



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE
Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares

AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DE FAMILIARES E AMBIENTE DOMICILIAR
DE PACIENTES COM HIPERTIREOIDISMO SUBMETIDOS À
RADIOIODOTERAPIA AMBULATORIAL

KEYLA MARY CAVALHEIRO MENDONÇA

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Filho

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Pereira dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Aurélio Pereira dos Santos

Coorientador: Profa. Dra. Simone Cristina Soares Brandão

Recife – PE

Agosto, 2016.

KEYLA MARY CAVALHEIRO MENDONÇA

**AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA DE FAMILIARES E AMBIENTE DOMICILIAR
DE PCIENTES COM HIPERTIREOIDISMO SUBMETIDOS À
RADIOIODOTERAPIA AMBULATORIAL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Dosimetria e Instrumentação Nuclear.

Orientador: Prof. Dr. João Antonio Filho

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Pereira dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Aurélio Pereira dos Santos

Coorientador: Profa. Dra. Simone Cristina Soares Brandão

Recife – PE

Agosto, 2016.

Catálogo na fonte
Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4 / 1502

M539a Mendonça, Keyla Mary Cavalheiro.
Avaliação dosimétrica de familiares e ambiente domiciliar de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia ambulatorial. / Keyla Mary Cavalheiro Mendonça. - Recife: O Autor, 2016.
82 f. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. João Antônio Filho.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Pereira dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Marcus Aurélio Pereira dos Santos.
Coorientadora: Profa. Dra. Simone Cristina Soares Brandão.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2016.

Inclui referências bibliográficas, apêndices e anexos.

1. Radioiodoterapia ambulatorial. 2. Hipertireoidismo. 3. Doses efetivas. I. Antonio Filho, João, orientador. II. Santos, Luiz Antônio Pereira dos, orientador. III. Santos, Marcus Aurélio Pereira dos, coorientador. IV. Brandão, Simone Cristina Soares, coorientadora. V. Título.

CDD 612.01448 (21. ed.) UFPE
BDEN/2016-30

Avaliação Dosimétrica de Familiares e Ambiente Domiciliar de Pacientes com Hipertireoidismo Submetidos à Radioiodoterapia Ambulatorial

Keyla Mary Cavaleiro Mendonça

APROVADA EM: 05.08.2016

ORIENTADORES : Prof. Dr. Luiz Antonio Pereira dos Santos
Prof. Dr. João Antonio Filho

CO-ORIENTADORES : Prof. Dr. Marcus Aurélio Pereira dos Santos
Profa. Dra. Simone Cristina Soares Brandão

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Antonio Pereira dos Santos – CRCN-NECNEN

Prof. Dr. João Antonio Filho – DEN/UFPE

Profa. Dra. Edvane Borges da Silva – CAV/UFPE

Profa. Dra. Ana Maria Mendonça de Albuquerque Melo – DBR/UFPE

Prof. Dr. José Willegaignon de Amorim de Carvalho – IBCFM/USP

Profa. Dra. Fabiana Farias de Lima Guimarães – CRCN-NECNEN

Visto e permitida a impressão

Coordenador(a) do PROTENDENUFPE

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, que sempre esteve presente na minha vida, dando-me força de vontade, sabedoria e saúde, requisitos para mais uma conquista.

Aos meus pais, Josemary Mendonça e Everaldo Alves por está ao meu lado, incondicionalmente, nos momentos mais difíceis, que não foram raros nesses últimos anos.

Aos professores João Antonio Filho, Luis Antônio Pereira dos Santos, Simone Cristina Soares Brandão e Marcus Aurélio Pereira dos Santos, pela confiança, incentivo, dedicação na orientação da tese.

Ao amigo José Marcos Ferreira, pela ajuda no desenvolvimento da minha tese, sempre colaborando com dicas para o estudo.

Ao professor Manoel Raimundo de Sena Júnior pela colaboração com a parte estatística da tese.

As amigas Paula Frassinetti, Fernanda Lúcia e ao amigo Gideon Lopes pelo apoio no desenvolvimento da tese.

Ao amigo Joelan Angelo pelas sugestões dadas no decorrer do desenvolvimento da tese.

Ao comitê de acompanhamento composto pela Dra. Edvane Borges, Dra. Patrícia Gadelha e Dra. Ana Maria Mendonça, pelas participações nas Bancas Examinadoras, Avaliações e Sugestões.

A Dra. Fabiana Farias pela participação na avaliação da tese com contribuições importantes para o melhoramento da mesma.

Aos funcionários do CRCN, principalmente ao Marcelo Santana, pela ajuda dada na parte de calibração dos TLDs usados no estudo.

Aos amigos, parentes e colegas que de uma maneira ou outra contribuíram para a conclusão desse trabalho, até mesmo com um simples gesto de carinho ou uma palavra amiga, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A radioiodoterapia (RIT) para hipertireoidismo é feita ambulatorialmente há cerca de 70 anos, com poucas restrições quanto à segurança radiológica dos familiares de convívio domiciliar. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o impacto radiológico da RIT para hipertireoidismo por meio de levantamento das exposições no ambiente domiciliar destes pacientes nos primeiros seis dias pós-tratamento, para servir como um parâmetro real na tomada de decisões relacionadas com a conduta terapêutica e estabelecimento de novas recomendações práticas e seguras desta terapia. Dosímetros termoluminescentes TLD-100 foram colocados nos acompanhantes e nos ambientes domiciliares de 25 pacientes hipertireóideos tratados com atividades de 555 MBq (n=9), 740 MBq (n=7) e 1110 MBq (n=9). Além disso, foram verificadas as contaminações superficiais de objetos e materiais desses pacientes. As doses efetivas obtidas por meio dos TLDs-100 foram de 0,9 mSv, 0,6 mSv e 0,2 mSv, para atividades administradas de 555 MBq, 740 MBq e 1110 MBq, respectivamente. Os valores médios de equivalente de dose ambiental dos locais mais frequentados dos pacientes, como quarto, cozinha, banheiro e sala foram de: 2,11; 0,15; 0,20 e 0,44 mSv, respectivamente. A monitoração de objetos e materiais de âmbito domiciliar para cada grupo de atividade 555, 740 e 1110 MBq variaram de valores indetectáveis até próximos a 150 Bq.cm^{-2} . No Brasil, a norma 3.05 da Comissão Nacional de Energia Nuclear estabelece que pacientes tratados com ^{131}I possam realizar terapia com atividades até 1850 MBq, em regime ambulatorial, sem nenhuma restrição de isolamento. Além disso, a norma 3.01 da Comissão nacional de energia Nuclear estabelece os limites de dose efetiva para indivíduos do público e acompanhantes/voluntários, como sendo de 1 mSv e 5 mSv por ano, respectivamente. Comparando a população estudada com a norma vigente, apenas duas acompanhantes de pacientes ultrapassaram o limite estabelecido. Pressupõe-se que o contato físico próximo e constante delas aos pacientes, em consequência da exiguidade do espaço domiciliar, resultou nessas doses efetivas. Conclui-se que o tratamento do hipertireoidismo em regime ambulatorial com atividades de até 1.110 MBq, foi realizado de forma segura e forneceu informações úteis sobre a proteção e exposição dos familiares e acompanhantes de pacientes.

Palavras-chave: radioiodoterapia ambulatorial. hipertireoidismo. doses efetivas.

ABSTRACT

The radioiodine therapy (RIT) for hyperthyroidism is done on an outpatient basis for about 70 years, with few restrictions on radiological safety of household living family. Thus, the objective of the study was to evaluate the radiological impact of RIT for hyperthyroidism through survey of exposures in the home environment of these patients in the first six days after treatment, to serve as an actual parameter in making decisions related to the therapeutic approach and establishment of new practices and safe recommendations of this therapy. TLD-100 thermoluminescent dosimeters were placed in the accompanying domestic environments and 25 hyperthyroid patients treated with 555 MBq Activity (n = 9), 740 MBq (n = 7) and 1110 MBq (n = 9). Furthermore, the surface contamination of objects and materials of these patients were checked. The effective doses obtained through the TLDs-100 were 0.9 mSv 0.6 mSv and 0.2 mSv for administered activity of 555 MBq 740 MBq and 1110 MBq, respectively. The average values of ambient dose equivalent of the busiest places of the patients, such as bedroom, kitchen, bathroom and living room were: 2,11; 0.15; 0.20 and 0.44 mSv, respectively. Monitoring objects and home environment of materials for each activity group 555, 740 and 1110 MBq ranged from undetectable to near 150 Bq.cm⁻². In Brazil, the standard 3:05 of the National Nuclear Energy Commission established that patients treated with ¹³¹I can perform therapy activities up to 1850 MBq, in an outpatient setting, without any isolation restriction. In addition, the standard 3.01da National Nuclear Energy Commission shall establish the effective dose limits for individuals from the public and chaperones / volunteers, as of 1 mSv to 5 mSv per year, respectively. Comparing the study population with the current regulations, only two companions of patients exceeded the limit. It is assumed that the close physical contact and constant them to patients as a result of the paucity of home space, resulted in these effective doses. We conclude that treatment of hyperthyroidism on an outpatient basis with up to 1,110 MBq activities was carried out safely and provided useful information on the protection and exposure of family members and patients companions

Keywords: outpatient radiation therapy. hyperthyroidism. effective doses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagens de aspectos morfológicos da tireoide	15
Figura 2. A termoluminescência Explicada pelo Modelo de Bandas de Energia. (a) O material é irradiado e o elétron adquire energia para mudar para a banda de condução. (b) Quando aquecido, o elétron retorna a banda de valência, havendo emissão de luzk	24
Figura 3. Esquema simplificado de uma leitora TL	26
Figura 4. Monitoração da taxa de dose equivalente do paciente medido com Geiger-Muller, na direção da tireoide dele a uma distância de 2,0 m	34
Figura 5. Sistema dosimétrico (TLD-100) utilizado para dosimetria do acompanhante, (1) cartão dosimétrico composto por quatro cristais termoluminescentes e (2) “Badge”	35
Figura 6. Ilustração do posicionamento do TLD-100 no tórax do acompanhante	36
Figura 7. Esquema utilizado para estimativa do equivalente de dose pessoal- Hp(10) dos acompanhantes na residência de pacientes hipertireóideos que receberam radioiodoterapia ambulatorial.....	37
Figura 8. Sistema dosimétrico de TLD-100 em formato de chip usado para dosimetria ambiental	38
Figura 9. Esquema utilizado para estimativa do equivalente de dose ambiental nas residências de pacientes hipertireóideos.....	38
Figura 10. Comportamento das taxas de doses equivalentes durante seis dias em função da atividade administrada	48
Figura 11. Dose efetiva em acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com atividade de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ^{131}I	57
Figura 12. Equivalente de Dose Ambiental de ambientes monitorados (Quarto, Banheiro, Sala, Cozinha) para pacientes que foram submetidos à RIT com atividade de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de dose anual (a) para trabalhador e individuo do público.....	17
Tabela 2. Limite de atividade administrada a nível ambulatorial, para tratamento de enfermidades tireoidianas	19
Tabela 3. Fator de peso da radiação	28
Tabela 4. Fatores de ponderação de tecidos e ou órgãos.....	29
Tabela 5. Características sócio-educativo-demográficas dos pacientes hipertireoideos submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com ^{131}I	44
Tabela 6. Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóideos com doença de Graves, submetidos à RIT com atividades fixas de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I	45
Tabela 7. Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóideos com doença de Graves, submetidos à RIT com atividades fixas de 740 MBq (20 mCi) de ^{131}I	46
Tabela 8. Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóideos com doença de Plummer, submetidos à RIT com atividades fixas de 1110 MBq (30 mCi) de ^{131}I	48
Tabela 9. Monitoramento de objetos e materiais dos 9 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 555 MBq (15 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel	52
Tabela 10. Monitoramento de objetos e materiais dos 7 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 740 MBq (20 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel	53
Tabela 11. Monitoramento de objetos e materiais dos 9 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 1110 MB (30 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel	54
Tabela 12. Valores de equivalente de dose ambiental- H^* (mSv) nos ambientes mais frequentados pelos pacientes com atividades de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ^{131}I	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1. Hipertireoidismo	14
2.2. Radioiodoterapia (RIT)	15
2.3. Proteção Radiológica	16
2.4. Avaliação de doses em tratamento do Hipertireoidismo	17
2.5. Dosimetria Termoluminescente	23
2.5.1. TLD-100	25
2.5.2. Leitora de TLD	25
2.6. Grandezas de Radioproteção	27
2.6.1. Equivalente de dose pessoal- Hp(10)	27
2.6.2. Equivalente de dose ambiental H*(10)	27
2.6.3. Dose Equivalente (H_T)	27
2.6.4. Dose Efetiva (E)	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Seleção dos pacientes	31
3.2. Dosimetria do paciente	32
3.2.1. Métodos e período de monitoração	32
3.2.2. Monitoração da taxa de dose equivalente e contaminação	33
3.2.2.1. Monitoração da taxa de dose equivalente.....	33
3.2.2.2. Monitoração da contaminação e cálculo de atividade na superfície de objetos e materiais.....	34
3.3. Dosimetria do acompanhante	35
3.3.1. Dose efetiva no acompanhante de paciente, obtidas por meio de TLD-1003	35
3.3.1.1. Especificação e implantação do TLD-100.....	35
3.4. Dosimetria ambiental	37
3.4.1. Especificação e implantação do TLD-100	37
3.5. Procedimentos para a seleção e calibração dos TLDs-100	39
3.5.1. Dosimetria do Acompanhante	39
3.5.2. Dosimetria Ambiental	40

3.5.3. Sistema de Leitura.....	41
3.6. Análise estatística	42
4. RESULTADOS	43
4.1. Dosimetria do paciente.....	43
4.1.1. Características sócio-educativo-demográficas de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia.....	43
4.1.2. Taxa de dose equivalente de pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com ¹³¹ I.....	44
4.1.3. Monitoramento de objetos e materiais de pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial, no ambiente domiciliar.....	49
4.2. Dosimetria do acompanhante.....	55
4.2.1. Dose efetiva em acompanhantes de pacientes hipertireoideos tratados com atividade de 555, 740 E 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ¹³¹ I, obtida com TLD-100	55
4.3. Dosimetria Ambiental	59
5. CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS	63
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO PACIENTE E ACOMPANHANTE (FAMILIAR)	70
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SÓCIO – EDUCATIVO - DEMOGRÁFICO-ECONÔMICO	73
ANEXO A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	74
ANEXO B – ORIENTAÇÕES MÉDICAS.....	77
ANEXO C - INSTRUÇÃO DE RADIOPROTEÇÃO	78
ANEXO D – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO DETECTOR GEIGER-MÜLLER.....	79

1. INTRODUÇÃO

Desde 1941, a terapia com radionuclídeos é empregada no tratamento de patologias tireoideanas, e, nos últimos anos houve um desenvolvimento significativo dessa terapêutica. Esta relevância é devida à liberação de altas doses de radiação no tecido alvo sem produzir elevada toxicidade aos tecidos saudáveis do paciente (SANTOS; BOLOGNESI, 2014). Em pacientes com hipertireoidismo, condição na qual a glândula tireoide produz excesso de hormônios tireoidianos, a radioiodoterapia (RIT) com ^{131}I é uma opção terapêutica eficaz por ter a taxa de resposta satisfatória ao tratamento, com hipotireoidismo ou eutireoidismo, de cerca de 80% a 90% (ROSS, 2011).

A RIT pode ser realizada, dependendo da atividade administrada ao paciente, tanto em regime ambulatorial, quando o paciente recebe essa substância radioativa no Setor de Medicina Nuclear e retorna ao seu domicílio sem nenhuma instrução de isolamento, quanto em regime de internação (CNEN-NN-3.05, 2013). No último caso, medidas de proteção radiológica são adotadas de modo a garantir a segurança do paciente, trabalhador, indivíduo do público e meio ambiente (GOMES et al, 2012).

Organizações internacionais, tais como: *International Atomic Energy Agency - IAEA*, *International Commission on Radiological Protection - ICRP*, *American Thyroid Association - ATA*, *Europe Thyroid Association - ETA* e outras, têm recomendado normas e procedimentos que devem ser adotados para segurança radiológica.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é responsável pelo estabelecimento de normas e procedimentos para o funcionamento de Serviços de Medicina Nuclear com a regulamentação desde a caracterização das instalações até a manipulação dos radiofármacos; visando proteger o paciente, o profissional de saúde e o indivíduo do público (CABRAL, 2001). Porém não há procedimentos em normas específicas para o tratamento de enfermidade tireoidiana quanto às recomendações práticas de segurança radiológica para RIT.

Na área de Medicina Nuclear a CNEN tem se baseado nas recomendações da IAEA e ICRP. As sociedades de proteção radiológica e órgãos federais, como o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA)

têm se empenhado em expandir conhecimentos voltados para as atividades de Proteção Radiológica na área. Entretanto, a população tem pouco domínio, principalmente, no que tange aos efeitos deletérios produzidos por exposições às radiações ionizantes, que ultrapassam os limites permitidos (PRUDÊNCIO et al., 2015).

Além disso, a CNEN determina a liberação dos pacientes após a RIT se a dose efetiva dos membros da família, expostos à radiação emitida pelo paciente, não exceder 5 mSv no período de um ano. Já para indivíduos do público este valor não deve ultrapassar de 1 mSv no mesmo período. O critério atual para tratamento a nível ambulatorial de pacientes submetidos à RIT é a administração de atividades até 1850 MBq (50 mCi) (CNEN-NN-3.05, 2013).

Entretanto, a taxa de exposição recebida por indivíduos próximos aos pacientes depende não somente da atividade administrada ao paciente, mas também de outros fatores como, a extensão e o grau de captação do tecido iodoconcentrante, o tempo de meia vida efetiva do ^{131}I e os cuidados de radioproteção seguidos pelos pacientes após a ingestão do radiofármaco (XAVIER et al., 2012). Portanto, quando o paciente é liberado do Serviço de Medicina Nuclear, torna-se uma fonte de exposição e representa um risco aos seus familiares devido às exposições externas e contaminação ambiental (IAEA, 2004).

A RIT para hipertireoidismo é feita ambulatorialmente há cerca de 70 anos, com poucas restrições quanto à segurança radiológica dos familiares de convívio domiciliar. Os pacientes hipertireóides retêm material radioativo por um período de tempo maior quando comparados aos pacientes de câncer de tireoide, além de possuir maior volume de tecido tireoidiano, já que a glândula não foi retirada cirurgicamente. Um estudo onde fosse avaliado todo comportamento gerado pelo enfermo sobre seus familiares na sua residência, por meio de resultados de monitorações; poderia fornecer mais subsídios à Política de Saúde adotada no Brasil para o uso desta terapia, tendo em vista que há poucos estudos abordados na literatura. Diante da problemática apresentada, o objetivo do estudo foi avaliar o impacto radiológico da RIT para hipertireoidismo por meio de levantamento das exposições no ambiente domiciliar destes pacientes nos primeiros seis dias pós-tratamento, para servir como um parâmetro real na tomada de decisões relacionadas com a conduta terapêutica e estabelecimento de novas recomendações práticas e seguras desta terapia.

Os objetivos específicos deste estudo foram:

- Avaliar os pacientes por meio de um questionário sócio-educativo-demográfico-econômico;
- Estimar a taxa de dose equivalente de pacientes submetidos RIT com atividades de 555 MBq (15 mCi) ^{131}I , de 740 MBq (20 mCi) ^{131}I e de 1110 MBq (30 mCi) ^{131}I ;
- Estimar a contaminação de objetos e materiais de pacientes submetidos à RIT com atividade de 555 MBq (15 mCi) ^{131}I , de 740 MBq (20 mCi) ^{131}I e de 1110 MBq (30 mCi) ^{131}I ;
- Estimar a dose efetiva em acompanhantes de pacientes submetidos à RIT com atividades 555 MBq (15 mCi) ^{131}I , de 740 MBq (20 mCi) ^{131}I e de 1110 MBq (30 mCi) de ^{131}I e comparar os resultados obtidos com os limites de dose estabelecidos pelas normas da CNEN;
- Estimar o equivalente de dose ambiental dentro do domicílio por meio da dosimetria de área utilizando dosímetros termoluminescentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Hipertireoidismo

A tireoide é uma das maiores glândulas do corpo humano, em forma de borboleta (com dois lobos), que fica localizada na parte anterior do pescoço e tem um peso aproximado de 15 a 25 gramas (no adulto). Ela age na função de órgãos importantes como o coração, cérebro, fígado e rins. Interfere, também, no crescimento e desenvolvimento das crianças e adolescentes, na regulação dos ciclos menstruais, na fertilidade, no peso, na memória, na concentração, no humor, e no controle emocional (Figura 1-A) (MEDEIROS, 2005).

