



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

RENATO MEDEIROS PINHEIRO

**MAPEAMENTO DO NÍVEL RADIOMÉTRICO E CONSTRUÇÃO DE
MAPA ESPACIAL EM SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR**

Botucatu

2013

RENATO MEDEIROS PINHEIRO

**MAPEAMENTO DO NÍVEL RADIOMÉTRICO E CONSTRUÇÃO DE
MAPA ESPACIAL EM SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR**

Monografia apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”-
UNESP, Campus de Botucatu, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Física Médica.

Orientadora: Profa. Ass. Dra. Sonia Marta Moriguchi

Co-orientador: Prof. Eduardo Tinois

Botucatu

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE - CRB 8/5651

Medeiros, Renato Pinheiro.

Mapeamento do nível radiométrico e construção de mapa espacial em serviço de medicina nuclear / Renato Pinheiro Medeiros. - Botucatu, 2013

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física médica) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Sonia Marta Moriguchi

Coorientador: Eduardo Tinois

Capes: 10504028

1. Medicina nuclear. 2. Radiometria. 3. Radiação ionizante - Medidas de segurança. 4. Radiação - Dosimetria.

Palavras-chave: Dosimetria; Medicina nuclear; Monitoração de area; Nivel radiométrico ambiental; Radioproteção.

Agradecimentos

Tenho por fim a oportunidade de agradecer àqueles que me ajudaram na conclusão desta importante etapa da minha vida.

Agradeço primeiramente a Deus por me prover forças para seguir em frente com meus objetivos.

Aos meus pais Regina e Roberto pelo amor e por estarem sempre ao meu lado ensinando e incentivando a fazer o meu melhor; ao meu irmão Rodrigo e demais familiares pela confiança e ajuda sempre que se fez necessária.

Aos meus tios Patrícia e Sérgio, madrinha e professor, pelos conselhos e apoio sempre.

À Dra. Sonia M. Moriguchi e Dra. Kátia H. Koga, pela oportunidade de aprendizagem, orientação, paciência, conselhos e incentivo dados desde o início do estágio, que permitiram a realização deste trabalho.

A Eduardo Tinois da Silva, pela confiança, orientação, e conhecimentos transmitidos durante o período de estágio e desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Margarida J. Saeki, pela orientação como supervisora e por ter me acolhido desde o início, apoiando e estando à disposição sempre que possível.

A todos os trabalhadores do setor de Medicina Nuclear do HCFMB pela paciência, boa convivência, e ensinamentos que fizeram deste período uma experiência prazerosa e muito significativa para mim.

Aos colegas de faculdade e da república Sokanela, pessoas que se tornaram minha família durante esses anos e que fizeram valer a pena cada momento em Botucatu.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma me fizeram crescer pessoal e intelectualmente.

Resumo

A Medicina Nuclear é uma modalidade médica de diagnóstico por imagem e terapia que utiliza fontes radioativas não seladas para suas finalidades. Essa atividade de rotina promove o trânsito de fontes radioativas pela área da instalação, além do trânsito de pacientes injetados com radioisótopo, que também contribuem para elevar o nível radiométrico do ambiente. Como consequência, tem-se a exposição de trabalhadores e indivíduos do público à radiação ionizante. Existem mecanismos de proteção da exposição à radiação, equipamentos de proteção individual, e planos de medição estabelecidos em norma de aferição em determinados pontos do ambiente com o intuito de apontar eventuais aumentos nos níveis radiométricos e/ou contaminação, porém não contemplam todo o espaço ocupado por trabalhadores e pacientes. Para cumprir com os limites de dose individual estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, seria interessante que houvesse a classificação particularizada de cada serviço de Medicina Nuclear. Este trabalho teve como finalidade promover uma análise mais profunda da distribuição dos níveis radiométricos em toda a extensão do Setor Técnico de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, e produzir um mapa espacial para identificação de locais com maior taxa de exposição à radiação ionizante, podendo ser usado como um mapa de risco para auxílio dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE). Para realizar as aferições dos níveis radiométricos, foi usado um detector *Geiger-Muller* digital disponível no setor, devido à sua praticidade em relação a outros detectores. As medidas foram feitas em quatro horários diferentes para todos os dias da semana, em pontos selecionados estrategicamente para abranger toda a instalação.

