

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA MÉDICA

ISABELLA VELLOSO ARRIGO

Estimativa do Fator de Ocupação por Vídeo Imagem
em Área Controlada no Serviço de Medicina Nuclear
do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de
Botucatu e Correlação com Dosimetria Mensal dos
Indivíduos Ocupacionalmente Expostos

Botucatu

2018

ISABELLA VELLOSO ARRIGO

Estimativa do Fator de Ocupação por Vídeo Imagem em
Área Controlada no Serviço de Medicina Nuclear do
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de
Botucatu e Correlação com Dosimetria Mensal dos
Indivíduos Ocupacionalmente Expostos

Versão original

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Unesp Câmpus de
Botucatu, como requisito parcial para a
conclusão do curso de graduação em Física
Médica, sob orientação do Profa. Ass. Dra.
Katia Hiromoto Koga

Botucatu

2018

Nome: ARRIGO, Isabella Velloso.

Estimativa do Fator de Ocupação por Vídeo Imagem em Área Controlada no Serviço de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu e Correlação com Dosimetria Mensal dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências da Unesp Campus de Botucatu, como requisito parcial para a conclusão do curso de graduação em Física Médica.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

À Deus e aos meus pais.

Agradecimentos

Primeiramente quero externar meu reconhecimento por tudo quanto Deus tem feito na minha vida.

Agradeço aos meus pais Eliana Velloso e Janilto Arrigo por toda educação, suporte, compreensão e amor que dedicaram à minha vida. Eu amo vocês!

Toda minha família, irmãs Camila e Janiele, meus cunhados Ricardo e Alessandro e meus sobrinhos Yago, Clara e Lorena.

As Doutoras Kátia Hiromoto Koga e Sônia Marta Moriguchi por todo conhecimento transmitido e pela oportunidade de desenvolver essa pesquisa no setor de Medicina Nuclear da Faculdade de Medicina de Botucatu.

Aos meus coorientadores Eduardo Tinois e Matheus Alvarez pela dedicação e todo ensino proporcionado à minha formação acadêmica. Ao físico responsável do setor pela experiência transmitida Ednaldo Alexandre Zandoná.

Aos meus amigos e companheiros que me ajudaram e sempre estiveram presente, Amanda Rosa, Fernanda Moura, Giovana Oliveira, Lorraine Pires, Paulo Zago Leonel e Thiago Souza Dias.

A minha banca avaliadora formada pelo professor Dr. Joel Mesa Hormaza e novamente professora Dra. Sônia Marta Moriguchi. Agradeço a atenção e apoio prestado ao trabalho.

E por fim, mas não menos importante, todos os trabalhadores da equipe multidisciplinar do setor de Medicina Nuclear do HCFMB que me proporcionaram dias de estágio agradáveis e de ótimo aprendizado. Em especial Diego, Geraldo, Júnior, Larissa, Marcos e Ulisses, sem vocês nada disso seria possível.

RESUMO

Alinhado ao ALARA, propusemos a estimativa do Fator de Ocupação (FO) dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) pelo método de vídeo imagem e avaliação da correlação com as leituras de Dose Mensal individual (DM). A coleta de vídeo imagens foi realizada no laboratório de manipulação de radioisótopos com *webcam* acoplada a um *notebook*. Os critérios de inclusão foram vídeos que apresentaram luminosidade adequada para avaliação e os de exclusão foram doses sem registro de ocorrências radiológicas com o IOE e doses acima do Nível de Registro. A equação de regressão obtida foi $DM=1,91.FO+0,06$, com *p-value* associado ao coeficiente angular de *p-value*=0,18. As regras de inclusão geraram uma restrição aos dados disponíveis, reduzindo significativamente o número de pontos válidos, tornando esta análise preliminar. Considerando o pequeno número de pontos e o valor *p* associado à regressão relativamente baixo, o aumento de casuística é determinante para uma conclusão estatisticamente significativa. Há indícios de correlação entre FO e DM decorrente do baixo número de amostras e baixo valor relativo de *p*, indicando reavaliação dos resultados com estatística aumentada.