O hipertireoidismo é a condição em que a tireoide encontra-se hiperativa, isto é, a glândula produz hormônios em excesso e este quadro pode ser desencadeado por várias anomalias patológicas, como o Bócio Nodular Tóxico (Doença de Plummer – DP) e o Bócio Difuso Tóxico (Doença de Graves – DG) (MEDEIROS, 2005).

A DG se trata de uma doença autoimune (Figura 1-B), específica da tireoide em que o sistema de defesa do organismo (sistema imunológico) deixa de reconhecer o próprio corpo passando a atacar as células ou tecidos saudáveis do próprio organismo (SILVA, 2010). Ela difere de todas as outras doenças autoimunes porque está, na maioria das vezes, associada ao aumento da função da tireoide (JEFFCOATE, 2006). De acordo com a literatura, a DG é de grande importância clínica, pois as alterações produzidas por ela na glândula tireoidiana afetam o estado geral do paciente, levando-o à morte se não tratada (ANDRADE et al., 2001). A estimativa de pessoas portadora de DG é aproximadamente 1% da população do mundo (WEETMAN, 2000) e compõe a forma mais comum de hipertireoidismo, pois representa um índice de 60 a 80% dos casos constatados, acometendo cerca de 5 a 10 mulheres com idades entre 40 a 60 anos para cada homem (ANDRADE et al., 2001).

A DP está inserida nas doenças nodulares benignas da tireoide (Figura 1-C). Ele é classificado pelo aumento do volume da glândula, tendo como característica o crescimento excessivo e a transformação estrutural e que pode ser funcional de uma ou mais áreas do parênquima tireoideo normal. Essa patologia traz como consequência o

aumento na produção dos hormônios tireoidianos independente do estímulo ao TSH (HEGEDÜS et al., 2003). A DP ocorre com maior frequência em regiões com deficiência de iodo, acometendo, em média, seis mulheres para cada homem.

Figura 1 - Imagens de aspectos morfológicos da tireoide.



A - Tireoide sadia

Fonte: FISHBACK (1999)



B - Tireoide com Doença de Graves

Fonte: OSBORNE (2016)



C - Tireoide com Doença de Plummer

Fonte: UNICAMP (2011)

2.2. Radioiodoterapia (RIT)

A primeira descrição de uso do iodo radioativo (^{131}I) para o tratamento de hipertireoidismo foi em 1941 no *Massachusetts General Hospital* em Boston. Em 1943, a RIT foi usada no tratamento do carcinoma de tireoide obtendo-se sucesso na resposta do tumor, melhora na qualidade de vida e sobrevida do paciente (PAZ FILHO, 2006). O iodo é um precursor na síntese dos hormônios tireoidianos e por isso o ^{131}I destaca-se dentre outros radionuclídeos para terapia tireoidiana, sendo amplamente usado *in vivo* no diagnóstico e na terapia das doenças da tireoide.

O ^{131}I decai por emissão de radiação β^- sendo 87% com energia de 606 keV e fótons gama associados, com probabilidade de emissão de 82%, sendo com energia de 364 keV. A sua meia-vida física é de 8,06 dias. O alcance de partículas β em tecidos biológicos é cerca de 0,6 mm a 2,0 mm no tecido alvo. A destruição das macromoléculas de água produz radicais livres, alterando as condições funcionais celulares, provocando uma tireoidite intensa, fibrose intersticial progressiva e atrofia glandular, resultando em inibição de síntese hormonal da tireoide (MULLER et al, 1991). Este radioisótopo é fornecido para uso clínico na forma de sal iodado para o tratamento do hipertireoidismo (HARVEY; THRALL, 2001).

Um estudo comparativo de custo de tratamento com as drogas tireoidianas, RIT ou cirurgia, realizado no Brasil, demonstrou que o tratamento com ^{131}I apresenta menor custo, melhores índices custo/eficácia, custo/efetividade e redução do volume glandular (CORONHO et al., 2001). De acordo com Goldman e Bennetti (2001) tem-se a preferência por RIT em pacientes mais idosos com hipertireoidismo moderado e com aumento da tireoide. As contraindicações para RIT no hipertireoidismo são gravidez, lactação e tamanho da tireoide (DE JONG et al., 2013).

2.3. Proteção Radiológica

Após a descoberta e a utilização das radiações ionizantes em diversos campos, tais como a medicina, a indústria e a agricultura; a prática da proteção radiológica vem crescendo gradualmente em face das preocupações de segurança radiológica. Contudo, as informações a respeito dos efeitos causados por baixas doses ($<0,2\text{ Sv}$) recebidas por trabalhadores e por doses ainda mais baixas recebidas pelo público geral são escassas (MACHADO et al, 2010).

No Brasil, a norma CNEN-NN.3.01 estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica para pessoas expostas à radiação ionizante. Nesta norma constam os princípios de radioproteção: justificção, otimização e limitação da dose individual (CNEN-NN-3.01, 2014).

O princípio de justificção descreve que nenhuma prática que envolva exposição à radiação poderá ser aceita, a menos que a prática produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a Sociedade, o que compensa, desse modo, o detrimento correspondente, levando-se em conta fatores sociais e econômicos (ICRP 55, 1989).

O princípio de otimização deve considerar o princípio ALARA- *As Low As Reasonably Achievable*, que estabelece que todas as exposições devem ser tão baixas quanto razoavelmente exequíveis. Para isso, deve-se ressaltar os três componentes fundamentais na otimização da radioproteção que são: tempo de exposição, distância em relação à fonte de radiação e blindagem adequada (SIMÕES, 2010).

O princípio da Limitação da Dose Individual estabelece que as doses individuais tanto para trabalhadores, quanto para indivíduos do público não devem exceder os limites da dose, especificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de dose anual (a) para trabalhador e indivíduo do público.

Grandeza	Órgão	Trabalhador	Indivíduos do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv (b)	1 mSv (c)
	Cristalino	20 mSv	15 mSv
Dose equivalente	Pele (d)	500 mSv	50 mSv
	Pés e mãos	500 mSv	-----

(a) Para fins de controle administrativo efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

(b) Média ponderada em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

(c) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano, desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

(d) Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Fonte: CNEN-NN-3.01 (2014).

Para acompanhantes e voluntários que auxiliam pacientes em procedimentos médicos, o limite de dose efetiva é de 5 mSv por procedimento. Já para pacientes não há limites de dose, mas espera-se que o mesmo receba doses de radiação tão baixas quanto necessárias para o diagnóstico ou terapia clinicamente necessária (CNEN-NN-3.01, 2014).

2.4. Avaliação de doses em tratamento do hipertireoidismo

A exposição de indivíduos do público à radiação ionizante pode ser originada da radiação natural ou artificial. Entretanto, no que diz respeito às fontes artificiais, todo esforço deve ser direcionado a fim de controlar seus efeitos nocivos. É neste aspecto, que a proteção radiológica tem um papel importante, pois ela investiga as influências das radiações ionizantes sobre as exposições humanas, por meio de avaliação de doses (AZEVEDO, 2015).

Porém, diversos fatores influenciam no cálculo da estimativa de dose devido à exposição da radiação produzida pela incorporação do ¹³¹I no tratamento do hipertireoidismo. Isso ocorre pelo fato da dificuldade em avaliar o potencial de exposição no próprio paciente e na vizinhança em virtude do tempo e da distância e,

além disso, a não identificação do público que está exposto à radiação proveniente do paciente (ICRP 94, 2004).

A verdade é que, os procedimentos de radioproteção podem acarretar na subestimação ou superestimação da dose real. Em decorrência dessas dificuldades, junto às diversas interpretações das recomendações da IAEA e da ICRP, as autoridades normativas de diferentes países têm publicado normas e protocolos de tratamento rígidos, como a de pacientes submetidos à terapia com atividades de ^{131}I até 1850 MBq (50 mCi), onde os mesmos podem ser tratados a nível ambulatorial (SAPIENZA et al., 2009).

A literatura científica, até o momento, não mostra evidências científicas concretas sobre a segurança dessa atividade citada anteriormente, pois entende-se que pacientes submetidos ao tratamento de hipertireoidismo com ^{131}I possuem a glândula tireoidiana e, por isso, a tireoide ficará emitindo radiação por maior tempo, uma vez que a mesma hipercapta o iodo para organificar os hormônios tireoideanos. Isso é diferente para os pacientes com câncer de tireoide, tratados com ^{131}I , que recebem, geralmente, atividades superiores a 1850 MBq (50 mCi). Esses, por não possuírem a glândula tireoidiana, absorvem menor dose de radiação e, por conseguinte; a taxa de exposição pode ser menor do que os pacientes com hipertireoidismo, que apesar de receber uma atividade bem menor, retém por um período de tempo mais longo o que lhe foi administrado (SAPIENZA et al., 2009).

Assim, considerando a elevada frequência da RIT ambulatorial para pacientes com hipertireoidismo, a alta dose absorvida pela glândula, nesses casos, e a escassez de estudos que avaliam a segurança radiológica deste tratamento, torna-se imprescindível à realização de estudos para melhor embasar as normas atuais que permitem a liberação destes pacientes aos seus domicílios, assegurando, desta forma, o controle e a segurança do tratamento ambulatorial.

É bastante discutida, nos dias atuais, a liberação de pacientes que realizam terapia com ^{131}I , pois cada país define a quantidade de atividade a ser administrada para que haja intervenção hospitalar. A segurança da administração da atividade varia de país para país e até mesmo em hospitais do mesmo país, de acordo com a interpretação local das recomendações da IAEA, conforme Tabela 2. Em geral, os critérios básicos são limites de dose para o público, os familiares e os cuidadores. Uma série de publicações têm relatado medições reais e taxas de dose externas, bem como potenciais de

contaminações, que indicam que a maioria dos países é excessivamente restritiva (ROSENSTEIN, 2008).

Tabela 2 - Limite de atividade administrada a nível ambulatorial, para tratamento de enfermidades tireoidianas.

PAÍSES	LIMITE DE ATIVIDADE PARA LIBERAÇÃO DO PACIENTE	REFERÊNCIA
Alemanha	< 75 MBq (2 mCi)	Parthasaraty; Crawford (2002)
França/Reino Unido/Holanda	370-740 MBq (10-20 mCi)	Parthasaraty; Crawford (2002)
Japão	< 500 MBq (13,5 mCi)	Mulazimoglu et al. (2010)
Turquia	≤ 800 MBq (21,6 mCi)	Greenlee et al. (2011)
Estados Unidos, Argentina e diversos países da América Latina	≤ 9250 MBq (250 mCi)	Ward (2009)
Brasil	≤ 1850 MBq (50 mCi)	CNEN (2013)

Um estudo realizado no Japão por Nishizawa et al. (1980), teve como objetivo a monitoração de pacientes com hipertireoidismo (HT) e carcinoma da tireoide (CT) submetidos à RIT e objetos usados por eles, para a liberação hospitalar. Os valores de atividades administradas de ^{131}I variaram de 74 a 1850 MBq (2 a 50 mCi). Esses pacientes foram divididos em três grupos conforme as atividades de ^{131}I que foram administradas: Grupo 1- com 9 pacientes com HT tratados com cápsulas orais de Na^{131}I variando de 74 a 185 MBq (2 a 5 mCi), onde o monitoramento da expiração, suor, saliva e sangue foi realizado nas primeiras 3 horas após a administração, Grupo 2- com um paciente com CT tratado com cápsula oral de Na^{131}I de 1110 MBq (30 mCi), onde o monitoramento da expiração, suor, saliva, sangue, escova de dente, lençóis, camisas, gavetas, toalhas, transpiração e contaminação do ar; foi realizado durante 9 dias após a administração. Grupo 3- um paciente com CT tratado com cápsula oral de Na^{131}I de 1850 MBq (50 mCi), onde o monitoramento foi realizado durante 8 dias após a administração, compreendendo os mesmos itens monitorados para o Grupo 2. Para os grupos de CT, foram obtidos os seguintes resultados para HT: a taxa de excreção máxima do paciente variando de $1,4 \times 10^{-5}$ a $2,75 \times 10^{-7}$ $\mu\text{Ci}/\text{h}$ para a expiração; de 6×10^{-6} a $8,6 \times 10^{-5}$ $\mu\text{Ci}/\text{h}/\text{g}$ para o suor; de $1,2 \times 10^{-2}$ a $1,3 \times 10^{-3}$ $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ para a saliva, e de

$8,64 \times 10^{-4}$ a $2,4 \times 10^{-4}$ $\mu\text{Ci/ml}$ em 30 minutos após a administração do ^{131}I . Para CT os resultados encontrados foram: a taxa de excreção máxima do paciente variando de $7,7 \times 10^{-6}$ a $1,2 \times 10^{-7}$ $\mu\text{Ci/h}$ para a expiração; de $2,4 \times 10^{-5}$ $\mu\text{Ci/h}$ para a transpiração; de $7,0 \times 10^{-3}$ a $7,1 \times 10^{-4}$ $\mu\text{Ci/ml}$ para a saliva; e taxas máximas de contaminação de $1,1 \times 10^{-4}$ a $3,8 \times 10^{-5}$ μCi , para escovas de dente; de $3,5 \times 10^{-4}$ a $4,6 \times 10^{-6}$ μCi para lençóis; de $2,8 \times 10^{-3}$ a $3,8 \times 10^{-4}$ μCi para camisas; de $1,8 \times 10^{-3}$ a $1,3 \times 10^{-4}$ μCi para gavetas; de $5,4 \times 10^{-4}$ a $3,6 \times 10^{-5}$ μCi para toalhas; e de $4,32 \times 10^{-7}$ a $1,2 \times 10^{-7}$ μCi para a transpiração. Conclui-se que a liberação só deverá ser realizada com base na metade do presente limite de dose anual, que é de 2,7 mCi para a alta hospitalar do paciente após o tratamento com ^{131}I .

Barrington et al. (1999) realizaram um estudo com objetivo de avaliar os pacientes com hipertireoidismo tratados com atividades de 88,8 a 799,2 MBq (5,1 a 21,6 mCi) de ^{131}I , além de seus acompanhantes. O grupo foi composto por 122 acompanhantes (35 adultos e 87 crianças) de pacientes de cinco hospitais do Reino Unido, monitorados por TLDs montados em pulseiras. As doses efetivas de 97% dos adultos estavam abaixo do limite de dose (5 mSv); variando de 0,2-5,8 mSv. E, 89% das crianças tiveram a dose efetiva abaixo do permitido em norma (1 mSv), variando de 0,2-7,2 mSv. Contudo, 6 de 17 crianças de 3 anos ou menos apresentaram doses efetivas acima de 1 mSv.

Segundo De Klerk (2000), além da exposição proveniente dos pacientes da radiação emitida, poderá ocorrer uma contaminação a partir de excreção ^{131}I através da transpiração, saliva, respiração, fezes e urina. Todas essas formas de contaminação podem contribuir com até 10% da exposição externa. Deve-se levar em consideração que a exposição à radiação interna resultante da incorporação de ^{131}I tem uma alta concentração na pele e atividade específica na saliva de pacientes com câncer de tireoide no momento da liberação, destacando assim a necessidade de instruir os pacientes para evitar a transferência significativa de ^{131}I para familiares e outras pessoas após a alta hospitalar.

Segundo Coover et al. (2006), um paciente requer a alocação de recursos de alto custo e as instruções para um paciente após deixar o hospital poderiam causar perturbações em sua vida doméstica e no trabalho. Portanto, o tempo de internação e as instruções a serem seguidas após a alta devem ser baseadas numa avaliação de radioproteção e não devem ser excessivamente restritivas, para não gerar situações que o afaste completamente da convivência familiar.

Cappelen et al. (2006) mediram a exposição à radiação de familiares de pacientes portadores de hipertireoidismo tratados com ^{131}I em regime ambulatorial. A amostra foi composta por 76 familiares (46 adultos e 30 crianças e adolescentes com idade inferior a 18 anos) de 42 pacientes tratados com uma atividade média de 417 MBq (11 mCi). Os resultados se apresentaram bem abaixo das restrições de dose recomendados para todos os membros adultos da família e crianças. Além disso, concluiu-se que a dose de radiação para familiares de pacientes tireotóxicos tratados com atividade de até 600 MBq (16,2 mCi) de ^{131}I é abaixo do recomendado se as instruções dadas forem cumpridas.

No Canadá, foi desenvolvida uma pesquisa por Marriott et al. (2007), no Departamento de Medicina Nuclear de Hamilton, medindo as taxas de doses externas em 27 pacientes tratados com câncer de tireoide. Concluiu-se que os cuidados de radioproteção poderiam ser removidas alguns dias após a administração da atividade entre 4,6 GBq (124,3 mCi) e 8,1 GBq (219 mCi) de ^{131}I . No entanto, o mesmo estudo mostrou alguns pontos ponderantes a ser analisados, pois os resultados não são generalizáveis a todos os pacientes com carcinoma de tireoide devido ao fato dos voluntários terem sido cuidadosamente selecionados com a finalidade de cumprir, na íntegra, as instruções de proteção radiológica.

Um estudo de simulação utilizando o código de transporte de radiação Visual Monte Carlo e o Fantoma de Voxels Feminino para calcular doses eficazes de radiação em órgãos devido a RIT, concluiu que a atividade de até 11100 MBq (300 mCi) não compromete a segurança radiológica dos cuidadores e membros da família de acordo com limite de dose estabelecida pela *United States Nuclear Regulatory Commission* (USNRC) (CARVALHO et al., 2009).

Uma pesquisa realizada por Ward (2009) utilizando um modelo matemático de gráficos desenvolvidos que levaram em conta fatores de ocupação, indicou que a maioria dos pacientes não hospitalizados submetidos à RIT para o câncer da tiroide podem ser tratados de forma segura com 7400 MBq (200 mCi) ou mais.

No estudo desenvolvido por Mulazimoglu et al. (2010), com o objetivo de comparar os resultados da exposição externa dos 472 pacientes com hipertireoidismo (HT) e dos 1517 pacientes com câncer diferenciado de tireoide (CDT), com a atividade administrada para o HT foi de 1110 MBq (30 mCi) e para o CDT foi até 5550 MBq (150 mCi); observou-se que tanto para pacientes com HT quanto para pacientes com CDT, as taxas de doses efetivas, medidas à um metro, foram menores que 30 $\mu\text{Sv/h}$ em

aproximadamente 99,6% dos pacientes. No entanto, houve uma dissimilaridade dos resultados no terceiro dia entre esses grupos, pois a medição entre os pacientes com CDT foi $9,1 \pm 6,1 \mu\text{Sv/h}$ e para HT foi $13,2 \pm 6,5 \mu\text{Sv/h}$. Dessa forma apesar da atividade administrada ter sido menor para HT, a presença da glândula tireoidiana permitiu a retenção do ^{131}I por maior tempo no organismo dos pacientes.

De acordo com um estudo de Sisson et al. (2011), o qual leva em consideração, a meia vida física e frações de absorção da glândula tireoidiana, mostrou que pacientes submetidos à RIT com ^{131}I poderiam ser liberados sem exceder os limites de dose efetiva para membros da família e para indivíduos do público, conforme a USNRC, com atividades de até 2109 MBq (57 mCi) para hipertireoidismo e 5550 MBq (150 mCi) para tratamento de câncer de tireoide (SISSON et al., 2011).