Palavras-chave: Medicina Nuclear, Radioproteção, Monitoração de Área, Dosimetria, Nível Radiométrico Ambiental

Abstract

Nuclear Medicine is a medical modality of therapy and diagnostic imaging using unsealed radioactive sources for its purposes. This routine activity promotes the transit of radioactive sources for the area of installation, beyond the transit of patients injected with radioisotope, which also contribute to raising the radiometric level of environment. As a consequence, it has exposed workers and public individuals to the ionizing radiation. There are protective mechanisms of radiation exposure, personal protective equipments, and measurement planes established in standard measurement at certain points of the environment in order to identify any increase in radiometric levels and \ or contamination, but do not cover the entire space occupied by workers and patients. To accomplish with the individual dose limits established by the National Commission of Nuclear Energy, it is interesting if there is an individualized classification for each Nuclear Medicine service. This work aimed to promote an analysis of the radiometric level distribution across the extent of the Technical Nuclear Medicine Sector of Hospital of the Botucatu Medical School, and produce a spatial map to identify locations with higher exposure rate to the ionizing radiation, can be used as a risk map to assist the Occupationally Exposed Individuals (IOE). To perform the radiometric levels checking it was used a digital Geiger-Muller detector available in the sector, due to its practicality compared to other detectors. Measurements were carried out at four different times for all days of the week, at points strategically established to cover all the installation.

Keywords: Nuclear Medicine, Radiation Protection, Monitoring Area, Dosimetry, Level Environmental Radiometric

Sumário

	Página
Resumo	5
Abstract	6
1 Introdução	8
2 Fundamentos Teóricos	9
3 Objetivos	12
4 Materiais e Métodos	13
5 Resultados e Discussões	17
6 Conclusão	21
7 Referências	22

1 Introdução

A Medicina Nuclear é uma área da medicina que utiliza fármacos associados a isótopos radioativos para serem administrados aos pacientes; o fármaco tem a função de conduzir o elemento radioativo para o órgão desejado e, assim, pode-se extrair o máximo de informações diagnósticas ou promover o tratamento de patologias.[1]

Apesar de gerar doses relativamente altas aos pacientes, a prática é justificável pelos benefícios diagnósticos e terapêuticos proporcionados. Existe também a exposição dos trabalhadores e indivíduos do público no setor de forma involuntária. Ainda que haja mecanismos como blindagens para fazer a contenção das fontes radioativas, após a injeção do radioisótopo, o paciente se torna uma fonte radioativa ambulante e não tem como o trabalhador evitar completamente a exposição a esta fonte durante a aquisição de exame em rotina de trabalho.[1,2]

Neste sentido, é fundamental a aplicação de um plano de proteção radiológica que deve ser executado de forma eficaz, desde a proteção individual bem como a monitoração e classificação do ambiente da instalação. Os trabalhadores têm a sua disposição os equipamentos de proteção individual (EPI), e devem estar devidamente treinados, evitando a permanência e proximidade às fontes radioativas tanto quanto for possível, para garantir que as doses recebidas estejam dentro dos limites permissíveis e minimizar riscos dos efeitos indesejados da radiação.[2, 3]

Os efeitos nocivos da radiação são conhecidos e podem ser classificados como determinísticos, quando ocorrem devido a doses elevadas que causam morte de número considerável de células, ou estocásticos, quando decorrem de doses mínimas.[3]

Em se tratando de monitoração ambiental, existem estudos para observação de níveis radiométricos em instalações nucleares em que se empregou dosímetros termo-luminescentes (TLD) para posterior análise. Esse método apesar de ter relativa precisão por ser um detector de radiação cumulativo, é demorado para obtenção de dados (ou realização de medidas), além de ser de difícil fixação nas reais posições ocupadas pelos IOEs.[4]

Baseado nisso, foi realizado este trabalho com intuito de investigar os níveis radiométricos e as possíveis doses à que as pessoas estão submetidas num setor de Medicina Nuclear mais detalhadamente, utilizando um detector *Geiger-Muller* para realizar as aferições. Trata-se de um instrumento presente no serviço e subutilizado apesar da disponibilidade, não implicando em custos adicionais decorrentes do uso do TLD ambiental.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Uso de radiação ionizante na medicina

Há pouco mais de cem anos era muito difícil o médico observar o corpo humano sem ter que abri-lo, e isso dificultava muito o diagnóstico de doenças e fraturas nos pacientes. A descoberta dos raios-X em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen, foi de grande importância para a humanidade e trouxe muitos avanços para a ciência, principalmente no campo da medicina. Posteriormente, com o desenvolvimento da Radiologia, surgiram várias formas de obter imagens e utilizar terapias por radiações, por exemplo, com a Radioterapia, Medicina Nuclear, Tomografia Computadorizada, Densitometria Óssea entre outras técnicas que se tornaram indispensáveis para a medicina atual.[5]

