0,634 | 0,000 | 1,000 | | | 0,972 |
| 45 | 1722 | 62 | 0,002 | | | 0,001 | 12 | 0,005 | 0,613 | 0,154 | 1,000 | | | 0,972 |
| 46 | 1781 | 56 | 0,002 | | | 0,001 | 11 | 0,005 | 0,592 | 0,295 | 1,000 | | | 0,972 |
| 47 | 760 | 68 | 0,001 | | | 0,001 | 14 | 0,004 | 0,954 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 48 | 819 | 62 | 0,001 | | | 0,001 | 12 | 0,004 | 0,933 | 0,154 | 1,000 | | | 1,000 |
| 49 | 878 | 56 | 0,001 | | | 0,001 | 11 | 0,004 | 0,912 | 0,295 | 1,000 | | | 1,000 |
| 50 | 1294 | 51 | 0,001 | | | 0,001 | 10 | 0,004 | 0,765 | 0,436 | 1,000 | | | 1,000 |
| 51 | 630 | 68 | | 0,005 | | 0,001 | 14 | 0,008 | 1,000 | 0,000 | | 0,998 | | 0,882 |
| 52 | 689 | 62 | | 0,005 | | 0,001 | 12 | 0,008 | 0,979 | 0,154 | | 0,998 | | 0,882 |
| 53 | 748 | 56 | | 0,005 | | 0,001 | 11 | 0,008 | 0,958 | 0,295 | | 0,998 | | 0,882 |
| 54 | 1164 | 29 | | 0,005 | | 0,001 | 6 | 0,008 | 0,811 | 1,000 | | 0,998 | | 0,882 |
| 63 | 2919 | 68 | | | 0,016 | 0,001 | 14 | 0,019 | 0,189 | 0,000 | | | 0,897 | 0,584 |
| 64 | 2978 | 62 | | | 0,016 | 0,001 | 12 | 0,019 | 0,168 | 0,154 | | | 0,897 | 0,584 |
| 65 | 3038 | 56 | | | 0,016 | 0,001 | 11 | 0,019 | 0,147 | 0,295 | | | 0,897 | 0,584 |
| 66 | 3453 | 30 | | | 0,016 | 0,001 | 6 | 0,019 | 0,000 | 0,962 | | | 0,897 | 0,584 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{P/P}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção. $u_C = \left(\frac{h_{CP} + 1 \times h_{P/P}}{4} \right) \times 4$

Tabela 6.4 – Característica das opções de proteção do cenário IV, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | S_c | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_c)$ |
|-------|-------|-----|--------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 9 | 471 | 68 | 0,0048 | | | 0,001 | 14 | 0,008 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 0,924 |
| 10 | 530 | 54 | 0,0048 | | | 0,001 | 11 | 0,008 | 0,980 | 0,318 | 1,000 | | | 0,924 |
| 11 | 589 | 48 | 0,0048 | | | 0,001 | 10 | 0,008 | 0,960 | 0,455 | 1,000 | | | 0,924 |
| 12 | 1005 | 24 | 0,0048 | | | 0,001 | 5 | 0,008 | 0,821 | 1,000 | 1,000 | | | 0,924 |
| 17 | 936 | 68 | | | 0,039 | 0,001 | 14 | 0,042 | 0,844 | 0,000 | | | 0,639 | 0,000 |
| 18 | 995 | 54 | | | 0,039 | 0,001 | 11 | 0,042 | 0,824 | 0,318 | | | 0,639 | 0,000 |
| 19 | 1055 | 48 | | | 0,039 | 0,001 | 10 | 0,042 | 0,804 | 0,455 | | | 0,639 | 0,000 |
| 24 | 957 | 68 | | 0,014 | | 0,001 | 14 | 0,017 | 0,837 | 0,000 | | 0,909 | | 0,672 |
| 25 | 1016 | 54 | | 0,014 | | 0,001 | 11 | 0,017 | 0,817 | 0,318 | | 0,909 | | 0,672 |
| 26 | 1075 | 48 | | 0,014 | | 0,001 | 10 | 0,017 | 0,798 | 0,455 | | 0,909 | | 0,672 |
| 27 | 1491 | 24 | | 0,014 | | 0,001 | 5 | 0,017 | 0,658 | 1,000 | | 0,909 | | 0,672 |
| 44 | 1663 | 68 | 0,0020 | | | 0,001 | 14 | 0,005 | 0,600 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 45 | 1722 | 54 | 0,0020 | | | 0,001 | 11 | 0,005 | 0,581 | 0,318 | 1,000 | | | 1,000 |
| 46 | 1781 | 48 | 0,0020 | | | 0,001 | 10 | 0,005 | 0,561 | 0,455 | 1,000 | | | 1,000 |
| 51 | 630 | 68 | | 0,005 | | 0,001 | 14 | 0,008 | 0,947 | 0,000 | | 0,996 | | 0,909 |
| 52 | 689 | 54 | | 0,005 | | 0,001 | 11 | 0,008 | 0,927 | 0,318 | | 0,996 | | 0,909 |
| 53 | 748 | 48 | | 0,005 | | 0,001 | 10 | 0,008 | 0,907 | 0,455 | | 0,996 | | 0,909 |
| 54 | 1164 | 24 | | 0,005 | | 0,001 | 5 | 0,008 | 0,768 | 1,000 | | 0,996 | | 0,909 |
| 63 | 2919 | 68 | | | 0,017 | 0,001 | 14 | 0,020 | 0,179 | 0,000 | | | 0,895 | 0,601 |
| 64 | 2978 | 54 | | | 0,017 | 0,001 | 11 | 0,020 | 0,159 | 0,318 | | | 0,895 | 0,601 |
| 65 | 3037 | 48 | | | 0,017 | 0,001 | 10 | 0,020 | 0,140 | 0,455 | | | 0,895 | 0,601 |
| 66 | 3453 | 30 | | | 0,017 | 0,001 | 6 | 0,020 | 0,000 | 0,852 | | | 0,895 | 0,601 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_c - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_c)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção). $S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 6.5 – Característica das opções de proteção do cenário V, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 5 | 453 | 68 | | 0,013 | | 0,001 | 14 | 0,016 | 1,000 | 0,000 | | 0,917 | | 0,683 |
| 6 | 512 | 63 | | 0,013 | | 0,001 | 13 | 0,016 | 0,980 | 0,133 | | 0,917 | | 0,683 |
| 7 | 571 | 58 | | 0,013 | | 0,001 | 12 | 0,016 | 0,961 | 0,267 | | 0,917 | | 0,683 |
| 8 | 987 | 30 | | 0,013 | | 0,001 | 6 | 0,016 | 0,822 | 1,000 | | 0,917 | | 0,683 |
| 9 | 471 | 68 | | 0,005 | | 0,001 | 14 | 0,008 | 0,994 | 0,000 | | 0,998 | | 0,891 |
| 10 | 530 | 63 | | 0,005 | | 0,001 | 13 | 0,008 | 0,974 | 0,133 | | 0,998 | | 0,891 |
| 11 | 589 | 58 | | 0,005 | | 0,001 | 12 | 0,008 | 0,955 | 0,267 | | 0,998 | | 0,891 |
| 12 | 1005 | 30 | | 0,005 | | 0,001 | 6 | 0,008 | 0,816 | 1,000 | | 0,998 | | 0,891 |
| 17 | 936 | 68 | | | 0,040 | 0,001 | 14 | 0,043 | 0,839 | 0,000 | | | 0,608 | 0,000 |
| 18 | 995 | 63 | | | 0,040 | 0,001 | 13 | 0,043 | 0,819 | 0,133 | | | 0,608 | 0,000 |
| 19 | 1054 | 58 | | | 0,040 | 0,001 | 12 | 0,043 | 0,800 | 0,267 | | | 0,608 | 0,000 |
| 44 | 1663 | 68 | 0,002 | | | 0,001 | 14 | 0,005 | 0,597 | 0,000 | 1,000 | | | 0,972 |
| 45 | 1722 | 63 | 0,002 | | | 0,001 | 13 | 0,005 | 0,577 | 0,133 | 1,000 | | | 0,972 |
| 46 | 1781 | 58 | 0,002 | | | 0,001 | 12 | 0,005 | 0,557 | 0,267 | 1,000 | | | 0,972 |
| 47 | 760 | 68 | 0,001 | | | 0,001 | 14 | 0,004 | 0,898 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 48 | 819 | 63 | 0,001 | | | 0,001 | 13 | 0,004 | 0,878 | 0,133 | 1,000 | | | 1,000 |
| 49 | 878 | 58 | 0,001 | | | 0,001 | 12 | 0,004 | 0,858 | 0,267 | 1,000 | | | 1,000 |
| 50 | 1294 | 53 | 0,001 | | | 0,001 | 11 | 0,004 | 0,720 | 0,400 | 1,000 | | | 1,000 |
| 63 | 2919 | 68 | | | 0,017 | 0,001 | 14 | 0,020 | 0,178 | 0,000 | | | 0,894 | 0,584 |
| 64 | 2978 | 63 | | | 0,017 | 0,001 | 13 | 0,020 | 0,158 | 0,133 | | | 0,894 | 0,584 |
| 65 | 3037 | 58 | | | 0,017 | 0,001 | 12 | 0,020 | 0,139 | 0,267 | | | 0,894 | 0,584 |
| 66 | 3453 | 30 | | | 0,017 | 0,001 | 6 | 0,020 | 0,000 | 1,000 | | | 0,894 | 0,584 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção.

$$S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 1$$

Tabela 6.6 – Característica das opções de proteção do cenário VI, na instalação fechada com teto, com ^{192}Ir .

| Opção | X_p | a | h_1 | h_2 | h_3 | $h_{p/p}$ | $D_{p/p}$ | S_C | $u(X)$ | $u(a)$ | $u(h_1)$ | $u(h_2)$ | $u(h_3)$ | $u(S_C)$ |
|-------|-------------|-----|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 17 | 936 | 65 | | | 0,035 | 0,001 | 13 | 0,038 | 0,855 | 0,000 | | | 0,737 | 0,000 |
| 18 | 995 | 59 | | | 0,035 | 0,001 | 12 | 0,038 | 0,827 | 0,160 | | | 0,737 | 0,000 |
| 19 | 1054 | 54 | | | 0,035 | 0,001 | 11 | 0,038 | 0,799 | 0,293 | | | 0,737 | 0,000 |
| 20 | 657 | 65 | | 0,012 | | 0,001 | 13 | 0,015 | 0,987 | 0,000 | | 0,934 | | 0,703 |
| 21 | 716 | 59 | | 0,012 | | 0,001 | 12 | 0,015 | 0,959 | 0,160 | | 0,934 | | 0,703 |
| 22 | 775 | 54 | | 0,012 | | 0,001 | 11 | 0,015 | 0,931 | 0,293 | | 0,934 | | 0,703 |
| 23 | 1191 | 28 | | 0,012 | | 0,001 | 6 | 0,015 | 0,672 | 1,000 | | 0,934 | | 0,703 |
| 24 | 957 | 65 | | 0,013 | | 0,001 | 13 | 0,016 | 0,845 | 0,000 | | 0,923 | | 0,672 |
| 25 | 1016 | 59 | | 0,013 | | 0,001 | 12 | 0,016 | 0,817 | 0,160 | | 0,923 | | 0,672 |
| 26 | 1075 | 54 | | 0,013 | | 0,001 | 11 | 0,016 | 0,789 | 0,293 | | 0,923 | | 0,672 |
| 27 | 1491 | 28 | | 0,013 | | 0,001 | 6 | 0,016 | 0,591 | 1,000 | | 0,923 | | 0,672 |
| 28 | 2203 | 65 | | | 0,019 | 0,001 | 13 | 0,022 | 0,253 | 0,000 | | | 0,890 | 0,496 |
| 29 | 2262 | 59 | | | 0,019 | 0,001 | 12 | 0,022 | 0,225 | 0,160 | | | 0,890 | 0,496 |
| 30 | 2321 | 54 | | | 0,019 | 0,001 | 11 | 0,022 | 0,197 | 0,293 | | | 0,890 | 0,496 |
| 31 | 2737 | 28 | | | 0,019 | 0,001 | 6 | 0,022 | 0,000 | 1,000 | | | 0,890 | 0,496 |
| 44 | 1663 | 65 | 0,002 | | | 0,001 | 13 | 0,005 | 0,510 | 0,000 | 1,000 | | | 1,000 |
| 45 | 1722 | 59 | 0,002 | | | 0,001 | 12 | 0,005 | 0,482 | 0,160 | 1,000 | | | 1,000 |
| 46 | 1781 | 54 | 0,002 | | | 0,001 | 11 | 0,005 | 0,454 | 0,293 | 1,000 | | | 1,000 |
| 51 | 630 | 65 | 0,005 | | | 0,001 | 13 | 0,008 | 1,000 | 0,000 | 1,000 | | | 0,906 |
| 52 | 689 | 59 | 0,005 | | | 0,001 | 12 | 0,008 | 0,972 | 0,160 | 1,000 | | | 0,906 |
| 53 | 748 | 54 | 0,005 | | | 0,001 | 11 | 0,008 | 0,944 | 0,293 | 1,000 | | | 0,906 |
| 54 | 1164 | 28 | 0,005 | | | 0,001 | 6 | 0,008 | 0,747 | 1,000 | 1,000 | | | 0,906 |

X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); a - Área de isolamento (m^2); h e $h_{p/p}$ - Doses equivalentes individuais anuais para trabalhador e indivíduos do público, respectivamente (mSv); S_C - Dose coletiva anual (Sievert-pessoa); $u(X)$, $u(a)$, $u(h)$ e $u(S_C)$ - Funções de prioridade parcial dos atributos de proteção (custo de proteção). $S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 6.7 – Custo anual das opções de proteção do cenário I, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário do | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | |
|--------------------------|-------------|-----|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | a | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 1 | 434 | 66 | 33 | 0,0460 | 572 | 894 | 1354 | 1584 | 605 | 927 | 1387 | 1617 |
| 2 | 493 | 59 | 30 | 0,0460 | 631 | 953 | 1413 | 1643 | 661 | 983 | 1443 | 1673 |
| 3 | 552 | 54 | 27 | 0,0460 | 690 | 1012 | 1472 | 1702 | 717 | 1039 | 1499 | 1729 |
| 4 | 968 | 28 | 14 | 0,0460 | 1106 | 1428 | 1888 | 2118 | 1120 | 1442 | 1902 | 2132 |
| 13 | 489 | 66 | 33 | 0,0095 | 517 | 584 | 678 | 726 | 550 | 617 | 711 | 759 |
| 14 | 548 | 59 | 30 | 0,0095 | 576 | 643 | 737 | 785 | 606 | 672 | 767 | 814 |
| 15 | 607 | 54 | 27 | 0,0095 | 635 | 702 | 796 | 844 | 662 | 729 | 823 | 871 |
| 16 | 1023 | 28 | 14 | 0,0095 | 1051 | 1118 | 1212 | 1260 | 1065 | 1131 | 1226 | 1274 |
| 20 | 657 | 66 | 33 | 0,0196 | 716 | 853 | 1049 | 1147 | 749 | 886 | 1082 | 1180 |
| 21 | 716 | 59 | 30 | 0,0196 | 775 | 912 | 1108 | 1206 | 804 | 942 | 1138 | 1236 |
| 22 | 775 | 54 | 27 | 0,0196 | 834 | 971 | 1167 | 1265 | 861 | 998 | 1194 | 1292 |
| 23 | 1191 | 28 | 14 | 0,0196 | 1250 | 1387 | 1583 | 1681 | 1264 | 1401 | 1597 | 1695 |
| 32 | 675 | 66 | 33 | 0,0095 | 703 | 770 | 864 | 912 | 736 | 803 | 897 | 945 |
| 33 | 734 | 59 | 30 | 0,0095 | 762 | 829 | 923 | 971 | 792 | 858 | 953 | 1000 |
| 34 | 793 | 54 | 27 | 0,0095 | 821 | 888 | 982 | 1030 | 848 | 915 | 1009 | 1057 |
| 35 | 1209 | 28 | 14 | 0,0095 | 1237 | 1304 | 1398 | 1446 | 1251 | 1317 | 1412 | 1460 |
| 36 | 694 | 66 | 33 | 0,0055 | 711 | 749 | 804 | 832 | 744 | 782 | 837 | 865 |
| 37 | 753 | 59 | 30 | 0,0055 | 770 | 808 | 863 | 891 | 799 | 838 | 893 | 920 |
| 38 | 812 | 54 | 27 | 0,0055 | 829 | 867 | 922 | 950 | 856 | 894 | 949 | 977 |
| 39 | 1228 | 28 | 14 | 0,0055 | 1245 | 1283 | 1338 | 1366 | 1258 | 1297 | 1352 | 1379 |
| 40 | 2836 | 66 | 33 | 0,0058 | 2853 | 2894 | 2952 | 2981 | 2886 | 2927 | 2985 | 3014 |
| 41 | 2895 | 59 | 30 | 0,0058 | 2912 | 2953 | 3011 | 3040 | 2942 | 2983 | 3041 | 3070 |
| 42 | 2955 | 54 | 27 | 0,0058 | 2972 | 3013 | 3071 | 3100 | 2999 | 3040 | 3098 | 3127 |
| 43 | 3370 | 28 | 14 | 0,0058 | 3387 | 3428 | 3486 | 3515 | 3401 | 3442 | 3500 | 3529 |
| 51 | 630 | 66 | 33 | 0,0100 | 660 | 730 | 830 | 880 | 693 | 763 | 863 | 913 |
| 52 | 689 | 59 | 30 | 0,0100 | 719 | 789 | 889 | 939 | 749 | 819 | 919 | 969 |
| 53 | 748 | 54 | 27 | 0,0100 | 778 | 848 | 948 | 998 | 805 | 875 | 975 | 1025 |
| 54 | 1164 | 28 | 14 | 0,0100 | 1194 | 1264 | 1364 | 1414 | 1208 | 1278 | 1378 | 1428 |
| 55 | 895 | 66 | 33 | 0,0119 | 931 | 1014 | 1133 | 1193 | 964 | 1047 | 1166 | 1226 |
| 56 | 954 | 59 | 30 | 0,0119 | 990 | 1073 | 1192 | 1252 | 1019 | 1103 | 1222 | 1281 |
| 57 | 1013 | 54 | 27 | 0,0119 | 1049 | 1132 | 1251 | 1311 | 1076 | 1159 | 1278 | 1338 |
| 58 | 1429 | 28 | 14 | 0,0119 | 1465 | 1548 | 1667 | 1727 | 1478 | 1562 | 1681 | 1740 |
| 59 | 1075 | 66 | 33 | 0,0050 | 1090 | 1125 | 1175 | 1200 | 1123 | 1158 | 1208 | 1233 |
| 60 | 1134 | 59 | 30 | 0,0050 | 1149 | 1184 | 1234 | 1259 | 1178 | 1213 | 1263 | 1288 |
| 61 | 1193 | 54 | 27 | 0,0050 | 1208 | 1243 | 1293 | 1318 | 1235 | 1270 | 1320 | 1345 |
| 62 | 1609 | 28 | 14 | 0,0050 | 1624 | 1659 | 1709 | 1734 | 1638 | 1673 | 1723 | 1748 |

a - área de isolamento (m^2); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares -1m^2 igual a 10 dólares).