Palavras chaves: radioproteção; dosimetria; vídeo imagem; medicina nuclear; fator de ocupação.

ABSTRACT

Aligned to ALARA, we proposed the estimation of Occupational Factor (FO) of the occupationally exposed individuals (IOE) by the video image method and correlation evaluation with the Individual Monthly Dose (DM) readings. The collection of video images was performed in the radioisotope manipulation laboratory with webcam attached to a notebook. The inclusion criteria were videos that presented adequate luminosity for evaluation and those of exclusion were doses without record of radiological occurrences with IOE and doses above the Record Level. The regression equation obtained was $DM = 1.91.FO + 0.06$, with p-value associated with the coefficient of $p\text{-value} = 0.18$. The inclusion rules generated a restriction on the available data, significantly reducing the number of valid points, making this preliminary analysis. Considering the small number of points and the p value associated with relatively low regression, the increase in casuistry is decisive for a statistically significant conclusion. There are indications of correlation between FO and DM due to the low number of samples and low relative value of p, indicating a reevaluation of the results with an increased casuistry.

Keywords: radioprotection; dosimetry; video image; nuclear medicine; occupancy factor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dosímetro individual.....	21
Figura 2: Modo de uso do dosímetro individual.....	21
Figura 3: Emissão de luz na termoluminescência.....	23
Figura 4: Exemplo de aquisição.	Erro! Indicador não definido.
Figura 5: Algoritmo implementado.	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA	<i>As Low as Reasonably Achievable</i>
BG	<i>background</i>
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
eV	eletronvolt
FO	Fator de Ocupação
Gy	Gray
HCFMB	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu
IAEA	<i>Internationl Atomic Energy Agency</i>
IOE	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
MBq	Megabecquerel
mSv	miliSievert
NCRP	<i>National Council on Radiation Protection and Measurements</i>
NN	Norma Nuclear
PET	Tomografia por Emissão de Pósitron
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TLD	Dosímetro Termoluminescente

SUMÁRIO

RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
SUMÁRIO.....	XVII
INTRODUÇÃO	18
1 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO	20
1.1 Dosimetria	21
1.2 O mecanismo de interação da radiação.....	22
1.3 Limitação de dose individual	23
2 O MÉTODO DE SUBTRAÇÃO DE IMAGEM.....	24
2.1 O algoritmo	25
3 MÉTODOS	27
3.1 Participantes	27
3.2 Instrumentos.....	27
3.3 Procedimentos	27
3.4 Análise estatística	29
4 RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÕES	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
5 REFEREÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	36

INTRODUÇÃO

Atualmente com o avanço na área da saúde, há uma ascendência na busca de métodos otimizados de diagnóstico e terapia, principalmente nas áreas que utilizam radiação ionizante.

A Medicina Nuclear é uma modalidade médica que utiliza fontes radioativas não seladas, com finalidade diagnóstica e terapêutica. Os métodos diagnósticos utilizados atualmente são a cintilografia e tomografia por emissão de pósitron acoplado ou não a tomografia computadorizada (SPECT/CT e PET/CT). São considerados seguros, indolores e não invasivos. Atualmente, existem aproximadamente 433 serviços de Medicina Nuclear distribuídos no território nacional [1].

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece normas técnicas para regularização dos serviços e controle das atividades realizadas. A Norma Nuclear CNEN NN 3.01, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica são requisitos básicos de proteção radiológica de pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. A Norma Nuclear CNEN NN 3.05 Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear aborda os procedimentos de proteção radiológica no ambiente da medicina nuclear.

A CNEN NN 3.05 determina as dependências mínimas que um serviço de medicina nuclear deve apresentar para seu adequado funcionamento: sala de espera e sanitário exclusivo destinado para os pacientes injetados, laboratório de manipulação e armazenamento de fontes radioativas, sala dedicada à administração de radiofármacos, sala(s) de exame(s), local de armazenamento provisório de rejeitos radioativos, sala para a prática de estudos de ventilação pulmonar, sala exclusiva destinada à exames para estresse cardiológico, sala de repouso quando o mesmo utilizar sistemas para Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) e quarto para terapia com internação, quando aplicadas doses terapêuticas de Iodo-131, com atividade superior a 1850 MBq [1].