Porém juntamente com os benefícios que a descoberta proporcionou, observou-se também os efeitos nocivos que a radiação ionizante causaria no homem, surgindo a necessidade de uma série de medidas de proteção.[5]

Foi criada em 1950 a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) para determinar padrões e normas de segurança e, em 1956, criada no Brasil a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), órgão responsável pela regulamentação e padronização das normas quando envolve a realização de trabalho utilizando radiação ionizante.[2, 5]

2.2 Proteção Radiológica

2.2.1 Princípios de Radioproteção

Os objetivos da proteção contra radiações são a prevenção ou a diminuição dos seus efeitos somáticos e a redução da deterioração genética dos povos, onde o problema de exposição crônica adquire importância fundamental.[6]

- **Justificação** - Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade.[6]
- **Otimização** - Todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis.[6]

- **Limitação de dose** - As doses individuais de trabalhadores e indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de doses estabelecidos pela norma nuclear CNEN 3.01 (mostrados na tabela 1).[6]

Tabela 1. Limites de dose anual estabelecidos pela CNEN.

Limites de Dose Anual			
Grandeza	Órgão	IOE	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv*	1 mSv
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv*	15 mSv
	Pele	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

*Média aritmética de 5 anos consecutivos desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

2.2.2 Cuidados de Radioproteção

As radiações podem ser controladas operando-se com três parâmetros: tempo, distância e blindagem.[6]

- **Tempo** – Quanto menor o tempo que uma pessoa fica exposta a uma fonte radioativa, menor será a dose absorvida e menores serão os efeitos causados pela radiação. Portanto, deve-se sempre permanecer o mínimo de tempo possível junto a uma fonte radioativa.[6]
- **Distância** – Recomenda-se manter a maior distância possível de uma fonte de radiação. Isto porque a intensidade de radiação é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o alvo e a fonte, e assim pode-se diminuir rapidamente a dose a que um indivíduo está sujeito.[7]
- **Blindagem** – Termo que se refere às barreiras utilizadas para atenuar o feixe de radiação emitido por fontes radioativas com objetivo de reduzir a exposição. Para garantir que seja efetiva, a escolha do material de blindagem deve levar em consideração o tipo de radiação, atividade da fonte e da taxa de dose aceitável fora do material de blindagem.[6]

2.3 Medidores de radiação

Detector de radiação é um dispositivo que, colocado em um meio onde exista um campo de radiação, é capaz de indicar sua presença. Sob o ponto de vista físico, a radiação pode interagir com a matéria transferindo sua energia (parcial ou totalmente) e causando deslocamento ou remoção de elétrons de seus orbitais, fenômenos conhecidos como excitação e ionização.[6]

Dentre os tipos de detectores existentes, os detectores a gás constituem os mais tradicionais e difundidos. Seu funcionamento consiste em coletar os pares de íons produzidos pela passagem de radiação no detector. A coleta é feita pelos eletrodos presentes na câmara de gás, que quando ionizado pela radiação conduz eletricidade gerando os pulsos de corrente mensuráveis. A aplicabilidade de cada tipo de detector a gás vai depender grandemente dos detalhes de sua construção, da voltagem aplicada, e natureza do gás contido nele.[7, 8]

O detector a gás mais usado até hoje é o *Geiger-Muller* (GM). Ele opera com relativa alta voltagem (500 a 900V) fazendo com que os elétrons sejam submetidos a uma aceleração suficiente para produzir ionizações secundárias quando se chocam com outras moléculas do gás, alcançando um ponto em que todo o gás é envolvido por sucessivas ionizações independente da quantidade de radiação incidente (amplificação), sem manter uma proporção. Essa característica do GM impede que ele seja capaz de distinguir tipos de radiação, pois não consegue discriminar energias, porém o torna um detector sensível para aplicação em monitoração de área e superfície, sendo de grande valia em medicina nuclear. Abaixo na Figura 1, está a foto do *Geiger-Muller* já acoplado da sonda cilíndrica, que foram utilizados neste trabalho.[7]



Figura 1. Medidor *Geiger-Muller* acoplado de sonda cilíndrica.

3 Objetivos

Realizar o levantamento radiométrico do setor técnico de medicina nuclear do HCFMB e elaborar um mapa de distribuição espacial do nível radiométrico como elemento integrante de um Plano de Prevenção a Riscos Ambientais com rica informação visual disponível aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos.