O estudo realizado por Kochovska et al. (2014) avaliaram a dose efetiva de 60 acompanhantes de pacientes com câncer da tireoide e 30 acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com ^{131}I . Eles utilizaram TLD-100 e monitoraram os dois grupos de acompanhantes durante três e sete dias, respectivamente. As doses efetivas avaliadas com valor médio de 0,21 mSv (min 0,02 - max 0,51 mSv) para os familiares de pacientes com câncer de tireoide foram bem abaixo do limite estabelecido (limite de dose efetiva de 5 mSv). As doses efetivas avaliadas com valor médio em familiares de pacientes com hipertireoidismo foi de 0,87 mSv (min 0,12 – max 6,79 mSv).

No Brasil, o estudo desenvolvido por Lima et al. (1997) avaliaram a taxa de dose efetiva em pessoas que coabitavam o mesmo domicílios de pacientes com hipertireoidismo tratados com 370 MBq (10 mCi) e 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I . O Grupo foi composto por 20 pacientes, medidos a 0,3m e 1,0 m de distância da tireoide e ao redor do seu corpo, a uma distância de 0,3 m. As medidas iniciais foram realizadas com duas horas após a administração do ^{131}I . Os resultados mostraram que para os pacientes que receberam 555 MBq (15 mCi), as taxas médias de dose equivalente no primeiro dia foram de $79 \pm 37 \mu\text{Sv/h}$ e $19,7 \pm 6,2 \mu\text{Sv/h}$ a 0,3 e 1,0 m de distância da tireoide, respectivamente. Nos pacientes que receberam atividades de 370 MBq (10 mCi) as taxas médias de dose equivalente a 0,3 m e 1,0 m da tireoide foram, respectivamente, $59 \pm 12 \mu\text{Sv/h}$ e $12,10 \pm 0,71 \mu\text{Sv/h}$. Também, estimou-se a dose efetiva em pessoas que mantiveram contato com os pacientes por períodos estimados de 2, 4 e 6 horas diárias. Os resultados encontrados mostraram que a dose acumulada em um mês ultrapassou os limites dos indivíduos do público, no grupo de pacientes que receberam 555 MBq (15 mCi) e avaliadas a uma distância a 0,3 m.

Um estudo realizado por Oliveira et al. (2008) com acompanhantes de 16 pacientes com carcinoma da tireoide internados em quarto terapêutico, confirmou que a dose dos acompanhantes ao compartilharem por um período de dois dias o mesmo quarto terapêutico com os pacientes que receberam atividades de 3700 MBq (100 mCi) a 5550 MBq (150 mCi) de ^{131}I , não excede $0,51 \pm 0,02$ mSv. Assim, poderia afirmar que a dose recebida pelos acompanhantes está em concordância com os limites de dose estabelecidos no Brasil.

Sapienza et al. (2009), com a finalidade de determinar exposições em familiares de pacientes com carcinoma da tireoide submetidos a radioiodoterapia ambulatorial, realizaram uma pesquisa onde foi administrada atividades de 3700 MBq (100 mCi) a 5550 MBq (150 mCi) de ^{131}I para 20 pacientes. Ao monitorar as doses de radiação recebidas pelos 27 acompanhantes e potenciais de dose (Equivalente de Dose Ambiental) nas residências, registrou-se doses menores que 1 mSv em 96,3% e 2,8 mSv em 3,7% desses acompanhantes. Já nas residências dose foram menores que 0,25 mSv. Para contaminação das superfícies domiciliares, os níveis de liberação não ultrapassaram $4,2 \text{ Bq.cm}^{-2}$. Logo, nesse estudo não foi constatado sobre o meio-ambiente, familiares e pacientes tratados ambulatorialmente com estas atividades.

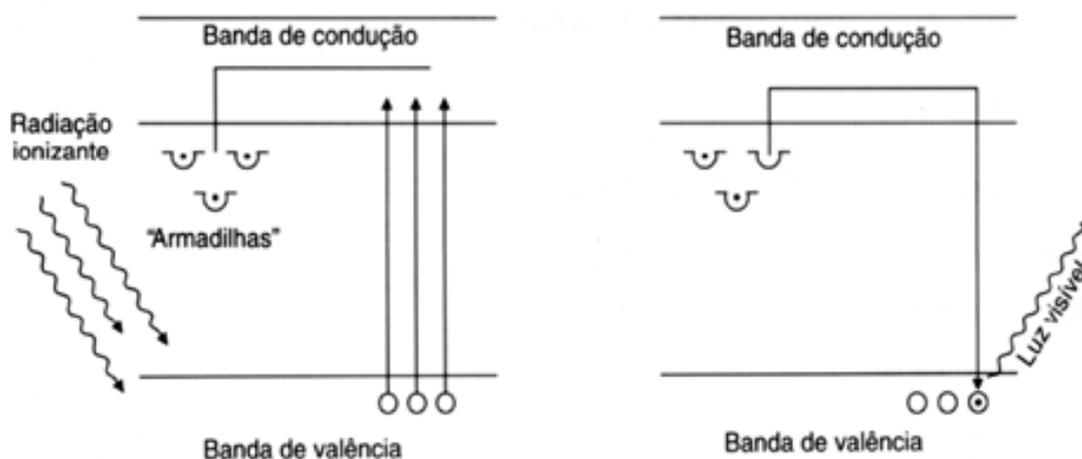
2.5. Dosimetria Termoluminescente

A termoluminescência consiste na emissão de luz decorrente da estimulação térmica do material, semicondutor ou isolante, que foi previamente irradiado (MCKEEVER, 1995). O processo de termoluminescência pode ser explicado utilizando o modelo de bandas de energias para os sólidos cristalinos. Neste modelo, os níveis energéticos condutores de cargas de um sólido cristalino são representados por bandas de energias, ou seja, regiões. Elas são bem definidas em três bandas: banda de valência, banda de condução e banda proibida (VIEGAS, 2003).

Ao expor o cristal termoluminescente (TL) à radiação ionizante, a mesma fornece energia aos elétrons que estão no estado fundamental, na banda de valência, tornando capazes de passar para a banda de condução, deixando um buraco na banda de valência (Figura 2). O elétron e o buraco podem mover-se através do cristal até que ocorram recombinações, ou a sua captura em estados metaestáveis de energia,

denominados de armadilhas e localizados na banda proibida. Estas armadilhas estão associadas às impurezas ou imperfeições na rede cristalina. Se a distância entre os níveis de energia das armadilhas e da banda de condução for suficientemente grande, existirá somente uma pequena probabilidade, por unidade de tempo, dos elétrons escaparem de suas armadilhas por excitação térmica à temperatura ambiente. A exposição à radiação continuada do material não resulta na emissão de luz imediata e sim em uma progressiva construção de pares de elétrons – buraco armadilhados (CAMERON et al., 1968). A quantidade de luz emitida pelo material no processo de aquecimento será proporcional à quantidade de energia absorvida da radiação incidente, fato este fundamental para a dosimetria TL.

Figura 2 - A termoluminescência Explicada pelo Modelo de Bandas de Energia. (a) O material é irradiado e o elétron adquire energia para mudar para a banda de condução. (b) Quando aquecido, o elétron retorna a banda de valência, havendo emissão de luz.



(a) Irradiação

(b) Aquecimento

Fonte: MACKEEVER et al. (1995).

2.5.1. TLD-100

O Cristal de Fluoreto de Lítio dopado com Magnésio e Titânio (Li:Mg,Ti) é conhecido como TLD-100. Ele resulta da fusão homogênea do Fluoreto de Lítio, Fluoreto de Magnésio e Fluoreto de Lítio e Titânio, gerando assim, uma substância contendo no máximo 180 ppm (parte por milhão) de magnésio (Mg) e 10 ppm de Titânio (Ti) como impurezas ativadoras (LEAL, 2011). O TLD-100 está disponibilizado em uma grande variedade de formas físicas, sejam elas em pó, bastão, pastilha e disco (OLIVEIRA, 2008).

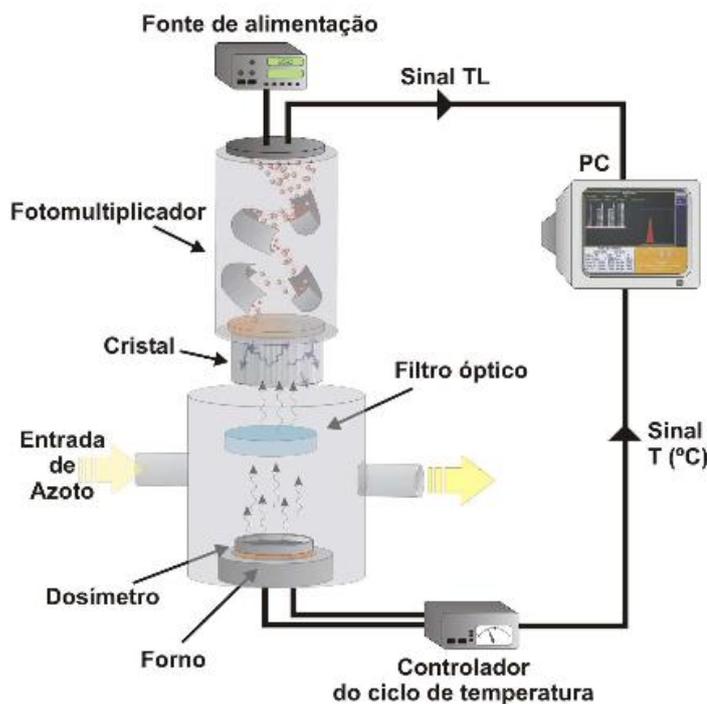
O TLD-100 é, atualmente, o dosímetro mais utilizado na dosimetria pessoal, por ser material de baixo número atômico, equivalentes ao tecido mole do corpo humano. E, diante desse motivo, são adequados para a medição de dose equivalente pessoal para partículas beta e raios gama (BARSANELLI, 2003).

O TLD-100 apresenta as seguintes características: Possui curva de termoluminescência entre 180°C e 260°C; apresenta eficiência intrínseca termoluminescente de aproximadamente 0,004%; possui grau de desvanecimento desprezível à temperatura ambiente; tem densidade de 2,64 g.cm⁻³; não é sensível à temperatura ambiente; e a linearidade da sua resposta ocorre na região linear para doses da ordem de até 6 Gy.

2.5.2. Leitora de TLD

Nos meados de 1970, os instrumentos utilizados na dosimetria termoluminescente foram projetados para ler amplo número de dosímetros automaticamente (NASCIMENTO, 2010). As Leitoras TL Harshaw Modelos 5500 e 6600 são dois exemplos dessa automação, para leitura de TLDs utilizados para estimar doses em corpo inteiro, em extremidades e em ambientes naturais. A Figura 3 esboça o esquema simplificado da leitora de TLD.

Figura 3. Esquema simplificado de uma leitora de TLDs.



Fonte: BRÁS (2006).

A leitora de TLD consiste de dois componentes principais: um leitor de TLD e um *software*, Avaliação de radiações e Sistema de Gestão (WinREMS- *Windows Based Radiation Evaluation and Management System*), instalado em um computador pessoal (PC). As funções de dosimetria são divididos entre a leitora Harshaw e *software* WinREMS no PC. Toda dosimetria de armazenamento de dados, de controle do instrumento e entradas do operador são executadas no PC e a leitora TL controla o transporte do TLD, o gás, o controle de vácuo e a aquisição de sinal TL.

O método de leitura de um TLD é simples, pois o sistema de detecção e leitura permite a conversão da quantidade de cargas coletadas (nC) pelo instrumento TL em dose absorvida, através dos fatores de calibração estabelecidos para cada pastilha dosimétrica (TLD). No tempo relativamente curto (normalmente que varia de alguns segundos a alguns minutos) o TLD é aquecido desde a temperatura ambiente até 250 °C, e a luz emitida é medida quantitativamente. Essa luz interage com um cristal cintilador, provocando várias cintilações com emissão de fótons de luz. Esses fótons irão interagir com os elétrons do cristal cintilador, promovendo o efeito fotoelétrico. Nos tubos fotomultiplicadores, os elétrons são acelerados através de uma diferença de potencial crescente e descrevem uma trajetória de modo a colidirem com os dinodos existentes

nos tubos fotomultiplicadores. Cada elétron, ao colidir com o dinodo subsequente, arranca 2 ou 3 elétrons, gerando um efeito cascata. Esse efeito permite elevar ao máximo a quantidade de elétrons que serão coletados pelo anodo, resultando numa corrente elétrica. Tendo esses valores da corrente elétrica e do tempo de aquecimento, torna-se possível calcular o valor da carga gerada em Coulombs (PAVAN, 2011).

2.6. Grandeza Operacional e de Radioproteção

2.6.1. Equivalente de dose pessoal- $H_p(10)$

A grandeza operacional para uso em monitoração individual é o equivalente de dose pessoal $H_p(10)$, que é definido como o ‘equivalente de dose’ em tecido mole, numa profundidade de 10 mm, para estimativa da dose efetiva (LIMA, 2014).

2.6.2. Equivalente de dose ambiental $H^*(10)$

O equivalente de dose ambiental, $H^*(10)$, é definido como o equivalente de dose produzido por um campo de radiação expandido e alinhado, a uma profundidade de 10 mm em uma esfera padrão recomendado pela Comissão Internacional de Unidades e Medidas (ICRU) (SOUZA, 2005).

2.6.3. Dose Equivalente (H_T)

A dose equivalente é o produto da dose absorvida média no órgão ou tecido pelo fator de ponderação da radiação (Equação 1). A unidade no sistema internacional é o Joule por quilograma (J/kg), denominada de Sievert (Sv) (CNEN-NN-3.01, 2014).

$$H_T = \sum_R W_R \times D_T \quad (1)$$

Onde, D_T é a dose absorvida média em um órgão ou tecido T e W_R é o fator de ponderação da radiação na Equação 1 (Tabela 3).

Tabela 3 - Fatores de peso das radiações.

Tipo de radiação	Energia	Fator de ponderação da radiação (W_R)
Fótons (raios-X e γ)	< 2 MeV	1
Elétrons	Todas energias	1
Nêutrons	< 10 keV	5
Nêutrons	10 keV até 100 keV	10
Nêutrons	> 100 keV até 2 MeV	20
Nêutrons	> 2 MeV até 20 MeV	10
Nêutrons	> 20 MeV	5
Fótons	> 2 MeV	5
Partículas, fragmentos de fissão e núcleos pesados		2

Fonte: CABRAL (2001).

2.6.4. Dose Efetiva (E)

Recentemente, a ICRP 103 (2007), considerando as novas informações sobre danos biológicos achou oportuna a modificação dos fatores de peso do equivalente de dose efetiva, estabelecendo o conceito de dose efetiva (E), definida como a soma ponderada das doses equivalentes H_T distribuídas pelos diversos órgãos e tecidos irradiados (Equação 2), T; e equivale ao produto: ($J/kg \times W_R \times W_T$), onde Joule é a unidade de trabalho ou energia.

$$E = \sum_T W_T \times H_T = \sum_T W_T \times \sum_R W_R \times D_T \quad (2)$$

Onde:

W_T – representa a radiosensibilidade do tecido para o desenvolvimento dos efeitos deletérios devido a radiação. Como W_T não tem dimensão, a unidade da dose equivalente é a mesma que para a dose equivalente efetiva, o Sievert.

Os valores de W_T em vigor atualmente no Brasil, que podem ser usados na Equação 2 constam nas Tabelas 4.

Tabela 4. Fatores de ponderação de tecidos e ou órgãos.

Tecido ou Órgão	W_T
Cólon	0,12
Estômago	0,12
Medula vermelha	0,12
Pulmões	0,12
Mama	0,05
Tireoide	0,05
Restantes de tecidos ¹	0,05
Bexiga	0,05
Esôfago	0,05
Fígado	0,05
Superfície óssea	0,01
Pele	0,01
Gônadas	0,20
Corpo inteiro	$\Sigma=1$

Fonte: NORMA CNEN-NN 3.01, 2013.

Logo, os critérios para cálculo de dose efetiva, a partir da monitoração individual é o somatório da dose efetiva devida à exposição externa e da dose efetiva comprometida durante qualquer período de tempo t , proveniente da incorporação de radionuclídeos. A dose efetiva é estimada pela expressão (Equação 3):

$$E = H_p(10) + \sum_j e(g)_{j,ing} I_{j,ing} + \sum_j e(g)_{j,ina} I_{j,ina} \quad (3)$$

Onde:

$H_p(10)$ é o equivalente de dose pessoal em um tecido mole, obtido pelo monitor individual usado no ponto mais exposto do tórax, durante o tempo t de radiação R . Os termos $e(g)_{j,ing}$ e $e(g)_{j,ina}$ são coeficientes de dose para ingestão e inalação de radionuclídeos j pelo grupo etário g . Os termos $I_{j,ing}$ e $I_{j,ina}$ são incorporações por ingestão e inalação, respectivamente, do radionuclídeo j durante o período de tempo t (CNEN-NN-3.01/005, 2011).

¹Restantes de tecidos: glândulas suprarrenais, cérebro, intestino grosso, intestino delgado, rins, pâncreas, baço, timo e útero.

Considera-se que a dose efetiva (E) é igual à dose equivalente (H) multiplicado pelo fator de ponderação de tecidos para corpo inteiro, ou seja, 1). A dose efetiva (E), também, é equivalente ao equivalente de dose pessoal- $H_p(10)$, conforme a Posição Regulatória 3.01/005, 2011.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo experimental do presente trabalho foi pautado num estudo prospectivo, tipo série de casos que foi realizado no Serviço de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC-UFPE) e nas residências dos pacientes selecionados para a pesquisa. Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde-UFPE envolvendo seres humanos, conforme o Parecer Consubstanciado nº 4135116 (Anexo A), foram selecionados pacientes hipertireoideos submetidos à radioiodoterapia com ^{131}I no período de dezembro de 2013 a janeiro de 2015.

Foram incluídos pacientes portadores de hipertireoidismo e acompanhantes (familiares), que concordaram em participar do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A). Foram excluídos os pacientes: menores de 18 anos e/ou morassem longe da região metropolitana e/ou não residiam com familiares. Além disso, aqueles cujos acompanhantes fossem menores de 18 anos ou gestantes.

3.1. Seleção dos pacientes

Foi realizado um levantamento do número de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia ambulatorial, no HC-UFPE. Em seguida, os pacientes selecionados foram entrevistados para saber quantos integrantes residiam em seus domicílios. Vale salientar que deveria ter no mínimo um e no máximo quatro acompanhantes que convivessem no ambiente familiar desses pacientes selecionados.

Em seguida, os pacientes foram orientados com uma lista de informações médicas e de proteção radiológica durante a entrevista com médico nuclear e físico-médico do Serviço de Medicina Nuclear, conforme Anexos B e C, respectivamente.

Para assegurar que as avaliações de doses efetivas e equivalentes de dose ambiental fossem representativas com relação às exposições sofridas pelos indivíduos e os ambientes monitorados, respectivamente; foi solicitado que os pacientes não

alterassem suas rotinas diárias, com exceção dos seguintes cuidados: dormir em quartos isolados; evitar manipular alimentos; exceto para consumo próprio; e reforçou-se a evitar permanecer por horas no mesmo ambiente que seus familiares durante os três primeiros dias subsequentes à administração da terapia.

Vale ressaltar, que não houve interferência da pesquisadora (Física) responsável, diante de qualquer situação de cuidados de radioproteção, durante a monitoração na casa do paciente; para que não fossem gerados dados sob regime de interferência e assim avaliar a realidade do comportamento dos indivíduos envolvidos no estudo.

Os pacientes foram divididos em três grupos de acordo com atividade recebida em seu tratamento para mensuração e avaliação da radiação emitida:

- Grupo I – Nove pacientes submetidos à radioiodoterapia com atividades de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I e treze acompanhantes.
- Grupo II – Sete pacientes submetidos à radioiodoterapia com atividades de 740 MBq (20 mCi) de ^{131}I e nove acompanhantes.
- Grupo III – Nove pacientes submetidos à radioiodoterapia com atividades de 1110 MBq (30 mCi) de ^{131}I e quatorze acompanhantes.