$$S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$$

Tabela 6.8 – Custo anual das opções de proteção do cenário II, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário do | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | |
|--------------------------|-------------|----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | α | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 1 | 434 | 76 | 38 | 0,0460 | 572 | 894 | 1354 | 1584 | 610 | 932 | 1392 | 1622 |
| 2 | 493 | 67 | 34 | 0,0460 | 631 | 953 | 1413 | 1643 | 665 | 987 | 1447 | 1677 |
| 3 | 552 | 63 | 31 | 0,0460 | 690 | 1012 | 1472 | 1702 | 721 | 1043 | 1503 | 1733 |
| 4 | 968 | 28 | 14 | 0,0460 | 1106 | 1428 | 1888 | 2118 | 1120 | 1442 | 1902 | 2132 |
| 13 | 489 | 66 | 33 | 0,0095 | 517 | 584 | 678 | 726 | 550 | 617 | 711 | 759 |
| 14 | 548 | 67 | 34 | 0,0095 | 576 | 643 | 737 | 785 | 610 | 676 | 771 | 818 |
| 15 | 607 | 63 | 31 | 0,0095 | 635 | 702 | 796 | 844 | 667 | 733 | 828 | 875 |
| 16 | 1023 | 28 | 14 | 0,0095 | 1051 | 1118 | 1212 | 1260 | 1065 | 1131 | 1226 | 1274 |
| 20 | 657 | 76 | 38 | 0,0196 | 716 | 853 | 1049 | 1147 | 754 | 891 | 1087 | 1185 |
| 21 | 716 | 67 | 34 | 0,0196 | 775 | 912 | 1108 | 1206 | 808 | 946 | 1142 | 1240 |
| 22 | 775 | 63 | 31 | 0,0196 | 834 | 971 | 1167 | 1265 | 865 | 1002 | 1198 | 1296 |
| 23 | 1191 | 28 | 14 | 0,0196 | 1250 | 1387 | 1583 | 1681 | 1264 | 1401 | 1597 | 1695 |
| 36 | 694 | 76 | 38 | 0,0055 | 711 | 749 | 804 | 832 | 749 | 787 | 842 | 870 |
| 37 | 753 | 67 | 34 | 0,0055 | 770 | 808 | 863 | 891 | 803 | 842 | 897 | 924 |
| 38 | 812 | 63 | 31 | 0,0055 | 829 | 867 | 922 | 950 | 860 | 898 | 953 | 981 |
| 39 | 1228 | 28 | 14 | 0,0055 | 1245 | 1283 | 1338 | 1366 | 1258 | 1297 | 1352 | 1379 |
| 40 | 2836 | 76 | 38 | 0,0058 | 2853 | 2894 | 2952 | 2981 | 2891 | 2932 | 2990 | 3019 |
| 41 | 2895 | 67 | 34 | 0,0058 | 2912 | 2953 | 3011 | 3040 | 2946 | 2987 | 3045 | 3074 |
| 42 | 2954 | 63 | 31 | 0,0058 | 2971 | 3012 | 3070 | 3099 | 3003 | 3043 | 3101 | 3130 |
| 43 | 3370 | 28 | 14 | 0,0058 | 3387 | 3428 | 3486 | 3515 | 3401 | 3442 | 3500 | 3529 |
| 51 | 630 | 76 | 38 | 0,0100 | 660 | 730 | 830 | 880 | 698 | 768 | 868 | 918 |
| 52 | 689 | 67 | 34 | 0,0100 | 719 | 789 | 889 | 939 | 753 | 823 | 923 | 973 |
| 53 | 748 | 63 | 31 | 0,0100 | 778 | 848 | 948 | 998 | 809 | 879 | 979 | 1029 |
| 54 | 1164 | 28 | 14 | 0,0100 | 1194 | 1264 | 1364 | 1414 | 1208 | 1278 | 1378 | 1428 |

α - área de isolamento (m^2); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares $\cdot \text{m}^2$ igual a 10 dólares).

$$S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$$

Tabela 6.9 – Custo anual das opções de proteção do cenário III, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário do detrimento | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------------------------------------|-------------|----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | α | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 17 | 936 | 68 | 34 | 0,0404 | 1057 | 1340 | 1743 | 1945 | 1091 | 1373 | 1777 | 1979 |
| 18 | 995 | 62 | 31 | 0,0404 | 1116 | 1399 | 1802 | 2004 | 1147 | 1429 | 1833 | 2035 |
| 19 | 1054 | 56 | 28 | 0,0404 | 1175 | 1458 | 1861 | 2063 | 1203 | 1486 | 1889 | 2091 |
| 24 | 957 | 68 | 34 | 0,0166 | 1007 | 1123 | 1289 | 1372 | 1040 | 1157 | 1322 | 1405 |
| 25 | 1016 | 62 | 31 | 0,0166 | 1066 | 1182 | 1348 | 1431 | 1096 | 1213 | 1378 | 1461 |
| 26 | 1075 | 56 | 28 | 0,0166 | 1125 | 1241 | 1407 | 1490 | 1153 | 1269 | 1435 | 1518 |
| 27 | 1491 | 29 | 14 | 0,0166 | 1541 | 1657 | 1823 | 1906 | 1555 | 1671 | 1837 | 1920 |
| 44 | 1663 | 68 | 34 | 0,0049 | 1678 | 1712 | 1762 | 1786 | 1712 | 1746 | 1795 | 1820 |
| 45 | 1722 | 62 | 31 | 0,0049 | 1737 | 1771 | 1821 | 1845 | 1768 | 1802 | 1851 | 1876 |
| 46 | 1781 | 56 | 28 | 0,0049 | 1796 | 1830 | 1880 | 1904 | 1824 | 1858 | 1908 | 1932 |
| 47 | 760 | 68 | 34 | 0,0039 | 772 | 799 | 838 | 858 | 805 | 833 | 872 | 891 |
| 48 | 819 | 62 | 31 | 0,0039 | 831 | 858 | 897 | 917 | 861 | 889 | 928 | 947 |
| 49 | 878 | 56 | 28 | 0,0039 | 890 | 917 | 956 | 976 | 918 | 945 | 984 | 1004 |
| 50 | 1294 | 51 | 25 | 0,0039 | 1306 | 1333 | 1372 | 1392 | 1331 | 1358 | 1397 | 1417 |
| 51 | 630 | 68 | 34 | 0,0082 | 655 | 712 | 794 | 835 | 688 | 746 | 828 | 869 |
| 52 | 689 | 62 | 31 | 0,0082 | 714 | 771 | 853 | 894 | 744 | 802 | 884 | 925 |
| 53 | 748 | 56 | 28 | 0,0082 | 773 | 830 | 912 | 953 | 801 | 858 | 940 | 981 |
| 54 | 1164 | 29 | 14 | 0,0082 | 1189 | 1246 | 1328 | 1369 | 1203 | 1260 | 1342 | 1384 |
| 63 | 2919 | 68 | 34 | 0,0191 | 2976 | 3110 | 3301 | 3397 | 3010 | 3144 | 3335 | 3430 |
| 64 | 2978 | 62 | 31 | 0,0191 | 3035 | 3169 | 3360 | 3456 | 3066 | 3200 | 3391 | 3486 |
| 65 | 3038 | 56 | 28 | 0,0191 | 3095 | 3229 | 3420 | 3516 | 3123 | 3257 | 3448 | 3544 |
| 66 | 3453 | 29 | 14 | 0,0191 | 3510 | 3644 | 3835 | 3931 | 3525 | 3658 | 3849 | 3945 |

α - área de isolamento (m^2); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares $\cdot \text{m}^2$ igual a 10 dólares).

$$S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$$

Tabela 6.10 – Custo anual das opções de proteção do cenário IV, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário do detrimento | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | |
|-------------------------------------|-------|-----|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | a | X_a | S_C | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 9 | 471 | 68 | 34 | 0,0078 | 494 | 549 | 627 | 666 | 528 | 583 | 661 | 700 |
| 10 | 530 | 54 | 27 | 0,0078 | 553 | 608 | 686 | 725 | 580 | 635 | 713 | 752 |
| 11 | 589 | 48 | 24 | 0,0078 | 612 | 667 | 745 | 784 | 636 | 691 | 769 | 808 |
| 12 | 1005 | 24 | 12 | 0,0078 | 1028 | 1083 | 1161 | 1200 | 1040 | 1095 | 1173 | 1212 |
| 17 | 936 | 68 | 34 | 0,0420 | 1062 | 1356 | 1775 | 1985 | 1096 | 1389 | 1809 | 2019 |
| 18 | 995 | 54 | 27 | 0,0420 | 1121 | 1415 | 1834 | 2044 | 1148 | 1441 | 1861 | 2071 |
| 19 | 1055 | 48 | 24 | 0,0420 | 1181 | 1475 | 1894 | 2104 | 1205 | 1498 | 1918 | 2128 |
| 24 | 957 | 68 | 34 | 0,0171 | 1008 | 1128 | 1299 | 1385 | 1042 | 1162 | 1333 | 1419 |
| 25 | 1016 | 54 | 27 | 0,0171 | 1067 | 1187 | 1358 | 1444 | 1094 | 1214 | 1385 | 1471 |
| 26 | 1075 | 48 | 24 | 0,0171 | 1126 | 1246 | 1417 | 1503 | 1150 | 1270 | 1441 | 1527 |
| 27 | 1491 | 24 | 12 | 0,0171 | 1542 | 1662 | 1833 | 1919 | 1554 | 1674 | 1845 | 1931 |
| 44 | 1663 | 68 | 34 | 0,0050 | 1678 | 1713 | 1763 | 1788 | 1712 | 1747 | 1797 | 1822 |
| 45 | 1722 | 54 | 27 | 0,0050 | 1737 | 1772 | 1822 | 1847 | 1764 | 1799 | 1849 | 1874 |
| 46 | 1781 | 48 | 24 | 0,0050 | 1796 | 1831 | 1881 | 1906 | 1820 | 1855 | 1905 | 1930 |
| 51 | 630 | 68 | 34 | 0,0084 | 655 | 714 | 797 | 839 | 689 | 747 | 831 | 873 |
| 52 | 689 | 54 | 27 | 0,0084 | 714 | 773 | 856 | 898 | 741 | 799 | 883 | 925 |
| 53 | 748 | 48 | 24 | 0,0084 | 773 | 832 | 915 | 957 | 797 | 855 | 939 | 981 |
| 54 | 1164 | 24 | 12 | 0,0084 | 1189 | 1248 | 1331 | 1373 | 1201 | 1259 | 1343 | 1385 |
| 63 | 2919 | 68 | 34 | 0,0197 | 2978 | 3116 | 3314 | 3413 | 3012 | 3150 | 3348 | 3446 |
| 64 | 2978 | 54 | 27 | 0,0197 | 3037 | 3175 | 3373 | 3472 | 3064 | 3202 | 3400 | 3498 |
| 65 | 3037 | 48 | 24 | 0,0197 | 3096 | 3234 | 3432 | 3531 | 3120 | 3258 | 3456 | 3554 |
| 66 | 3453 | 24 | 12 | 0,0197 | 3512 | 3650 | 3848 | 3947 | 3524 | 3662 | 3860 | 3958 |

a - área de isolamento (m^2); S_C - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares $\cdot \text{m}^2$ igual a 10 dólares).

$$S_C = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{1} \right) \times 4$$

Tabela 6.11 – Custo anual das opções de proteção do cenário V, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário (dólar/Sievert-pessoa) | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|--|-------|-----|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | a | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 5 | 453 | 68 | 34 | 0,0163 | 502 | 616 | 779 | 861 | 536 | 650 | 813 | 894 |
| 6 | 512 | 63 | 31 | 0,0163 | 561 | 675 | 838 | 920 | 592 | 706 | 869 | 951 |
| 7 | 571 | 58 | 29 | 0,0163 | 620 | 734 | 897 | 979 | 649 | 763 | 926 | 1007 |
| 8 | 987 | 30 | 15 | 0,0163 | 1036 | 1150 | 1313 | 1395 | 1051 | 1165 | 1328 | 1410 |
| 9 | 471 | 68 | 34 | 0,0082 | 496 | 553 | 635 | 676 | 529 | 587 | 669 | 710 |
| 10 | 530 | 63 | 31 | 0,0082 | 555 | 612 | 694 | 735 | 586 | 643 | 725 | 766 |
| 11 | 589 | 58 | 29 | 0,0082 | 614 | 671 | 753 | 794 | 642 | 700 | 782 | 823 |
| 12 | 1005 | 30 | 15 | 0,0082 | 1030 | 1087 | 1169 | 1210 | 1045 | 1102 | 1184 | 1225 |
| 17 | 936 | 68 | 34 | 0,0429 | 1065 | 1365 | 1795 | 2010 | 1099 | 1399 | 1829 | 2043 |
| 18 | 995 | 63 | 31 | 0,0429 | 1124 | 1424 | 1854 | 2069 | 1155 | 1456 | 1885 | 2100 |
| 19 | 1054 | 58 | 29 | 0,0429 | 1183 | 1483 | 1913 | 2128 | 1212 | 1512 | 1942 | 2156 |
| 44 | 1663 | 68 | 34 | 0,0051 | 1678 | 1714 | 1764 | 1789 | 1712 | 1747 | 1798 | 1823 |
| 45 | 1722 | 63 | 31 | 0,0051 | 1737 | 1773 | 1823 | 1848 | 1768 | 1804 | 1854 | 1880 |
| 46 | 1781 | 58 | 29 | 0,0051 | 1796 | 1832 | 1882 | 1907 | 1825 | 1860 | 1911 | 1936 |
| 47 | 760 | 68 | 34 | 0,0040 | 772 | 800 | 839 | 859 | 806 | 833 | 873 | 893 |
| 48 | 819 | 63 | 31 | 0,0040 | 831 | 859 | 898 | 918 | 862 | 890 | 929 | 949 |
| 49 | 878 | 58 | 29 | 0,0040 | 890 | 918 | 957 | 977 | 919 | 946 | 986 | 1006 |
| 50 | 1294 | 53 | 26 | 0,0040 | 1306 | 1334 | 1373 | 1393 | 1332 | 1360 | 1399 | 1419 |
| 63 | 2919 | 68 | 34 | 0,0202 | 2980 | 3121 | 3322 | 3423 | 3013 | 3154 | 3356 | 3457 |
| 64 | 2978 | 63 | 31 | 0,0202 | 3039 | 3180 | 3381 | 3482 | 3070 | 3211 | 3413 | 3514 |
| 65 | 3037 | 58 | 29 | 0,0202 | 3098 | 3239 | 3440 | 3541 | 3126 | 3267 | 3469 | 3570 |
| 66 | 3453 | 30 | 15 | 0,0202 | 3514 | 3655 | 3856 | 3957 | 3529 | 3670 | 3871 | 3972 |

a - área de isolamento (m^2); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares- m^2 igual a 10 dólares). $S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_{p/p}}{4} \right) \times 4$

Tabela 6.12 – Custo anual das opções de proteção do cenário VI, para diferentes valores do coeficiente monetário do detrimento biológico, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Coeficiente monetário do detrimento | | | | | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 |
|-------------------------------------|-------------|-----|-------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Opção | X_p | a | X_a | S_c | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | X_p+X_y | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ | $X_a+X_p+X_y$ |
| 17 | 936 | 65 | 33 | 0,0379 | 1050 | 1315 | 1695 | 1885 | 1082 | 1348 | 1727 | 1917 |
| 18 | 995 | 59 | 30 | 0,0379 | 1109 | 1374 | 1754 | 1944 | 1138 | 1404 | 1783 | 1973 |
| 19 | 1054 | 54 | 27 | 0,0379 | 1168 | 1433 | 1813 | 2003 | 1195 | 1460 | 1840 | 2030 |
| 20 | 657 | 65 | 33 | 0,0146 | 701 | 803 | 950 | 1023 | 733 | 836 | 982 | 1055 |
| 21 | 716 | 59 | 30 | 0,0146 | 760 | 862 | 1009 | 1082 | 789 | 892 | 1038 | 1111 |
| 22 | 775 | 54 | 27 | 0,0146 | 819 | 921 | 1068 | 1141 | 846 | 948 | 1095 | 1168 |
| 23 | 1191 | 28 | 14 | 0,0146 | 1235 | 1337 | 1484 | 1557 | 1249 | 1351 | 1497 | 1571 |
| 24 | 957 | 65 | 33 | 0,0157 | 1004 | 1114 | 1270 | 1349 | 1037 | 1146 | 1303 | 1381 |
| 25 | 1016 | 59 | 30 | 0,0157 | 1063 | 1173 | 1329 | 1408 | 1093 | 1202 | 1359 | 1437 |
| 26 | 1075 | 54 | 27 | 0,0157 | 1122 | 1232 | 1388 | 1467 | 1149 | 1259 | 1415 | 1494 |
| 27 | 1491 | 28 | 14 | 0,0157 | 1538 | 1648 | 1804 | 1883 | 1552 | 1661 | 1818 | 1897 |
| 28 | 2203 | 65 | 33 | 0,0215 | 2268 | 2418 | 2633 | 2741 | 2300 | 2451 | 2666 | 2773 |
| 29 | 2262 | 59 | 30 | 0,0215 | 2327 | 2477 | 2692 | 2800 | 2356 | 2507 | 2722 | 2829 |
| 30 | 2321 | 54 | 27 | 0,0215 | 2386 | 2536 | 2751 | 2859 | 2413 | 2563 | 2778 | 2886 |
| 31 | 2737 | 28 | 14 | 0,0215 | 2802 | 2952 | 3167 | 3275 | 2815 | 2966 | 3181 | 3289 |
| 44 | 1663 | 65 | 33 | 0,0048 | 1677 | 1711 | 1759 | 1783 | 1710 | 1744 | 1792 | 1816 |
| 45 | 1722 | 59 | 30 | 0,0048 | 1736 | 1770 | 1818 | 1842 | 1766 | 1800 | 1848 | 1872 |
| 46 | 1781 | 54 | 27 | 0,0048 | 1795 | 1829 | 1877 | 1901 | 1822 | 1856 | 1904 | 1928 |
| 51 | 630 | 65 | 33 | 0,0079 | 654 | 709 | 788 | 828 | 686 | 742 | 821 | 860 |
| 52 | 689 | 59 | 30 | 0,0079 | 713 | 768 | 847 | 887 | 742 | 798 | 877 | 916 |
| 53 | 748 | 54 | 27 | 0,0079 | 772 | 827 | 906 | 946 | 799 | 854 | 933 | 973 |
| 54 | 1164 | 28 | 14 | 0,0079 | 1188 | 1243 | 1322 | 1362 | 1201 | 1257 | 1336 | 1375 |

a - área de isolamento (m^2); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); X_p - Custo anual da barreira de proteção (dólares); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Sievert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólares- 1m^2 igual a 10 dólares). $S_c = \left(\frac{h_{op} + 3 \times h_p/p}{4} \right) \times 4$

Tabela 6.13 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário I, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com ^{192}Ir .