4 Materiais e Métodos

4.1 Materiais utilizados

- Medidor de radiação Victoreen modelo 190
- Sonda cilíndrica Inovision modelo 491-30

Conjunto segue calibração e controle de qualidade segundo normas da CNEN.

4.2 Métodos utilizados no levantamento radiométrico

As aquisições dos níveis radiométricos ambientais foram realizadas entre junho e setembro de 2013, para todos os dias úteis do setor técnico de Medicina Nuclear do HCFMB (segunda à sexta-feira) e em quatro horários diferentes, sendo eles: às 8:30, às 10:30, às 14:30 e às 16:30 independente do tipo de exame realizado - coletou-se grande número de amostras com intenção de aumentar a confiabilidade.

Cada medida foi realizada em apenas um desses horários no dia, a fim de representar a variedade dos tipos de exames e pacientes durante a rotina do serviço de medicina nuclear, e conseqüentemente obter dados de forma aleatória para que houvesse amostras de todo o período de funcionamento do setor.

O equipamento utilizado foi o medidor de taxa de exposição *Geiger-Muller*, acoplado à sonda cilíndrica de gás, usando $\mu\text{R/h}$ como unidade de medida. As medidas foram realizadas com a sonda cilíndrica na altura do tórax, com exceção do ponto 64 (Tabela 2), cuja aquisição foi feita na altura dos olhos, pois corresponde ao gerador de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ no qual é interessante avaliar o equivalente de dose no cristalino.

As medidas tiveram a duração média de 40 minutos e foram registradas em formulário com data, horário de início e fim, unidade de medida, pontos e discriminação da dependência, e presença ou não de fonte radioativa sendo de origem paciente ou não.

O croqui do setor com os pontos selecionados está representado abaixo na Figura 2. Pontos em amarelo representam cantos da sala.