Para o correto funcionamento do serviço de Medicina Nuclear é preciso adequá-lo às Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, que classifica as possíveis áreas deste serviço, a fim de auxiliar o controle das exposições ocupacionais em três tipos: áreas livres, áreas supervisionadas e áreas controladas.

Nas áreas livres, deve-se garantir que a taxa de dose e o risco de contaminação com materiais radioativos sejam satisfatoriamente baixos, o que deverá assegurar a todos os indivíduos, do público em geral e os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) que o nível de proteção seja equivalente às exposições do público. Na área supervisionada, as condições de exposição ocupacional devem ser mantidas sob supervisão, onde é facultativa a aplicação de medidas específicas de proteção e segurança, sendo recomendável que essas áreas sejam sinalizadas e revistas periodicamente quanto à necessidade de adoção de medidas de radioproteção.

Já a área classificada como controlada tem regras particulares de proteção e segurança, visando prevenir a contaminação radioativa e minimizar a extensão de exposições potenciais. Nessas áreas é necessário que haja adequada sinalização com o símbolo internacional da radiação ionizante, sendo o acesso para indivíduos do público restrito e com equipamentos e vestimentas de proteção e instrumentos de monitoração apropriados disponíveis [2].

A CNEN NN 3.01, estabelece limites anuais de dose efetiva para radiações ionizantes no corpo inteiro. Para IOE deve ser inferior a 20 mSv/ano e para indivíduos do público este limite é de 1 mSv/ano [2].

Buscando aperfeiçoar o controle e a proteção radiológica dos IOE em áreas supervisionadas e controladas, pode-se aplicar o conceito de fator de ocupação (FO), que é definido como a fração média do tempo em que a pessoa está presente na área. Ressalta-se que é uma função dependente da atividade profissional e, portanto, pode apresentar interpretação variável. Na Medicina Nuclear, o FO é representado pela letra T e o mesmo é uma grandeza adimensional. O *National Council on Radiation Protection and Measurement Report 49* (NCRP), sugere a aplicação de três valores para T: ocupação total ($T=1$), ocupação parcial ($T = 1/4$) e ocupação eventual ($T = 1/16$) como valores a serem adotados no planejamento das blindagens físicas a serem realizadas nas paredes que encerram as dependências [3].

Tendo em vista o ambiente hospitalar, em especial áreas que utilizam fontes radioativas não seladas, como os serviços de Medicina Nuclear, o monitoramento da equipe

multidisciplinar se faz necessário para investigar possíveis adequações das medidas de proteção radiológica. Visando isto, foi proposta a determinação do fator de ocupação dos IOE por meio de vídeo imagem correlacionando-o com a leitura da dosimetria pessoal mensal.

1 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO

O estabelecimento de três princípios básicos rege a filosofia de proteção radiológica. Princípio da justificação, otimização e limitação de doses. O princípio da limitação da dose estabelece valores limites de dose para trabalhadores expostos à radiação ionizante e para indivíduos do público, com o fim de minimizar as probabilidades de ocorrência de efeitos estocásticos. O princípio da otimização estabelece que as exposições à radiação ionizante devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis, conhecido como princípio ALARA (*As Low as Reasonably Achievable*).

A relação entre a exposição à radiação ionizante e os efeitos biológicos no homem foi estabelecida com bases em fatores reais, muitos deles estabelecidos após os bombardeios atômicos de Hiroshima e Nagasaki, pois ainda hoje há casos de câncer, patologias hepáticas, cardíacas e diabetes que são relacionados aos efeitos biológicos provenientes das bombas atômicas [4]. A hipótese depende da quantidade, forma, período de exposição e concretização dos efeitos em termo de observação temporal. Atualmente, existem informações dos riscos de altas doses de radiação, contudo, há poucos estudos sobre os efeitos de doses inferiores à 0,2 Gray em IOE.