| Av. lógica | | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S_c)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,333 | 0,948 | 0,868 | 0,774 | 0,734 | 0,774 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,417 | 0,074 |
| 2 | 0,387 | 0,931 | 0,852 | 0,760 | 0,721 | 0,768 | 0,210 | 0,083 | 0,083 | 0,425 | 0,083 |
| 3 | 0,424 | 0,913 | 0,836 | 0,745 | 0,707 | 0,759 | 0,306 | 0,088 | 0,088 | 0,430 | 0,088 |
| 4 | 0,606 | 0,787 | 0,721 | 0,643 | 0,610 | 0,688 | 0,815 | 0,115 | 0,115 | 0,458 | 0,115 |
| 13 | 0,624 | 0,966 | 0,959 | 0,952 | 0,949 | 0,830 | 0,143 | 0,143 | 0,833 | 0,143 | 0,767 |
| 14 | 0,678 | 0,949 | 0,944 | 0,938 | 0,936 | 0,824 | 0,278 | 0,151 | 0,841 | 0,151 | 0,775 |
| 15 | 0,714 | 0,931 | 0,928 | 0,924 | 0,922 | 0,815 | 0,375 | 0,156 | 0,846 | 0,156 | 0,780 |
| 16 | 0,897 | 0,805 | 0,812 | 0,821 | 0,824 | 0,743 | 0,884 | 0,184 | 0,873 | 0,184 | 0,807 |
| 20 | 0,523 | 0,902 | 0,880 | 0,854 | 0,844 | 0,770 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,750 | 0,574 |
| 21 | 0,577 | 0,885 | 0,864 | 0,841 | 0,831 | 0,764 | 0,259 | 0,131 | 0,131 | 0,758 | 0,582 |
| 22 | 0,613 | 0,867 | 0,848 | 0,826 | 0,817 | 0,755 | 0,355 | 0,137 | 0,137 | 0,764 | 0,587 |
| 23 | 0,795 | 0,741 | 0,733 | 0,723 | 0,719 | 0,683 | 0,864 | 0,164 | 0,164 | 0,791 | 0,615 |
| 32 | 0,603 | 0,906 | 0,904 | 0,903 | 0,902 | 0,782 | 0,140 | 0,140 | 0,829 | 0,140 | 0,763 |
| 33 | 0,657 | 0,889 | 0,889 | 0,889 | 0,889 | 0,776 | 0,275 | 0,148 | 0,838 | 0,148 | 0,771 |
| 34 | 0,693 | 0,871 | 0,873 | 0,875 | 0,876 | 0,767 | 0,371 | 0,153 | 0,843 | 0,153 | 0,777 |
| 35 | 0,875 | 0,745 | 0,757 | 0,772 | 0,778 | 0,695 | 0,881 | 0,181 | 0,870 | 0,181 | 0,804 |
| 36 | 0,633 | 0,904 | 0,911 | 0,919 | 0,923 | 0,783 | 0,145 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,836 |
| 37 | 0,687 | 0,887 | 0,895 | 0,905 | 0,910 | 0,777 | 0,280 | 0,853 | 0,153 | 0,153 | 0,845 |
| 38 | 0,724 | 0,869 | 0,879 | 0,891 | 0,896 | 0,768 | 0,377 | 0,859 | 0,159 | 0,159 | 0,850 |
| 39 | 0,906 | 0,743 | 0,764 | 0,788 | 0,798 | 0,696 | 0,886 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,877 |
| 40 | 0,388 | 0,212 | 0,277 | 0,353 | 0,385 | 0,236 | 0,108 | 0,808 | 0,108 | 0,108 | 0,794 |
| 41 | 0,442 | 0,195 | 0,262 | 0,339 | 0,372 | 0,230 | 0,244 | 0,816 | 0,116 | 0,116 | 0,803 |
| 42 | 0,478 | 0,177 | 0,245 | 0,325 | 0,358 | 0,221 | 0,340 | 0,822 | 0,122 | 0,122 | 0,808 |
| 43 | 0,660 | 0,051 | 0,130 | 0,222 | 0,261 | 0,149 | 0,849 | 0,849 | 0,149 | 0,149 | 0,835 |
| 51 | 0,604 | 0,920 | 0,916 | 0,912 | 0,910 | 0,793 | 0,140 | 0,140 | 0,826 | 0,140 | 0,754 |
| 52 | 0,658 | 0,903 | 0,901 | 0,898 | 0,897 | 0,787 | 0,275 | 0,148 | 0,834 | 0,148 | 0,762 |
| 53 | 0,691 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,877 | 0,772 | 0,371 | 0,153 | 0,839 | 0,153 | 0,767 |
| 54 | 0,820 | 0,598 | 0,621 | 0,649 | 0,661 | 0,578 | 0,872 | 0,172 | 0,858 | 0,172 | 0,787 |
| 55 | 0,566 | 0,853 | 0,851 | 0,849 | 0,848 | 0,739 | 0,133 | 0,133 | 0,806 | 0,133 | 0,715 |
| 56 | 0,620 | 0,836 | 0,836 | 0,836 | 0,835 | 0,733 | 0,268 | 0,141 | 0,814 | 0,141 | 0,723 |
| 57 | 0,656 | 0,819 | 0,820 | 0,821 | 0,822 | 0,724 | 0,365 | 0,146 | 0,819 | 0,146 | 0,729 |
| 58 | 0,838 | 0,693 | 0,704 | 0,718 | 0,724 | 0,652 | 0,874 | 0,174 | 0,846 | 0,174 | 0,756 |
| 59 | 0,601 | 0,802 | 0,819 | 0,838 | 0,847 | 0,703 | 0,140 | 0,840 | 0,140 | 0,140 | 0,840 |
| 60 | 0,655 | 0,785 | 0,803 | 0,825 | 0,834 | 0,697 | 0,276 | 0,848 | 0,148 | 0,148 | 0,848 |
| 61 | 0,692 | 0,767 | 0,787 | 0,810 | 0,820 | 0,688 | 0,372 | 0,854 | 0,154 | 0,154 | 0,854 |
| 62 | 0,874 | 0,641 | 0,672 | 0,707 | 0,722 | 0,616 | 0,881 | 0,881 | 0,181 | 0,181 | 0,881 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$, $K(h)$ e $k(S_c)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.14 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com $100\%r$.

| Av. lógica | | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S_C)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 1 | 0,333 | 0,953 | 0,882 | 0,798 | 0,761 | 0,774 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,417 | 0,074 |
| 2 | 0,401 | 0,937 | 0,867 | 0,784 | 0,748 | 0,770 | 0,240 | 0,085 | 0,085 | 0,427 | 0,085 |
| 3 | 0,394 | 0,917 | 0,849 | 0,767 | 0,732 | 0,755 | 0,239 | 0,084 | 0,084 | 0,426 | 0,084 |
| 4 | 0,606 | 0,792 | 0,733 | 0,663 | 0,632 | 0,688 | 0,815 | 0,115 | 0,115 | 0,458 | 0,115 |
| 13 | 0,628 | 0,966 | 0,961 | 0,956 | 0,953 | 0,830 | 0,143 | 0,143 | 0,833 | 0,143 | 0,775 |
| 14 | 0,695 | 0,950 | 0,946 | 0,942 | 0,940 | 0,826 | 0,309 | 0,154 | 0,843 | 0,154 | 0,785 |
| 15 | 0,688 | 0,930 | 0,928 | 0,926 | 0,925 | 0,811 | 0,308 | 0,153 | 0,842 | 0,153 | 0,784 |
| 16 | 0,900 | 0,805 | 0,812 | 0,821 | 0,824 | 0,743 | 0,884 | 0,184 | 0,874 | 0,184 | 0,816 |
| 20 | 0,525 | 0,903 | 0,884 | 0,862 | 0,852 | 0,770 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,751 | 0,580 |
| 21 | 0,593 | 0,887 | 0,869 | 0,848 | 0,839 | 0,766 | 0,289 | 0,134 | 0,134 | 0,761 | 0,590 |
| 22 | 0,586 | 0,867 | 0,851 | 0,832 | 0,824 | 0,751 | 0,288 | 0,133 | 0,133 | 0,760 | 0,589 |
| 23 | 0,798 | 0,742 | 0,735 | 0,727 | 0,724 | 0,684 | 0,864 | 0,164 | 0,164 | 0,792 | 0,621 |
| 36 | 0,637 | 0,903 | 0,910 | 0,919 | 0,923 | 0,784 | 0,146 | 0,846 | 0,146 | 0,146 | 0,846 |
| 37 | 0,705 | 0,887 | 0,895 | 0,905 | 0,910 | 0,780 | 0,311 | 0,856 | 0,156 | 0,156 | 0,856 |
| 38 | 0,698 | 0,867 | 0,877 | 0,889 | 0,894 | 0,765 | 0,310 | 0,855 | 0,155 | 0,155 | 0,855 |
| 39 | 0,910 | 0,742 | 0,761 | 0,784 | 0,794 | 0,697 | 0,886 | 0,886 | 0,186 | 0,186 | 0,886 |
| 40 | 0,392 | 0,208 | 0,266 | 0,336 | 0,366 | 0,236 | 0,109 | 0,809 | 0,109 | 0,109 | 0,804 |
| 41 | 0,459 | 0,192 | 0,251 | 0,322 | 0,353 | 0,232 | 0,274 | 0,819 | 0,119 | 0,119 | 0,814 |
| 42 | 0,452 | 0,172 | 0,233 | 0,306 | 0,337 | 0,217 | 0,273 | 0,818 | 0,118 | 0,118 | 0,813 |
| 43 | 0,664 | 0,047 | 0,117 | 0,201 | 0,237 | 0,150 | 0,850 | 0,850 | 0,150 | 0,150 | 0,844 |
| 51 | 0,607 | 0,920 | 0,918 | 0,915 | 0,914 | 0,793 | 0,140 | 0,140 | 0,826 | 0,140 | 0,762 |
| 52 | 0,675 | 0,904 | 0,902 | 0,901 | 0,901 | 0,789 | 0,306 | 0,150 | 0,836 | 0,150 | 0,772 |
| 53 | 0,665 | 0,876 | 0,877 | 0,878 | 0,879 | 0,768 | 0,304 | 0,149 | 0,835 | 0,149 | 0,771 |
| 54 | 0,823 | 0,597 | 0,618 | 0,644 | 0,655 | 0,579 | 0,872 | 0,172 | 0,858 | 0,172 | 0,795 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$, $K(h)$ e $k(S_C)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.15 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário III, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com ^{192}Ir .

| Av. lógica | | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S_C)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 17 | 0,298 | 0,847 | 0,781 | 0,703 | 0,669 | 0,703 | 0,079 | 0,079 | 0,079 | 0,557 | 0,080 |
| 18 | 0,342 | 0,830 | 0,765 | 0,688 | 0,655 | 0,695 | 0,193 | 0,085 | 0,085 | 0,564 | 0,086 |
| 19 | 0,382 | 0,811 | 0,748 | 0,673 | 0,640 | 0,686 | 0,298 | 0,091 | 0,091 | 0,570 | 0,092 |
| 24 | 0,512 | 0,862 | 0,846 | 0,826 | 0,818 | 0,740 | 0,122 | 0,122 | 0,762 | 0,122 | 0,579 |
| 25 | 0,556 | 0,844 | 0,829 | 0,811 | 0,804 | 0,732 | 0,237 | 0,129 | 0,769 | 0,129 | 0,586 |
| 26 | 0,596 | 0,826 | 0,812 | 0,796 | 0,789 | 0,723 | 0,341 | 0,135 | 0,775 | 0,135 | 0,592 |
| 27 | 0,782 | 0,695 | 0,692 | 0,688 | 0,686 | 0,648 | 0,863 | 0,163 | 0,803 | 0,163 | 0,620 |
| 44 | 0,535 | 0,638 | 0,664 | 0,695 | 0,709 | 0,574 | 0,130 | 0,830 | 0,130 | 0,130 | 0,811 |
| 45 | 0,590 | 0,651 | 0,676 | 0,706 | 0,718 | 0,590 | 0,246 | 0,839 | 0,139 | 0,139 | 0,819 |
| 46 | 0,592 | 0,522 | 0,557 | 0,599 | 0,617 | 0,494 | 0,345 | 0,839 | 0,139 | 0,139 | 0,819 |
| 47 | 0,651 | 0,943 | 0,948 | 0,953 | 0,955 | 0,816 | 0,148 | 0,848 | 0,148 | 0,148 | 0,848 |
| 48 | 0,696 | 0,926 | 0,931 | 0,938 | 0,941 | 0,808 | 0,262 | 0,854 | 0,154 | 0,154 | 0,854 |
| 49 | 0,736 | 0,907 | 0,915 | 0,923 | 0,927 | 0,799 | 0,367 | 0,860 | 0,160 | 0,160 | 0,860 |
| 50 | 0,776 | 0,889 | 0,898 | 0,908 | 0,913 | 0,790 | 0,471 | 0,866 | 0,166 | 0,166 | 0,866 |
| 51 | 0,627 | 0,983 | 0,975 | 0,965 | 0,961 | 0,844 | 0,144 | 0,144 | 0,843 | 0,144 | 0,761 |
| 52 | 0,672 | 0,965 | 0,958 | 0,951 | 0,947 | 0,836 | 0,258 | 0,151 | 0,849 | 0,151 | 0,768 |
| 53 | 0,709 | 0,938 | 0,934 | 0,929 | 0,926 | 0,821 | 0,363 | 0,156 | 0,855 | 0,156 | 0,774 |
| 54 | 0,838 | 0,647 | 0,666 | 0,687 | 0,697 | 0,619 | 0,876 | 0,176 | 0,874 | 0,176 | 0,793 |
| 63 | 0,258 | 0,202 | 0,231 | 0,267 | 0,282 | 0,216 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,712 | 0,492 |
| 64 | 0,302 | 0,184 | 0,215 | 0,252 | 0,268 | 0,208 | 0,198 | 0,090 | 0,090 | 0,718 | 0,499 |
| 65 | 0,342 | 0,165 | 0,198 | 0,237 | 0,254 | 0,199 | 0,303 | 0,096 | 0,096 | 0,724 | 0,505 |
| 66 | 0,528 | 0,034 | 0,077 | 0,128 | 0,150 | 0,124 | 0,824 | 0,124 | 0,124 | 0,752 | 0,533 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$, $K(h)$ e $k(S_C)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.16 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário IV, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com ¹⁹²Ir.

| Opção | Av. lógica | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | U _T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S _C) |
| | | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T | U _T |
| 9 | 0,641 | 0,983 | 0,979 | 0,973 | 0,971 | 0,846 | 0,146 | 0,846 | 0,146 | 0,146 | 0,793 |
| 10 | 0,741 | 0,969 | 0,966 | 0,962 | 0,960 | 0,843 | 0,384 | 0,861 | 0,161 | 0,161 | 0,808 |
| 11 | 0,780 | 0,952 | 0,950 | 0,947 | 0,946 | 0,839 | 0,485 | 0,867 | 0,167 | 0,167 | 0,814 |
| 12 | 0,915 | 0,827 | 0,834 | 0,843 | 0,847 | 0,762 | 0,887 | 0,887 | 0,187 | 0,187 | 0,834 |
| 17 | 0,281 | 0,802 | 0,741 | 0,669 | 0,637 | 0,665 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,522 | 0,074 |
| 18 | 0,381 | 0,788 | 0,728 | 0,657 | 0,626 | 0,666 | 0,312 | 0,089 | 0,089 | 0,537 | 0,089 |
| 19 | 0,420 | 0,771 | 0,712 | 0,642 | 0,612 | 0,658 | 0,413 | 0,095 | 0,095 | 0,542 | 0,095 |
| 24 | 0,502 | 0,818 | 0,807 | 0,793 | 0,788 | 0,705 | 0,121 | 0,121 | 0,757 | 0,121 | 0,591 |
| 25 | 0,602 | 0,803 | 0,793 | 0,781 | 0,776 | 0,706 | 0,358 | 0,136 | 0,772 | 0,136 | 0,606 |
| 26 | 0,641 | 0,786 | 0,777 | 0,767 | 0,763 | 0,698 | 0,460 | 0,142 | 0,778 | 0,142 | 0,612 |
| 27 | 0,776 | 0,661 | 0,662 | 0,663 | 0,663 | 0,621 | 0,862 | 0,162 | 0,798 | 0,162 | 0,632 |
| 44 | 0,533 | 0,606 | 0,636 | 0,672 | 0,687 | 0,550 | 0,130 | 0,830 | 0,130 | 0,130 | 0,830 |
| 45 | 0,643 | 0,621 | 0,650 | 0,684 | 0,699 | 0,574 | 0,369 | 0,846 | 0,146 | 0,146 | 0,846 |
| 46 | 0,645 | 0,499 | 0,537 | 0,583 | 0,602 | 0,483 | 0,465 | 0,847 | 0,147 | 0,147 | 0,847 |
| 51 | 0,619 | 0,932 | 0,930 | 0,928 | 0,927 | 0,805 | 0,143 | 0,143 | 0,840 | 0,143 | 0,779 |
| 52 | 0,718 | 0,918 | 0,917 | 0,916 | 0,916 | 0,806 | 0,380 | 0,158 | 0,855 | 0,158 | 0,794 |
| 53 | 0,754 | 0,893 | 0,894 | 0,896 | 0,896 | 0,792 | 0,481 | 0,163 | 0,860 | 0,163 | 0,799 |
| 54 | 0,836 | 0,616 | 0,638 | 0,665 | 0,676 | 0,595 | 0,875 | 0,175 | 0,873 | 0,175 | 0,812 |
| 63 | 0,260 | 0,192 | 0,223 | 0,260 | 0,276 | 0,210 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,711 | 0,504 |
| 64 | 0,360 | 0,178 | 0,210 | 0,248 | 0,265 | 0,211 | 0,321 | 0,099 | 0,099 | 0,725 | 0,519 |
| 65 | 0,398 | 0,161 | 0,194 | 0,234 | 0,251 | 0,202 | 0,423 | 0,105 | 0,105 | 0,731 | 0,525 |
| 66 | 0,534 | 0,035 | 0,078 | 0,130 | 0,152 | 0,125 | 0,825 | 0,125 | 0,125 | 0,752 | 0,546 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; K(X), K(a); K(h) e k(S_C) - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.17 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário V, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com ^{192}Ir .

| Av. lógica | | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(S _C) |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 5 | 0,561 | 0,976 | 0,953 | 0,926 | 0,914 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,772 | 0,130 | 0,608 |
| 6 | 0,599 | 0,959 | 0,937 | 0,912 | 0,900 | 0,229 | 0,229 | 0,136 | 0,778 | 0,136 | 0,614 |
| 7 | 0,637 | 0,942 | 0,921 | 0,897 | 0,887 | 0,328 | 0,328 | 0,141 | 0,783 | 0,141 | 0,620 |
| 8 | 0,837 | 0,824 | 0,813 | 0,800 | 0,794 | 0,871 | 0,871 | 0,171 | 0,813 | 0,171 | 0,650 |
| 9 | 0,628 | 0,978 | 0,971 | 0,963 | 0,960 | 0,144 | 0,144 | 0,144 | 0,843 | 0,144 | 0,768 |
| 10 | 0,666 | 0,961 | 0,955 | 0,949 | 0,946 | 0,243 | 0,243 | 0,150 | 0,848 | 0,150 | 0,774 |
| 11 | 0,704 | 0,944 | 0,939 | 0,934 | 0,932 | 0,342 | 0,342 | 0,155 | 0,854 | 0,155 | 0,779 |
| 12 | 0,902 | 0,820 | 0,826 | 0,832 | 0,835 | 0,885 | 0,885 | 0,185 | 0,884 | 0,185 | 0,809 |
| 17 | 0,280 | 0,798 | 0,736 | 0,660 | 0,628 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,498 | 0,072 |
| 17 | 0,318 | 0,781 | 0,719 | 0,646 | 0,614 | 0,171 | 0,171 | 0,078 | 0,078 | 0,504 | 0,078 |
| 19 | 0,355 | 0,763 | 0,703 | 0,631 | 0,601 | 0,270 | 0,270 | 0,084 | 0,084 | 0,510 | 0,084 |
| 44 | 0,523 | 0,604 | 0,633 | 0,667 | 0,682 | 0,128 | 0,128 | 0,828 | 0,128 | 0,128 | 0,809 |
| 45 | 0,571 | 0,615 | 0,643 | 0,677 | 0,691 | 0,229 | 0,229 | 0,836 | 0,136 | 0,136 | 0,816 |
| 46 | 0,572 | 0,494 | 0,532 | 0,576 | 0,596 | 0,322 | 0,322 | 0,836 | 0,136 | 0,136 | 0,816 |
| 47 | 0,633 | 0,891 | 0,900 | 0,910 | 0,914 | 0,145 | 0,145 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,845 |
| 48 | 0,670 | 0,874 | 0,884 | 0,896 | 0,901 | 0,244 | 0,244 | 0,851 | 0,151 | 0,151 | 0,851 |
| 49 | 0,708 | 0,856 | 0,868 | 0,881 | 0,887 | 0,343 | 0,343 | 0,856 | 0,156 | 0,156 | 0,856 |
| 50 | 0,746 | 0,839 | 0,852 | 0,867 | 0,874 | 0,442 | 0,442 | 0,862 | 0,162 | 0,162 | 0,862 |
| 63 | 0,254 | 0,191 | 0,223 | 0,259 | 0,275 | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,083 | 0,709 | 0,492 |
| 64 | 0,292 | 0,174 | 0,207 | 0,245 | 0,262 | 0,182 | 0,182 | 0,089 | 0,089 | 0,714 | 0,497 |
| 65 | 0,330 | 0,157 | 0,191 | 0,231 | 0,248 | 0,281 | 0,281 | 0,094 | 0,094 | 0,720 | 0,503 |
| 66 | 0,528 | 0,033 | 0,077 | 0,129 | 0,151 | 0,824 | 0,824 | 0,124 | 0,124 | 0,750 | 0,533 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_C)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.18 - Valores da função de prioridade total nas avaliações lógica, direta e análise de sensibilidade I do cenário VI, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico, na instalação fechada com teto com ^{192}Ir .