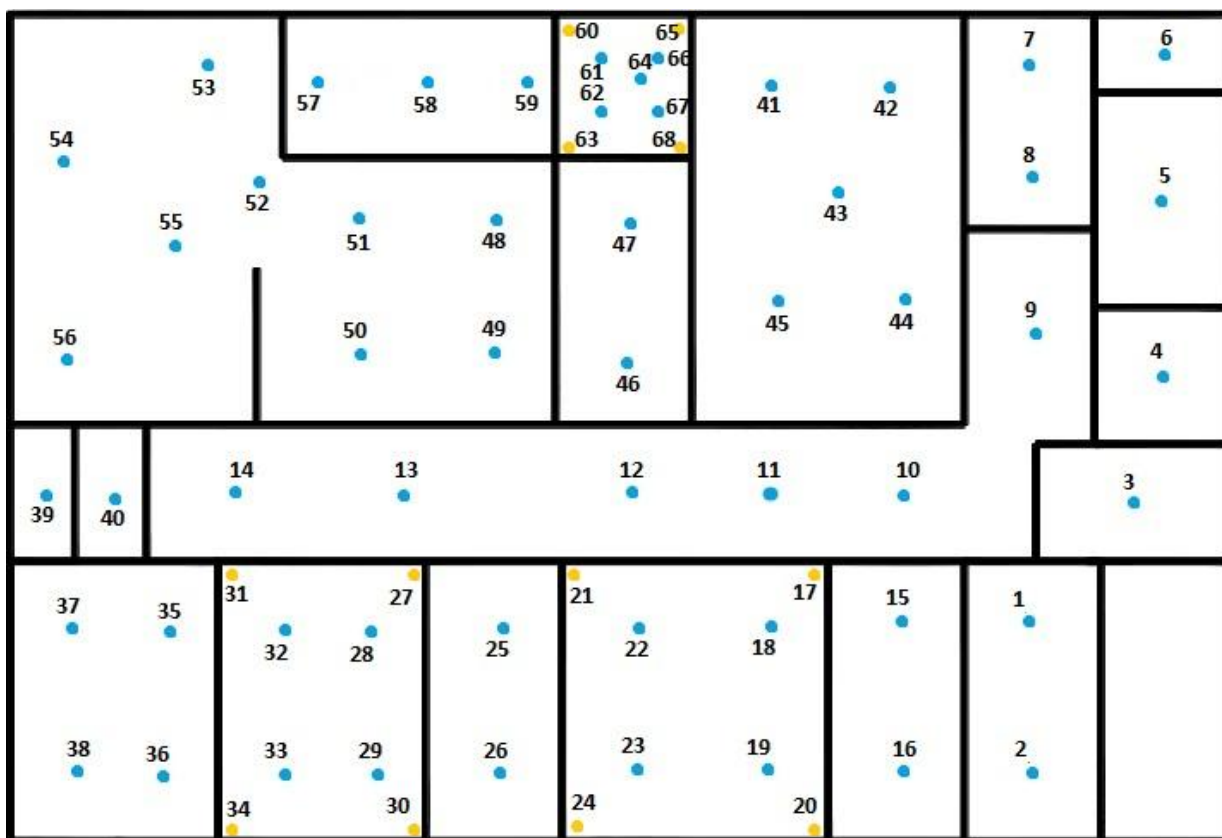


Figura 2. Croqui do setor técnico de medicina nuclear do HCFMB com os pontos de medição.

Os pontos de monitoramento selecionados foram listados na Tabela 2 e obedeceram à seguinte regra:

- Locais com maior fluxo de pacientes e maior permanência de IOE (Sala de espera de pacientes injetados e sala de exames da G.E. *Millenium*) foram estipulados 4 pontos nos cantos da sala, mais 4 pontos por quadrante da sala;
- Salas de exame e salas de demais trabalhadores (Secretaria, sala de laudos, sala da supervisão), foram estipulados pontos em frente aos painéis de controle e em frente aos computadores onde ficam posicionados os trabalhadores do setor.
- Para os locais restantes foram estipulados os pontos visando preencher a malha de forma a contemplar todo o espaço físico do serviço de medicina nuclear.

Tabela 2. Pontos de monitoramento selecionados

	Secretaria:	23	Em frente ao painel de operação da G.E.		Sala da geladeira de fármacos, trânsito de IOE e pacientes, entrada da
1	Em frente ao computador 1	24	Canto da sala 4 (mesa onde ficam os computadores)	46	Próximo ao corredor central
2	Em frente ao computador 2		Sala de captação:	47	Em frente à porta da sala quente
3	Sala de laudos médicos: centro do ambiente	25	Entre a porta da sala e o centro do ambiente		Sala de exames da Sophy Camara DSX:
4	Almoxarifado: centro do ambiente	26	Próximo ao computador de captação	48	Próximo à porta da sala
5	Copa: centro do ambiente		Sala de espera de pacientes injetados:	49	Entre a parede e o <i>gantry</i> da Sophy DSX
6	Banheiro da copa: centro do ambiente	27	Canto da sala 1 (porta)	50	Entre a parede divisória e o <i>gantry</i> da Sophy DSX
	Administração:	28	Cadeiras para pacientes (próximo à porta da sala)	51	Próximo da extremidade da maca do equipamento DSX
7	Em frente à mesa	29	Cadeiras para pacientes (próximo ao bebedouro)	52	Em frente ao painel de operação do equipamento DSX
8	Em frente ao computador	30	Canto da sala 2 (atrás do bebedouro)		Sala de exames da Sophy Camara DST:
9	Corredor da copa: centro do ambiente	31	Canto da sala 3	53	Em frente ao computador de processamento de exames
	Corredor central:	32	Cadeiras para pacientes	54	Em frente ao painel de operação do equipamento
10	Em frente ao hall de entrada	33	Cadeiras para pacientes	55	Próximo à cadeira para acompanhantes
11	Em frente à sala de exames da G.E. Millenium	34	Canto da sala 4	56	Ao lado do <i>gantry</i> do equipamento
12	Em frente à sala da geladeira de		Sala da supervisão:		Sala de injeção:
13	Entre as portas da sala de captação e de espera de pacientes	35	Posição da cadeira da mesa 1	57	Em frente ao computador da sala
14	Em frente à porta do banheiro de pacientes	36	Posição da cadeira da mesa 2	58	Centro do ambiente
	Hall de entrada do setor:	37	Posição da cadeira da mesa 3	59	Em cima do lixo ^{99m}Tc
15	Próximo ao corredor central do setor	38	Posição da cadeira da mesa 4		Sala quente:
16	Próximo ao corredor externo, circulação de público	39	Banheiro da sala da supervisão	60	Canto da sala próximo à pia
	Sala de exames 1, G.E. Millenium:	40	Banheiro de pacientes injetados	61	Em frente ao container de rejeito de
17	Canto da parede 1 (porta da sala)		Sala de exames da Siemens Orbiter:	62	Entre o centro do ambiente e a porta da sala
18	Próximo à cadeira de acompanhantes	41	Em frente à mesa	63	Canto da parede atrás da porta da sala
19	Próximo ao <i>gantry</i> da G.E.	42	Em frente à maca	64	Gerador de ^{99m}Tc , altura dos olhos
20	Canto da sala 2 (atrás do <i>gantry</i> da G.E.)	43	Centro do ambiente	65	Canto da sala próximo ao lixo de perfuro-cortantes
21	Canto da sala 3	44	Em frente à segunda maca	66	Em frente aos containers de rejeito de ^{67}Ga e de fontes para calibração
22	Extremidade da maca da G.E.	45	Próximo ao <i>gantry</i> da Siemens Orbiter	67	Em frente aos containers de lixo de ^{99m}Tc e ^{131}I
				68	Canto da sala, atrás do curiômetro