3.2. Dosimetria do paciente

3.2.1. Métodos e período de monitoração

Foi realizado um estudo-piloto com o primeiro paciente para avaliar as condições operacionais e o desempenho dos equipamentos e, a partir do aperfeiçoamento de cada método, foi estabelecido o protocolo de monitoração específico.

O período de monitoramento das doses efetivas e equivalentes de dose ambiental foi de seis dias consecutivos, pois se considerou o tempo de uma meia vida efetiva média de paciente com hipertireoidismo tratado com ^{131}I , de 5,2 dias (MATTSSON;

HOESCHEN, 2013). A grande dificuldade para realizar a monitoração nos domicílios dos pacientes estudados, também limitou esse período de avaliação.

3.2.2. Monitoração da taxa de dose equivalente e nível de contaminação domiciliar

Para a realização do monitoramento da taxa de dose equivalente do paciente e da contaminação dos materiais e objetos localizados em sua residência foi utilizado um detector Geiger-Muller MRA IEN (MIR-7028) do Pronto Socorro Cardiológico de Pernambuco da Universidade de Pernambuco (PROCAPE-UPE), calibrado no Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes – LMRI – DEN/ UFPE, em 05/08/2015 (Anexo D).

3.2.2.1. Monitoração da taxa de dose equivalente

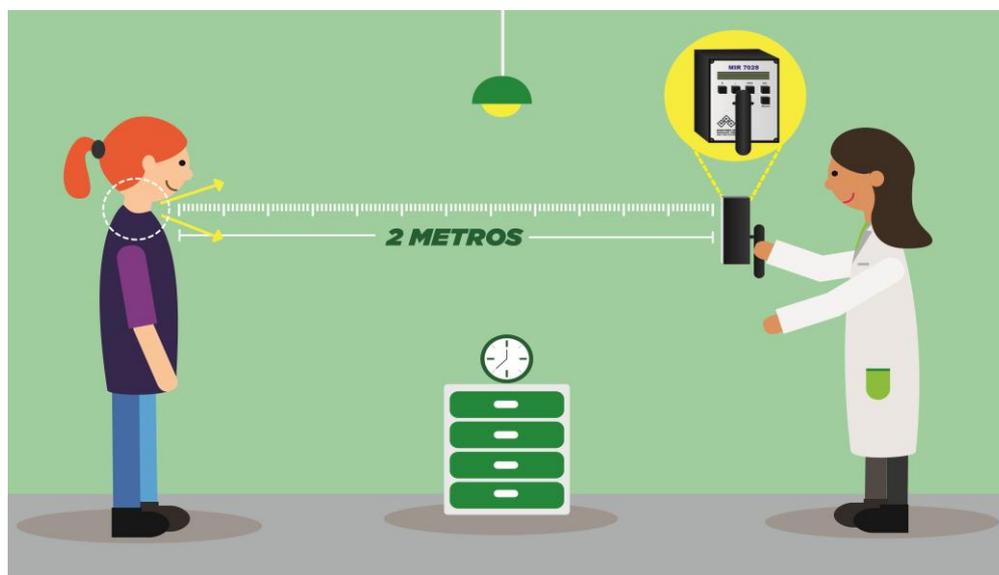
Primeiramente, a monitoração da taxa de dose equivalente foi realizada, nas residências dos pacientes antes da RIT, para verificar e registrar a medição da radiação de fundo desses locais (Basal ou BG).

Em seguida, a taxa de dose equivalente foi medida, no Serviço de Medicina Nuclear, logo após a administração do ^{131}I ao paciente.

Já, no ambiente domiciliar, após o paciente ter sido submetido à RIT, foi verificada sua taxa de dose equivalente do primeiro até o sexto dia de acompanhamento.

Para esses procedimentos, a monitoração foi realizada com o monitor Geiger-Muller, calibrado em taxa de dose equivalente, a partir de 2,0 m do paciente (distância recomendada pela CNEN para liberação de pacientes), na direção da tireoide dele (Figura 4).

Figura 4 - Monitoração da taxa de dose equivalente do paciente medido com Geiger Muller, na direção da tireoide dele a uma distância de 2,0 m.



Fonte: autor.

3.2.2.2. Monitoração da taxa de contaminação e cálculo de atividade na superfície de objetos e materiais

Para o monitoramento de contaminação de materiais e objetos utilizados pelos pacientes em tratamento, considerou-se que valores até 100 contagens por minuto (cpm) correspondem à radiação de fundo (BG/*background*), representando níveis aceitáveis para o ambiente.

Para estimar a contaminação superficial de objetos e materiais dos pacientes admitiu-se que a região a ser monitorada e registrada, era onde apresentasse o maior valor de detecção de contaminação. Os objetos e materiais foram monitorados por seis dias consecutivos.

Com os resultados obtidos da taxa de contaminação (cpm), medido pelo detector Geiger Muller, realizou-se o cálculo de atividade em superfície monitorada (A) em Bq.cm⁻² (Equação 4) (LMRI-DEN/UFPE, 2012):

$$A = \frac{C-C_0}{E.W} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

C - é a leitura do instrumento (cps)

C₀ - é a leitura de radiação de fundo (cps)

E - é a eficiência (%) foi fornecida pelo certificado de calibração

W - é a área da janela do detector que é de 196 cm²

3.3. Dosimetria do acompanhante

3.3.1. Dose efetiva no acompanhante de paciente, obtidas por meio de TLD-100

3.3.1.1. Especificação e implantação do TLD-100

Para realização desse estudo foi utilizado o sistema dosimétrico fabricado pela Harshaw-Bicron, em que consiste em um “Badge” (porta-dosímetro) de plástico. Nele está inserido um cartão composto por quatro cristais termoluminescentes envolvidos entre duas folhas de teflon (PTFE) de espessura 10 mg.cm⁻², e montados em uma placa de alumínio, Figura 5. Foram utilizados 50 TLDs-100 desse tipo, para dosimetria pessoal.

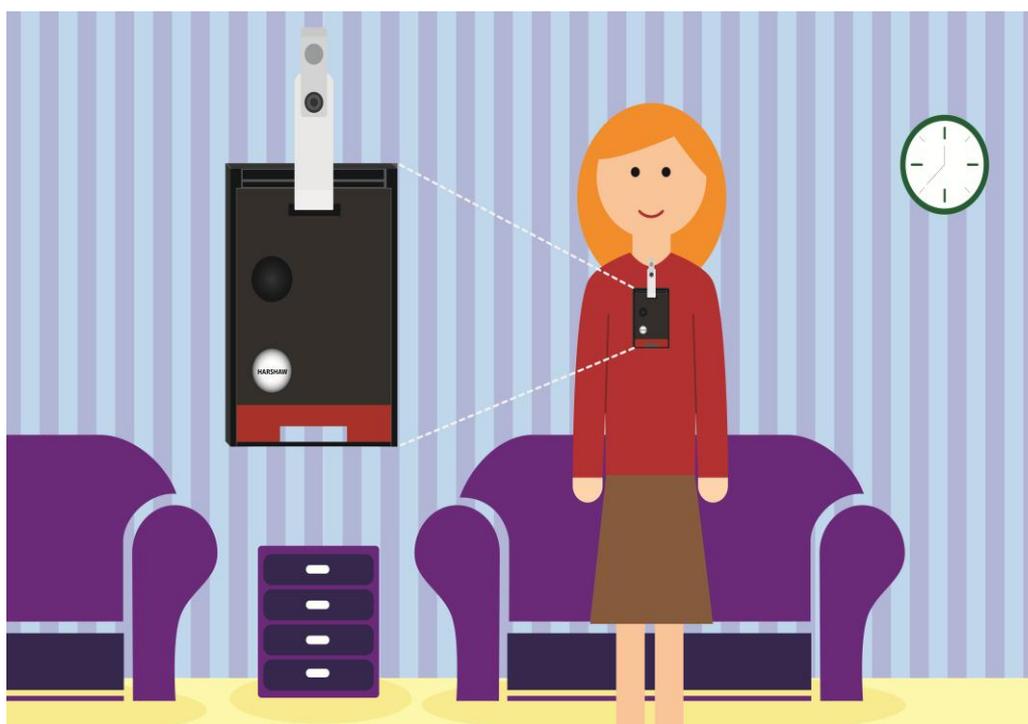
Figura 5 - Sistema dosimétrico (TLD-100) utilizado para dosimetria do acompanhante, (1) cartão dosimétrico composto por quatro cristais termoluminescentes e (2) “Badge”.



Fonte: autor.

Os acompanhantes dos pacientes foram orientados a colocar o TLD-100 na posição do tórax (Figura 6), logo após a chegada do paciente, que foi submetido à RIT ambulatorial, na residência por um período de seis dias, retirando-o apenas para banho e quando não estivesse no ambiente domiciliar. Além disso, quando eles não estavam utilizando os TLD-100, os mesmos ficavam acondicionados em um caixote de madeira em local livre de radiação.

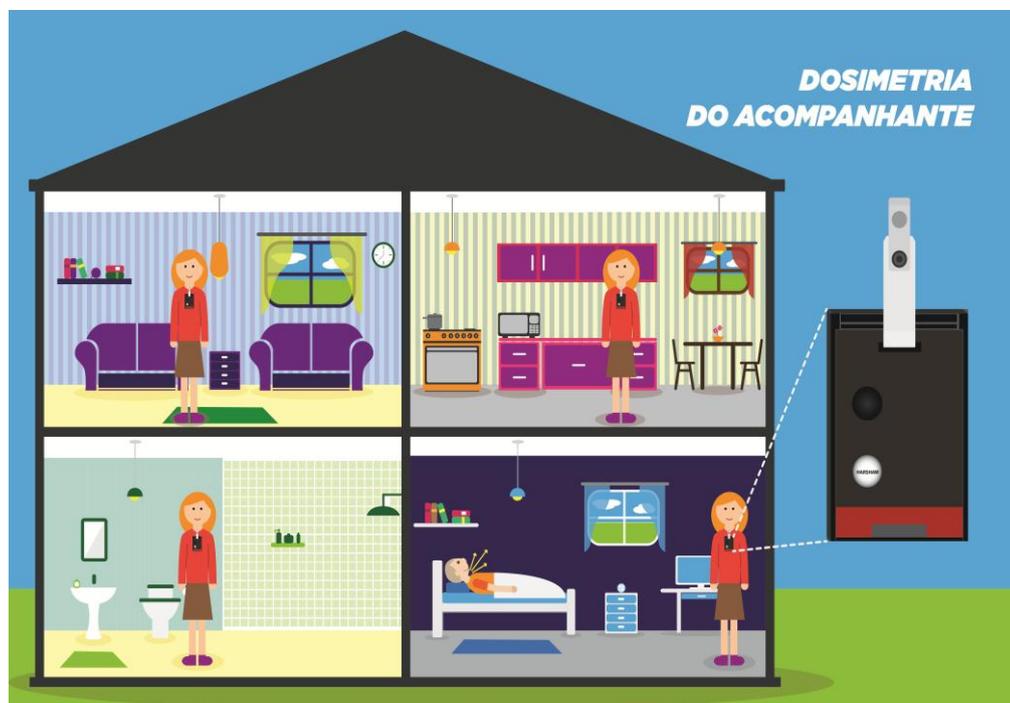
Figura 6 - Ilustração do posicionamento do TLD-100 no tórax do acompanhante.



Fonte: autor.

Os TLDs-100 foram utilizados pelos acompanhantes que se mantiveram na rotina diária de convívio do paciente (Figura 7), para estimar o equivalente de dose pessoal Hp (10).

Figura 7 - Esquema utilizado para estimativa do equivalente de dose pessoal- Hp(10) dos acompanhantes na residência de pacientes hipertireoideos que receberam radioiodoterapia ambulatorial.



Fonte: autor.

Com o valor do equivalente de dose pessoal - Hp(10) obtido pelo TLD-100 posicionado no acompanhante, foi possível definir o valor de dose efetiva (item 2.6.4). Esse procedimento foi realizado, pois, geralmente, a literatura científica apresenta a dose em acompanhante expressas em termos de dose efetiva.

3.4. Dosimetria ambiental

3.4.1. Especificação e implantação do TLD-100

Para realização desse estudo foi utilizado TLD-100 na forma de “chip” de dimensões de $3.2 \times 3.2 \times 0.9 \text{ mm}^3$. Foram utilizados 48 TLDs-100 desse tipo

(distribuídos em triplicatas para se fazer a média e achar um valor mais fidedigno), para dosimetria ambiental, Figura 8.

Figura 8 - Sistema dosimétrico de TLD-100 em formato de chip usado para dosimetria ambiental.



Fonte: autor.

O TLD-100 foi colocado nos ambientes mais frequentados pelos pacientes (posicionado na parede), como: o quarto de dormir, a sala de estar, a cozinha e o banheiro. Desta forma, o equivalente de dose ambiental - H^* foi estimada dentro da residência de pacientes hipertireoideos submetidos à RIT ambulatorial, durante seis dias de monitoração, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Esquema utilizado para estimativa do equivalente de dose ambiental nas residências de pacientes hipertireoideos.



Fonte: autor.

3.5. Procedimentos para a seleção e calibração dos TLDs-100

3.5.1. Dosimetria do Acompanhante

Inicialmente, para escolha dos TLDs-100, a partir de um lote específico com 50 desses, foi realizado o tratamento térmico pré-irradiação na própria Leitora TL Harshaw modelo 6600 e em seguida foram irradiados por três vezes por uma fonte radioativa interna da leitora. Após esse procedimento foram efetuadas as leituras e calculou-se a média delas. Separou-se um lote de 10 TLDs mais próxima da dose teórica real, cujos desvios padrão de leituras estivessem compreendidos em $\pm 10\%$.

Após essa seleção foi gerado o coeficiente de correção (ECC- *Element Correction Coefficients*) de cada TLD, conforme Equação 9; com a finalidade de gerar os TLDs-100 de calibração (Equação 5).

$$ECC = \frac{\bar{Q}}{Q_n} \quad (5)$$

Onde:

\bar{Q} representa a média das cargas e Q_n o valor irradiado do TLD, ambos medidos em nC.

Após a escolha dos TLDs de acordo com os seus ECCs, foram irradiados com a fonte ^{137}Cs do Laboratório de Metrologia da Comissão Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) com equivalente de dose pessoal - Hp(10) de 5 mSv, para gerar o fator de calibração para a leitora (RCF- *Reader Calibration Factor*), conforme Equação 6:

$$RCF = \frac{\bar{Q}}{D} \quad (6)$$

Onde:

\bar{Q} representa a média das cargas.

D é o valor da dose teórica utilizada na irradiação dos dosímetros.

Após ter gerado o fator de calibração para a Leitora, os TLDs-100 foram irradiados com uma fonte ^{137}Cs com equivalente de dose pessoal - Hp(10) de 5 mSv do Laboratório de Metrologia da Comissão Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE). Com isso, foi gerado o coeficientes de correção (ECC- *Element Correction Coefficients*), com finalidade de obter os TLDs-100 de campo.

3.5.2. Dosimetria Ambiental

Inicialmente, para escolha dos TLDs de dosimetria ambiental, a partir de um lote específico, eles foram submetidos ao tratamento térmico pré-irradiação com temperatura 400°C durante três horas e mais uma hora a 100°C. Esse procedimento foi realizado no forno PTW-TLDO, fabricado pela BICRON-NE da Comissão Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE).

Após o tratamento térmico, os TLDs foram irradiados por uma fonte de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ localizado no irradiador da marca Harshaw/Bicron, modelo 2210. Em seguida, foram lidos na Leitora TL da Harshaw modelo QS 5500, com objetivo de selecionar os TLDs que melhor respondam a dose teórica (os TLDs foram irradiados e lidos por três vezes).

Após essa seleção foi gerado o coeficientes de correção do elemento (ECC- *Element Correction Coefficients*) de cada TLD, conforme a Equação 7; com finalidade de gerar os TLDs de calibração.

$$\text{ECC} = \frac{\bar{Q}}{Q_n} \quad (7)$$

Onde:

\bar{Q} representa a média das cargas e Q_n o valor irradiado do TLD, ambos medidos em nC.

Após a escolha dos TLDs de acordo com os seus ECCs, foram irradiados com a fonte ^{137}Cs do CRCN-NE a um equivalente de dose ambiental- H* de 5 mSv do Laboratório de Metrologia da Comissão Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE), para gerar o fator de calibração para a leitora (RCF- *Reader Calibration Factor*), conforme Equação 8:

$$\text{RCF} = \frac{\bar{Q}}{D} \quad (8)$$

Onde:

\bar{Q} representa a média das cargas

D é o valor da dose teórica utilizada na irradiação dos dosímetros.

Após ter gerado o fator de calibração para a Leitora, os TLDs foram irradiados com uma fonte ^{137}Cs a um equivalente de dose ambiental- H^* de 5 mSv do Laboratório da Comissão Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE). Com isso, foi gerado o coeficientes de correção (ECC- *Element Correction Coefficients*), com finalidade de obter os TLDs-100 de campo.

3.5.3. Sistema de Leitura

Para realização do estudo foram utilizados duas leitoras *Harshaw Automated TLD Card Reader Workstation*, Modelo 6600 e Modelo 5500. Esses equipamentos são automatizados. Em nosso estudo, o primeiro modelo desse equipamento foi utilizado da leitura dos dosímetros utilizados na monitoração dos acompanhantes. Na monitoração da dosimetria ambiental, os TLDs foram lidos pela Harshaw 5500.

O sistema dessa leitora consiste em dois componentes principais: o leitor TLD e um *software* (WinREMS) inserido em um computador pessoal, o qual está conectado ao leitor por meio de uma série de portas de comunicação.

O sistema de aquecimento da leitora TL usa uma corrente de gás de nitrogênio, que aquece simultaneamente uma ou duas posições do cartão para o modelo Harshaw 6600. Já para a Leitora Harshaw 5500 o sistema só permite uma leitura por vez (SISTEMA DE DOSIMETRIA HARSHAW, 2001).

3.6. Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk é um reconhecido como teste de desvio de normalidade, desenvolvido em 1965 por Samuel Shapiro e Martin Wilk. A estatística deste teste conhecida como a estatística-w é dada pela Equação 9 (SAMPAIO, 2013):

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(9)

Onde:

x_i são os valores da amostra ordenados. Menores valores de w indicam que os dados são normais. A constante b é determinada da seguinte forma pela Equação 10 (SAMPAIO, 2013):

$$b = \sum_i^{n/2} a_{n-i} X [x_{n-i} + 1 - x_i]$$

(10)

Análise de Variância (ANOVA) é técnica estatística que permite avaliar afirmações sobre as médias de grupos, ou seja, testar a igualdade de duas ou mais médias populacionais, baseado na análise de variâncias amostrais. As hipóteses nula e alternativa a se testar foram; H_0 – médias populacionais são iguais e H_1 – ao menos um das médias populacionais é diferente das demais. Pode-se admitir o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) (TIMOSSI, 2009).

Primeiramente, foi realizado um teste de normalidade para verificar se há distribuição normal dos dados, pelo teste Shapiro-Wilk. A seguir, foi realizado o teste de ANOVA, versão 18 do software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), com o objetivo de avaliar o nível de significância entre as variáveis de Equivalentes de Doses Ambientais do quarto, sala, cozinha e banheiro correlacionadas às atividades administradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dosimetria do paciente

4.1.1. Características sócio-educativo-demográficas de pacientes com hipertireoidismo submetidos à radioiodoterapia

Um total de vinte e cinco pacientes participaram deste estudo, sendo vinte e dois do sexo feminino (89%) e três (11%) do sexo masculino. A distribuição por faixa etária de pacientes hipertireóideos entre os 41 e 60 anos correspondeu aos maiores índices (44,4%), conforme Tabela 5. Estes resultados estão em concordância com aqueles apresentados na literatura, onde a faixa etária dos pacientes com hipertireoidismo está inserida na quinta década, sendo mais frequente em mulheres (13 mulheres para cada 1 homem) (PANAROTTO et al, 2006). Apenas, 5,5% dos pacientes tinham ensino superior completo, o que provavelmente dificultou o entendimento das recomendações repassadas sobre radioproteção.