| Av. lógica | | Av. direta | | | | Análise de sensibilidade I | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Opção | U_T | 3000 | 10000 | 20000 | 25000 | $k(X)$ | $k(a)$ | $k(h_1)$ | $k(h_2)$ | $k(h_3)$ | $k(S_C)$ |
| | | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T | U_T |
| 17 | 0,285 | 0,803 | 0,728 | 0,642 | 0,606 | 0,678 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,595 | 0,080 |
| 18 | 0,329 | 0,779 | 0,706 | 0,623 | 0,588 | 0,665 | 0,198 | 0,086 | 0,086 | 0,602 | 0,086 |
| 19 | 0,364 | 0,755 | 0,684 | 0,603 | 0,570 | 0,650 | 0,297 | 0,091 | 0,091 | 0,607 | 0,091 |
| 20 | 0,564 | 0,958 | 0,934 | 0,907 | 0,896 | 0,822 | 0,131 | 0,131 | 0,785 | 0,131 | 0,624 |
| 21 | 0,608 | 0,935 | 0,913 | 0,888 | 0,878 | 0,809 | 0,250 | 0,138 | 0,791 | 0,138 | 0,630 |
| 22 | 0,642 | 0,910 | 0,891 | 0,869 | 0,859 | 0,795 | 0,348 | 0,143 | 0,797 | 0,143 | 0,635 |
| 23 | 0,812 | 0,736 | 0,733 | 0,730 | 0,728 | 0,682 | 0,869 | 0,169 | 0,822 | 0,169 | 0,661 |
| 24 | 0,505 | 0,820 | 0,807 | 0,791 | 0,784 | 0,711 | 0,122 | 0,122 | 0,768 | 0,122 | 0,592 |
| 25 | 0,549 | 0,797 | 0,785 | 0,772 | 0,766 | 0,698 | 0,240 | 0,128 | 0,775 | 0,128 | 0,599 |
| 26 | 0,584 | 0,772 | 0,763 | 0,752 | 0,748 | 0,684 | 0,339 | 0,134 | 0,780 | 0,134 | 0,604 |
| 27 | 0,753 | 0,598 | 0,605 | 0,613 | 0,616 | 0,571 | 0,859 | 0,159 | 0,805 | 0,159 | 0,630 |
| 28 | 0,250 | 0,261 | 0,283 | 0,308 | 0,318 | 0,260 | 0,082 | 0,082 | 0,082 | 0,705 | 0,429 |
| 29 | 0,294 | 0,237 | 0,261 | 0,289 | 0,300 | 0,247 | 0,201 | 0,089 | 0,089 | 0,711 | 0,436 |
| 30 | 0,329 | 0,212 | 0,239 | 0,269 | 0,282 | 0,232 | 0,299 | 0,094 | 0,094 | 0,717 | 0,441 |
| 31 | 0,499 | 0,039 | 0,081 | 0,130 | 0,150 | 0,119 | 0,819 | 0,119 | 0,119 | 0,742 | 0,466 |
| 44 | 0,503 | 0,523 | 0,568 | 0,619 | 0,640 | 0,483 | 0,126 | 0,826 | 0,126 | 0,126 | 0,826 |
| 45 | 0,562 | 0,540 | 0,583 | 0,632 | 0,652 | 0,502 | 0,246 | 0,834 | 0,134 | 0,134 | 0,834 |
| 46 | 0,545 | 0,369 | 0,428 | 0,496 | 0,524 | 0,370 | 0,337 | 0,832 | 0,132 | 0,132 | 0,832 |
| 51 | 0,635 | 0,979 | 0,972 | 0,965 | 0,961 | 0,845 | 0,145 | 0,845 | 0,145 | 0,145 | 0,780 |
| 52 | 0,679 | 0,956 | 0,951 | 0,946 | 0,944 | 0,832 | 0,264 | 0,852 | 0,152 | 0,152 | 0,786 |
| 53 | 0,711 | 0,920 | 0,919 | 0,918 | 0,917 | 0,809 | 0,362 | 0,857 | 0,157 | 0,157 | 0,791 |
| 54 | 0,805 | 0,534 | 0,569 | 0,609 | 0,626 | 0,527 | 0,871 | 0,871 | 0,171 | 0,171 | 0,805 |

3000, 10000, 20000 e 25000 – São os coeficientes monetários do detrimento biológico; U_T – Função de prioridade total; $K(X)$, $K(a)$; $K(h)$ e $k(S_C)$ - Constantes de crescimento dos atributos de proteção.

Tabela 6.19 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário I, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Opção | Função de prioridade total "U _τ " ds opções de proteção | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,777 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,768 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,090 |
| 2 | 0,772 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,759 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 |
| 3 | 0,763 | 0,323 | 0,323 | 0,323 | 0,323 | 0,748 | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,321 |
| 4 | 0,695 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,667 | 0,829 | 0,829 | 0,829 | 0,829 |
| 13 | 0,818 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,865 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 14 | 0,813 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,857 | 0,261 | 0,261 | 0,261 | 0,261 |
| 15 | 0,804 | 0,355 | 0,355 | 0,355 | 0,355 | 0,846 | 0,358 | 0,358 | 0,358 | 0,358 |
| 16 | 0,736 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,764 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,865 |
| 20 | 0,762 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,793 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 |
| 21 | 0,757 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,785 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 |
| 22 | 0,749 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,774 | 0,347 | 0,347 | 0,347 | 0,347 |
| 23 | 0,680 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,692 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 |
| 32 | 0,770 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,818 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 |
| 33 | 0,765 | 0,255 | 0,255 | 0,255 | 0,255 | 0,809 | 0,258 | 0,258 | 0,258 | 0,258 |
| 34 | 0,757 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | 0,798 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 |
| 35 | 0,688 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,717 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 36 | 0,770 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,824 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 |
| 37 | 0,764 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,815 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 |
| 38 | 0,756 | 0,352 | 0,352 | 0,352 | 0,352 | 0,805 | 0,355 | 0,355 | 0,355 | 0,355 |
| 39 | 0,687 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,723 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 |
| 40 | 0,222 | 0,076 | 0,076 | 0,076 | 0,076 | 0,276 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 |
| 41 | 0,217 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,267 | 0,215 | 0,215 | 0,215 | 0,215 |
| 42 | 0,209 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,257 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,311 |
| 43 | 0,140 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,175 | 0,819 | 0,819 | 0,819 | 0,819 |
| 51 | 0,781 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,827 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 |
| 52 | 0,776 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,819 | 0,258 | 0,258 | 0,258 | 0,258 |
| 53 | 0,762 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | 0,802 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 |
| 54 | 0,571 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,599 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 |
| 55 | 0,728 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,771 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,117 |
| 56 | 0,722 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,762 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 |
| 57 | 0,714 | 0,346 | 0,346 | 0,346 | 0,346 | 0,752 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,349 |
| 58 | 0,645 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,670 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |
| 59 | 0,689 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,744 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,117 |
| 60 | 0,684 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,736 | 0,253 | 0,253 | 0,253 | 0,253 |
| 61 | 0,676 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,725 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,349 |
| 62 | 0,607 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,643 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |

Tabela 6.19 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário I, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir - Continuação.

| Função de prioridade total "U _T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | 20000 | | | | | 25000 | | | | |
| 1 | 0,755 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,749 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 |
| 2 | 0,742 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,733 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 3 | 0,727 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,717 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,317 |
| 4 | 0,628 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,609 | 0,825 | 0,825 | 0,825 | 0,825 |
| 13 | 0,932 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,966 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 |
| 14 | 0,919 | 0,265 | 0,265 | 0,265 | 0,265 | 0,951 | 0,266 | 0,266 | 0,266 | 0,266 |
| 15 | 0,905 | 0,361 | 0,361 | 0,361 | 0,361 | 0,935 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,362 |
| 16 | 0,806 | 0,869 | 0,869 | 0,869 | 0,869 | 0,826 | 0,870 | 0,870 | 0,870 | 0,870 |
| 20 | 0,837 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,859 | 0,118 | 0,118 | 0,118 | 0,118 |
| 21 | 0,824 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,843 | 0,253 | 0,253 | 0,253 | 0,253 |
| 22 | 0,810 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,828 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,349 |
| 23 | 0,710 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,719 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,857 |
| 32 | 0,885 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,919 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 33 | 0,872 | 0,261 | 0,261 | 0,261 | 0,261 | 0,903 | 0,262 | 0,262 | 0,262 | 0,262 |
| 34 | 0,858 | 0,357 | 0,357 | 0,357 | 0,357 | 0,887 | 0,359 | 0,359 | 0,359 | 0,359 |
| 35 | 0,758 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,779 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | 0,867 |
| 36 | 0,901 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,939 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 |
| 37 | 0,888 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,924 | 0,265 | 0,265 | 0,265 | 0,265 |
| 38 | 0,874 | 0,359 | 0,359 | 0,359 | 0,359 | 0,908 | 0,361 | 0,361 | 0,361 | 0,361 |
| 39 | 0,774 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | 0,800 | 0,869 | 0,869 | 0,869 | 0,869 |
| 40 | 0,352 | 0,085 | 0,085 | 0,085 | 0,085 | 0,390 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 |
| 41 | 0,339 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,375 | 0,223 | 0,223 | 0,223 | 0,223 |
| 42 | 0,325 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,359 | 0,319 | 0,319 | 0,319 | 0,319 |
| 43 | 0,225 | 0,824 | 0,824 | 0,824 | 0,824 | 0,251 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,827 |
| 51 | 0,894 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,927 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 52 | 0,881 | 0,261 | 0,261 | 0,261 | 0,261 | 0,911 | 0,263 | 0,263 | 0,263 | 0,263 |
| 53 | 0,860 | 0,357 | 0,357 | 0,357 | 0,357 | 0,889 | 0,359 | 0,359 | 0,359 | 0,359 |
| 54 | 0,639 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,659 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,857 |
| 55 | 0,833 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,864 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 |
| 56 | 0,820 | 0,255 | 0,255 | 0,255 | 0,255 | 0,848 | 0,257 | 0,257 | 0,257 | 0,257 |
| 57 | 0,806 | 0,352 | 0,352 | 0,352 | 0,352 | 0,832 | 0,353 | 0,353 | 0,353 | 0,353 |
| 58 | 0,706 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,724 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 59 | 0,822 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,862 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 |
| 60 | 0,809 | 0,257 | 0,257 | 0,257 | 0,257 | 0,846 | 0,259 | 0,259 | 0,259 | 0,259 |
| 61 | 0,795 | 0,353 | 0,353 | 0,353 | 0,353 | 0,830 | 0,355 | 0,355 | 0,355 | 0,355 |
| 62 | 0,696 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,722 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 |

Tabela 6.20 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário II, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total " U_T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 1 | 0,777 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,770 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,090 |
| 2 | 0,775 | 0,258 | 0,258 | 0,258 | 0,258 | 0,763 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 |
| 3 | 0,759 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,256 | 0,748 | 0,255 | 0,255 | 0,255 | 0,255 |
| 4 | 0,696 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,831 | 0,673 | 0,829 | 0,829 | 0,829 | 0,829 |
| 13 | 0,815 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,857 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 14 | 0,813 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,850 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 |
| 15 | 0,797 | 0,288 | 0,288 | 0,288 | 0,288 | 0,835 | 0,290 | 0,290 | 0,290 | 0,290 |
| 16 | 0,734 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,760 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,865 |
| 20 | 0,761 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,788 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 |
| 21 | 0,758 | 0,280 | 0,280 | 0,280 | 0,280 | 0,781 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,281 |
| 22 | 0,743 | 0,278 | 0,278 | 0,278 | 0,278 | 0,766 | 0,279 | 0,279 | 0,279 | 0,279 |
| 23 | 0,680 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,691 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 |
| 36 | 0,767 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,814 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 |
| 37 | 0,764 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,808 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 |
| 38 | 0,749 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,793 | 0,288 | 0,288 | 0,288 | 0,288 |
| 39 | 0,686 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,717 | 0,862 | 0,862 | 0,862 | 0,862 |
| 40 | 0,219 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,266 | 0,079 | 0,079 | 0,079 | 0,079 |
| 41 | 0,217 | 0,241 | 0,241 | 0,241 | 0,241 | 0,260 | 0,244 | 0,244 | 0,244 | 0,244 |
| 42 | 0,201 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,245 | 0,243 | 0,243 | 0,243 | 0,243 |
| 43 | 0,138 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,814 | 0,169 | 0,818 | 0,818 | 0,818 | 0,818 |
| 51 | 0,779 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,819 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 |
| 52 | 0,776 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,813 | 0,288 | 0,288 | 0,288 | 0,288 |
| 53 | 0,754 | 0,284 | 0,284 | 0,284 | 0,284 | 0,792 | 0,286 | 0,286 | 0,286 | 0,286 |
| 54 | 0,570 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,595 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,851 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 1 | 0,759 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,753 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,087 |
| 2 | 0,747 | 0,253 | 0,253 | 0,253 | 0,253 | 0,739 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 |
| 3 | 0,732 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,724 | 0,251 | 0,251 | 0,251 | 0,251 |
| 4 | 0,639 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,827 | 0,622 | 0,826 | 0,826 | 0,826 | 0,826 |
| 13 | 0,916 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,945 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 |
| 14 | 0,905 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,932 | 0,296 | 0,296 | 0,296 | 0,296 |
| 15 | 0,889 | 0,293 | 0,293 | 0,293 | 0,293 | 0,916 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 |
| 16 | 0,796 | 0,868 | 0,868 | 0,868 | 0,868 | 0,815 | 0,869 | 0,869 | 0,869 | 0,869 |
| 20 | 0,826 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,846 | 0,117 | 0,117 | 0,117 | 0,117 |
| 21 | 0,815 | 0,282 | 0,282 | 0,282 | 0,282 | 0,832 | 0,283 | 0,283 | 0,283 | 0,283 |
| 22 | 0,800 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,817 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,281 |
| 23 | 0,707 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,715 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,857 |
| 36 | 0,882 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,915 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,129 |
| 37 | 0,870 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,902 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 |
| 38 | 0,855 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,886 | 0,293 | 0,293 | 0,293 | 0,293 |
| 39 | 0,762 | 0,866 | 0,866 | 0,866 | 0,866 | 0,785 | 0,868 | 0,868 | 0,868 | 0,868 |
| 40 | 0,333 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,367 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 |
| 41 | 0,322 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,249 | 0,353 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 |
| 42 | 0,307 | 0,248 | 0,248 | 0,248 | 0,248 | 0,338 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 |
| 43 | 0,214 | 0,823 | 0,823 | 0,823 | 0,823 | 0,236 | 0,825 | 0,825 | 0,825 | 0,825 |
| 51 | 0,877 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,906 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 |
| 52 | 0,866 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,893 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,292 |
| 53 | 0,845 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,871 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 |
| 54 | 0,630 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,648 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |

Tabela 6.21 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário III, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | 3000 | | | | | 10000 | | | | |
| 17 | 0,707 | 0,097 | 0,097 | 0,097 | 0,097 | 0,695 | 0,095 | 0,095 | 0,095 | 0,095 |
| 18 | 0,699 | 0,212 | 0,212 | 0,212 | 0,212 | 0,685 | 0,210 | 0,210 | 0,210 | 0,210 |
| 19 | 0,691 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,675 | 0,314 | 0,314 | 0,314 | 0,314 |
| 24 | 0,731 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,759 | 0,114 | 0,114 | 0,114 | 0,114 |
| 25 | 0,724 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,750 | 0,228 | 0,228 | 0,228 | 0,228 |
| 26 | 0,716 | 0,331 | 0,331 | 0,331 | 0,331 | 0,739 | 0,332 | 0,332 | 0,332 | 0,332 |
| 27 | 0,644 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,656 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 |
| 44 | 0,559 | 0,103 | 0,103 | 0,103 | 0,103 | 0,607 | 0,107 | 0,107 | 0,107 | 0,107 |
| 45 | 0,576 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,622 | 0,223 | 0,223 | 0,223 | 0,223 |
| 46 | 0,481 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,524 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| 47 | 0,800 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,850 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 |
| 48 | 0,793 | 0,237 | 0,237 | 0,237 | 0,237 | 0,840 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 |
| 49 | 0,785 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,830 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,345 |
| 50 | 0,777 | 0,446 | 0,446 | 0,446 | 0,446 | 0,820 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 |
| 51 | 0,831 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,873 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 52 | 0,823 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,863 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,242 |
| 53 | 0,809 | 0,344 | 0,344 | 0,344 | 0,344 | 0,846 | 0,346 | 0,346 | 0,346 | 0,346 |
| 54 | 0,611 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,636 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |
| 63 | 0,209 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,069 | 0,233 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| 64 | 0,202 | 0,183 | 0,183 | 0,183 | 0,183 | 0,223 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 |
| 65 | 0,193 | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,213 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 |
| 66 | 0,122 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,129 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 17 | 0,679 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,093 | 0,671 | 0,091 | 0,091 | 0,091 | 0,091 |
| 18 | 0,666 | 0,207 | 0,207 | 0,207 | 0,207 | 0,656 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 |
| 19 | 0,652 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,640 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 |
| 24 | 0,800 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,820 | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,116 |
| 25 | 0,787 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,805 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 |
| 26 | 0,773 | 0,334 | 0,334 | 0,334 | 0,334 | 0,790 | 0,335 | 0,335 | 0,335 | 0,335 |
| 27 | 0,672 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,681 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,855 |
| 44 | 0,677 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,711 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 45 | 0,687 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,720 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,229 |
| 46 | 0,586 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | 0,617 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| 47 | 0,922 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,958 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 |
| 48 | 0,909 | 0,244 | 0,244 | 0,244 | 0,244 | 0,943 | 0,246 | 0,246 | 0,246 | 0,246 |
| 49 | 0,895 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,927 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 |
| 50 | 0,881 | 0,453 | 0,453 | 0,453 | 0,453 | 0,912 | 0,455 | 0,455 | 0,455 | 0,455 |
| 51 | 0,934 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,964 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 |
| 52 | 0,920 | 0,245 | 0,245 | 0,245 | 0,245 | 0,949 | 0,246 | 0,246 | 0,246 | 0,246 |
| 53 | 0,900 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,349 | 0,927 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 |
| 54 | 0,673 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,691 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 63 | 0,267 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,284 | 0,074 | 0,074 | 0,074 | 0,074 |
| 64 | 0,254 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,187 | 0,269 | 0,188 | 0,188 | 0,188 | 0,188 |
| 65 | 0,240 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,254 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,292 |
| 66 | 0,139 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,145 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 |