A construção do mapa foi feita por interpolação utilizando o método do vizinho mais próximo para estimar a taxa de exposição nos pixels da imagem. Em seguida, para não ficarem platôs na imagem, situação irreal, optou-se por realizar um filtro tipo média com

kernel circular e cujo raio foi escolhido ser próximo à distância média em pixels entre os pontos medidos.

5 Resultados e Discussões

Após a realização das medidas encontrou-se os seguintes resultados para a média e desvio padrão da taxa de exposição em cada ponto espacial medido:

Tabela 3. Média e Desvio Padrão das medidas de Taxa de Exposição realizadas em cada Ponto/Dependência.

PONTO	MÉDIA ($\mu\text{R/h}$)	DP ($\mu\text{R/h}$)	DEPENDÊNCIA	PONTO	MÉDIA ($\mu\text{R/h}$)	DP ($\mu\text{R/h}$)	DEPENDÊNCIA
1	11,4	7,1	RECEPÇÃO	35	20,5	33,7	COORDENAÇÃO
2	9,0	5,8	RECEPÇÃO	36	25,1	34,4	COORDENAÇÃO
3	8,3	4,5	LAUDO	37	14,6	10,5	COORDENAÇÃO
4	8,5	5,1	ALMOXARIFADO	38	17,3	15,0	COORDENAÇÃO
5	8,1	5,2	COPA	39	11,6	6,9	WC COORDENAÇÃO
6	7,8	5,9	WC FUNCIONÁRIOS	40	15,9	9,2	WC INJETADOS
7	8,6	5,8	ADMINISTRAÇÃO	41	9,9	5,7	ORBITER
8	9,5	5,2	ADMINISTRAÇÃO	42	11,0	5,4	ORBITER
9	11,1	4,4	CIRCULAÇÃO	43	11,5	6,9	ORBITER
10	28,5	45,9	CIRCULAÇÃO	44	8,4	4,9	ORBITER
11	86,3	181,4	CIRCULAÇÃO	45	7,5	4,4	ORBITER
12	115,0	225,6	CIRCULAÇÃO	46	16,6	15,2	HALL SALA QUENTE
13	58,9	90,1	CIRCULAÇÃO	47	27,2	41,3	HALL SALA QUENTE
14	206,4	754,6	CIRCULAÇÃO	48	16,7	11,0	GAMAS DSX / DST
15	11,0	5,6	ENTRADA	49	11,1	6,1	GAMASDSX / DST
16	15,1	13,8	ENTRADA	50	21,4	24,8	GAMASDSX / DST
17	290,6	827,6	GE-MILLENIUUM	51	13,4	5,7	GAMASDSX / DST
18	450,6	1619,6	GE-MILLENIUUM	52	27,5	61,3	GAMASDSX / DST
19	397,4	1283,3	GE-MILLENIUUM	53	13,0	11,2	GAMASDSX / DST
20	73,7	222,4	GE-MILLENIUUM	54	32,9	85,3	GAMASDSX / DST
21	33,5	66,6	GE-MILLENIUUM	55	60,7	195,5	GAMASDSX / DST
22	115,0	253,3	GE-MILLENIUUM	56	31,4	65,0	GAMASDSX / DST
23	130,0	314,1	GE-MILLENIUUM	57	11,0	8,0	INJEÇÃO
24	20,1	23,8	GE-MILLENIUUM	58	14,0	10,7	INJEÇÃO
25	28,3	35,1	CAPTAÇÃO	59	19,9	19,7	INJEÇÃO
26	33,0	56,0	CAPTAÇÃO	60	54,3	45,4	SALA QUENTE
27	132,2	246,9	ESPERA INJETADOS	61	261,1	264,3	SALA QUENTE
28	254,9	487,1	ESPERA INJETADOS	62	228,5	210,5	SALA QUENTE
29	427,7	814,6	ESPERA INJETADOS	63	87,2	72,6	SALA QUENTE
30	213,7	450,5	ESPERA INJETADOS	64	400,2	187,0	SALA QUENTE
31	72,7	116,3	ESPERA INJETADOS	65	136,2	75,1	SALA QUENTE
32	211,5	430,8	ESPERA INJETADOS	66	858,6	789,6	SALA QUENTE
33	399,4	822,3	ESPERA INJETADOS	67	152,1	151,6	SALA QUENTE
34	115,1	216,6	ESPERA INJETADOS	68	71,3	72,2	SALA QUENTE