Dessa forma, o nível de instrução se torna um aliado ou não para uma melhor compreensão do tratamento, antes, durante e após a terapia a nível ambulatorial. Isso, talvez, possa ser justificado pelo fato de que quando se detêm de conhecimentos sobre o assunto abordado, possa não ser um fator ponderante; pois os pacientes poderão achar que o nível de exposição à radiação ionizante seja tão mínima em comparação a grandes desastres radiológicos que não minimizem tão quanto o possível a exposição aos seus familiares.

Em relação à ocupação, 50 % dos pacientes não estavam desempenhando nenhuma atividade profissional. A renda familiar mensal dos indivíduos da pesquisa foi representada por até um salário mínimo para 55,5% deles e de 2 a 4 salários para o restante. Em relação ao número de acompanhantes, o estudo apresentou uma ocorrência de 3 a 4 pessoas (72,2%) que residiam com o paciente. Essa observação é um dado importante, pois é conhecido que, quanto maior a população que reside com o doente em tratamento, maior a quantidade de pessoas expostas à radiação ionizante.

Tabela 5 - Características sócio-educativo-demográficas dos pacientes hipertireóideos submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com ^{131}I .

	VARIÁVEL	FREQUÊNCIA
Sexo	Masculino	11,12%
	Feminino	88,88%
Idade	18-40 anos	38,88%
	41-60 anos	44,44%
	> 60 anos	16,68%
Estado Civil	Solteiro	33,33%
	Casado	37,51%
	Divorciado	12,50%
	Viúvo	16,66%
Escolaridade	Analfabeto	5,55%
	Fundamental	16,66%
	Médio	72,22%
	Superior	5,55%
Trabalho	Sim	50%
	Não	50%
Renda Mensal Familiar	1 Salário	55,55%
	2-4 Salários	44,45%
	5-10 Salários	0%
	> 10 Salários	0%
Nº de Moradores	< 2 Moradores	27,77%
	3- 4 Moradores	72,23%
Nº de Cômodos	< 3 Cômodos	5,56%
	4-8 Cômodos	88,88%
	> 9 Cômodos	5,56%

4.1.2. Taxa de dose equivalente de pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com ^{131}I

A Tabela 6 apresenta as medidas de taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóideos com doença de Graves, que foram submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade fixa de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I . As médias das taxas de doses equivalentes foram de: $0,04 \pm 0,00 \mu\text{Sv/h}$, $6,90 \pm 3,18 \mu\text{Sv/h}$, $5,64 \pm 2,63 \mu\text{Sv/h}$,

4,91 \pm 2,35 μ Sv/h, 4,39 \pm 2,52 μ Sv/h, 3,31 \pm 1,56 μ Sv/h, 2,58 \pm 1,95 μ Sv/h; para os dias: basal, 1º dia, 2º dia, 3º dia, 4º dia, 5º dia, 6º dia, respectivamente. Os resultados apresentados nessa Tabela mostraram um decréscimo aproximadamente uniforme das taxas de doses equivalentes verificadas do 1º ao 6º dia de monitoração dos pacientes; exceto, o caso do paciente 2, onde o decréscimo foi significativo entre o 1º e o 2º dia, com 51% de diferença entre as taxas de doses equivalentes. Isso pode ter ocorrido pelo fato dele ter seguido as instruções de radioproteção de forma excessiva (ingestão de água), ou ser paciente mais jovem e do sexo masculino, fatores preditores de maior excreção do material radioativo administrado (ICRP 72). Já os pacientes 4 e 7 foram os que tiveram maior retenção de ^{131}I entre o 1º e o 2º dia com 16% e 10% de diferença entre as taxas de doses equivalentes, respectivamente; fato talvez justificado pela maior faixa etária (60 anos) (MATTSSON; HOESCHEN, 2013).

Tabela 6 - Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóides com doença de Graves, submetidos à RIT com atividades fixas de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I .

PACIENTE	Taxa de dose (μ Sv/h)						
	Basal	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
P ₁	0,05	5,80	5,44	4,33	4,74	3,35	2,23
P ₂	0,05	10,24	5,08	4,60	3,96	2,54	2,09
P ₃	0,04	4,34	4,22	4,00	3,10	1,89	0,88
P ₄	0,04	11,60	9,74	8,32	7,37	7,24	6,98
P ₅	0,04	4,50	4,11	3,80	3,35	2,72	2,41
P ₆	0,05	3,69	2,78	2,23	2,01	2,05	1,51
P ₇	0,04	10,81	9,72	8,85	8,46	5,97	3,77
P ₈	0,05	3,97	2,86	2,34	0,59	0,35	0,27
P ₉	0,05	7,17	6,88	5,78	5,95	3,74	2,98
Média	0,04	6,90	5,64	4,91	4,39	3,31	2,58
Desv.Padrão	0,00	3,18	2,63	2,35	2,52	1,56	1,95

A Tabela 7 apresenta as medidas de taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóides com doença de Graves, submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividades fixas de 740 MBq (20 mCi) de ^{131}I . As médias encontradas para taxas de doses equivalentes foram de: 0,04 \pm 0,00 μ Sv/h, 7,82 \pm 1,96 μ Sv/h, 4,90 \pm 1,31 μ Sv/h,

4,08 ± 1,13 µSv/h, 3,14 ± 1,13 µSv/h, 2,77 ± 1,25 µSv/h, 2,21 ± 1,23 µSv/h; para os dias: basal, 1º dia, 2º dia, 3º dia, 4º dia, 5º dia, 6º dia, respectivamente. Ao analisar a Tabela, observou-se que os pacientes 11, 14 e 15 tiveram taxas de doses equivalentes superiores aos demais. Esses pacientes tinham a massa tireoidiana acima de 42 gramas e captação de ¹³¹I acima de 60%, o que deve ter contribuído para um maior volume de retenção do ¹³¹I e assim uma maior taxa de dose equivalente de radiação ionizante. Observou-se, também, que os pacientes 11 e 15 tiveram um decréscimo das taxas de dose equivalente entre 1º e 2º dia, com 49% e 57% de diferença, respectivamente. Isso pode ter ocorrido pelo fato dele ter seguido as instruções de radioproteção de forma excessiva (ingestão de água).

Tabela 7 - Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóides com doença de Graves, submetidos à RIT com atividades fixas de 740 MBq (20 mCi) de ¹³¹I.

PACIENTE	Taxa de dose (µSv/h)						
	Basal	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
P ₁₀	0,04	5,18	3,39	3,38	3,11	2,77	2,47
P ₁₁	0,04	10,56	5,30	4,88	3,74	3,23	2,56
P ₁₂	0,04	5,70	5,82	5,55	4,7	4,41	3,68
P ₁₃	0,05	6,27	3,44	3,44	1,36	1,00	0,49
P ₁₄	0,04	9,55	7,32	5,44	5,01	4,38	3,92
P ₁₅	0,04	9,48	4,03	3,57	2,73	2,34	1,58
P ₁₆	0,04	8,00	5,00	2,30	1,33	1,27	0,79
Média	0,04	7,82	4,9	4,08	3,14	2,77	2,21
Desv.Padrão	0,00	1,96	1,31	1,13	1,13	1,25	1,23

Na Tabela 8 foram apresentadas as medidas de taxas de dose equivalentes de pacientes hipertireóides com doença de Plummer submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividades fixas de 1110 MBq (30 mCi) de ¹³¹I. As taxas de doses equivalentes médias foram de: 0,04 ± 0,00 µSv/h, 18,08 ± 6,57 µSv/h, 10,64 ± 4,56 µSv/h, 8,77 ± 4,01 µSv/h, 7,37 ± 3,86 µSv/h, 5,56 ± 2,74 µSv/h, 3,86 ± 1,89 µSv/h; para os dias: basal, 1º dia, 2º dia, 3º dia, 4º dia, 5º dia, 6º dia, respectivamente. Os resultados apresentados na Tabela 7 mostraram um decréscimo uniforme das taxas de dose equivalentes verificadas entre o 1º e 6º dia de monitoração dos pacientes; exceto, o caso dos pacientes 17, 18 e 19, onde o decréscimo foi significativo do 1º e do 2º dia,

com diferença de 56%, 45% e 68% das taxas de doses equivalentes, respectivamente. Isso deve ter ocorrido, provavelmente, pelo fato delas pertencerem à faixa etária de jovens, contribuindo com uma rápida eliminação do ^{131}I . Sabe-se que a faixa etária de adultos jovens (de 20-39 anos) é um fator que influencia em uma menor retenção do material radioativo administrado (MATTSSON & HOESCHEN, 2012). O paciente 24 relatou que durante o acompanhamento fez a ingestão de muito líquido, fator de rápida eliminação do ^{131}I e de uma redução significativa da taxa de dose efetiva do 1º para o 2º dia, com 62% de diferença das taxas de doses equivalentes. Uma observação mais detalhada deve ser dada a paciente 25, considerada a mais vulnerável socialmente do grupo, por ser analfabeta, residir no exíguo espaço de dois cômodos e ter renda familiar de um salário mínimo. Ela apresentou a maior taxa de dose efetiva do grupo. Além do mais, ela tem mais de 50 anos e uma massa tireóidea maior do que 30 gramas, retendo assim maior concentração de ^{131}I . Outro ponto averiguado foi que a paciente teve uma brusca eliminação do material radioativo do 1º para o 2º dia, com 53% de diferença entre as taxas de dose. Após tratamento, ela apresentou diarreia, o que pode ter levado a esse comportamento da taxa de dose equivalente. A mesma paciente apresentou brusca redução da taxa de dose equivalente entre 5º e 6, com 74% de diferença entre as taxas de doses equivalentes. Isso pode ser justificativo, pelo da paciente ter ingerido bastante líquido, devido à diarreia que se agravou nesse período.

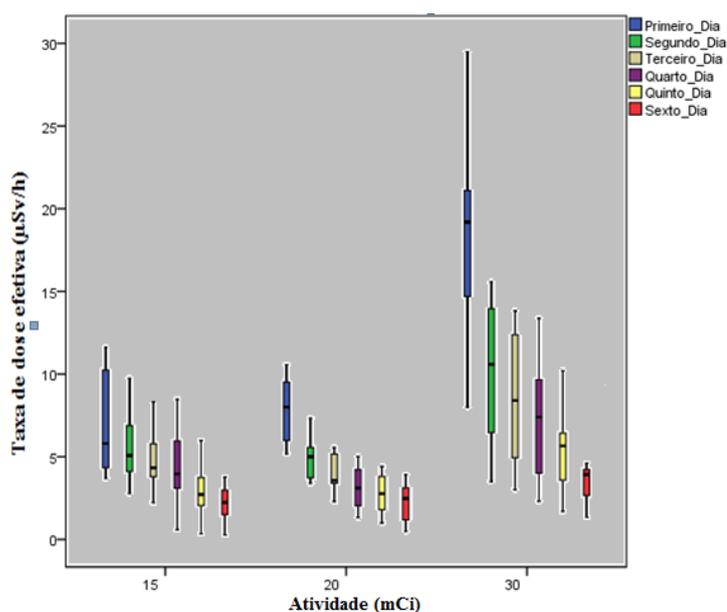
Sabe-se que pacientes com doença de Plummer têm menor captação tireoidiana em comparação aos pacientes com doença de Graves (KANNAN, 2013). Por esse motivo, as taxas de doses equivalentes tenderiam a ser menores em comparação aos pacientes com Graves. Contudo, notou-se que as taxas de doses equivalentes dos pacientes com doença de Plummer foram maiores do que aquelas verificadas para pacientes com doença de Graves. Este fato está associado a maior atividade administrada aos pacientes em relação aos portadores da doença de Graves. Outro motivo que justifica tal fato é a deionização, a produção e a consequente eliminação do ^{131}I são mais acentuadas em pacientes com DG, seguidos daqueles acometidos por nódulos tóxicos (DP) (KRAUSE et al., 2007).

Tabela 8. Taxa de dose equivalente de pacientes hipertireóideos com doença de Plummer, submetidos à RIT com atividades fixas de 1110 MBq (30 mCi) de ^{131}I .

PACIENTE	Taxa de dose ($\mu\text{Sv/h}$)						
	Basal	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
P ₁₇	0,04	8,00	3,50	3,01	2,31	1,70	1,34
P ₁₈	0,05	19,22	10,59	8,40	7,40	5,86	3,92
P ₁₉	0,05	14,70	4,75	4,66	4,01	3,59	3,45
P ₂₀	0,05	19,19	15,24	12,37	9,16	6,42	4,22
P ₂₁	0,05	17,10	12,40	10,70	9,65	8,69	8,10
P ₂₂	0,05	23,58	15,56	13,34	11,18	5,66	4,03
P ₂₃	0,04	10,34	6,47	4,94	2,56	2,48	2,43
P ₂₄	0,05	21,10	7,93	7,76	6,75	5,45	4,61
P ₂₅	0,04	29,49	13,96	13,82	13,36	10,20	2,66
Média	0,04	18,08	10,64	8,77	7,37	5,56	3,86
Desv.Padrão	0,00	6,57	4,56	4,01	3,86	2,74	1,89

A Figura 10 resume os dados das Tabelas 5, 6 e 7. Observou-se que todos os pacientes estudados mantiveram a retenção do material radioativo na glândula tireoide. Os pacientes com essa patologia, por possuírem a tireoide intacta apresentam maior captação e eliminação orgânica mais lenta do ^{131}I , diferentemente dos pacientes com cânceres que realizaram a tireoidectomia total (SAPIENZA et al, 2009).

Figura 10 - Comportamento das taxas de doses equivalentes durante seis dias em função da atividade administrada.



Fonte: autor.

No estudo de Mulazimoglu et al. (2010) com o objetivo de comparar os resultados da exposição externa pelos 472 pacientes com hipertireoidismo (HT) e 1517 pacientes com câncer diferenciado de tiróide (CDT); encontram as taxas de doses dos doentes com CDT de $9,1 + 6,1 \mu\text{Sv/h}$ e para HT de $13,2 + 6,5 \mu\text{Sv/h}$. Outro estudo desenvolvido por Lima et al. (1997) que avaliaram a taxa de dose recebida pelas pessoas que convivem com pacientes de hipertireoidismo, mostraram que para os pacientes que receberam 555 MBq (15 mCi), as taxas médias de dose equivalente no primeiro dia foram de $79 \pm 37 \mu\text{Sv/h}$ e $19,7 \pm 6,2 \mu\text{Sv/h}$ a 0,3 e 1,0 m de distância da tiroide, respectivamente. Os pacientes que receberam atividades de 370 MBq (10 mCi) as taxas médias de dose equivalente a 0,3m e 1,0m da tiroide foram, respectivamente, $59 \pm 12 \mu\text{Sv/h}$ e $12,10 \pm 0,71 \mu\text{Sv/h}$. Embora, os estudos tivessem metodologias diferentes para avaliação das taxas de doses em relação ao presente estudo, os resultados encontrados pelo mesmo estão na mesma ordem de grandeza desses.

4.1.3. Monitoramento de objetos e materiais de pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial, no ambiente domiciliar.

Foi realizada uma busca detalhada na literatura científica sobre resultados de monitorações de objetos/materiais de pacientes com hipertireoidismo, tratados com atividades de 15, 20 e 30 mCi de ^{131}I ; porém, foi constatado que há uma escassez de dados da temática estudada. Portanto, os resultados das monitorações do presente estudo, auxiliará no estabelecimento de parâmetros de decisões mais coerentes quanto às instruções de radioproteção. Dentre os objetos e/ou materiais avaliados, os mais críticos são as roupas, a pia e o piso (ralo).

Os pacientes tratados com ^{131}I podem expor indivíduos que permaneçam no seu campo de radiação ou que sofram incorporação de atividades do radioisótopo excretadas por eles. A Tabela 9 lista a monitoração de objetos e materiais (expresso em Bequerel) de pacientes que foram submetidos à radioiodoterapia com atividade de 555 MBq (15 mCi), observou-se que as contaminações dos itens monitorados, no âmbito domiciliar, variaram de valores indetectáveis a próximos de $22,10 \text{ Bq.cm}^{-2}$, com valores médios próximos de $10,30 \text{ Bq.cm}^{-2}$. Os valores mais expressivos de atividade superficial em objetos e/ou materiais ocorreram para um paciente (P₂) que transpirava

demasiadamente. Os valores encontrados no estudo podem ter origem na quantidade de células descamativas e suor que o indivíduo perde durante sua higienização e/ou às excretas urinárias (WILLEGAIGNON, 2006).

A Tabela 10 mostra a monitoração de objetos e materiais de pacientes que foram submetidos à RIT com atividade de 740 MBq (20 mCi). Observou-se que as contaminações dos itens monitorados, no âmbito domiciliar, variaram de valores indetectáveis até próximos a 92,53 Bq.cm⁻², com valores médios de 20,6 Bq.cm⁻². Além disso, foi evidenciado que o nível de contaminação no piso/ralo de alguns pacientes estão superiores aos demais. O motivo de tal observação, confirmado por eles, foi o de que realmente haviam urinado no chão na ocasião do banho; um fato muito comum averiguado. A paciente P₁₅ vomitou no chão, representando uma atividade de 312,95 Bq.cm⁻², muito acima do permissível em norma; contribuindo para um maior somatório de exposições à radiação ionizante. Portanto, faz-se necessário reforçar as instruções de proteção radiológica que são repassadas aos pacientes quanto aos cuidados recomendados de radioproteção. Aliado a isso, é necessário enfatizar aos pacientes que forem submetidos a essa terapêutica, que utilizem somente o vaso sanitário para suas necessidades fisiológicas, diminuindo assim, os riscos radiológicos no ambiente.

Na Tabela 11 foi apresentada a monitoração de objetos e materiais de pacientes que foram submetidos à RIT com atividade de 1110 MBq (30 mCi). Observou-se que as contaminações dos itens domiciliares monitorados alcançaram 150 Bq. cm⁻². Dentre os objetos e materiais analisados a roupa teve a maior representatividade de atividade superficial de contaminação, variando de 12,41 à 150 Bq.cm⁻², demonstrando a presença de rejeito radioativo nas excretas (suor do paciente). Pressupõe-se que, possivelmente, boa parte dos pacientes não obedeceu à orientação recebida (tomar bastante banho), durante o período de restrição quanto aos cuidados de radioproteção.

No presente estudo, apesar das contaminações de alguns objetos e materiais terem níveis de atividades superficiais até 150 Bq.cm⁻², e independente da descontaminação deles, eles são pouco representativos diante da magnitude das contribuições das exposições externas à radiação ionizante. Além do mais, essas contaminações estão dentro dos limites definidos pela CNEN de liberação de objetos e área contaminada. De acordo com a CNEN, IAEA e ICRP a liberação para o uso restrito ou irrestrito de objetos ou áreas contaminadas, em face de cenários e potenciais de dose envolvidos (10 μSv.a⁻¹: isenção de controle de fonte, 300 μSv.a⁻¹: liberação para uso

irrestrito, $1,0 \text{ mSv.a}^{-1}$: liberação para uso restrito) (SAPIENZA et al., 2009). Estes valores, também, foram verificados no presente estudo.

Tabela 9 - Monitoramento de objetos e materiais dos 9 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 555 MBq (15 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel.