Tabela 6.22 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário IV, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | | |
| | 3000 | | | | | 10000 | | | | | | |
| 9 | 0,833 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,875 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | | |
| 10 | 0,832 | 0,363 | 0,363 | 0,363 | 0,363 | 0,873 | 0,366 | 0,366 | 0,366 | 0,366 | | |
| 11 | 0,827 | 0,464 | 0,464 | 0,464 | 0,464 | 0,863 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | | |
| 12 | 0,752 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,865 | 0,780 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | | |
| 17 | 0,669 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,658 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | | |
| 18 | 0,671 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,656 | 0,327 | 0,327 | 0,327 | 0,327 | | |
| 19 | 0,664 | 0,430 | 0,430 | 0,430 | 0,430 | 0,646 | 0,428 | 0,428 | 0,428 | 0,428 | | |
| 24 | 0,696 | 0,110 | 0,110 | 0,110 | 0,110 | 0,725 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | | |
| 25 | 0,698 | 0,347 | 0,347 | 0,347 | 0,347 | 0,722 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | | |
| 26 | 0,691 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,448 | 0,712 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | 0,449 | | |
| 27 | 0,616 | 0,848 | 0,848 | 0,848 | 0,848 | 0,629 | 0,850 | 0,850 | 0,850 | 0,850 | | |
| 44 | 0,534 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | 0,583 | 0,105 | 0,105 | 0,105 | 0,105 | | |
| 45 | 0,559 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,603 | 0,344 | 0,344 | 0,344 | 0,344 | | |
| 46 | 0,469 | 0,435 | 0,435 | 0,435 | 0,435 | 0,511 | 0,438 | 0,438 | 0,438 | 0,438 | | |
| 51 | 0,791 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,834 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | | |
| 52 | 0,794 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,360 | 0,831 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | 0,362 | | |
| 53 | 0,780 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,460 | 0,816 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | 0,463 | | |
| 54 | 0,586 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,613 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | | |
| 63 | 0,201 | 0,068 | 0,068 | 0,068 | 0,068 | 0,226 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | | |
| 64 | 0,204 | 0,305 | 0,305 | 0,305 | 0,305 | 0,223 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | | |
| 65 | 0,197 | 0,406 | 0,406 | 0,406 | 0,406 | 0,214 | 0,408 | 0,408 | 0,408 | 0,408 | | |
| 66 | 0,122 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,130 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | | |
| | | 20000 | | | | | | 25000 | | | | |
| 9 | 0,938 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,131 | 0,969 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | | |
| 10 | 0,928 | 0,369 | 0,369 | 0,369 | 0,369 | 0,956 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | 0,370 | | |
| 11 | 0,915 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,470 | 0,941 | 0,471 | 0,471 | 0,471 | 0,471 | | |
| 12 | 0,819 | 0,871 | 0,871 | 0,871 | 0,871 | 0,839 | 0,872 | 0,872 | 0,872 | 0,872 | | |
| 17 | 0,643 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,087 | 0,636 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | 0,086 | | |
| 18 | 0,634 | 0,325 | 0,325 | 0,325 | 0,325 | 0,622 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | | |
| 19 | 0,621 | 0,426 | 0,426 | 0,426 | 0,426 | 0,608 | 0,425 | 0,425 | 0,425 | 0,425 | | |
| 24 | 0,766 | 0,112 | 0,112 | 0,112 | 0,112 | 0,787 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | | |
| 25 | 0,756 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,773 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | 0,351 | | |
| 26 | 0,743 | 0,451 | 0,451 | 0,451 | 0,451 | 0,759 | 0,452 | 0,452 | 0,452 | 0,452 | | |
| 27 | 0,647 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,656 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | 0,853 | | |
| 44 | 0,652 | 0,109 | 0,109 | 0,109 | 0,109 | 0,687 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | | |
| 45 | 0,665 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,696 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | | |
| 46 | 0,570 | 0,443 | 0,443 | 0,443 | 0,443 | 0,600 | 0,445 | 0,445 | 0,445 | 0,445 | | |
| 51 | 0,895 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,926 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | | |
| 52 | 0,885 | 0,365 | 0,365 | 0,365 | 0,365 | 0,912 | 0,367 | 0,367 | 0,367 | 0,367 | | |
| 53 | 0,866 | 0,466 | 0,466 | 0,466 | 0,466 | 0,892 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | 0,467 | | |
| 54 | 0,651 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,670 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | | |
| 63 | 0,261 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,278 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | | |
| 64 | 0,251 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,265 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | 0,311 | | |
| 65 | 0,238 | 0,411 | 0,411 | 0,411 | 0,411 | 0,250 | 0,412 | 0,412 | 0,412 | 0,412 | | |
| 66 | 0,142 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,148 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | | |

Tabela 6.23 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do detrimento biológico do cenário V, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | 3000 | | | k(X) | k(a) | 10000 | | |
| | | | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | | | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| 5 | 0,821 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,851 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,121 |
| 6 | 0,813 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,842 | 0,220 | 0,220 | 0,220 | 0,220 |
| 7 | 0,806 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,318 | 0,832 | 0,319 | 0,319 | 0,319 | 0,319 |
| 8 | 0,746 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,860 | 0,760 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 9 | 0,826 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,870 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 10 | 0,819 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,860 | 0,226 | 0,226 | 0,226 | 0,226 |
| 11 | 0,811 | 0,323 | 0,323 | 0,323 | 0,323 | 0,850 | 0,325 | 0,325 | 0,325 | 0,325 |
| 12 | 0,748 | 0,864 | 0,864 | 0,864 | 0,864 | 0,774 | 0,867 | 0,867 | 0,867 | 0,867 |
| 17 | 0,663 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,090 | 0,652 | 0,088 | 0,088 | 0,088 | 0,088 |
| 17 | 0,655 | 0,188 | 0,188 | 0,188 | 0,188 | 0,643 | 0,186 | 0,186 | 0,186 | 0,186 |
| 19 | 0,648 | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,633 | 0,285 | 0,285 | 0,285 | 0,285 |
| 44 | 0,531 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | 0,101 | 0,580 | 0,104 | 0,104 | 0,104 | 0,104 |
| 45 | 0,546 | 0,202 | 0,202 | 0,202 | 0,202 | 0,593 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 |
| 46 | 0,457 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,294 | 0,501 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 |
| 47 | 0,758 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,809 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 |
| 48 | 0,750 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,219 | 0,799 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 |
| 49 | 0,743 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,317 | 0,789 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| 50 | 0,735 | 0,416 | 0,416 | 0,416 | 0,416 | 0,780 | 0,419 | 0,419 | 0,419 | 0,419 |
| 63 | 0,200 | 0,068 | 0,068 | 0,068 | 0,068 | 0,225 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| 64 | 0,193 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,215 | 0,168 | 0,168 | 0,168 | 0,168 |
| 65 | 0,185 | 0,265 | 0,265 | 0,265 | 0,265 | 0,205 | 0,267 | 0,267 | 0,267 | 0,267 |
| 66 | 0,122 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,807 | 0,129 | 0,809 | 0,809 | 0,809 | 0,809 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 5 | 0,896 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,123 | 0,918 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 |
| 6 | 0,883 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,903 | 0,222 | 0,222 | 0,222 | 0,222 |
| 7 | 0,870 | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,888 | 0,321 | 0,321 | 0,321 | 0,321 |
| 8 | 0,780 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,863 | 0,790 | 0,864 | 0,864 | 0,864 | 0,864 |
| 9 | 0,932 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,963 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 |
| 10 | 0,919 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,949 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 11 | 0,906 | 0,328 | 0,328 | 0,328 | 0,328 | 0,934 | 0,330 | 0,330 | 0,330 | 0,330 |
| 12 | 0,812 | 0,870 | 0,870 | 0,870 | 0,870 | 0,831 | 0,872 | 0,872 | 0,872 | 0,872 |
| 17 | 0,638 | 0,085 | 0,085 | 0,085 | 0,085 | 0,630 | 0,084 | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| 17 | 0,625 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,184 | 0,616 | 0,183 | 0,183 | 0,183 | 0,183 |
| 19 | 0,612 | 0,283 | 0,283 | 0,283 | 0,283 | 0,601 | 0,281 | 0,281 | 0,281 | 0,281 |
| 44 | 0,650 | 0,109 | 0,109 | 0,109 | 0,109 | 0,685 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 |
| 45 | 0,660 | 0,209 | 0,209 | 0,209 | 0,209 | 0,693 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 |
| 46 | 0,565 | 0,302 | 0,302 | 0,302 | 0,302 | 0,597 | 0,304 | 0,304 | 0,304 | 0,304 |
| 47 | 0,882 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,127 | 0,918 | 0,128 | 0,128 | 0,128 | 0,128 |
| 48 | 0,869 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,903 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,227 |
| 49 | 0,856 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | 0,324 | 0,889 | 0,326 | 0,326 | 0,326 | 0,326 |
| 50 | 0,843 | 0,423 | 0,423 | 0,423 | 0,423 | 0,874 | 0,425 | 0,425 | 0,425 | 0,425 |
| 63 | 0,260 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,277 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,073 |
| 64 | 0,247 | 0,171 | 0,171 | 0,171 | 0,171 | 0,263 | 0,172 | 0,172 | 0,172 | 0,172 |
| 65 | 0,234 | 0,270 | 0,270 | 0,270 | 0,270 | 0,248 | 0,271 | 0,271 | 0,271 | 0,271 |
| 66 | 0,140 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,145 | 0,813 | 0,813 | 0,813 | 0,813 |

Tabela 6.24 – Valores da função de prioridade total na análise de sensibilidade II, para diferentes opções de proteção e coeficientes monetários do dano biológico do cenário VI, na instalação fechada com teto para ^{192}Ir .

| Função de prioridade total "U _T " ds opções de proteção | | | | | | | | | | |
|--|--|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Opção | Constante de crescimento dos atributos de proteção | | | | | | | | | |
| | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) | k(X) | k(a) | k(h ₁) | k(h ₂) | k(h ₃) |
| | | | 3000 | | | | | 10000 | | |
| 17 | 0,681 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,666 | 0,096 | 0,096 | 0,096 | 0,096 |
| 18 | 0,668 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,650 | 0,214 | 0,214 | 0,214 | 0,214 |
| 19 | 0,654 | 0,315 | 0,315 | 0,315 | 0,315 | 0,633 | 0,312 | 0,312 | 0,312 | 0,312 |
| 20 | 0,815 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,121 | 0,854 | 0,122 | 0,122 | 0,122 | 0,122 |
| 21 | 0,803 | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,239 | 0,838 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 |
| 22 | 0,789 | 0,337 | 0,337 | 0,337 | 0,337 | 0,821 | 0,339 | 0,339 | 0,339 | 0,339 |
| 23 | 0,678 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,855 | 0,696 | 0,857 | 0,857 | 0,857 | 0,857 |
| 24 | 0,705 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,111 | 0,741 | 0,113 | 0,113 | 0,113 | 0,113 |
| 25 | 0,692 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,725 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| 26 | 0,678 | 0,328 | 0,328 | 0,328 | 0,328 | 0,709 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 |
| 27 | 0,568 | 0,845 | 0,845 | 0,845 | 0,845 | 0,584 | 0,847 | 0,847 | 0,847 | 0,847 |
| 28 | 0,256 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,072 | 0,278 | 0,073 | 0,073 | 0,073 | 0,073 |
| 29 | 0,243 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,263 | 0,192 | 0,192 | 0,192 | 0,192 |
| 30 | 0,229 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,246 | 0,290 | 0,290 | 0,290 | 0,290 |
| 31 | 0,119 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,806 | 0,121 | 0,808 | 0,808 | 0,808 | 0,808 |
| 44 | 0,472 | 0,096 | 0,096 | 0,096 | 0,096 | 0,533 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| 45 | 0,491 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,217 | 0,550 | 0,221 | 0,221 | 0,221 | 0,221 |
| 46 | 0,360 | 0,306 | 0,306 | 0,306 | 0,306 | 0,416 | 0,310 | 0,310 | 0,310 | 0,310 |
| 51 | 0,836 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,126 | 0,890 | 0,129 | 0,129 | 0,129 | 0,129 |
| 52 | 0,823 | 0,244 | 0,244 | 0,244 | 0,244 | 0,874 | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,247 |
| 53 | 0,801 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,849 | 0,345 | 0,345 | 0,345 | 0,345 |
| 54 | 0,521 | 0,846 | 0,846 | 0,846 | 0,846 | 0,554 | 0,849 | 0,849 | 0,849 | 0,849 |
| | | | 20000 | | | | | 25000 | | |
| 17 | 0,644 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,092 | 0,633 | 0,091 | 0,091 | 0,091 | 0,091 |
| 18 | 0,623 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,211 | 0,610 | 0,209 | 0,209 | 0,209 | 0,209 |
| 19 | 0,603 | 0,309 | 0,309 | 0,309 | 0,309 | 0,587 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 |
| 20 | 0,909 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,124 | 0,937 | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,125 |
| 21 | 0,889 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,242 | 0,914 | 0,243 | 0,243 | 0,243 | 0,243 |
| 22 | 0,868 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,341 | 0,891 | 0,342 | 0,342 | 0,342 | 0,342 |
| 23 | 0,722 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,859 | 0,735 | 0,861 | 0,861 | 0,861 | 0,861 |
| 24 | 0,793 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,819 | 0,115 | 0,115 | 0,115 | 0,115 |
| 25 | 0,773 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,233 | 0,796 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |
| 26 | 0,752 | 0,331 | 0,331 | 0,331 | 0,331 | 0,774 | 0,332 | 0,332 | 0,332 | 0,332 |
| 27 | 0,606 | 0,850 | 0,850 | 0,850 | 0,850 | 0,617 | 0,851 | 0,851 | 0,851 | 0,851 |
| 28 | 0,311 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,075 | 0,327 | 0,076 | 0,076 | 0,076 | 0,076 |
| 29 | 0,290 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,194 | 0,304 | 0,195 | 0,195 | 0,195 | 0,195 |
| 30 | 0,269 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,292 | 0,281 | 0,293 | 0,293 | 0,293 | 0,293 |
| 31 | 0,124 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,811 | 0,125 | 0,812 | 0,812 | 0,812 | 0,812 |
| 44 | 0,622 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,666 | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,108 |
| 45 | 0,633 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,227 | 0,675 | 0,229 | 0,229 | 0,229 | 0,229 |
| 46 | 0,496 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,316 | 0,536 | 0,319 | 0,319 | 0,319 | 0,319 |
| 51 | 0,967 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 0,132 | 1,000 | 0,134 | 0,134 | 0,134 | 0,134 |
| 52 | 0,947 | 0,251 | 0,251 | 0,251 | 0,251 | 0,983 | 0,252 | 0,252 | 0,252 | 0,252 |
| 53 | 0,917 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,348 | 0,952 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 |
| 54 | 0,602 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,854 | 0,626 | 0,856 | 0,856 | 0,856 | 0,856 |

Tabela 6.25 - Número de vezes que as opções de proteção apareceram como solução analítica ótima nos diferentes tipos de avaliação, em cada cenários de irradiação, na instalação fechada com teto, para ^{192}Ir .

| Opção | Cenário I | | | | Cenário II | | | | Cenário III | | | |
|-------|------------|------------|----------------|-----------------|------------|------------|----------------|-----------------|-------------|------------|----------------|-----------------|
| | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} | Av. direta | Av. lógica | S _I | S _{II} |
| 13 | 4 | | 1 | 4 | 4 | | 1 | 4 | | | | |
| 16 | | | 1 | 16 | | | 1 | 16 | | | | |
| 23 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 39 | | 1 | 2 | | | 1 | 3 | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | 2 | |
| 51 | | | | | | | | | 4 | | 1 | 4 |
| 54 | | | | | | | | | | 1 | 2 | 16 |
| 62 | | | 1 | | | | | | | | | |
| 66 | | | | | | | | | | | 1 | |
| | Cenário IV | | | | Cenário V | | | | Cenário VI | | | |
| 9 | 4 | | 1 | 4 | 4 | | | 4 | | | | |
| 12 | | 1 | 3 | 16 | | 1 | 3 | 16 | | | | |
| 23 | | | | | | | | | 1 | 1 | 16 | |
| 31 | | | | | | | | | | 1 | | |
| 45 | | | | | | | | | | 1 | | |
| 50 | | | | | | | 2 | | | | | |
| 51 | | | | | | | | | 4 | 1 | 4 | |
| 54 | | | 1 | | | | | | | 2 | | |
| 66 | | | 1 | | | | 1 | | | | | |

Tabela 6.26 - Resultados do desempenho das opções de proteção consideradas como SAO, nos cenários de irradiação na instalação fechada com teto, para ^{192}Ir .

| Opção | Cenário I | Cenário II | Cenário III | Cenário IV | Cenário V | Cenário VI | NT/C | NCT | NTA | NTC | %F1 |
|-------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|------------|------|-----|-----|-----|-----|
| 9 | | | | X | X | | 31 | 2 | 17 | 62 | 27 |
| 12 | | | | X | X | | 31 | 2 | 40 | 62 | 65 |
| 13 | X | X | | | | | 31 | 2 | 18 | 62 | 29 |
| 16 | X | X | | | | | 31 | 2 | 34 | 62 | 55 |
| 23 | X | X | | | | X | 31 | 3 | 3 | 93 | 3 |
| 31 | | | | | | X | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 39 | X | X | | | | | 31 | 2 | 7 | 62 | 11 |
| 45 | | | | | | X | 31 | 4 | 1 | 124 | 1 |
| 50 | | | X | | | | 31 | 2 | 4 | 62 | 6 |
| 51 | | | X | | | X | 31 | 5 | 18 | 155 | 12 |
| 54 | | | X | X | | X | 31 | 5 | 22 | 155 | 14 |
| 62 | X | | | | | | 31 | 1 | 1 | 31 | 3 |
| 66 | | | X | X | X | | 31 | 3 | 3 | 93 | 3 |

NT/C - Número de testes por cenário de irradiação - Avaliação lógica (1 teste), Avaliação direta (4 testes), Análise de sensibilidade I (6 testes), Análise de sensibilidade II (20 testes); NCT - Número de cenários em que a opção foi testada; NTA - Número de vezes que a opção apareceu como solução analítica ótima; NTC - Número de teste em que a opção de proteção foi submetida nos cenários de irradiação; %F1 - Frequência relativa de aparição da opção de proteção como solução analítica ótima (%F1=100xNTA/NTC).

Tabela 6.27 – Valores dos atributos das opções de proteção que apresentaram os melhores desempenho na instalação fechada com teto, por intervalo de dose equivalente individual anual, para ^{192}Ir .

| dh | Opção | X_p | X_p+X_y | $X_p+X_a+X_y$ | $a(\text{m}^2)$ | $h(\text{Sv})$ | S_c |
|------------------------------|-------|-------------|-----------|---------------|-----------------|----------------|--------------|
| h < 5 mSv | 12 | 1005 | 1029 | 1041 | 24 | 0,0048 | 0,008 |
| | 39 | 1228 | 1246 | 1260 | 28 | 0,0025 | 0,006 |
| | 45 | 1722 | 1737 | 1764 | 54 | 0,0020 | 0,005 |
| | 50 | 1294 | 1306 | 1333 | 53 | 0,0010 | 0,004 |
| | 51 | 630 | 654 | 687 | 65 | 0,0049 | 0,008 |
| | 54 | 1164 | 1188 | 1202 | 28 | 0,0049 | 0,008 |
| | 62 | 1609 | 1633 | 1647 | 28 | 0,0049 | 0,008 |
| 5 mSv \leq h \leq 15 mSv | 9 | 471 | 495 | 529 | 68 | 0,0052 | 0,008 |
| | 12 | 1005 | 1029 | 1044 | 30 | 0,0052 | 0,008 |
| | 13 | 489 | 516 | 549 | 66 | 0,0060 | 0,009 |
| | 16 | 1023 | 1050 | 1064 | 28 | 0,0060 | 0,009 |
| | 51 | 630 | 660 | 698 | 76 | 0,0070 | 0,010 |
| | 54 | 1164 | 1194 | 1208 | 28 | 0,0070 | 0,010 |
| h > 15 mSv | 23 | 1191 | 1259 | 1273 | 28 | 0,0170 | 0,020 |
| | 31 | 2737 | 2803 | 2817 | 28 | 0,0190 | 0,022 |
| | 66 | 3453 | 3513 | 3528 | 30 | 0,0170 | 0,020 |

p - Custo da barreira de proteção (dólar/ano); X_y - Custo do detrimento biológico (dólar/Siervert-pessoa); X_a - Custo anual da área de isolamento (dólar/ano); h - Dose equivalente individual anual (Sv); S_c - Dose coletiva (Sv-pessoa); a - Área de isolamento (m^2).