O grau de exposição à radiação ionizante é variável. Exposições únicas são exposições que ocorrem de forma planejada, como por exemplo, exames de tomografia computadorizada e exames radiológicos ou de maneira fracionada num tratamento de radioterapia. Já as exposições contínuas podem ser exemplificadas como as provenientes de certas rotinas de trabalho, como por exemplo, em instalações nucleares e radiofarmácias de serviços de

Medicina Nuclear. Nessas os IOE manuseiam fontes não seladas de radiação para o preparo de doses terapêuticas como na radioiodoterapia ou de doses para exames de diagnóstico.

Em um serviço de Medicina Nuclear, um IOE que manuseia fontes radioativas não seladas, é exposto à radiação ionizante diariamente, assim o gerenciamento das taxas de exposições se faz necessário, a fim de minimizar os riscos de efeitos biológicos tardios da radiação. O controle da exposição à radiação ionizante pode ser analisado em três parâmetros: tempo, distância e blindagem. A dose acumulada por um IOE é diretamente proporcional ao tempo que permanece na área, $Dose = Taxa \times Tempo$ [5]. Para o controle da dose efetiva acumulada desse trabalhador, utilizam-se os dosímetros individuais, ilustrados na Figura 1. Os recursos mais utilizados são aumento da distância entre o IOE e a fonte de radiação, ou algum material de blindagem, como por exemplo, o avental plumbífero Figura 2. Porém, o recurso que é considerado mais eficaz para a redução à exposição de radiação é o tempo de execução do serviço do IOE, ou seja, a otimização de seu serviço.



Figura 1: Dosímetro individual.



Figura 2: Modo de uso do dosímetro individual.

1.1 Dosimetria

Atualmente, nos serviços de Medicina Nuclear, a exposição à radiação ionizante é controlada através do dosímetro pessoal. Os dosímetros são monitores que medem uma grandeza radiológica ou operacional, podendo estar relacionada a um determinado órgão ou

corpo inteiro, potencializando a estimativa de dose equivalente e/ou dose efetiva dos usuários em decorrência de seu trabalho [5].

A França, em decreto de 1988, estabelece que todos os indivíduos expostos à radiação devem ser monitorados por dosímetros eletrônicos e estudos revelam que as maiores exposições ocorrem nas funções de enfermeiros e manipuladores dos radiofármacos [6,7]. No Brasil a prática de uso dos dosímetros eletrônicos não é vigente, contudo é evidente que a delimitação dos locais onde há as maiores exposições à radiação ionizante seria de forma mais precisa, uma vez que é possível ter controle de áreas específicas em que o IOE esteve em seu dia de trabalho.

De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), o programa de proteção radiológica deve incluir uma avaliação de riscos de exposição radiológica e um plano de monitoramento individual, garantindo condições de segurança aceitáveis no ambiente de trabalho [8]. No Brasil em 2011, dentre os 372 casos de doses efetivas elevadas, distribuídas principalmente na região Sudeste, exceto pelo Espírito Santo, 91 casos foram maiores ou iguais a 100 mSv [9].

1.2 O mecanismo de interação da radiação

O efeito físico gerado em um dosímetro termoluminescente (TLD) utilizado por IOE é o efeito de termoluminescência. No qual o detector consiste do volume sensível de um material cristalino dielétrico que possui ativadores presentes em baixas e variáveis quantidades e formam centros de luminescências na rede cristalina, denominados armadilhas, pois aprisionam os elétrons. O fenômeno de ionização é devido à transferência de energia que é cedida ao material após a interação dos fótons com o mesmo. As armadilhas presentes aprisionam esses elétrons. Se o material for estimulado através do aquecimento, esses elétrons são liberados perdendo energia nos centros de luminescência, voltando para o estado fundamental, como mostrado na Figura 3. Um fóton é emitido na faixa da luz visível, com energia da ordem de alguns eV, correspondente à diferença de energia entre o nível de energia da armadilha e do estado fundamental.