Pacientes Rejeitos Monitorados	Atividades média e máxima (Bq/cm ²)*								
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
LENÇOL	0,16(0,45)	10,30(22,10)	4,33(6,47)	3,92(5,09)	5,95(8,09)	3,72(4,53)	FE	1,25(2,63)	1,71(2,86)
TRAVESSEIRO	0,14(0,70)	6,32(18,29)	3,61(3,94)	2,87(4,82)	7,50(9,39)	4,00(5,48)	FE	5,56(19,10)	2,30(3,58)
PIA	0,10(0,69)	0,61(1,26)	0,85(1,14)	1,44(2,00)	NT	1,54(2,00)	FE	NT	1,41(2,18)
VASO SANITÁRIO	0,12(0,74)	1,34(5,58)	2,09(2,82)	6,26(8,55)	0,39(1,03)	2,52(2,87)	FE	1,70(4,41)	0,88(1,63)
MESA	0,11(0,13)	0,25(0,36)	0,70(1,44)	1,44(2,11)	NT	0,46(0,94)	FE	0,66(1,05)	0,32(0,49)
PISO\RALO	0,17(0,86)	6,22(10,90)	0,33(1,09)	7,88(11,89)	1,31(1,71)	9,91(13,24)	FE	1,08(2,00)	0,93(1,49)
CADEIRA/SOFÁ	0,40(0,70)	0,32(0,46)	0,23(0,94)	1,32(2,39)	2,04(2,55)	1,47(1,94)	FE	0,53(0,87)	1,32(1,69)
ROUPAS	1,09(1,26)	5,18(7,25)	7,02(9,36)	6,30(8,98)	7,16(9,43)	4,07(5,87)	FE	4,17(14,67)	4,41(7,79)

*Entre parênteses estão os valores de atividades máximas.

Obs: P2 – Paciente transpirava muito.

P4 – Paciente relata que começou a urinar no chão e interrompeu, quando lembrou as instruções dadas pelo físico.

NT – Não tem o objeto.

FE – Falha do equipamento de monitoração.

Tabela 10. Monitoramento de objetos e materiais dos 7 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 740 MBq (20 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel.

Pacientes Objetos e materiais Monitorados	Atividades média e máxima (Bq/cm ²)*						P ₁₆
	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	
LENÇOL	3,51 (9,05)	3,79 (5,52)	2,82(6,32)	1,21(2,29)	0,56(1,38)	0,26(0,60)	FE
TRAVESSEIRO	0,25 (0,39)	5,82(7,29)	1,69(4,16)	3,40(8,64)	5,74(17,77)	0,55(0,97)	FE
PIA	1,4 (2,86)	1,75(2,34)	0,62(1,25)	*NT	12,48(27,2)	0,46(0,86)	FE
VASO SANITÁRIO	1,63 (1,93)	4,29(5,65)	4,35(5,09)	12,98(27,40)	3,18(5,15)	1,15(2,09)	FE
MESA	0,40 (1,01)	4,73(5,95)	0,18(0,46)	0,24(0,45)	1,33(2,55)	0,13(0,17)	FE
PISO\RALO	20,6 (92,53)	5,34(6,29)	0,65(2,55)	3,30(5,71)	5,65(15,54)	3,97(6,64)	FE
CADEIRA (SOFÁ)	0,35 (0,54)	2,56(3,54)	0,24(0,36)	0,87(1,44)	2,76(5,58)	0,16(0,20)	FE
ROUPAS	1,01(1,32)	5,76(7,61)	6,43(11,27)	10,50(17,3)	12,10(27,9)	10,89(18,59)	FE

* Entre parênteses estão os valores de atividades máximas.

Obs: P₁₀ – Urinou no chão.

As medidas mais representativas são de pacientes de baixo nível educacional e financeiro

NT – Não tem objeto. P₁₅ – Paciente vomitou.

Ativ. Média =312,95 Bq/cm².

FE – Falha no equipamento.

Tabela 11 - Monitoramento de objetos e materiais dos 9 pacientes submetidos à radioiodoterapia ambulatorial com atividade de 1110 MBq (30 mCi), no ambiente domiciliar, expressas em Bequerel.

Pacientes Objetos materiais Monitorados	Atividades média e máxima (Bq/cm ²)*								
	*P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅
LENÇOL	8,62 (12,41)	1,84(2,78)	14,89(31,61)	96,10(158,94)	1,79(4,35)	6,48 (9,8)	3,68 (6,86)	1,94(6,61)	8,51(9,32)
TRAVESSEIRO	4,03 (8,30)	2,99(5,62)	2,95(2,95)	NT	0,97(1,84)	4,32(6,89)	2,37(2,95)	0,75(1,87)	5,63(10,88)
PIA	7,75 (11,61)	12,15 (13,52)	10,11(15,69)	NT	0,86(1,55)	1,33(1,77)	0,79(1,67)	1,29 (2,63)	5,31(8,55)
VASO SANITÁRIO	13,93(29,86)	1,23 (1,93)	4,54(6,13)	LD	0,24(0,31)	1,80(2,63)	2,1 (2,7)	1,90(4,51)	9,06(20,34)
MESA	0,38 (0,41)	0,009(0,09)	2,31(2,95)	1,04(1,77)	0,32(0,88)	0,72(1,27)	1,03 (1,62)	0,47 (1,07)	5,81(51,67)
PISO\RALO	0,58 (0,59)	3,14(5,31)	1,83(2,95)	LD	1,05(1,76)	8,20(10,7)	1,06 (1,48)	2,60(4,28)	29,29(51,36)
CADEIRA	0,36 (0,30)	0,38(0,68)	2,41(3,97)	1,10 (1,7)	NT	0,88(1,28)	2,54(3,61)	0,32 (0,68)	5,61(8,74)
ROUPAS	6,41(12,41)	0,69(0,88)	19,97(25,97)	19,61 (21,3)	9,98(30,05)	6,07(8,62)	2,29 (2,94)	2,83 (4,83)	109 (150,00)

* Entre parênteses estão os valores de atividades máximas.

P – pacientes.

NT – Não tem objeto.

LD – Limite de detecção acima da capacidade técnica do equipamento.

Um estudo realizado no Japão por Nishizawa et al. (1980), teve como objetivo a monitoração de pacientes com hipertireoidismo (HT) e carcinoma da tireoide (CT) submetidos à RIT e objetos usados por eles, para a liberação hospitalar. Os valores de atividades administradas de ^{131}I variaram de 74 a 1850 MBq (2 a 50 mCi). Esses pacientes foram divididos em três grupos conforme as atividades de ^{131}I que foram administradas: Grupo 1 - com 9 pacientes com HT tratados com cápsulas orais de Na^{131}I variando de 74 a 185 MBq (2 a 5 mCi), onde o monitoramento da expiração, suor, saliva e sangue foi realizado nas primeiras 3 horas após a administração, Grupo 2 - com um paciente com CT tratado com cápsula oral de Na^{131}I de 1110 MBq (30 mCi), onde o monitoramento da expiração, suor, saliva, sangue, escova de dente, lençóis, camisas, gavetas, toalhas, transpiração e contaminação do ar; foi realizado durante 9 dias após a administração. Grupo 3 - um paciente com CT tratado com cápsula oral de Na^{131}I de 1850 MBq (50 mCi), onde o monitoramento foi realizado durante 8 dias após a administração, compreendendo os mesmos itens monitorados para o Grupo 2. Conclui-se que a liberação só deverá ser realizada com base na metade do presente limite de dose anual, que é de 99,9 MBq (2,7 mCi) para a alta hospitalar do paciente após o tratamento com ^{131}I . Portanto, os dados apresentados no estudo de Nishizawa et al. (1980), mostraram que não foram monitorados os mesmos objetos apresentados no presente estudo.

4.2. Dosimetria do acompanhante

4.2.1. Dose efetiva em acompanhantes de pacientes hipertireóides tratados com atividade de 555, 740 E 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ^{131}I , obtida com TLD-100.

Na Figura 11 foram apresentados os resultados em conjunto das doses efetivas de acompanhantes de pacientes hipertireóides submetidos à RIT com atividades de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi). O intervalo de dose efetiva variou de 0,02 a 7,93 mSv. A média foi de 0,57 mSv.

Foram avaliadas as doses efetivas de 13 acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com atividade de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I , durante seis dias

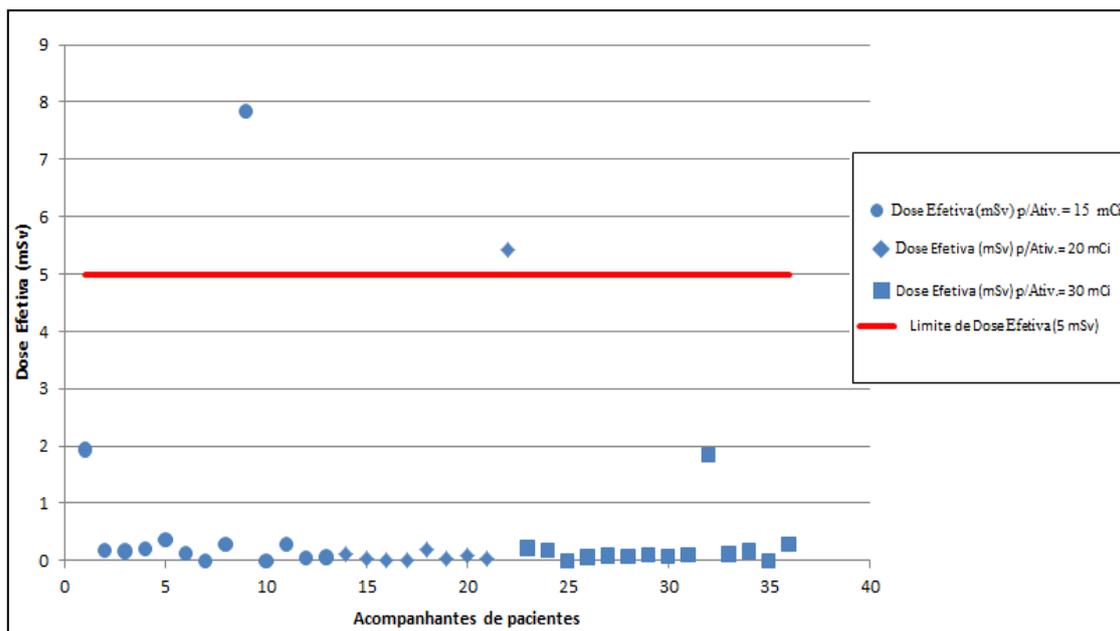
de monitoração com TLD-100. O Grupo foi composto de 9 (69%) acompanhantes do sexo feminino e 4 (31%) do sexo masculino. Na Figura 11, observou-se que 10 (83,3%) acompanhantes receberam doses efetivas inferiores a 1,0 mSv (limite de dose efetiva para indivíduos do público), 1 (8,3%) entre 1 e 5 mSv e 1 (8,3%) acima de 5 mSv (limite de dose efetiva para acompanhantes de pacientes). A média de dose efetiva para esses familiares foi 0,907 mSv. O intervalo de dose efetiva variou de 0,04 a 7,93 mSv.

Foram avaliadas as doses efetivas em 9 acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com atividade de 740 MBq (20 mCi) de ^{131}I , durante seis dias de monitorações com TLDs. O Grupo foi composto de 7 (77,0%) acompanhantes do sexo feminino e 2 (23,0%) do sexo masculino. Na Figura 11, 8 (88,8%) acompanhantes receberam doses efetivas inferiores a 1 mSv e 1 (11,2%) acima de 5 mSv. A média de dose efetiva para esses familiares foi de 0,679 mSv. O intervalo de dose efetiva variou de 0,021 a 5,413mSv.

Foram avaliadas as doses efetivas em 16 acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com atividade de 1110 MBq (30 mCi) de ^{131}I monitorados com TLDs. O Grupo foi composto de 12 (75,00%) acompanhantes do sexo feminino e 4 (25%) masculinos. Na Figura 11 foram observados que 15 (93,75%) acompanhantes receberam doses efetivas inferiores a 1 mSv, 1 (7,15%) acompanhante acima de 1 mSv. A média de dose efetiva para esses familiares foi de 0,237 mSv. O intervalo de dose efetiva variou de 0,06 a 1,846 mSv.

Pressupõe-se que as doses efetivas superiores a 5 mSv em dois acompanhantes (um do grupo de 555 MBq (15 mCi) e outro de 740 MBq (20 mCi)) foram devidas ao contato físico próximo e constante delas aos pacientes, em consequência da exiguidade do espaço domiciliar; fator de risco para uma maior exposição a radiação ionizante.

Figura 11 - Dose efetiva em acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com atividade de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ^{131}I .



Fonte: autor.

Kochovska et al. (2014) avaliaram a dose efetiva de 60 acompanhantes de pacientes com câncer da tireoide e 30 acompanhantes de pacientes com hipertireoidismo tratados com ^{131}I . As doses efetivas avaliadas com valor médio de 0,21 mSv (min 0,02 - max 0,51 mSv) para os familiares de pacientes com câncer de tireóide foram bem abaixo do recomendado. As doses efetivas avaliadas com valor médio em familiares de pacientes com hipertireoidismo foi de 0,87 mSv (min 0,12 – max 6,79). Barrington et al. (1999), também desenvolveram um estudo com objetivo de avaliar os pacientes com hipertireoidismo que realizaram tratamento com atividades de 188,7 a 799,2 MBq (5,1 a 21,6 mCi) de ^{131}I . As doses efetivas de 97% dos adultos estavam abaixo do limite de dose (5 mSv); variando de 0,2-5,8 mSv. Portanto, os resultados encontrados no presente estudo avaliados com os dados encontrados por Kocovska et al. (2014) e Barrington et al (1999), pois também encontrou-se valores médios abaixo de 1 mSv na maioria dos acompanhantes.

Comparando-se as doses efetivas achadas neste estudo – que tiveram uma média de 0,907 mSv, variando de 0,021 mSv a 7,93 mSv, conclui-se que a RIT aqui aplicada, não apresentou relações de natureza nociva à saúde dos acompanhantes dos pacientes componentes deste estudo, de forma significativa. As médias registradas para o quarto, a cozinha, o banheiro e a sala foram de 2,11; 0,15; 0,20 e 0,44 mSv; respectivamente.

A Agência Internacional de Energia Atômica – estabeleceu como critério que – “Para doses no patamar de 10 mSv é injustificado qualquer alarme ou ação quando seres humanos são expostos a este patamar de dose, uma vez que ele é insignificante para o detrimento da saúde de seres humanos...” (IAEA, 1999).

A Sociedade Americana de Física Médica, a Sociedade Nuclear Americana e a Comissão Nacional de Proteção Radiológica dos EUA (NCRP) – estabeleceram como critério que – “Existem evidências científicas suficientes para afirmar que o risco para os seres humanos provenientes de doses abaixo de 100 mSv, são tão pequenos que não podem ser observadas ou elas simplesmente não existem” (USA, 2001).

O Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos das Radiações Atômicas – estabeleceu como critério que – “Não existe relação entre aumento da incidência de câncer ou qualquer outro efeito nocivo à saúde de seres humanos irradiados com doses menores ou próximas a 100 mSv” (UNSCEAR, 2000).

Outro estudo também concluiu que é evidente a disponibilidade significativa de dados sobre as consequências biológicas da exposição à radiação de baixa dose e dos efeitos de não-alvo, como fenômenos espectador e instabilidade genômica transmissível. Como também reconhece que existe pouca coerência necessária de dados que possa ser utilizada com confiança para avaliação do risco. O quadro atual de dados fornece um guia útil para uma futura integração de dados mecanicistas que possam produzir métodos de estimativa de risco para baixas doses ou taxas de dose (UNSCEAR, 2012).

Com base nos estudos apresentados, pode-se concluir que para doses efetivas a partir de 100 mSv, o indivíduo exposto terá um aumento de apenas 0,5% na probabilidade de desenvolver um câncer fatal. O critério apresentado no que diz respeito aos acompanhantes e voluntários na pesquisa biomédica, é também efetivamente adequado, quando estabelece que não se possa determinar, com base apenas em dados epidemiológicos, se existe ou não um risco aumentado de câncer para a população associado a doses absorvidas na ordem dos 100 mGy ou abaixo deste patamar.

4.3. Dosimetria Ambiental

Com a dosimetria de área foi possível avaliar os potenciais de doses de radiação para os acompanhantes que permaneceram na residência junto aos pacientes em tratamento com ^{131}I , uma vez que os pacientes têm o livre acesso aos diferentes ambientes dentro de casa. Na Tabela 16, estão apresentados os valores dos equivalentes de dose ambiental (H^*) dos locais mais frequentados pelos pacientes hipertireóideos, que foram submetidos à radioiodoterapia com atividades de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi). Por problemas de aquisição de leitura dos TLD-100, apenas os dados de 17 dos 25 pacientes foram avaliados. Os valores médios de equivalente dose ambiental do quarto, cozinha, banheiro e sala foram de: 2,11; 0,15; 0,20 e 0,44 mSv; respectivamente. O intervalo variou de 0,01 a 8,48 mSv. Constatou-se que o nível mais elevado de equivalente de dose ambiental, foi no quarto do paciente.

Foi realizada uma associação da dosimetria ambiental e de acompanhantes (valor máximo da dose efetiva), Tabela 13. A partir dessa observação, pressupõe-se que essa maior permanência do paciente no quarto e baixa frequência desses acompanhantes nesse ambiente, tenham resultados em doses efetivas menores do que as previstas para os acompanhantes na casa. O acompanhante de paciente que teve uma dose efetiva de 0,09 mSv, correspondeu a um equivalente de dose ambiental no quarto a 2,01 mSv. Outro caso analisado, onde o acompanhante teve dose efetiva de 0,12 mSv, o equivalente de dose ambiental no quarto foi de 4,13 mSv. Provavelmente, o paciente passou o maior tempo de permanência dentro do seu quarto, sem contato com seus familiares.

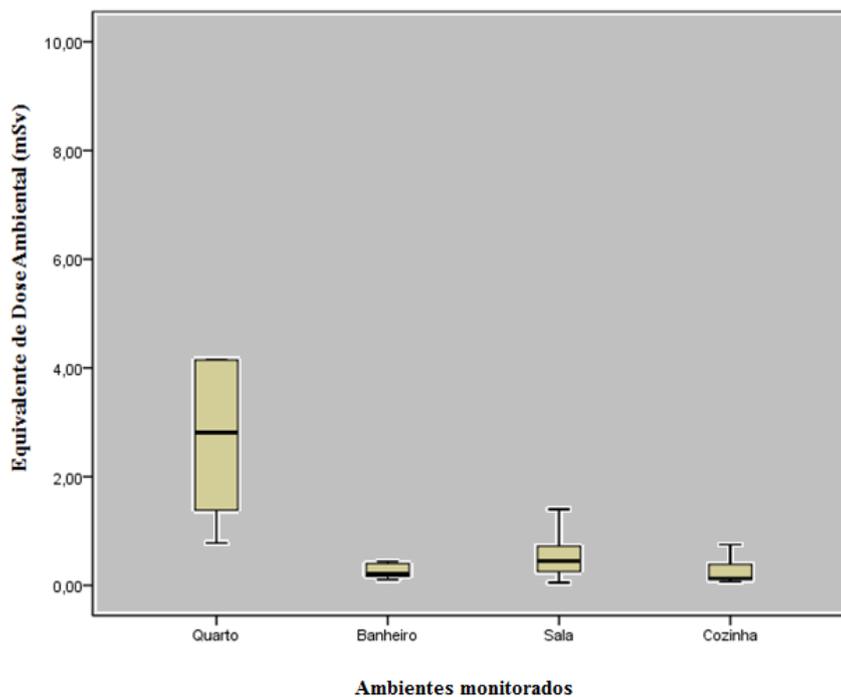
Tabela 12 - Valores de equivalente de dose ambiental- H* (mSv) nos ambientes mais frequentados pelos pacientes com atividades de 555, 740 e 1110 MBq (15, 20 e 30 mCi) de ¹³¹I.

Atividade (MBq)	Valor máximo de Dose efetiva no acompanhante	Equivalente de dose ambiental no quarto do paciente	Equivalente de dose ambiental na cozinha do paciente	Equivalente de dose ambiental no banheiro do paciente	Equivalente de dose ambiental na sala do paciente
555	0,17	8,44	0,14	0,43	0,12
555	0,20	0,93	0,01	0,14	NR
555	0,35	4,14	0,11	0,11	1,39
555	0,16	3,12	0,75	0,17	0,75
555	0,12	4,13	0,06	0,19	0,38
555	0,27	0,78	0,46	0,43	0,68
555	7,83	NR	NR	NR	NR
555	0,05	1,83	0,10	0,24	0,04
555	0	2,48	0,30	0,36	0,44
740	5,41	0,61	0,13	0,11	0,18
740	0,1	0,16	0,16	0,03	0,07
740	0,18	0,64	0,01	0,2	NR
740	0,02	0,00	NR	NR	NR
1110	0,79	1,72	0,03	0,18	0,22
1110	0,09	2,01	0,33	0,06	0,87
1110	0,08	2,29	0,06	0,19	0,36
1110	0,21	0,54	0,01	0,14	0,21

* NR – Nível de registro.