Tabela 6.28 – Valores das freqüências e preferências relativas das opções de proteção otimizadas, na instalação fechada com teto, para ^{192}Ir .

| dh | Opção | %F1 | %P(X_p) | %P(X_p+X_y) | %P($X_p+X_a+X_y$) | %P(h) | %P(S_c) | %P(a) | E_1 | E_2 | E_3 |
|----------------------------|-------|-----|-------------|-----------------|---------------------|-------|-------------|-----------|-------|-------|------------|
| h < 5 mSv | 12 | 65 | 82 | 82 | 83 | 79 | 78 | 100 | 404 | 404 | 405 |
| | 39 | 11 | 75 | 75 | 76 | 92 | 89 | 92,308 | 358 | 359 | 359 |
| | 45 | 1 | 58 | 59 | 59 | 94 | 94 | 42 | 290 | 291 | 291 |
| | 50 | 6 | 72 | 73 | 73 | 100 | 100 | 44 | 323 | 323 | 323 |
| | 51 | 12 | 95 | 95 | 95 | 78 | 78 | 21 | 284 | 284 | 284 |
| | 54 | 14 | 77 | 77 | 78 | 78 | 78 | 92 | 339 | 339 | 340 |
| | 62 | 14 | 62 | 62 | 63 | 78 | 78 | 92 | 324 | 325 | 325 |
| mSv \leq h \leq 15 mSv | 9 | 27 | 100 | 100 | 100 | 77 | 78 | 15 | 297 | 297 | 297 |
| | 12 | 65 | 82 | 82 | 83 | 77 | 78 | 88 | 390 | 390 | 391 |
| | 13 | 29 | 99 | 99 | 99 | 72 | 72 | 19 | 292 | 292 | 292 |
| | 16 | 55 | 82 | 82 | 82 | 72 | 72 | 92 | 373 | 373 | 374 |
| | 51 | 12 | 95 | 95 | 94 | 67 | 67 | 0 | 240 | 240 | 240 |
| | 54 | 14 | 77 | 77 | 77 | 67 | 67 | 92 | 316 | 316 | 317 |
| h > 15 mSv | 23 | 3 | 76 | 75 | 75 | 11 | 11 | 92 | 194 | 193 | 193 |
| | 31 | 3 | 24 | 24 | 24 | 0 | 0 | 92 | 120 | 119 | 119 |
| | 66 | 3 | 0 | 0 | 0 | 11 | 11 | 88 | 114 | 114 | 114 |

%F₁ - Freqüência relativa de aparição da opção de proteção como SAO; %P(X_p), %P(X_p+X_y), %P(h) e %P(S_c) - Preferência relativa pela opção de proteção; E_1 , E_2 e E_3 - Escore (Soma dos valores da freqüência de aparição como SAO e preferências relativas dos atributos de proteção. $E_1 = \%F_1 + \%P(X_p) + \%P(h) + \%P(S_c) + \%P(a)$; $E_2 = \%F_1 + \%P(X_p+X_y) + \%P(h) + \%P(S_c) + \%P(a)$; $E_3 = \%F_1 + \%P(X_p+X_y+X_a) + \%P(h) + \%P(S_c) + \%P(a)$).

APÊNDICE 7

MEMÓRIA DE CÁLCULO

Tabela 7.1 – Custos das laminas de aço e chumbo utilizadas nas barreiras de proteção na instalação aberta fixa.

| Lâmina de aço | | | | Custo do aço | | Lâmina | Suporte | Manutenção | Custo/Placa |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|--------------|---------|----------|----------|------------|-------------|
| x(cm) | g/cm ³ | kg/m ² | Área (m ²) | m(kg) | US\$/kg | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano |
| 1,27 | 7,8 | 99,060 | 1,80 | 178,31 | 0,85 | 7,58 | 8,90 | 0,49 | 16,97 |
| 2,54 | 7,8 | 198,120 | 1,80 | 356,62 | 0,85 | 15,16 | 8,90 | 0,72 | 24,78 |
| 3,81 | 7,8 | 297,180 | 1,80 | 534,92 | 0,85 | 22,73 | 8,90 | 0,95 | 32,58 |
| 5,08 | 7,8 | 396,240 | 1,80 | 713,23 | 0,85 | 30,31 | 8,90 | 1,18 | 40,39 |

| Lâmina de chumbo | | | | Custo do Pb | | Lâmina(Pb) | Madeirite | Suporte | Manutenção | Custo/Placa |
|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------|---------|------------|-----------|----------|------------|-------------|
| x(cm) | g/cm ³ | kg/m ² | Área(m ²) | m(kg) | US\$/kg | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano |
| 0,476 | 11,3 | 53,788 | 1,80 | 96,82 | 6,45 | 31,22 | 0,85 | 8,90 | 1,23 | 42,20 |
| 0,635 | 11,3 | 71,755 | 1,80 | 129,16 | 6,45 | 41,65 | 0,85 | 8,90 | 1,54 | 52,95 |
| 0,790 | 11,3 | 89,270 | 1,80 | 160,69 | 6,45 | 51,82 | 0,85 | 8,90 | 1,85 | 63,42 |
| 0,952 | 11,3 | 107,576 | 1,80 | 193,64 | 6,45 | 62,45 | 0,85 | 8,90 | 2,17 | 74,36 |
| 1,270 | 11,3 | 143,510 | 1,80 | 258,32 | 6,45 | 83,31 | 0,85 | 8,90 | 2,79 | 95,85 |
| 1,900 | 11,3 | 214,700 | 1,80 | 386,46 | 6,45 | 124,63 | 0,85 | 8,90 | 4,03 | 138,41 |
| 2,540 | 11,3 | 287,020 | 1,80 | 516,64 | 6,45 | 166,62 | 0,85 | 8,90 | 5,29 | 181,66 |

Perímetro da circunferência da barreira de proteção =18,85m.

Tabela 7.2 – Custos das lâminas de aço e chumbo utilizadas nas barreiras de proteção na instalação aberta móvel*.

| Característica do Material | | | | | Custo | | | | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------|---------|----------|-----------|------------|----------|
| | | | | | Chumbo | Lâmina | Madeirite | Manutenção | Placa |
| x(cm) | g/cm ³ | kg/m ² | Área(m ²) | m(kg) | US\$/kg | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano | US\$/ano |
| 0,150 | 11,3 | 16,950 | 1,80 | 30,51 | 6,45 | 9,84 | 0,85 | 0,32 | 11,01 |
| 0,300 | 11,3 | 33,900 | 1,80 | 61,02 | 6,45 | 19,68 | 0,85 | 0,62 | 21,14 |
| 0,476 | 11,3 | 53,788 | 1,80 | 96,82 | 6,45 | 31,22 | 0,85 | 0,96 | 33,04 |
| 0,635 | 11,3 | 71,755 | 1,80 | 129,16 | 6,45 | 41,65 | 0,85 | 1,28 | 43,78 |
| 0,790 | 11,3 | 89,270 | 1,80 | 160,69 | 6,45 | 51,82 | 0,85 | 1,58 | 54,25 |
| 0,952 | 11,3 | 107,576 | 1,80 | 193,64 | 6,45 | 62,45 | 0,85 | 1,90 | 65,20 |
| 1,270 | 11,3 | 143,510 | 1,80 | 258,32 | 6,45 | 83,31 | 0,85 | 2,52 | 86,68 |
| 1,428 | 11,3 | 161,364 | 1,80 | 290,46 | 6,45 | 93,67 | 0,85 | 2,84 | 97,36 |
| 1,590 | 11,3 | 179,670 | 1,80 | 323,41 | 6,45 | 104,30 | 0,85 | 3,15 | 108,30 |
| 1,900 | 11,3 | 214,700 | 1,80 | 386,46 | 6,45 | 124,63 | 0,85 | 3,76 | 129,25 |
| 2,540 | 11,3 | 287,020 | 1,80 | 516,64 | 6,45 | 166,62 | 0,85 | 5,02 | 172,49 |

* Na instalação aberta móvel não foi utilizado o suporte sob rolamentos em virtude da irregularidade da área de serviço; Perímetro da circunferência da barreira de proteção =11,25m.

Biombo - Conjunto composto de 2 (duas) placas; Barreira de proteção - Conjunto composto de 22 (vinte e duas) placas disposta na forma de uma circunferência (instalação aberta fixa); Placa - Composição formada por 1 suporte + 1 lâmina de aço ou chumbo e 2 folhas de madeirite.

Custo da placa =Custo da lâmina+Custo do suporte+Custo da folha de madeirite (biombo de Pb)+Custo de manutenção.

Custo da barreira de proteção = Número de placas x (Custo / placa).

Largura da lâmina =1m; Comprimento da lâmina =1,8m; Largura efetiva da placa =0,85m; Nos casos em que a barreira de proteção foi uma semi-circunferência, foram utilizadas 12 placas.

Tabela 7.3 – Cálculo da área de isolamento dos cenários de irradiação na instalação aberta fixa

| CENÁRIOS DE IRRADIAÇÃO | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------|------------------|-------|-------|----------------|------------------|-------|-------|----------------|------------------|-------|
| I | | | | II | | | | III | | | |
| Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área | Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área | Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área |
| 1 | 20 | 153 | 37399 | 1 | 20 | 153 | 37399 | 1 | 19 | 138 | 30481 |
| 4 | 20 | 100 | 16336 | 4 | 20 | 100 | 16336 | 4 | 19 | 90 | 13291 |
| 5 | 157 | 153 | 75490 | 14 | 103 | 100 | 32373 | 11 | 93 | 90 | 26309 |
| 8 | 103 | 100 | 32373 | 16 | 80 | 78 | 19610 | 14 | 93 | 90 | 26309 |
| 13 | 103 | 100 | 32373 | 18 | 80 | 78 | 19610 | 15 | 73 | 72 | 16514 |
| 19 | 80 | 78 | 19610 | 20 | 62 | 60 | 11693 | 16 | 73 | 72 | 16514 |
| 25 | 80 | 78 | 19610 | 22 | 62 | 60 | 11693 | 18 | 73 | 72 | 16514 |
| 26 | 82 | 80 | 20615 | 23 | 62 | 60 | 11693 | 20 | 56 | 54 | 9506 |
| 27 | 82 | 80 | 20615 | 24 | 82 | 80 | 20615 | 22 | 56 | 54 | 9506 |
| 30 | 58 | 56 | 10210 | 29 | 58 | 56 | 10210 | 23 | 56 | 54 | 9506 |
| 32 | 20 | 38 | 2897 | 32 | 20 | 38 | 2897 | 28 | 52 | 51 | 8333 |
| 33 | 58 | 56 | 10210 | 34 | 47 | 45 | 6651 | 29 | 52 | 51 | 8333 |
| 35 | 34 | 32 | 3424 | 35 | 34 | 32 | 3424 | 31 | 42 | 41 | 5411 |
| 37 | 22 | 20 | 1389 | 36 | 34 | 32 | 3424 | 32 | 19 | 33 | 2278 |
| | | | | 37 | 22 | 20 | 1389 | 34 | 42 | 41 | 5411 |
| | | | | | | | | 35 | 28 | 27 | 2377 |
| | | | | | | | | 36 | 28 | 27 | 2377 |
| | | | | | | | | 37 | 19 | 18 | 1076 |
| | | | | | | | | 38 | 19 | 18 | 1076 |
| IV | | | | V | | | | VI | | | |
| Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área | Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área | Opção | P ₆ | P ₆ ' | Área |
| 1 | 19 | 140 | 31355 | 1 | 18 | 140 | 31297 | 0 | 144 | 140 | 63360 |
| 4 | 19 | 90 | 13291 | 4 | 18 | 90 | 13232 | 1 | 18 | 140 | 31297 |
| 10 | 93 | 90 | 26309 | 10 | 95 | 90 | 26900 | 4 | 18 | 90 | 13232 |
| 11 | 93 | 90 | 26309 | 11 | 95 | 90 | 26900 | 6 | 116 | 114 | 41551 |
| 14 | 93 | 90 | 26309 | 14 | 95 | 90 | 26900 | 9 | 116 | 114 | 41551 |
| 15 | 74 | 72 | 16745 | 15 | 75 | 71 | 16754 | 10 | 94 | 90 | 26603 |
| 16 | 74 | 72 | 16745 | 16 | 75 | 71 | 16754 | 11 | 94 | 90 | 26603 |
| 18 | 74 | 72 | 16745 | 18 | 75 | 71 | 16754 | 12 | 116 | 114 | 41551 |
| 20 | 56 | 54 | 9506 | 20 | 56 | 54 | 9506 | 14 | 94 | 90 | 26603 |
| 22 | 56 | 54 | 9506 | 21 | 75 | 74 | 17437 | 15 | 74 | 71 | 16520 |
| 23 | 56 | 54 | 9506 | 22 | 56 | 54 | 9506 | 16 | 74 | 71 | 16520 |
| 28 | 53 | 51 | 8498 | 23 | 56 | 54 | 9506 | 18 | 74 | 71 | 16520 |
| 29 | 53 | 51 | 8498 | 24 | 75 | 105 | 26154 | 20 | 55 | 53 | 9164 |
| 31 | 42 | 41 | 5411 | 28 | 54 | 52 | 8828 | 21 | 75 | 103 | 25500 |
| 32 | 19 | 33 | 2278 | 29 | 54 | 52 | 8828 | 24 | 75 | 103 | 25500 |
| 34 | 43 | 42 | 5675 | 31 | 43 | 41 | 5545 | 28 | 54 | 52 | 8828 |
| 35 | 29 | 28 | 2553 | 32 | 18 | 34 | 2325 | 29 | 54 | 52 | 8828 |
| 36 | 29 | 28 | 2553 | 34 | 43 | 41 | 5545 | 31 | 43 | 41 | 5545 |
| 37 | 20 | 18 | 1137 | 35 | 28 | 27 | 2377 | 32 | 18 | 34 | 2325 |
| 38 | 20 | 18 | 1137 | 36 | 28 | 27 | 2377 | 34 | 43 | 41 | 5545 |
| | | | | | | | | 35 | 28 | 27 | 2377 |
| | | | | | | | | 36 | 28 | 27 | 2377 |

$$\text{ÁREA DE ISOLAMENTO} = 3,1416/2 \times ((P_6')^2 + (P_6)^2)$$

P₆ e P₆' são os raios das semicircunferências nos lados do operado e oposto ao operador, respectivamente.

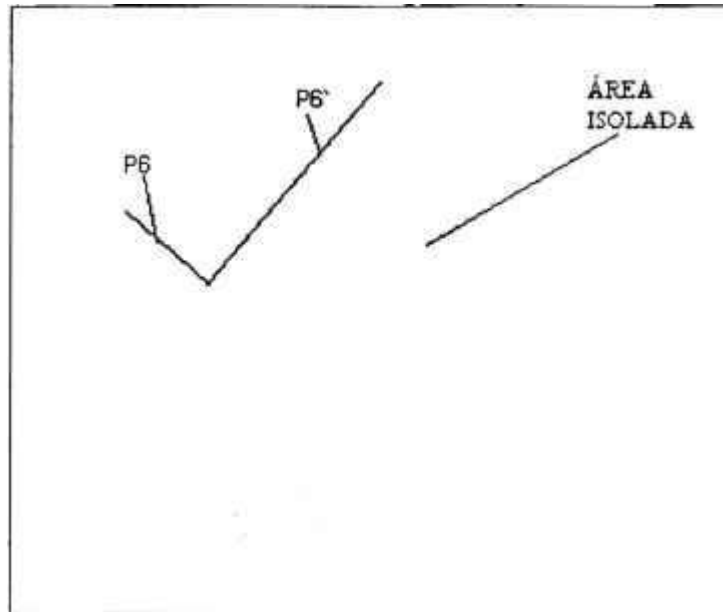
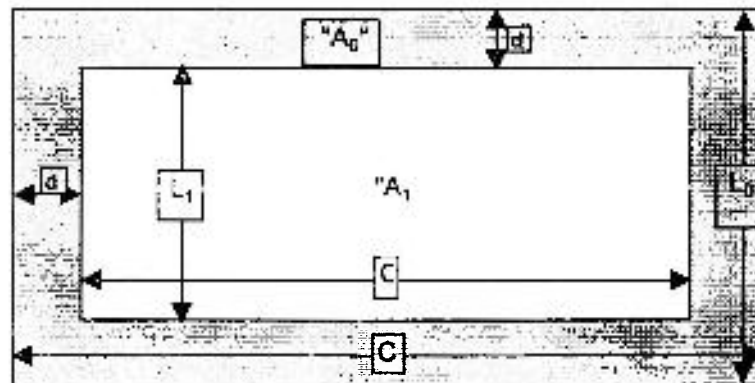


Figura 7.1 – Ilustração da área de isolamento na instalação aberta fixa.



Área isolada na instalação fechada "A"

A_1 - Área do bunker;

A_0 - Área total (área do bunker + área isolada)

$A_0 = L_0 \times C_0$ L_0, L_1 - Largura do bunker e da área

$A_1 = L_1 \times C_1$ C_0, C_1 - Comprimento do bunker e da área

$A = A_0 - A_1$

$D_{P/P}$ - distância fonte pessoas do público (m)

$D_{P/P} = L_0 - L_1 = C_0 - C_1$

Figura 7.2 – Ilustração da área de isolamento na instalação fechada.

Tabela 7.4 – Custo das diferentes espessuras de concreto, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada sem teto

| CONCRETO (brita, areia, cimento) | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Instalação fechada sem teto | | | | | | | |
| x_0 (cm) | Material | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo mant. | Custo final |
| | A_0 (m ²) | V_0 (m ³) | US\$/m ³ | US\$ | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 20,0 | 60 | 12,0 | 141,6 | 1699 | 85 | 3 | 88 |
| 24,0 | 60 | 14,4 | 141,6 | 2039 | 102 | 3 | 105 |
| 27,0 | 60 | 16,2 | 141,6 | 2294 | 115 | 3 | 118 |
| 30,0 | 60 | 18,0 | 141,6 | 2549 | 127 | 4 | 131 |
| 35,0 | 60 | 21,0 | 141,6 | 2974 | 149 | 4 | 153 |
| 38,0 | 60 | 22,8 | 141,6 | 3229 | 161 | 5 | 166 |
| 40,0 | 60 | 24,0 | 141,6 | 3399 | 170 | 5 | 175 |
| 45,0 | 60 | 27,0 | 141,6 | 3824 | 191 | 6 | 197 |
| 49,0 | 60 | 29,4 | 141,6 | 4164 | 208 | 6 | 214 |
| 50,0 | 60 | 30,0 | 141,6 | 4249 | 212 | 6 | 219 |
| 55,0 | 60 | 33,0 | 141,6 | 4673 | 234 | 7 | 241 |
| 56,0 | 60 | 33,6 | 141,6 | 4758 | 238 | 7 | 245 |
| 56,0 | 60 | 33,6 | 141,6 | 4758 | 238 | 7 | 245 |
| 60,0 | 60 | 36,0 | 141,6 | 5098 | 255 | 8 | 263 |
| 63,0 | 60 | 37,8 | 141,6 | 5353 | 268 | 8 | 276 |
| 64,0 | 60 | 38,4 | 141,6 | 5438 | 272 | 8 | 280 |
| 65,0 | 60 | 39,0 | 141,6 | 5523 | 276 | 8 | 284 |
| 67,0 | 60 | 40,2 | 141,6 | 5693 | 285 | 9 | 293 |
| 70,0 | 60 | 42,0 | 141,6 | 5948 | 297 | 9 | 306 |
| 74,0 | 60 | 44,4 | 141,6 | 6288 | 314 | 9 | 324 |
| 75,0 | 60 | 45,0 | 141,6 | 6373 | 319 | 10 | 328 |
| 80,0 | 60 | 48,0 | 141,6 | 6798 | 340 | 10 | 350 |
| 82,6 | 60 | 49,6 | 141,6 | 7019 | 351 | 11 | 361 |
| 85,0 | 60 | 51,0 | 141,6 | 7223 | 361 | 11 | 372 |
| 86,3 | 60 | 51,8 | 141,6 | 7333 | 367 | 11 | 378 |
| 90,0 | 60 | 54,0 | 141,6 | 7647 | 382 | 11 | 394 |
| 95,0 | 60 | 57,0 | 141,6 | 8072 | 404 | 12 | 416 |
| 116,0 | 60 | 69,6 | 141,6 | 9857 | 493 | 15 | 508 |
| 120,0 | 60 | 72,0 | 141,6 | 10197 | 510 | 15 | 525 |
| 124,0 | 60 | 74,4 | 141,6 | 10537 | 527 | 16 | 543 |

x_0 – Espessura da parede do bunker (m); A_0 – Área total da paredes do bunker (m²); V_0 – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.5 – Custo das diferentes espessuras de argamassa baritada, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada sem teto.