Com base nas médias foi construído o mapa de taxa de exposição conforme algoritmo descrito no capítulo de materiais e métodos. A Figura 3 abaixo corresponde ao mapa medido.

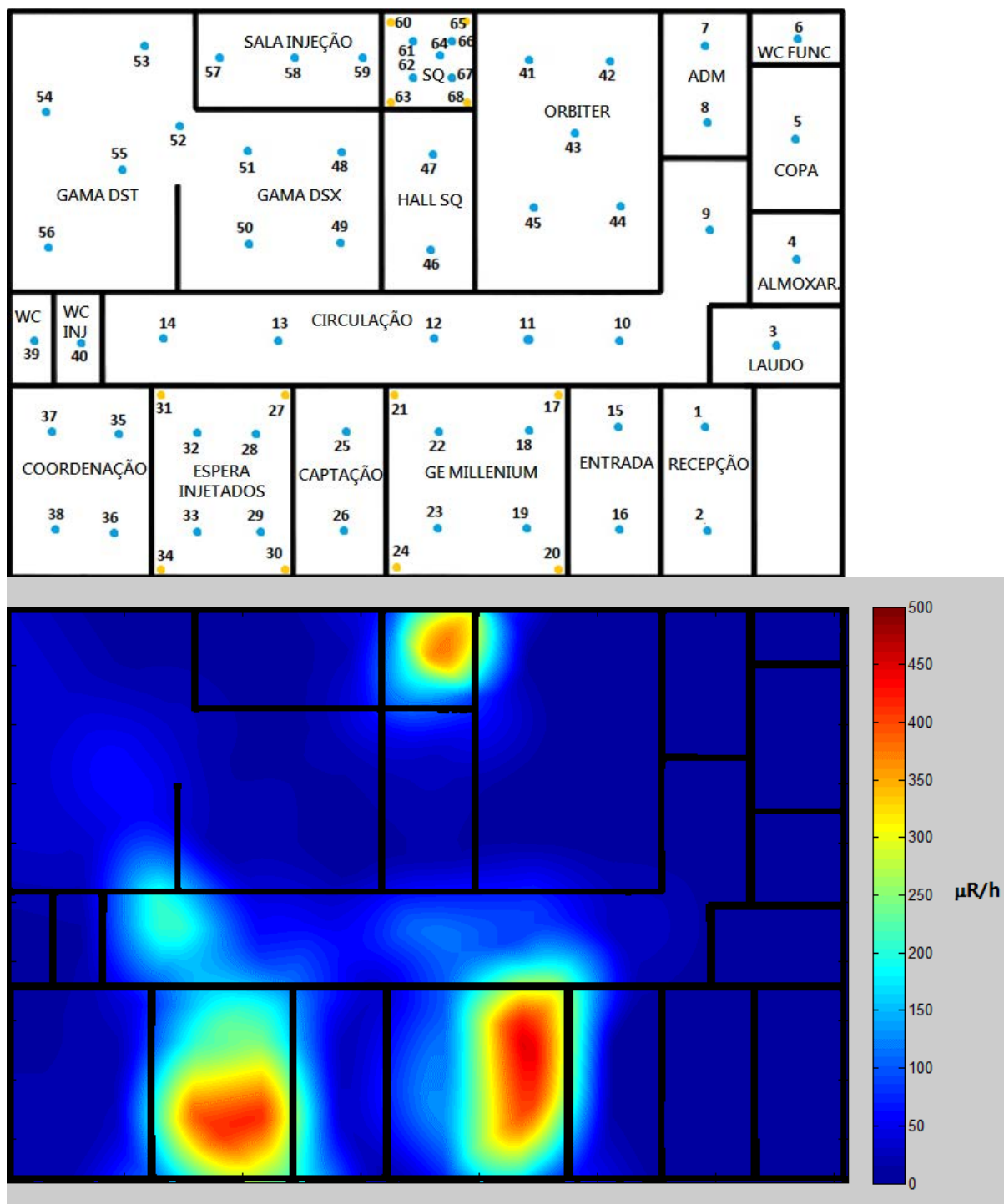


Figura 3. Distribuição espacial da Taxa de Exposição nas dependências obtida por Interpolação pelo método do vizinho mais próximo seguido por um filtro média obtido por convolução com um *kernel* em forma de disco com raio aproximado igual à distância média entre os pontos em pixels.