Os valores de equivalente de dose ambiental foram maiores no quarto, o que foi constatado pela ANOVA ($p < 0,05$). A ANOVA mostrou que houve diferença significativa para os equivalentes de dose ambiental para o quarto quando comparados a cozinha, o banheiro e a sala, para atividades administradas em pacientes com 555 MBq (15 mCi) (Figura 12).

Figura 12 - Equivalente de Dose Ambiental de ambientes monitorados (Quarto, Banheiro, Sala, Cozinha) para pacientes que foram submetidos à RIT com atividade de 555 MBq (15 mCi) de ^{131}I .



Fonte: Autor.

Quando realizou o teste ANOVA para os equivalentes de dose ambiental para o quarto, a cozinha, o banheiro e a sala, mostrou que não houve diferença significativa ($p=0,75$) para atividades administradas em pacientes com 740 MBq (20 mCi).

Os valores de equivalente de dose ambiental foram maiores no quarto, o que foi constatado pela ANOVA ($p < 0,01$). No entanto, a ANOVA mostrou que não houve diferença significativa para os equivalentes de dose ambiental para o quarto, a cozinha, o banheiro e a sala, para atividades administradas em pacientes com 1110 MBq (30 mCi).

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Este estudo demonstrou que, o tratamento do hipertireoidismo em regime ambulatorial com atividades até de 1.110 MBq (30 mCi), é realizado de forma segura. Além do mais, ele forneceu informações úteis sobre a proteção e exposição dos familiares e dos acompanhantes de pacientes com essa patologia, servindo como mais um dado comprobatório de que este tratamento pode ser realizado a nível ambulatorial, de forma satisfatória quanto aos Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, V. A. GROSS, J. L.; MAIA, A. L. Tratamento de hipertireoidismo da Doença de Graves. **Arq Bras Endocrinol Metab** v. 45, n. 6, 2001.

AZEVEDO, A. C. P. Radioproteção em Serviços de Saúde. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca-CESTEH e Programa de Radioproteção e Dosimetria, Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Disponível em: <www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2015.

BARRINGTON, S. F.; O'DOHERTY, M. J.; KETTLE, A. G.; THOMSON, W. H.; MOUNTFORD, P. J.; BURRELL, D. N.; FARRELL, R. J.; BATCHELOR, S.; SEED, P.; HARDING, L. K. Radiation exposure of the families of outpatients treated with radioiodine (iodine-131) for hyperthyroidism. **Eur J Nucl Med** v. 26, n. 7, p. 686-692, 1999.

BARSANELLI, C. **Metodologia de calibração de dosímetros termoluminescentes**. Instrumentação para o Ensino. Instituto de Física “Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003, 24p.

BRÁS, S. I. M. **Dosimetria do Paciente em Radiologia, no IPOFG-CROC,S.A.** Dissertação (Mestrado em Imagiologia Médica). Universidade do Algarve, Portugal, 2006, 100p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. NORMA CNEN nº 3.01/002. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. 2005. Atualizada até o ano de 2014.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Requisitos da NORMA CNEN nº 3.01/002. **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Fatores de Ponderação para as grandezas de proteção radiológica adotados pela CNEN, 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Nacional de Energia Nuclear – **Critérios de Cálculo de Dose Efetiva a Partir da Monitoração Individual**. Posição regulatória 3.01/005, 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN-NN-3.05 – **Requisitos de proteção radiológica para serviços de medicina nuclear**, 2013.

BRASIL. PERNAMBUCO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Departamento de Energia Nuclear. Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes. **Certificado de Calibração nº 7135/1112 – Monitor de Área, modelo MIR-7028, Série MIR-241, Detector interno GM**. Data de calibração: 21 de novembro de 2012

BRASIL. SÃO PAULO. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Bócio Nodular Tóxico**. 2011. Disponível em: <anatpat.unicamp.com/casos.html> Acesso em: 11/03/14.

CABRAL, G. O. M. **Avaliação da dose máxima absorvida por acompanhantes de pacientes em serviços de medicina nuclear**. PROTEN, DEN, UFPE, Recife, PE, 2001, 71p.

CAMERON, J. R.; SUNTHARALINGAM, N.; KENNEY, G. N. **Thermoluminescent dosimetry**. Londres: The Colonial Press, 1968.

CAPPELEN, T.; UNHJEM, J. F.; AMUNDSEN, A. L.; KRAVDAL, G.; FOLLING, I. Radiation Exposure to Family Members of Patients With Thyrotoxicosis Treated With Iodine -131. **Eur J Nucl Med Mol Imaging** v. 33, n. 1, p. 81-86, 2006.

CARVALHO, A. B.; HUNT, J.; SILVA, A. X.; GARCIA, F. Use of a Voxel Phantom as a Source and a Second Voxel Phantom as a Target to Calculate Effective Doses in Individuals Exposed to Patients Treated with 131I. **J Nucl Med Technol** v. 37, n. 1, p. 53-56, 2009.

COOVER, L. R.; SILBERSTEIN, E. B.; KUHN, P. J.; GRAVES, M. W. Therapeutic ¹³¹I in outpatients: a simplified method conforming to the Code of Federal Regulations. **J Nucl Med** v. 41, n. 11, p. 1868-1875, 2000.

CORONHO, V.; PETROIAANU, A.; SANTANA, E. M.; PIMENTA, L. G. **Tratado de endocrinologia e cirurgia endócrina**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

DE JONG, J. A. F.; VERKOOIJEN, H. M.; VALK, G. D.; ZELISSEN, P. M. J.; BART DE KEIZER, B. High Failure Rates After 131I Therapy in Graves Hyperthyroidism Patients With Large Thyroid Volumes, High Iodine Uptake, and High Iodine Turnover. **Clinical Nuclear Medicine** v. 38, n. 6, p. 401-406, 2013.

DE KLERK, J. M. H. 131I therapy: Inpatient or outpatient? **The Journal of nuclear medicine**. v. 41, n. 11, p. 1876-1877, 2000.

FISHBACK, J. Department of Pathology, University of Kansas Medical Center, 1999. Disponível em: <http://www.pharmacology2000.com/Thyroid/thyroidobj.htm>. Acesso em: 23 jun. 2016.

GOLDMAN, L.; BENNETTI, J. C. **Tratado da medicina interna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

GOMES, C. K.; DUQUE, A. C. R.; DIAS, I. M.; MARTINS, M. E. M. N.; DEVITO, K. L. Avaliação do conhecimento dos usuários da Faculdade de Odontologia da UFJF quanto às medidas de radioproteção. **Odontol. Clín. Cient., Recife**, v. 11, n. 1, p. 25-29, 2012.

GREENLEE, C.; BURMEISTER, L. A.; BUTLER, R. S.; EDINBORO, C. H.; MORRISON, S. M.; MIL, M. Current safety practices relating to I-131 administration for diseases of the thyroid: a survey of physicians and allied practitioners. **Thyroid** v. 21, n. 2, p. 151-160, 2011.

HARVEY, A. Z.; THRALL, J. H. *Medicina Nuclear*. Rio de Janeiro, 2ª edição, p. 359-382, 2001.

HEGEDÜS, L.; BONNNEMA, S. J.; BENNEDBAEK, F. N. Management of simple nodular goiter: current status and future perspectives. **The Endocrine Society-Endocrine Reviews** v. 4, n. 1, p. 102-132, 2003.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, IAEA, 2004. **Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material**. 1996 Edition (As Amended 2003). 2004 233p.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, IAEA, 1999. **The Annual Report For 1999**. 167 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON THE RADIOLOGICAL PROTECTION. ICRP Publication n. 55. **Optimization and Decision-Making in Radiological Protection**. Pergamon Press. Oxford, 1989.

INTERNATIONAL COMMISSION ON THE RADIOLOGICAL PROTECTION. ICRP Publication n. 72. **Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides – Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients**. Ann. ICRP 26 (1), 1995.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **Release of patients after therapy with unsealed radionuclides**. ICRP Publication 94. Oxford: Pergamon Press; 2004.

INTERNATIONAL COMMISSION ON THE RADIOLOGICAL PROTECTION. ICRP Publication n. 103. **Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: ICRP**. Ann ICRP 37 (2-4). 2007.

JEFFCOATE, W.; REA, R.; VILAR, L. **Diagnóstico e tratamento da doença de Graves**. In: VILAR, L.; KATER, C. E.; NAVES, L. A.; CAVALCANTI, N.; LYRA, R.; MOURA, E. (eds). *Endocrinologia clínica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan-Medisi. p. 274-291, 2006.

KANNAN, C. R. **Essential Endocrinology: A Primer for Nonspecialists**. Springer Science & Business Media. 2013, 532p.

KOCHOVSKA, M. Z.; NIKOLOVSKI, S.; JOKIC, V. S.; RISTEVSKA, S. M. Effective doses to family members of patients treated with radioiodine 131. **MD MEDICAL DATA** v. 6, n. 1, p. 23-27, 2014.

KRAUSE, K.; KARGER, S.; GIMM1, O.; DRALLE1, H.; TANNAPFEL, A.; SCHMID, K. W.; FUHRER, D. Characterization of DEHAL1 expression in thyroid pathologies. **European Journal of Endocrinology**, v. 156, n. 3, p. 295–301, 2007.

LEAL, M. A. **Procedimentos para dosimetria in vivo com TLD-100 e diodos semicondutores em tratamento de câncer na região pélvica com feixes externos de**

fótons. Tese (Doutorado no Programa de Engenharia Nuclear, COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011, 172p.

LIMA, F.; KHOURY, H. J.; CLOVIS, A. H. "**Avaliação da dose recebida pelos familiares de pacientes com hipertireoidismo tratados com iodo-131.**" IV Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, CD-ROM, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil, 1997.

LIMA, A.R. **Estimativa de Dose nos Cristalinos de Operadores de Gamagrafia Industrial Usando o Método de Monte Carlo.** Dissertação (Mestrado em Radioproteção e Dosimetria) Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, 2014.

MACHADO, M. A. D.; MENEZES, V. O.; QUEIROZ, C. C.; SILVA, D. C.; SAMPAIO, L. J. L.; ALMEIDA, A. Revisão: Radioproteção Aplicada à Medicina Nuclear. **XV Congresso Brasileiro de Física Médica**, realizado no período de 18 a 21 de agosto de 2010, Aracaju, Sergipe. 2010.

MCKEEVER, S. W. S.; MOSCOVITCH, M.; PETER D. TOWNSEND, P. D. **Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses.** Nuclear Technology Publishing, 1995.

MATTSSON, S.; HOESCHEN, C. **Radiation Protection in Nuclear Medicine.** Springer Science & Business Media. 2013. 168p.

MARRIOTT, C. J.; WEBBER, C. E.; GULENCHYN, K. Y. Radiation Exposure for 'Caregivers' During High-dose Outpatient Radioiodine Therapy. **Radiation Protection Dosimetry** v. 123, n. 1, p. 62-67, 2007.

MEDEIROS, G. **Tudo o Que Você Gostaria de Saber Sobre Câncer de Tireóide.** Sambureau & Publicidade – São Paulo-SP, Brasil, 2005.

MULAZIMOGLU, M.; EDIS, N.; TAMAM, M. O.; UYANIK, E.; OZPACACI, T. The Evaluation of the External Dose Measurement of the Patients Treated With Radioiodine Therapy. **Radiat Prot Dosimetry** v. 141, n. 3, p. 233-238, 2010.

MULLER, B.; BARES, R.; BULL, U. The effective half life of I131 during the treatment of autonomous thyroid disease with radioiodine. **Nuklear Medizin** v. 30, p. 71-76, 1991.

NASCIMENTO, S. R. V. **Dosimetria termoluminescente do quartzo natural de solonópole (CE) para aplicação em radiodiagnóstico.** Dissertação (Mestrado em Ciências, área de Concentração: Dosimetria e Instrumentação Nuclear), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2010, 113p.

NISHIZAWA, K.; OHARA, K.; OHSHIMA, M.; MAEKOSHI, H.; ORITO, T. Monitoring of I excretions and used materials of patients treated with ¹³¹I. **Health Physics** v. 38, p. 467-481, 1980.

OLIVEIRA, J. P. D.; LOPES, M. S.; ROSA L. A. R. F.; FONSECA, L. M. B. F.; CORBO, R. Análise Dosimétrica de Acompanhantes de Pacientes de Medicina Nuclear Internados em Quarto Terapêutico. **Brazilian Radiology** v. 41, n. 1, p. 35-38, 2008.

OSBORNE, F. Endocrine Lect-2. Pathology of Thyroid. TUCOM- department of pathology year 3 endocrine gland lectures 3&4. Disponível em: <<http://slideplayer.com/slide/9186024/#.V2ipQZnginI.gmail>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

PANAROTTO, D.; ABDALLA, U. M.; BALESTRO, A. C.; NETO, F. L. D.; DEXHEIMER, A. R. A.; MAY, R. S. Bócio uninodular tóxico volumoso – Relato de caso e discussão das opções terapêuticas. **Revista da AMRIGS, Porto Alegre** v. 50, n. 2, p. 152-156, 2006.

PARTHASARATY, K. L.; CRAWFORD, E. S. Treatment of thyroid carcinoma: emphasis on high-dose I-131 outpatient therapy. **J Nucl Med Technol** v. 30, n. 4, p. 165-171, 2002.

PAVAN, A. L. M. **Preparo (calibração e tratamento) de dosímetros termoluminescentes de fluoreto de lítio (TLD-LiF)**. Monografia (Bacharelado em Física Médica), Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, São Paulo, 2011, 36p.

PAZ FILHO, G. J. **Uso do TSH recombinante humano em dose baixa e única (0,1 mg) associado à atividade ambulatorial (30 mCi) de radioiodo no tratamento do bócio multinodular**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). 2006, 181p. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

PRUDÊNCIO, J. P. S.; MARTINS, L. F. S.; MARQUES, C. M.; ROSTELATO-FERREIRA, S. Identificação do conhecimento sobre radiação e seus efeitos em uma população universitária. **J Health Sci Inst** v. 33, n. 2, p. 111-113, 2015.

ROSENSTEIN, M. Diagnostic Reference Levels for Medical Exposure of Patients: ICRP Guidance and Related ICRU Quantities. **Health Phys** v. 95, n. 5, p. 528-534, 2008.

ROSS, D. S. Radioiodine therapy for hyperthyroidism. **N Engl J Med** v. 364, n. 6, p. 542-550, 2011.

SAMPAIO, F.S. **Estudo da Distribuição de Velocidades em Aglomerados de Galáxias Testes de Normalidade e Metanálise de Fisher**. Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ, Ilhéus, Bahia, 2013.

SANTOS; C. A. C; BOLOGNESI, L. Aplicações Terapêuticas em Medicina Nuclear. **Tekhne e Logos, Botucatu, SP** v. 5, n. 2, p. 153-167, 2014.

SAPIENZA, M. T.; WILLEGAIGNON, J.; ONO, C. R.; WATANABE, T.; GUIMARÃES, M. I. C. C.; GUTTERRES, R. F.; MARÉCHAL, M. H. H.; BUCHPIGUEL, C. A. Radioiodoterapia do carcinoma diferenciado da tireoide: impacto radiológico da liberação hospitalar de pacientes com atividades entre 100 e 150 mCi de iodo-131. **Arq Bras Endocrinol Metab** v. 53, n. 3, p. 318-325, 2009.

SILVA, J. M. F. **Avaliação da terapêutica com atividades ajustadas e fixas de 444, 555 E 740 MBq de ^{131}I em pacientes com doença de Graves.** Dissertação de Mestrado Departamento de Energia Nuclear, UFPE, Recife, Pernambuco, 2010, 96p.

SIMÕES, R. F. P. **Proposta de uma metodologia para caracterização de risco de exposição externa de funcionários de serviços de medicina nuclear.** Dissertação de Mestrado em Física Médica, Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro, 2010, 80p.

SISSON, J. C.; FREITAS, J.; MCDUGALL, I. R.; DAUER, L. T.; HURLEY, J. R.; BRIERLEY, J. D.; EDINBORO, C. H.; ROSENTHAL, D.; THOMAS, M. J.; WEXLER, J. A.; ASAMOAH, E.; AVRAM, A. M.; MILAS, M.; GREENLEE, C. Radiation Safety in the Treatment of Patients with Thyroid Diseases by Radioiodine ^{131}I : Practice Recommendations of the American Thyroid Association. **Thyroid** v. 21, n. 4, p. 335-346, 2011.

SISTEMA DE DOSIMETRIA HARSHAW. Leitor TLD, WinREMS e algoritmo de calculo de dose. **Procedimento de calibração do sistema.** Publicação nº ALGM-W-C-0801-001, 2001.

SOUZA, M. N. **Estudo da resposta de monitores de radiação para medidas de equivalente de dose ambiental H*10.** Dissertação de Mestrado, PROTEN, DEN, UFPE, Recife, PE, 2005, 94p.

TIMOSSI, L. S. **Correlações entre a Qualidade de Vida e a Qualidade de Vida no Trabalho em Colaboradores das Indústrias de Laticínios.** 2009, 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.

UNITED STATES OF AMERICA. Health Physics Society. Radiation Risk in Perspective. Position Statement of the **Health Physics Society**, 2004.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION – UNSCEAR, 2000. **Sources and effects of ionizing radiation.** v. 1, United Nations, New York, 2000, 162 p.

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION – UNSCEAR 2012 Report. **Sources, effects and risks of ionizing radiation.** United Nations, New York, 2015, 330 p.

VIEGAS, C. C. B. **Dosimetria in vivo com o uso de detectores semicondutores e termoluminescentes aplicada ao tratamento de câncer de cabeça e pescoço.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003, 218p.

WARD, L. S. High-dose radioiodine outpatient therapy. **Arq Bras Endocrinol Metab** v. 53, n. 3, p. 301-302, 2009.

WEETMAN, A. P. Medical Progress: Graves' disease. **N Engl J Med** v. 343, n. 17, p. 1236-1248, 2000.

WILLEGAIGNON, J.; STABIN, M. G.; GUIMARAES, M. I. C.; MALVESTITI, L. F.; SAPIENZA, M. T.; MARONI, M.; SORDI, G. M. Evaluation of the potential absorbed doses from patients based on whole-body ^{131}I clearance in thyroid cancer therapy. **Health Physics** v. 91, n. 2, p. 123-127, 2006.

XAVIER, A. C. S.; LACERDA, I. V. B.; OLIVEIRA, M. L.; LIMA, F. F.; LIMA, F. R. A. Metodologia para calibração do detector de NaI (TI) 3"x3" para medições in vivo em pacientes submetidos a radioiodoterapia e indivíduos ocupacionalmente expostos ao ^{131}I . **Scientia Plena** v. 8, n. 11, p. 1-6, 2012.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO PACIENTE E ACOMPANHANTE (FAMILIAR)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE FERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
ENERGÉTICAS E NUCLEARES (PROTEN)

Termo De Consentimento Livre E Esclarecido Do Paciente E Acompanhante (Familiar)

Convido o (a) Sr. (a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa **Avaliação Dosimétrica em Acompanhantes de Pacientes Submetidos à Radioiodoterapia Ambulatorial**. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, Sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br)**.

Título do Projeto: **Avaliação Dosimétrica Em Acompanhantes De Pacientes Submetidos à Radioiodoterapia Ambulatorial**.

Pesquisador Responsável: Keyla Mary Cavalheiro Mendonça.