| BARITA(argamassa) | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Instalação fechada sem teto | | | | | | | |
| x_0 (cm) | Material | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo mant. | Custo final |
| | A_0 (m ²) | V_0 (m ³) | US\$/m ³ | US\$ | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 6,0 | 60 | 3,6 | 1395,3 | 5023 | 251 | 8 | 259 |
| 6,7 | 60 | 4,0 | 1395,3 | 5609 | 280 | 8 | 289 |
| 7,0 | 60 | 4,2 | 1395,3 | 5860 | 293 | 9 | 302 |
| 10,0 | 60 | 6,0 | 1395,3 | 8372 | 419 | 13 | 431 |
| 12,0 | 60 | 7,2 | 1395,3 | 10046 | 502 | 15 | 517 |
| 13,4 | 60 | 8,0 | 1395,3 | 11218 | 561 | 17 | 578 |
| 13,5 | 60 | 8,1 | 1395,3 | 11302 | 565 | 17 | 582 |
| 15,0 | 60 | 9,0 | 1395,3 | 12558 | 628 | 19 | 647 |
| 16,0 | 60 | 9,6 | 1395,3 | 13395 | 670 | 20 | 690 |
| 17,0 | 60 | 10,2 | 1395,3 | 14232 | 712 | 21 | 733 |
| 17,5 | 60 | 10,5 | 1395,3 | 14651 | 733 | 22 | 755 |
| 17,5 | 60 | 10,5 | 1395,3 | 14651 | 733 | 22 | 755 |
| 20,0 | 60 | 12,0 | 1395,3 | 16744 | 837 | 25 | 862 |
| 21,0 | 60 | 12,6 | 1395,3 | 17581 | 879 | 26 | 905 |
| 22,0 | 60 | 13,2 | 1395,3 | 18418 | 921 | 28 | 949 |
| 25,0 | 60 | 15,0 | 1395,3 | 20930 | 1046 | 31 | 1078 |
| 27,0 | 60 | 16,2 | 1395,3 | 22604 | 1130 | 34 | 1164 |
| 28,0 | 60 | 16,8 | 1395,3 | 23441 | 1172 | 35 | 1207 |
| 29,0 | 60 | 17,4 | 1395,3 | 24279 | 1214 | 36 | 1250 |
| 30,0 | 60 | 18,0 | 1395,3 | 25116 | 1256 | 38 | 1293 |
| 32,0 | 60 | 19,2 | 1395,3 | 26790 | 1340 | 40 | 1380 |
| 33,0 | 60 | 19,8 | 1395,3 | 27627 | 1381 | 41 | 1423 |
| 35,0 | 60 | 21,0 | 1395,3 | 29302 | 1465 | 44 | 1509 |
| 37,0 | 60 | 22,2 | 1395,3 | 30976 | 1549 | 46 | 1595 |
| 40,0 | 60 | 24,0 | 1395,3 | 33488 | 1674 | 50 | 1725 |

x_0 – Espessura da parede do bunker (m); A_0 – Área total da paredes do bunker (m²); V_0 – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.6 - Custo das diferentes espessuras de cerâmica, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada sem teto.

| CERÂMICA (tijolo, areia, cimento) | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Instalação fechada sem teto | | | | | | | |
| x ₀ (cm) | Material | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo mant. | Custo final |
| | A ₀ (m ²) | V ₀ (m ³) | US\$/m ³ | US\$ | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 10,0 | 60,0 | 6,0 | 183,5 | 1101 | 55 | 2 | 57 |
| 12,0 | 60,0 | 7,2 | 183,5 | 1321 | 66 | 2 | 68 |
| 20,0 | 60,0 | 12,0 | 183,5 | 2202 | 110 | 3 | 113 |
| 30,0 | 60,0 | 18,0 | 183,5 | 3303 | 165 | 5 | 170 |
| 40,0 | 60,0 | 24,0 | 183,5 | 4404 | 220 | 7 | 227 |
| 50,0 | 60,0 | 30,0 | 183,5 | 5505 | 275 | 8 | 284 |
| 60,0 | 60,0 | 36,0 | 183,5 | 6606 | 330 | 10 | 340 |
| 63,0 | 60,0 | 37,8 | 183,5 | 6936 | 347 | 10 | 357 |
| 65,0 | 60,0 | 39,0 | 183,5 | 7157 | 358 | 11 | 369 |
| 70,0 | 60,0 | 42,0 | 183,5 | 7707 | 385 | 12 | 397 |
| 80,0 | 60,0 | 48,0 | 183,5 | 8808 | 440 | 13 | 454 |
| 85,0 | 60,0 | 51,0 | 183,5 | 9359 | 468 | 14 | 482 |
| 90,0 | 60,0 | 54,0 | 183,5 | 9909 | 495 | 15 | 510 |
| 94,0 | 60,0 | 56,4 | 183,5 | 10349 | 517 | 16 | 533 |
| 97,0 | 60,0 | 58,2 | 183,5 | 10680 | 534 | 16 | 550 |
| 100,0 | 60,0 | 60,0 | 183,5 | 11010 | 551 | 17 | 567 |
| 110,0 | 60,0 | 66,0 | 183,5 | 12111 | 606 | 18 | 624 |
| 120,0 | 60,0 | 72,0 | 183,5 | 13212 | 661 | 20 | 680 |
| 150,0 | 60,0 | 90,0 | 183,5 | 16515 | 826 | 25 | 851 |
| 160,0 | 60,0 | 96,0 | 183,5 | 17616 | 881 | 26 | 907 |
| 170,0 | 60,0 | 102,0 | 183,5 | 18717 | 936 | 28 | 964 |

X₀ – Espessura da parede do bunker (m); A₀ – Área total da paredes do bunker (m²); V₀ – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.7 - Custo das diferentes espessuras de chumbo, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada sem teto.

| Instalação fechada - sem teto | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|---------|---------|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| Revestimento da parede | | | | | | | | |
| Chumbo | | | | | | | | |
| x (cm) | Material | | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo manut. | Custo final |
| | A (m ²) | kg/m ² | m(kg) | US\$/kg | US\$/m ² | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 0,476 | 60 | 53,79 | 3227,40 | 6,45 | 20816,73 | 1040,84 | 31 | 1072 |
| 0,635 | 60 | 71,76 | 4305,60 | 6,45 | 27771,12 | 1388,56 | 42 | 1430 |
| 0,790 | 60 | 79,27 | 4756,20 | 6,45 | 30677,49 | 1533,87 | 46 | 1580 |
| 0,952 | 60 | 107,58 | 6454,80 | 6,45 | 41633,46 | 2081,67 | 62 | 2144 |
| 1,270 | 60 | 143,50 | 8610,00 | 6,45 | 55534,50 | 2776,73 | 83 | 2860 |

X₀ – Espessura do revestimento da parede do bunker (m); A₀ – Área total da paredes do bunker (m²);

Tabela 7.8 - Custo das diferentes espessuras de concreto, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada com teto.

| Instalação fechada com teto - Paredes | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CONCRETO | | | | | | | |
| Material | | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo mant. | Custo final |
| x_0 (cm) | A_0 (m ²) | V_0 (m ³) | US\$/m ³ | US\$ | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 20,0 | 50,0 | 10,0 | 141,6 | 1416 | 71 | 2 | 73 |
| 24,0 | 50,0 | 12,0 | 141,6 | 1699 | 85 | 3 | 88 |
| 27,0 | 50,0 | 13,5 | 141,6 | 1912 | 96 | 3 | 98 |
| 30,0 | 50,0 | 15,0 | 141,6 | 2124 | 106 | 3 | 109 |
| 35,0 | 50,0 | 17,5 | 141,6 | 2478 | 124 | 4 | 128 |
| 38,0 | 50,0 | 19,0 | 141,6 | 2691 | 135 | 4 | 139 |
| 40,0 | 50,0 | 20,0 | 141,6 | 2832 | 142 | 4 | 146 |
| 45,0 | 50,0 | 22,5 | 141,6 | 3186 | 159 | 5 | 164 |
| 49,0 | 50,0 | 24,5 | 141,6 | 3470 | 173 | 5 | 179 |
| 50,0 | 50,0 | 25,0 | 141,6 | 3541 | 177 | 5 | 182 |
| 55,0 | 50,0 | 27,5 | 141,6 | 3895 | 195 | 6 | 201 |
| 56,0 | 50,0 | 28,0 | 141,6 | 3965 | 198 | 6 | 204 |
| 60,0 | 50,0 | 30,0 | 141,6 | 4249 | 212 | 6 | 219 |
| 63,0 | 50,0 | 31,5 | 141,6 | 4461 | 223 | 7 | 230 |
| 64,0 | 50,0 | 32,0 | 141,6 | 4532 | 227 | 7 | 233 |
| 65,0 | 50,0 | 32,5 | 141,6 | 4603 | 230 | 7 | 237 |
| 67,0 | 50,0 | 33,5 | 141,6 | 4744 | 237 | 7 | 244 |
| 70,0 | 50,0 | 35,0 | 141,6 | 4957 | 248 | 7 | 255 |
| 74,0 | 50,0 | 37,0 | 141,6 | 5240 | 262 | 8 | 270 |
| 75,0 | 50,0 | 37,5 | 141,6 | 5311 | 266 | 8 | 274 |
| 80,0 | 50,0 | 40,0 | 141,6 | 5665 | 283 | 8 | 292 |
| 82,6 | 50,0 | 41,3 | 141,6 | 5849 | 292 | 9 | 301 |
| 86,3 | 50,0 | 43,2 | 141,6 | 6111 | 306 | 9 | 315 |
| 90,0 | 50,0 | 45,0 | 141,6 | 6373 | 319 | 10 | 328 |
| 95,0 | 50,0 | 47,5 | 141,6 | 6727 | 336 | 10 | 346 |
| 116,0 | 50,0 | 58,0 | 141,6 | 8214 | 411 | 12 | 423 |
| 120,0 | 50,0 | 60,0 | 141,6 | 8497 | 425 | 13 | 438 |
| 124,0 | 50,0 | 62,0 | 141,6 | 8780 | 439 | 13 | 452 |

X_0 – Espessura da parede do bunker (m); A_0 – Área total da paredes do bunker (m²); V_0 – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.9 - Custos das diferentes espessuras de argamassa baritada, cerâmica e concreto-teto, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada com teto.

| Instalação fechada com teto | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Material | | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo mant. | Custo final |
| x_0 (cm) | A_0 (m ²) | V_0 (m ³) | US\$/m ³ | US\$ | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| BARITA | | | | | | | |
| 6,0 | 50 | 3,0 | 1395,3 | 4186 | 209 | 6 | 216 |
| 6,7 | 50 | 3,4 | 1395,3 | 4674 | 234 | 7 | 241 |
| 10,0 | 50 | 5,0 | 1395,3 | 6977 | 349 | 10 | 359 |
| 15,0 | 50 | 7,5 | 1395,3 | 10465 | 523 | 16 | 539 |
| 17,0 | 50 | 8,5 | 1395,3 | 11860 | 593 | 18 | 611 |
| CERÂMICA | | | | | | | |
| 60 | 50 | 30,0 | 183,5 | 5505 | 275 | 8 | 284 |
| 80 | 50 | 40,0 | 183,5 | 7340 | 367 | 11 | 378 |
| TETO - CONCRETO | | | | | | | |
| 20 | 50 | 10,0 | 141,62 | 1416 | 71 | 2 | 73 |

x_0 – Espessura da parede do bunker (m); A_0 – Área total da paredes do bunker (m²); V_0 – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.10 - Custos das diferentes espessuras de chumbo e aço, utilizado nas barreiras de proteção das opções de proteção da instalação fechada com teto.

| Instalação fechada - com teto | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|---------|---------------------|-------------|--------------|-------------|
| Chumbo - revestimento das paredes | | | | | | | | |
| Material | | | | Valor | Custo total | Custo anual | Custo manut. | Custo final |
| x (cm) | A (m ²) | kg/m ² | m(kg) | US\$/kg | US\$/m ² | US\$/ano | 3% | US\$/ano |
| 0,476 | 50 | 53,79 | 2689,50 | 6,45 | 17347,28 | 867,36 | 26 | 893 |
| 0,635 | 50 | 71,76 | 3588,00 | 6,45 | 23142,60 | 1157,13 | 35 | 1192 |
| 0,790 | 50 | 79,27 | 3963,50 | 6,45 | 25564,58 | 1278,23 | 38 | 1317 |
| 0,952 | 50 | 107,58 | 5379,00 | 6,45 | 34694,55 | 1734,73 | 52 | 1787 |
| 1,270 | 50 | 143,50 | 7175,00 | 6,45 | 46278,75 | 2313,94 | 69 | 2383 |
| Aço - revestimento das paredes | | | | | | | | |
| 3,170 | 50 | 247,26 | 12363,00 | 0,85 | 10508,55 | 525,43 | 16 | 541 |
| Chumbo - porta | | | | | | | | |
| 0,476 | 10 | 53,79 | 537,90 | 6,45 | 3469,46 | 173,47 | 5 | 179 |
| 0,635 | 10 | 71,76 | 717,60 | 6,45 | 4628,52 | 231,43 | 7 | 238 |
| 0,790 | 10 | 89,27 | 892,70 | 6,45 | 5757,92 | 287,90 | 9 | 297 |
| 0,952 | 10 | 107,58 | 1075,80 | 6,45 | 6938,91 | 346,95 | 10 | 357 |
| 1,270 | 10 | 143,50 | 1435,00 | 6,45 | 9255,75 | 462,79 | 14 | 477 |
| 1,900 | 10 | 214,70 | 2147,00 | 6,45 | 13848,15 | 692,41 | 21 | 713 |
| Aço - porta | | | | | | | | |
| 3,170 | 10 | 247,26 | 2472,60 | 0,85 | 2101,71 | 105,09 | 3 | 108 |

x_0 – Espessura da parede do bunker (m); A_0 – Área total da paredes do bunker (m²); V_0 – Volume do material usado na parede do bunker (m³).

Tabela 7.11 – Cálculo da taxa de exposição realizada pelo programa Mshield – folha 1.

```

Microshield 3.01
*****
(C.J. Enterprises - #029)

Page      : 1
File      : IAFGALT2.MSH
Run date  : August 2, 1999
Run time  : 12:50 p.m.

File Ref: _____
Date:    ___/___/___
By:      _____
Checked: _____

CASE: I.A.F;A=200 Ci,CenarioI, P1-B.Prot.-W;Lado operador. Opcao 1

GEOMETRY 1: Point source - slab shields

Distance to detector..... X      815.      cm
Internal displacement of source point..... Y      150.      "
Thickness of first shield..... T1      1.9      "
Microshield inserted air gap..... air      813.1      "

MATERIAL DENSITIES (g/cc):

Material   Shield 1   Air gap
-----
Air                .001220
Aluminum
Carbon
Concrete
Hydrogen
Iron
Lead
Lithium
Nickel
Tin
Titanium
Tungsten      19.30
Urania
Uranium
Water
Zirconium

```

Obs.: A taxa de exposição final é obtida por meio da média aritmética das taxas de exposição calculadas para os deslocamentos laterais com $Y=0$; $Y=0,90$ m e $Y=1,5$ m

Tabela 7.11 – Cálculo da taxa de exposição realizada pelo programa Mshield – folha 2.

Page 2 File: IAFGALT2.MSH
CASE: I.A.F;A=200 Ci,CenarioI, P1-B.Prot.-W;Lado operador. Opcao 1

BUILDUP FACTOR: based on TAYLOR method.
Using the characteristics of the materials in shield 1.

INTEGRATION PARAMETERS:

None - analytically integrated.

SOURCE NUCLIDES:

| Nuclide | Curies | Nuclide | Curies | Nuclide | Curies |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| Ba-137m | 0.0000e+00 | Co-60 | 0.0000e+00 | Cs-137 | 0.0000e+00 |
| Ir-192 | 2.0000e+02 | N-16 | 0.0000e+00 | | |

RESULTS:

| Group # | Energy (MeV) | Activity (photons/sec) | Dose point flux MeV/(sq cm)/sec | Dose rate (mr/hr) |
|---------|--------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 1 | .879 | 2.961e+10 | 4.015e+02 | 7.944e-01 |
| 2 | .617 | 3.948e+11 | 1.344e+03 | 2.786e+00 |
| 3 | .596 | 9.454e+11 | 2.755e+03 | 5.697e+00 |
| 4 | .462 | 3.875e+12 | 1.824e+03 | 3.724e+00 |
| 5 | .367 | 5.375e+10 | 1.457e+00 | 2.998e-03 |
| 6 | .311 | 1.049e+13 | 1.964e+01 | 3.968e-02 |
| 7 | .209 | 2.778e+11 | 1.027e-07 | 1.916e-10 |
| 8 | .133 | 1.337e+10 | 1.050e-37 | 1.733e-40 |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |
| TOTALS: | | 1.608e+13 | 6.346e+03 | 1.304e+01 |

Obs.: A taxa de exposição final é obtida por meio da média aritmética das taxas de exposição calculadas para os deslocamentos laterais com Y = 0; Y = 0,90 m e Y = 1,5 m

Tabela 7.12 – Cálculo das doses equivalentes individuais anuais do operador, doses equivalentes médias e coletivas dos trabalhadores para as diferentes opções de proteção e distancias fonte operador, na instalação aberta fixa.

| Carga de trabalho 50 h/ano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | h(3/10) = 0,30 mSv/h ; h(2/100) = 0,02 mSv/h. | | | |
|--|--------------|--------------|----------|-------------|------------|------------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|--------------|------------|------------|--------------|---|-------|----------------|--|
| $h_{a,r}$ | $h_{l,r}$ | H_{D1} | h_{P1} | * $T_{a,r}$ | $T_{Rec.}$ | $T_{Exp.}$ | D_1 | D_0 | $v(m/s)$ | t_{D1} | t_{P1} | N_1 | $P_6(m)$ | $P_8(m)$ | h_{OP} | $h_{3/10}$ | $h_{1/50}$ | $S_{C,3/10}$ | $S_{C,1/50}$ | Opção | PM | |
| Colimador de tungstênio (W = 19 mm) no lado do operador | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,134 | 0,134 | 0,086 | 0,038 | 1,3E-5 | 6,5E-6 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,1 | 2,2 | 1,7E-3 | 1,4E-2 | 3182 | 20 | 170 | 2,17 | 11,79 | 1,29 | 47,17 | 5,17 | 1 | P ₁ | |
| 0,109 | 0,122 | 0,080 | 0,038 | 8,0E-4 | 4,0E-4 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,8 | 2,2 | 1,6E-3 | 1,4E-2 | 3030 | 20 | 170 | 2,26 | 11,81 | 1,31 | 47,26 | 5,26 | 1 | P ₂ | |
| 0,072 | 0,103 | 0,071 | 0,038 | 2,5E-3 | 1,3E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 10,8 | 2,2 | 1,1E-3 | 1,3E-2 | 2747 | 20 | 170 | 2,31 | 11,83 | 1,33 | 47,31 | 5,31 | 1 | P ₃ | |
| 0,038 | 0,086 | 0,062 | 0,038 | 6,2E-3 | 3,1E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 15,0 | 2,2 | 1,2E-4 | 1,6E-2 | 2283 | 20 | 170 | 2,60 | 11,90 | 1,40 | 47,60 | 5,60 | 1 | P ₄ | |
| Colimador + aço = 25,4 mm(lado do operador) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,134 | 0,134 | 0,086 | 0,038 | 1,3E-5 | 6,5E-6 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,1 | 2,2 | 1,7E-3 | 1,4E-2 | 3182 | 20 | 170 | 2,17 | 11,79 | 1,29 | 47,17 | 5,17 | 4 | P ₁ | |
| 0,109 | 0,122 | 0,080 | 0,038 | 8,0E-4 | 4,0E-4 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,8 | 2,2 | 1,6E-3 | 1,4E-2 | 3030 | 20 | 170 | 2,26 | 11,81 | 1,31 | 47,26 | 5,26 | 4 | P ₂ | |
| 0,072 | 0,103 | 0,071 | 0,038 | 2,5E-3 | 1,3E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 10,8 | 2,2 | 1,1E-3 | 1,3E-2 | 2747 | 20 | 170 | 2,31 | 11,83 | 1,33 | 47,31 | 5,31 | 4 | P ₃ | |
| 0,038 | 0,086 | 0,062 | 0,038 | 6,2E-3 | 3,1E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 15,0 | 2,2 | 1,2E-4 | 1,6E-2 | 2283 | 20 | 170 | 2,60 | 11,90 | 1,40 | 47,60 | 5,60 | 4 | P ₄ | |
| Chumbo = 25,4 mm(só biombo) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,160 | 1,160 | 0,730 | 0,300 | 1,3E-5 | 6,5E-6 | 1,6E-2 | 16,0 | 8,1 | 2,2 | 2,0E-3 | 1,4E-2 | 3182 | 196 | 170 | 17,76 | 15,69 | 5,19 | 62,76 | 20,76 | 5 | P ₁ | |
| 1,040 | 1,100 | 0,700 | 0,300 | 8,0E-4 | 4,0E-4 | 1,6E-2 | 16,0 | 8,8 | 2,2 | 1,8E-3 | 1,3E-2 | 3030 | 196 | 170 | 18,78 | 15,94 | 5,44 | 63,78 | 21,78 | 5 | P ₂ | |
| 0,603 | 0,882 | 0,591 | 0,300 | 2,5E-3 | 1,3E-3 | 1,6E-2 | 16,0 | 10,8 | 2,2 | 1,3E-3 | 1,3E-2 | 2747 | 196 | 170 | 19,02 | 16,00 | 5,50 | 64,02 | 22,02 | 5 | P ₃ | |
| 0,363 | 0,762 | 0,531 | 0,300 | 6,2E-3 | 3,1E-3 | 1,6E-2 | 16,0 | 15,0 | 2,2 | 1,2E-4 | 1,2E-2 | 2283 | 196 | 170 | 19,48 | 16,12 | 5,62 | 64,48 | 22,48 | 5 | P ₄ | |
| Colimador + Pb = 25,4mm(lado do operador) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,134 | 0,134 | 0,086 | 0,038 | 1,3E-5 | 6,5E-6 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,1 | 2,2 | 1,7E-3 | 1,4E-2 | 3182 | 20,0 | 44 | 2,17 | 11,79 | 1,29 | 47,17 | 5,17 | 32 | P ₁ | |
| 0,109 | 0,122 | 0,080 | 0,038 | 8,0E-4 | 4,0E-4 | 1,6E-2 | 15,0 | 8,8 | 2,2 | 1,6E-3 | 1,4E-2 | 3030 | 20,0 | 44 | 2,26 | 11,81 | 1,31 | 47,26 | 5,26 | 32 | P ₂ | |
| 0,072 | 0,103 | 0,071 | 0,038 | 2,5E-3 | 1,3E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 10,8 | 2,2 | 1,1E-3 | 1,3E-2 | 2747 | 20,0 | 44 | 2,31 | 11,83 | 1,33 | 47,31 | 5,31 | 32 | P ₃ | |
| 0,038 | 0,086 | 0,062 | 0,038 | 6,2E-3 | 3,1E-3 | 1,6E-2 | 15,0 | 15,0 | 2,2 | 1,2E-4 | 1,6E-2 | 2283 | 20,0 | 44 | 2,60 | 11,90 | 1,40 | 47,60 | 5,60 | 32 | P ₄ | |