Observa-se que as áreas do serviço que apresentaram maior taxa de exposição correspondem àquelas onde estão as fontes (pacientes na sala de espera e salas de exames e fontes na sala quente).



Figura 4. Mapeamento das áreas cuja dose projetada encontram-se nos níveis apresentados na legenda.

A projeção da dose anual, considerando fator de ocupação 1, jornada de 40 horas semanais e equivalência operacional entre Taxa de Exposição e Taxa de Dose Equivalente de $1 \mu\text{R} = 0,01 \mu\text{Sv}$, foi estimada e a distribuição destas doses divididas em 4 níveis (<1mSv / ≥1mSv e <5mSv / ≥5mSv e <20mSv / ≥20mSv) também foi mapeada na planta do serviço

ofertando aos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) informação sobre as áreas cuja ocupação aumentam o risco de elevação da exposição (Figura 4).

A escolha destes níveis para segmentação da imagem de dose anual projetada vem pelo fato de 1 mSv ser o limite anual de dose efetiva para um indivíduo do público, 5 mSv ser considerado atualmente o limite de dose correspondente a boas condições de trabalho e 20mSv ser o limite anual de dose equivalente efetiva para um IOE.

O uso do monitor Gëiger existente no serviço, disponível em tempo integral mostrou-se recurso útil e eficaz para estimar as regiões de risco de exposição à radiação. Mapeamentos desta natureza podem integrar os Planos de Proteção a Riscos Ambientais exigidos nas normas trabalhistas vigentes. Aumentam a riqueza de informações com relação ao risco físico da exposição à radiação, pois indicam na dependência a área espacial e a intensidade do risco e não apenas uma indicação simplificada que na dependência há o risco.

6 **Conclusão**

O levantamento radiométrico periódico em um número maior de pontos associado à confecção do mapa de distribuição das taxas de exposição ou dose bem como o mapa e projeção de dose anual constituem rica informação para prevenção à exposição à radiação ionizante nas dependências do serviço de Medicina Nuclear na medida que apontam com elevada clareza as áreas de risco e sua intensidade.

7 Referências

- [1] CHERRY, S.R.; SORENSON, J.A.; PHELPS, M.E. – Physics in Nuclear Medicine – Elsevier – Fourth Edition.
- [2] ICRP – International Commission on Radiological Protection -1990 –Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of ICRP 21, N. 1/3, ICRP Publication 60, Pergamon Press, Oxford, 1991.
- [3] ANDREUCCI, R. – Proteção Radiológica Aspectos Industriais –Ed. Jan/2007.
- [4] MALETTA, P.G.M.; FILIPETTO, J.; WAKABAYASHI, T.; da SILVA, T.A. – Níveis de Radiação Externa em Instalações de um Centro de Tecnologia Nuclear, CDTN, Belo Horizonte – MG, Brasil
- [5] Radiologia e Diagnóstico por Imagem. Disponível em:
<<http://www.jornalfolhadossul.com.br/noticia/2013/05/14/radiologia-e-diagnostico-por-imagem>> acesso em: 27 de outubro de 2013. Às 20:46.
- [6] TAUHATA, L.; SALATI, I.P.A.; PRINZIO, R.Di.; PRINZIO, M.A.R.R.D.i. – Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos – 5ª revisão– Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN – Rio de Janeiro, agosto/2003.
- [7] POWSNER, R.A.; POWSNER, E.R. – Essential nuclear medicine physics – 2nd ed– Blackwell Publishing Ltd. 2006.
- [8] EARLY, P. J.; SODEE, D. B. – Principles and Practice of Nuclear Medicine – 2nd ed. – St. Louis, Missouri Mosby – year book, inc.
- [9] CNEN-NN-3.05 – Comissão Nacional de Energia Nuclear – “Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear”, Rio de Janeiro, Abril de 1996.
- [10] CNEN-NN-3.01 – Comissão Nacional de Energia Nuclear – “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, Rio de Janeiro, Setembro de 2011.