Endereço/Telefone/e-mail para contato (inclusive ligações a cobrar): Av. Prof. Luiz Freire, 1000 Recife PE CEP 50740540 Fone: (81) 21267986 / 85984649
keylamcm@yahoo.com.br

Pesquisadores participantes: João Antonio Filho (jaf@ufpe.br) / Simone Cristina Soares Brandão (simonecordis@yahoo.com.br) / Marcus Aurélio Pereira dos Santos (masantos@cnen.gov.br)

Telefones para contato: (81) 2126-7986 / 2126-3729 / 3797-8038

Assinando esse termo de Consentimento, estou certo (a) de que:

- 1) Colocação de dosímetros do tipo TLD, em acompanhantes (familiares) de pacientes, tem como objetivo avaliar o impacto radiológico desse procedimento fazendo levantamento das exposições que o paciente gera sobre seus familiares e ambiente após radioiodoterapia. Os riscos inerentes a essa pesquisa são mínimos e esses estão relacionados ao constrangimento pelo uso do dosímetro enquanto os familiares permanecerem em sua residência. Além disso, esses acompanhantes poderão sentir-se envergonhados por não conhecer a pesquisadora devido a mesma ter que realizar visitas em seus domicílios no período de 5 (cinco) dias.
- 2) **Os benefícios dessa pesquisa são:** Benefício Direto – Se os resultados da pesquisa mostrarem que os acompanhantes estão sendo expostos a um nível de radiação além do limite permitido por norma brasileira, esses dados serão informados aos órgãos competentes. Benefício Ambiental – Com avaliação da

dose ambiental produzida pelo paciente, poderá se comparar esses resultados com os da literatura existente. Se os resultados da pesquisa identificarem doses ambientais superiores ao recomendado pela norma vigente no Brasil, poderá se discutir procedimentos médicos específicos quanto à segurança radiológica, a fim de minimizar o impacto radiológico no meio ambiente. Benefício Científico - Formação e qualificação de recursos humanos para as atividades acadêmicas e científicas. Benefício Ético-Social - Sensibilização dos órgãos governamentais, das instituições privadas e da sociedade em geral, para com a ética da questão clínica e econômica, quanto à radioproteção das pessoas.

- 3) A participação do (a) paciente/acompanhante (familiar) inclui a permissão de visita ao domicílio em que reside, bem como a explanação da maneira que será colocado o dosímetros familiares e nos pontos estratégicos da casa.
- 4) O (A) paciente/acompanhante (familiar) poderá fazer as perguntas que desejar antes, durante e após a realização da pesquisa.
- 5) A participação é voluntária, podendo o (a) paciente/acompanhante (familiar) interromper a entrevista a qualquer momento caso seja necessário ou se assim desejar.
- 6) É garantido o sigilo sobre sua participação e tudo o que for falado a pesquisador a qualquer momento.
- 7) A identificação do (a) paciente/acompanhante (familiar) será mantida como informação confidencial. Os resultados serão publicados e/ou divulgados em eventos científicos (congressos, mesas redondas, simpósios e/ou outros eventos científicos).
- 8) Obtive todas as informações necessárias para poder decidir conscientemente sobre minha participação na referida pesquisa e estou livre pra interromper minha participação, se assim o decidir.

Os registros da participação no estudo (questionário e termos de consentimento livre e esclarecido) serão mantidos confidenciais. Estes documentos serão guardados na sala da pesquisadora principal Keyla Mary Cavalheiro Mendonça, no Centro Regional de Ciências Nucleares- CNEN.

Keyla Mary Cavalheiro Mendonça
Pesquisador principal

Eu, _____,
RG/ CPF/ _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo acima descrito, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Keyla Mary Cavalheiro Mendonça sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer

momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento.

Local e data: _____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

Local _____, Data ____/____/____

Assinatura da Testemunha 1

N° RG

Assinatura da Testemunha 2

N° RG

**APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO SÓCIO – EDUCATIVO - DEMOGRÁFICO-
ECONÔMICO**

Nº

1.NOME:

2.SEXO: () FEM. () MASC. () IGNORADO

3. IDADE:

4.DATA DE NASC.: ___/___/_____.

5.LOCAL DE NASC.:

6.ENDEREÇO:

7.QUANTAS PESSOAS RESIDEM COM VC?

8.RAÇA: () BRANCA () NEGRA () PARDA () OUTRA

9.GRAU DE INSTRUÇÃO: () ANALF () 1º GRAU INCOMP.

() 1º GRAU COMPL. () 2º GRAU () NÍVEL SUPER

10. PROFISSÃO:

11. LOCAL/TEMPO:

12.QUANTOS COMODOS HÁ NA SUA CASA?

13.HÁ ESGOTO SANITÁRIO NA SUA RESIDÊNCIA?

() SIM () NÃO

14. FAZ USO DE ALGUM MEDICAMENTO? () SIM () NÃO QUAL?

17. HISTÓRICO FAMILIAR DE CÂNCER: () .SIM ; () . NÃO ; () . SEM
INFORMAÇÃO18. ALCOOLISMO: () . SIM; () . NÃO ; () . NÃO SE APLICA ; () . SEM
INFORMAÇÃO19. TABAGISMO: () SIM ; () NÃO ; () NÃO SE APLICA ; () SEM
INFORMAÇÃO

20. RENDA FAMILIAR:

DATA DO PREENCHIMENTO DA FICHA: ___/___/_____.

**ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA DO CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA EM ACOMPANHANTES DE PACIENTES SUBMETIDOS À RADIOIODOTERAPIA AMBULATORIAL

Pesquisador: Keyla Mary Cavaleiro Mendonça

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 21268213.6.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 413.516

Data da Relatoria: 02/10/2013

Apresentação do Projeto:

O projeto AVALIAÇÃO DOSIMÉTRICA EM ACOMPANHANTES DE PACIENTES SUBMETIDOS À RADIOIODOTERAPIA AMBULATORIAL, reporta sobre a proteção contra exposição de materiais radioativos ao paciente, ao trabalhador do serviço de medicina nuclear e as pessoas em geral, sendo restritiva. No entanto, a partir de 1990 muitas regras foram modificadas e as regulamentações passaram a se basear em modelos bem mais reais de dosimetria e exposição às radiações ionizantes. Diante dessa realidade, faz-se necessário que se haja entendimento que a terapia do hipertireoidismo é feita ambulatorialmente há mais de 60 anos, com poucas restrições em decorrência das exposições aos familiares. Portanto, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o impacto radiológico desse procedimento fazendo levantamento das exposições que o paciente gera sobre seus familiares e ambiente após radiiodoterapia.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Avaliar o impacto radiológico de pacientes hipertireóideos submetidos à radiiodoterapia, realizando levantamento das exposições que o mesmo gera sobre seus familiares e ambiente após a terapia com ¹³¹I.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-800
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepcos@ufpe.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 413.518

Objetivo Secundário:

- Selecionar um grupo de 25 pacientes que serão submetidos à radiolodoterapia com atividade de 370 a 555 MBq ¹³¹I;
- Selecionar um grupo de 25 pacientes que serão submetidos à radiolodoterapia com atividade de 740 MBq ¹³¹I;
- Estimar a taxa de exposição e contaminação de pacientes submetidos à radiolodoterapia com atividades de 370 a 555 MBq ¹³¹I;
- Estimar a taxa de exposição e contaminação de pacientes submetidos à radiolodoterapia com atividade de 740 MBq ¹³¹I;
- Estimar a dose absorvida pelos acompanhantes de pacientes submetidos à radiolodoterapia com atividades de 370 a 555 MBq ¹³¹I;
- Estimar a dose absorvida pelos acompanhantes de pacientes submetidos à radiolodoterapia com atividade de 740 MBq ¹³¹I;
- Comparar as doses absorvidas estimadas entre os dois grupos de pacientes; - Determinar as taxas de exposição e contaminação superficiais produzida pelo paciente nos locais mais frequentados por ele;
- Estimar o potencial de dose dentro do domicílio através da dosimetria de área por meio de dosímetros TLD;
- Comparar os dados obtidos com os pressupostos contidos nas normas de proteção radiológica nacional.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos inerentes a essa pesquisa são mínimos e esses estão relacionados ao constrangimento pelo uso do dosímetro enquanto os familiares permanecerem em sua residência. Além disso, esses acompanhantes poderão sentir-se envergonhados por não conhecer a pesquisadora devido a mesma ter que realizar visitas em seus domicílios no período de 5 (cinco) dias.

Benefícios:

Os benefícios dessa pesquisa são:

Benefício Direto - se os resultados da pesquisa mostrarem que os acompanhantes estão sendo expostos a um nível de radiação além do limite permitido por norma brasileira, esses dados serão informados aos órgãos competentes.

Endereço: Av. de Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)2126-8588 Fax: (81)2126-8588 E-mail: cepcos@ufpe.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 413.516

Benefício Ambiental - com avaliação da dose ambiental produzida pelo paciente, poderá se comparar esses resultados com os da literatura existente. Se os resultados da pesquisa identificarem doses ambientais superiores ao recomendado pela norma vigente no Brasil, poderá se discutir procedimentos médicos específicos quanto à segurança radiológica, a fim de minimizar o impacto radiológico no meio ambiente.

Benefício Científico - formação e qualificação de recursos humanos para as atividades acadêmicas e científicas.

Benefício Ético-Social - sensibilização dos órgãos governamentais, das instituições privadas e da sociedade em geral, para com a ética da questão clínica e econômica, quanto à radioproteção das pessoas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo será realizado no Serviço de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC-UFPE) e nas residências dos pacientes selecionado para pesquisa. Serão selecionados pacientes hipertireóideos que forem submetidos à radiiodoterapia com ^{131}I no período de dezembro de 2013 a dezembro de 2014. O planejamento de coleta desses dados levará em consideração as condições domiciliares e o interesse dos pacientes e acompanhantes (familiares) em participar da pesquisa, bem como a possibilidade de atenderem aos requisitos de radioproteção e aos cuidados médicos indicados.

Considerações sobre os Termos de apresentação submetidos:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



Continuação do Parecer: 413.516

Iniciar a coleta de dados.

Projeto foi avaliado e sua APROVAÇÃO definitiva será dada, após a entrega do relatório final, na PLATAFORMA BRASIL, através de "Notificação" e, após apreciação, será emitido Parecer Consubstanciado.

RECIFE, 02 de Outubro de 2013

Assinador por:
GERALDO BOSCO LINDOSO COUTO
(Coordenador)



ANEXO B – ORIENTAÇÕES MÉDICAS

DIETA PARA IODOTERAPIA

PACIENTE:

RG:

INÍCIO DA DIETA:

/ /

PREPARO:

<p>Medicação:</p> <p>Suspender vitaminas ou suplementos alimentares c/ Iodo</p> <p>Outros cuidados:</p> <p>* Informar ao médico o uso de comprimidos, capsulas ou remédios de cor vermelha.]</p> <p>* Evitar banhos de mar</p> <p>* Evitar alimentos e bebidas com corante vermelho, pois podem conter Iodo (ex: balas, Wisky).</p> <p>* O médico poderá indicar o uso de um laxante (por exemplo leite de magnésio) por um a dois dias antes da PCI, p-/ minimizar a concentração de I-131 no intestino.</p> <p>* Esvaziar a bexiga e evacuar antes do início do exame.</p>	<p><i>Evitar todas as substância que contenham Iodo.</i></p> <p>Durante 30 dias:</p> <p>* Não usar base para unha e esmalte</p> <p>* Evitar tratamento canal dentário</p> <p>* Não usar tintura de cabelo e <u>brozeador</u></p> <p>Durante 60 dias:</p> <p>* Não tomar xarope com Iodo</p> <p>* Não realizar radiografias com contraste de Iodo ou exames ginecológico (teste de Schiller)</p> <p>* Não utilizar <u>antissépticos com Iodo</u> (polvidine, <u>mércúrio</u>, Iodo, etc.)</p> <p>Durante 15 dias:</p> <p>* Não comer peixes, frutos do mar e algas; suspender o uso de sal iodado e leite fresco.</p> <p>Mulheres:</p> <p>Não fazer o exame durante gravidez, suspeita de gravidez ou amamentação.</p>
---	---

ORIENTAÇÃO P/ DIETA EM IODO (2 SEMANAS ANTES DO EXAME)

	<u>NAO PERMITIDO</u>	<u>PERMITIDO</u>
SAL	Sal iodado, salgadinhos, batata frita industrializ.	Sal não iodado
PEIXES	Peixes, frutos do mar, camarão, ostras, alga.	Peixe de água doce
LATICÍNIOS	Leite, sorvete, queijo, requeijão, iogurte, leite de soja, tofu.	Leite em pó desnatado, margarina e manteiga s/ sal
CARNES	Carne defumada, carne de sol, caldo de carne, embutidos (bacon, salsicha, lingüiça, frios (presunto, mortadela, salame)	Carnes frescas
OVOS / MOLHOS	Gema de ovo, maionese, molho de soja	C. de ovo, ervas, óleo, azeite, vinagre
FRUTAS	Frutas enlatadas em calda, frutas secas salgadas (ex: nozes e amendoim)	Frutas frescas e sucos sem sal.
VEGETAIS	Enlatados e conservas (azeitonas, picklis, cogumelo, chucrute, etc.), agrião, aipo, couve de bruxelas, repolho.	Alface, batata sem casca, beterraba, brócolis, cebola, cenoura, cogumelo fresco, couve, ervilhas, espinafre, nabo, pepino, tomate e vagem.
PAES, MASSAS, CEREAIS E GRÃOS	Pães industrializados, pizza, cereais em caixas (ex: <u>Sucrilhos</u> , <u>Cornflakes</u>)	Pão caseiro, pão francês, bolacha integral ou <u>crem craker</u> , macarrão e massas sem ovos, arroz, aveia, cevada, farinha, feijão, milho e trigo.
DOCES	Doçes, ovos, chocolate e leite.	Acúcar, mel, geléia, balas (exceto balas vermelhas).
BEBIDAS	Café instantâneo ou solúvel, chás industrializados e refrigerantes.	Café de filtro, sucos e chás naturais.

ANEXO C - INSTRUÇÃO DE RADIOPROTEÇÃO

Após a terapia com I-131, o(a) paciente deve tomar os seguintes cuidados:

Ao voltar para casa:

1. Se estiver bem o suficiente, o sr.(a) deve dirigir o próprio carro.
2. Se o sr.(a) estiver acompanhado(a), certificar-se que a pessoa não esteja grávida, e manter uma distância de mais de 01 metro (usar o banco de trás no lado do carona).

Ao chegar em casa:

Orientações para tratamento de Hipertireoidismo (Restrições de radioproteção)	Dose administrada _____ mCi
Dormir separado a 2 metros de um adulto	_____ dias
Dormir separado a 2 metros do grupo de risco (gestantes e crianças)	_____ dias
Voltar ao trabalho após	_____ dias
Relações sexuais e beijo na boca	_____ dias
Evitar aproximação do grupo de risco (gestantes e crianças)	_____ dias
Evitar locais públicos	_____ dias
Evitar gravidez por	06 meses de preferência 01 ano.

1. Após usar o telefone, limpe o bocal.
2. Tomar vários banhos por dia, pelo menos nos primeiros 02 dias após o tratamento.
3. Não cozinhar para outras pessoas. Se for necessário cozinhar, usar luvas de plástico descartáveis por 07 dias.
4. Não compartilhar a sua escova de dentes, lâmina de barbear, pano de rosto, toalha, comida ou bebida, colheres, garfos, copos e pratos por 07 dias.

Ao utilizar o banheiro:

1. O papel higiênico utilizado pelo paciente deve ser jogado no vaso sanitário por 07 dias.
2. Dar 03 descargas no vaso sanitário após cada uso por 07 dias.
3. Sempre lavar bem as mãos após usar o banheiro.
4. Usar lenços descartáveis para limpar o assento do vaso sanitário após o uso; os homens devem sentar para urinar e/ou usar lenços para remover respingos de urina, por 07 dias.
5. Limpar-se depois de urinar.

No caso das mulheres:

1. Não amamentar por 06 meses após o tratamento. Em caso de nova gravidez, não haverá problemas em amamentar, desde que a paciente não seja submetida a um novo tratamento.

ANEXO D – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR – UFPE
LABORATÓRIO DE METROLOGIA DAS RADIAÇÕES IONIZANTES
Av. Professor Luiz Freire, 1000 Cep: 50740-540 - Recife - PE
Fone: (81) 2126-8708 Fax: (81) 2126-7988
metrologia@ufpe.br ; metrologia.lmri@gmail.com



**LABORATÓRIO DE METROLOGIA
DAS RADIAÇÕES IONIZANTES
LMRI - DEN / UFPE**

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Nº 7135/1112

A CALIBRAÇÃO DO INSTRUMENTO SOE VALIDA NAS CONDIÇÕES ESPECIFICADAS NESTE CERTIFICADO

1. Instituição

Razão Social : Pronto Socorro Cardiologico de Pernambuco Prof. Luiz Tavares -
Procape
Endereço : Rua dos Palmares, s/n° Bairro : Santo Amaro
Cidade : Recife Estado : Pernambuco
CEP : 50.100-060
C.N.P.J. : 11.022.597/0015-97

2. Especificações do instrumento

Tipo : Monitor de Área
Patrimônio: 0002679
Fabricante: MRA IEN
Modelo : MIR-7028 Série : MIR-241
Detector : GM(Interno)
Modelo : Não Informado Série : SIT 7026

3. Data de calibração

21 de novembro de 2012

4. Condições de calibração**4.1 Condições ambientais**

Temperatura : 22,1°C
Pressão : 101,19kPa
Umidade : 44,0%

4.2 Geometria de calibração

Eixo longitudinal do detector perpendicular ao feixe de radiação.

4.3 Ponto de referência

Centro geométrico do volume sensível do detector.

4.4 Método de Calibração

Método por substituição.

5. Resultados da calibração

Os resultados das medidas referem-se à média aritmética de dez leituras efetuadas em cada ponto.

Fonte de radiação	Taxa de Dose Equivalente ($\mu\text{Sv/h}$)	Indicação do instrumento ($\mu\text{Sv/h}$)		Incerteza total*
		Antes do ajuste	Depois do ajuste	
Cs-137	2,0	-	2,3	-
	5,0	7,18	5,1	4,6%
	8,0	-	8,3	-
Cs-137	20,0	-	18,6	-
	50,0	64,8	47,9	3,8%
	80,0	-	76,8	-
Cs-137	200,0	-	182,9	-
	500,0	636,0	466,5	3,7%
	800,0	-	761,3	-
Cs-137	2000,0	-	1766,0	-
	5000,0	6200,0	4530,0	3,7%
	8000,0	-	7359,0	-

* Definida como duas vezes o valor da incerteza combinada calculada com base no ISO GUM – Guia para expressão da incerteza da medição, 2ª edição brasileira, editado pelo INMETRO (1998).

Radiação de Fundo (B.G) = 0,2 $\mu\text{Sv/h}$

6. Informações adicionais

O LMRI-DEN/UFPE recebeu da REMEPÉ, em dezembro de 2008, o reconhecimento da competência, seguindo os critérios da NBR ISO/ IEC 17025:2005.

7. Rastreabilidade

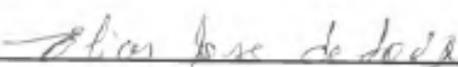
A rastreabilidade da grandeza de calibração é estabelecida no uso de um Dosímetro Padrão Secundário, Câmara de Ionização modelo 2575, série 526 da Nuclear Enterprise Ltd, e por um eletrômetro PTW FREIBURG Modelo UNIDOS E, série T10009-90284, calibrados no Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI) do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão da Rede Brasileira de Metrologia. Certificado de calibração nº LNMRI 1793/2011.

8. Recalibração

Este laboratório recomenda que o instrumento seja recalibrado em novembro de 2014.

A recalibração também é necessária no caso de ocorrência de quaisquer danos ou alterações que possam modificar a resposta do instrumento.

Certificado emitido em 21 de novembro de 2012

	
_____ Elias José de Souza (Responsável Técnico)	_____ Helen Jamil Khoury (Coordenadora do Laboratório)