* Tempo médio de acionamento+recolhimento (Tab.3.18, Cap 3); $h_{a,r}$ - Taxa de dose equivalente no ponto de exposição da película (mSv/h); $h_{l,r} = (h_{a,r} + h_{l,r(P1)})/2$ - Taxa de dose equivalente média no ponto "n" de liberação e recolhimento da fonte (mSv/h); $H_{D1} = (h_{l,r} + h_{P1})/2$ - Taxa de dose equivalente média durante o deslocamento do operador (mSv/h); h_{P1} - Taxa de dose equivalente na área supervisionada (mSv/h); $t_{l,r}$ - Tempo de liberação e recolhimento da fonte (h); $t_{exp.}$ - Tempo de exposição da película (h); D_0 - Distância fonte operador no ponto de acionamento do andrometro (m); D_1 - Distância fonte operador após a liberação da fonte (m); v - Velocidade média de deslocamento do operador (m/s); $t_{D1} = D_1 / v$ ou $t_{D1} = P_6 / v$, quando $d > 50$ m - Tempo de deslocamento do operador (h); t_{P1} - Tempo de permanência do operador na área supervisionada (s); $N_1 = W_e / (t_{exp} + t_{a,r})$ - Número de exposições radiográficas; P_6 e P_8 - Distância fonte indivíduos do público no lado do operador e oposto ao mesmo, respectivamente; $h_{OP} = (h_{l,r} \times t_{l,r} + h_{D1} \times t_{D1} + h_{P1} \times t_{P1}) \times N_1$ - Dose equivalente individual anual calculada para operador (mSv/h); $h_{3/10}$ - Dose equivalente individual média anual calculada para trabalhadores na área supervisionada (mSv/h); $h_{1/50}$ - Dose equivalente individual média anual calculada para trabalhadores na área livre (mSv/h); $S_{C,3/10}$ - Dose coletiva anual calculada para trabalhadores na área supervisionada (Sv-pessoa); $S_{C,1/50}$ - Dose coletiva anual calculada para trabalhadores na área livre (Sv-pessoa); P₁, P₂, P₃ e P₄ - Distâncias fonte-operador.

Tabela 7.13 – Constantes de crescimento "k" dos atributos de proteção do cenário I nas avaliações direta, lógica e análise de sensibilidade I, na instalação aberta fixa.

| AVALIAÇÃO DIRETA | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 5,1E-2 | 1,1E-3 | 9,5E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 5,1E-2 | 3,6E-3 | 9,5E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 5,1E-2 | 7,1E-3 | 9,4E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 5,1E-2 | 8,9E-3 | 9,4E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |

$$k(X) = 1 / (1 + (ALFA * R(S_C) + R(h_1) + R(h_2) + R(h_3) + R(a)C) / R(X))$$

$$k(S_C) = (ALFA * k(X) * R(S_C)) / R(X)$$

$$k(a) = (R(a) * k(X)) / R(X)$$

$$k(h_1) = R(h_1) * k(X) / R(X)$$

$$k(h_2) = R(h_2) * k(X) / R(X)$$

$$k(h_3) = R(h_3) * k(X) / R(X)$$

| AVALIAÇÃO LÓGICA | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J |
| - | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 8,4E-8 | 6,7E-7 | 1,0E-6 | 1,00 |

$$K(X) = K(S_C) = K(a) = K; K(h_3) \neq K(h_2) \neq K(h_1).$$

$$K = 1 / (3 + (R(h_1) + R(h_2) + R(h_3)) / R(X))$$

$$K(h_1) = R(h_1) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_2) = R(h_2) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_3) = R(h_3) * K(X) / R(X)$$

| ANÁLISE DE SENSIBILIDADE I | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| K(X) = 0,75; K(S _C) = K(a) = K(h ₁) = K(h ₂) = K(h ₃) = K = 0,05 | | | | | | | | | | | | | |
| K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J |
| 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1 |
| K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | K _J |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 1 |
| 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 5,0E-2 | 1 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 7,5E-1 | 1 |

Tabela 7.14 – Constantes de crescimento "k" dos atributos de proteção do cenário I nas análise de sensibilidade II, na instalação aberta fixa.

| ANALISE DE SENSIBILIDADE II | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 1,6E-2 | 5,9E-2 | 5,9E-2 | 5,9E-2 | 5,9E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 5,3E-2 | 4,9E-2 | 4,9E-2 | 4,9E-2 | 4,9E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 1,1E-1 | 3,6E-2 | 3,6E-2 | 3,6E-2 | 3,6E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 1,3E-1 | 3,0E-2 | 3,0E-2 | 3,0E-2 | 3,0E-2 | 1,00 |

$k(X) = 0,75; k(a) = k(h_1) = k(h_2) = k(h_3) = k$
 $k(S_C) = (ALFA * K(X) * R(S_C)) / R(X)$
 $k = (1 - K(X) - K(S_C)) / 4$

| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(a) | K(S _C) | K(X) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 1,3E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 4,3E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 8,5E-3 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 7,5E-1 | 1,1E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 1,00 |

$k(a) = 0,75; k(X) = k(h_1) = k(h_2) = k(h_3) = k$
 $k(S_C) = (ALFA * K(X) * R(S_C)) / R(X)$
 $k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_C)) / R(X))$

| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,2E-2 | 1,3E-3 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,1E-2 | 4,3E-3 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 8,5E-3 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 1,1E-2 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 1,00 |

$k(h_1) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_2) = k(h_3) = k$
 $k(S_C) = (ALFA * K(X) * R(S_C)) / R(X)$
 $k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_C)) / R(X))$

| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,2E-2 | 1,3E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,1E-2 | 4,3E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 6,1E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 8,5E-3 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 6,0E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 1,1E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 6,0E-2 | 1,00 |

$k(h_2) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_1) = k(h_3) = k$
 $k(S_C) = (ALFA * K(X) * R(S_C)) / R(X)$
 $k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_C)) / R(X))$

| ALFA | R(S _C) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _C) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,2E-2 | 1,3E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,1E-2 | 4,3E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 8,5E-3 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 3980 | 6,0E-2 | 1,1E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 6,0E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |

$k(h_3) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_1) = k(h_2) = k$
 $k(S_C) = (ALFA * K(X) * R(S_C)) / R(X)$
 $k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_C)) / R(X))$

Tabela 7.15 – Constantes de crescimento "k" dos atributos de proteção do cenário I nas análise de sensibilidade III, na instalação aberta fixa.

ANALISE DE SENSIBILIDADE III - 12%

| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _i |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 5,9E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 2,0E-2 | 5,8E-2 | 5,8E-2 | 5,8E-2 | 5,8E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 3,9E-2 | 5,3E-2 | 5,3E-2 | 5,3E-2 | 5,3E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 4,9E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 5,0E-2 | 1,00 |

$$k(X) = 0,75; k(a) = k(h_1) = k(h_2) = k(h_3) = k$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$k = (1 - K(X) - K(S_c)) / 4$$

| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(a) | K(S _c) | K(X) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _i |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 4,9E-4 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 1,6E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 3,2E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 7,5E-1 | 4,0E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 1,00 |

$$k(a) = 0,75; k(X) = k(h_1) = k(h_2) = k(h_3) = k$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_c)) / R(X))$$

| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _i |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 4,9E-4 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 1,6E-3 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 3,2E-3 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,1E-2 | 4,0E-3 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 1,00 |

$$k(h_1) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_2) = k(h_3) = k$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_c)) / R(X))$$

| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _i |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 4,9E-4 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 1,6E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 3,2E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 6,2E-2 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,1E-2 | 4,0E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 6,1E-2 | 1,00 |

$$k(h_2) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_1) = k(h_3) = k$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_c)) / R(X))$$

| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _i |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 4,9E-4 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 1,6E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,2E-2 | 3,2E-3 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 6,2E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 6,1E-2 | 4,0E-3 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 6,1E-2 | 7,5E-1 | 1,00 |

$$k(h_3) = 0,75; k(X) = k(a) = k(h_1) = k(h_2) = k$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$k(X) = 0,25 / (4 + (ALFA * R(S_c)) / R(X))$$

Tabela 7.16 – Constantes de crescimento "k" dos atributos de proteção do cenário I nas análise de sensibilidade IV, na instalação aberta fixa.

| ANÁLISE DE SENSIBILIDADE IV - avaliação direta | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _j |
| JUROS DE 3% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 5350 | 6,7E-2 | 1,1E-3 | 9,3E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 5350 | 6,7E-2 | 3,5E-3 | 9,3E-1 | 1,3E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 5350 | 6,7E-2 | 7,0E-3 | 9,3E-1 | 1,2E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 5350 | 6,7E-2 | 8,7E-3 | 9,2E-1 | 1,2E-8 | 1,0E-7 | 1,5E-7 | 1,0 |
| JUROS DE 6% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 6939 | 8,6E-2 | 1,0E-3 | 9,1E-1 | 1,2E-8 | 9,9E-8 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 6939 | 8,5E-2 | 3,4E-3 | 9,1E-1 | 1,2E-8 | 9,8E-8 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 6939 | 8,5E-2 | 6,9E-3 | 9,1E-1 | 1,2E-8 | 9,8E-8 | 1,5E-7 | 1,0 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 6939 | 8,5E-2 | 8,6E-3 | 9,1E-1 | 1,2E-8 | 9,8E-8 | 1,5E-7 | 1,0 |
| JUROS DE 9% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 8720 | 1,1E-1 | 1,0E-3 | 8,9E-1 | 1,2E-8 | 9,6E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 8720 | 1,0E-1 | 3,4E-3 | 8,9E-1 | 1,2E-8 | 9,6E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 8720 | 1,0E-1 | 6,7E-3 | 8,9E-1 | 1,2E-8 | 9,6E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 8720 | 1,0E-1 | 8,4E-3 | 8,9E-1 | 1,2E-8 | 9,6E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| JUROS DE 12% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 1,3E-1 | 9,9E-4 | 8,7E-1 | 1,2E-8 | 9,4E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 10000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 1,3E-1 | 3,3E-3 | 8,7E-1 | 1,2E-8 | 9,4E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 20000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 1,2E-1 | 6,6E-3 | 8,7E-1 | 1,2E-8 | 9,4E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |
| 25000 | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 1,2E-1 | 8,2E-3 | 8,7E-1 | 1,2E-8 | 9,4E-8 | 1,4E-7 | 1,0 |

$$k(X) = 1 / (1 + (ALFA * R(S_c) + R(h_1) + R(h_2) + R(h_3) + R(a)) / R(X))$$

$$k(S_c) = (ALFA * K(X) * R(S_c)) / R(X)$$

$$K(a) = (R(a) * K(X)) / R(X)$$

$$K(h_1) = R(h_1) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_2) = R(h_2) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_3) = R(h_3) * K(X) / R(X)$$

| AVALIAÇÃO LÓGICA | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| ALFA | R(S _c) | R(a) | R(h ₁) | R(h ₂) | R(h ₃) | R(X) | K(X) | K(S _c) | K(a) | K(h ₁) | K(h ₂) | K(h ₃) | SOMA K _j |
| JUROS DE 3% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| - | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 5350 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 6,2E-8 | 5,0E-7 | 7,5E-7 | 1,00 |
| JUROS DE 6% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| - | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 6939 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 4,8E-8 | 3,8E-7 | 5,8E-7 | 1,00 |
| JUROS DE 9% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| - | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 8720 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,8E-8 | 3,1E-7 | 4,6E-7 | 1,00 |
| JUROS DE 12% AO ANO | | | | | | | | | | | | | |
| - | 0,028 | 74101 | 0,001 | 0,008 | 0,012 | 10657 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,3E-1 | 3,1E-8 | 2,5E-7 | 3,8E-7 | 1,00 |

$$K(X) = K(S_c) = K(a) = K; K(h_3) \neq K(h_2) \neq K(h_1).$$

$$K = 1 / (3 + (R(h_1) + R(h_2) + R(h_3)) / R(X)).$$

$$K(h_1) = R(h_1) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_2) = R(h_2) * K(X) / R(X)$$

$$K(h_3) = R(h_3) * K(X) / R(X)$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 MARTINS, M. E. *Serviço de Radiografia Industrial no Brasil sob o Aspecto de Proteção Radiológica* Tese de Mestrado, Universidade Estadual do Rio de Janeiro - 1994.
- 2 Comissão Nacional de Energia Nuclear - *Diretrizes Básicas de Radioproteção*. Norma-CNEN-3.01 1988.
- 3 Comissão Nacional de Energia Nuclear- *Funcionamento de Serviços de Radiografia Industrial*, Norma CNEN-NE-6.04, 1986
- 4 ICRP Publication 26, "Recommendations of the International Commission on Radiation Protection". Annals of the ICRP 1(3), Pergamon Press, 1977.
- 5 CHAKRAVATTI, J. L.; CULVER, K.; B;ASHBROOK, A. W.; FROST, S. E. "Application of the Principle of Otimization in Radiation Protection in Uranium Mining and Milling". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986. pg. 301 - 308.
- 6 VIVIAN, G.A.; DONNELLY, K.J. "A Canadian Nuclear Power Producer's Approach to the Optimization of Design for Radiation Protection" Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986, pg. 251 - 272.
- 7 JESEN, P. H.; LAURIOSEN, B. "A Pratical Example of Problems in the Optimization of Nuclear Safety Systems: Retention of Radioactive Airborne Effluents". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection Vienna -1986. pg. 355 -366.

- 8 MERWIN, S. E.; MARTIN, L. B.; SELBY, J. M.; VALLARIO, E. J. "Two Example Application of Optimization Techniques To Radiation Protection Programmes of the United States Department of Energy Contractors". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection Vienna -1986. pg. 193 -203.
- 9 MOGHISSI, A. A.; TABOAS, A. L. " Optimization of Radiation Risk: Regulatory Application To Waste Management". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection Vienna -1986. pg. 173 -178.
- 10 BENINSON, D. J.; GONZÁLES, A. J. "Optimization in Relocation Decisions". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986. pg. 439 -444.
- 11 CROFT, J. R. "Optimization of the Design of an Industrial Radiography Facility" Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986. pg. 335 - 348.
- 12 WEBB, G. A. M.; FLEISHMAN, A. B. "Valuations of Health Detriment in the Optimization of Radiological Protection: A Current NRPB View." Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986. pg. 487-498.
- 13 GOMES, F. R. et al. *Introducción a los Métodos de Ensayos no Destructivos de Control de la Calidade de los Materiales*. Madrid, INTA, 1977.
- 14 Agfa-Gevaert N. V. *Examen no Destructivo Holográfico - Radiografía Industrial* - B-2510 Mortsels-Bélgica. 21.9220 (482/ EM), 1983.
- 15 RUMYANTSEUS, S. *Industrial Radiology*. Moscow, Second Printing, 1967.
- 16 BECKER, K. *Photographic Film Dosimetry*. The Focal Press, London and New York. 1966.

- 17 United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic radiation. "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation". Report to the General Assembly, with annexes. New York United Nations, 1988.
- 18 United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation. "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation". Report to the General Assembly, with annexes. New York, United Nations, 1982.
- 19 ILARI, O. "The Concept of Optimization of Protection in the Evolution of ICRP Recommendations". Proceedings of an International Symposium of Radiation Protection. Vienna -1986. pg. 3 -15.
- 20 ICRP Publication – 1 "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Pergamon Press, 1959.
- 21 ICRP Publication – 9, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Pergamon Press, 1966.
- 22 ICRP Publication – 22, "Implications of Commission Recommendations that Doses be Kept as Low as Readily Achievable", Pergamon Press, 1973.
- 23 Safety Series - Publication 9, "Basic Safety Standards for Radiation Protection " International Atomic Energy Agency - Vienna, 1982.
- 24 ICRP Publication 60, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", Pergamon Press, November 1990.
- 25 Safety Series - Publication - 115, "Basic Safety Standards for Radiation Protection- International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for The Safety of Radiation Sources"- International Atomic Energy Agency - Vienna, 1996.
- 26 ICRP Publication – 37, "Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection", Pergamon Press, 1983.

- 27 ICRP Publication 55, "Optimization and Decision-Making in Radiological Protection", Pergamon Press, 1989.
- 28 STOKEEL, P. J.; CROFT, J. R.; LOCHARD, J.; LOMBARD, J.. **Alara from Theory Towards Practice**. Commission of the European Communities – ECSC-EEC-EAEC, Brussels – Luxembourg, 1991.
- 29 ICRP Publication 42, "A Compilation of the Major Concepts and Quantities in Use by ICRP". Annals of the ICRP 14, Pergamon Press, 1984.
- 30 MOISE, E. E. **Calculus** – Part I", Addison-Wesley , 1967.
- 31 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Equipamentos de Radiografia Industrial. Norma - NBR8670. Rio de Janeiro - ABNT, 1991
- 32 INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Apparatus for Gamma Radiography. Specification, Design and Test. Norma ISO 3999, 1987.
- 33 AMERICAN NATIONAL STANDARD. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, seção V, artigo 22 – 1980.
- 34 Brady, B. **The Nature and Properties of Soils**. MacMillan Publishing Co., Inc. New York. 8th edition, 1974.
- 35 JAEGER, R. G.; BLIZARD, E. P.; GROTENHUIS, M.; HÖNIG, A.; JAEGER, Th. A.; EISENLOHR, H. H. **Engineering Compendium on Radiation Shielding, Vol. 1, 2 e 3**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1968.
- 36 Enter Prise, C. J. **Microshield 301, serial 029** - 1987.
- 37 Sahyun, A.; Sordi, G. M. A. A ; Rodrigues, L.D.; Romero Filho, C. R.; Biazini Filho, F. L. "Influence of Alphe value in the Optimization Analysis for Transport Shielding of Fission Products" Anais do "II Congresso Regional

de Seguridad Radiológica y Nuclear”, Zacatecas, Mexico, 1993, Memorias, Volumen II - 3ª Parte, pg. 675.

- 38 ICRP Publication 35, “General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers”, Pergamon Press, 1981.