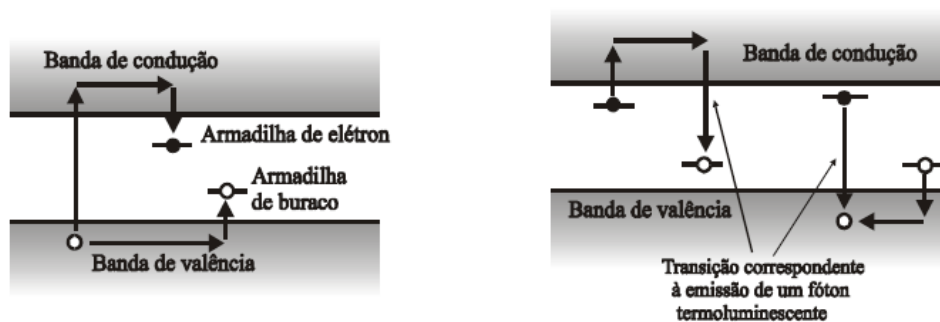


Figura 3: Emissão de luz na termoluminescência.

As armadilhas de alguns materiais são resistentes à temperatura ambiente em um tempo igual ou superior a 30 dias, portanto, só desprendem os elétrons e emitem luz após um tratamento térmico na ordem de centenas de graus Celsius, sendo assim, possível avaliar a energia da radiação conservada no material. As principais substâncias utilizadas no Brasil como materiais termoluminescentes são o sulfato de cálcio dopado com disprósio e o fluoreto de lítio. Um leitor de TLD é utilizado para análise da dose acumulada devido à luz emitida. É composto de um sistema que faz um aquecimento controlado que transforma o sinal luminoso em um sinal elétrico amplificado, e após disso passa por um sistema de processamento em um *display*.

1.3 Limitação de dose individual

A exposição à radiação ionizante aos indivíduos deve ser restringida para que a dose efetiva e/ou a dose equivalente nos órgãos e tecidos de interesse não excedam o limite de dose específico. Os limites de doses são descritos na tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Limites de Doses

Limites de Dose Anuais			
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	--

O termo dose anual é considerado como dose no ano calendário, de janeiro a dezembro de cada ano.

Baseado na normativa vigente, a qual estipula os limites de doses anuais, o titular do serviço é responsável pela monitoração radiológica e medição de parâmetros necessários para

verificar o cumprimento dos requisitos estabelecidos na NN. Para isso, é necessário dispor de procedimentos e instrumentação suficientes e adequadamente calibrados.

De acordo com a NN CNEN 3.01, os titulares e empregadores de IOE são os responsáveis pela proteção desses indivíduos que possuem atividades que são submetidos às exposições ocupacionais. Os mesmos devem manter registros de exposições para cada IOE com as informações de: natureza do trabalho, doses superiores ao nível de registro e os dados e modelos que serviram de base para a avaliação das doses. O nível de investigação é definido como o valor da dose equivalente acima do qual o resultado é considerado suficientemente importante para justificar maiores investigações. Esse nível é de 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês, contudo o nível de registro para monitoração mensal de IOE é de 0,10 mSv.

2 O MÉTODO DE SUBTRAÇÃO DE IMAGEM

Para avaliar o índice de ocupação das dependências de um serviço de Medicina Nuclear, o setor de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB) propôs e iniciou estudos com vídeo-imagem há quase três anos. Este método vem se aprimorando ano a ano com os trabalhos realizados. Este estudo dá continuidade ao método trazendo ajustes nos algoritmos de detecção de pessoas no ambiente e avaliando correlação entre este índice e a dose mensal registrada para os IOE.

A capacidade de detectar objetos em movimento a partir de sequências de vídeo é fundamental em muitos sistemas de visão computacional. Um modo utilizado para a segmentação de movimento de objetos ou pessoas é a subtração de imagem. Os trabalhos presentes na literatura evidenciam que um dos primeiros estudos para análise de detecção de pessoas é atribuído à Stephen Riter e Schroder em 1988. As motivações eram de caráter político e social [10]. Uma das técnicas adotadas para a análise é proveniente da subtração de imagem, ou seja, a imagem atual é sempre comparada com uma imagem definida anteriormente como imagem de fundo, e assim é possível detectar o movimento de pessoas. O

fundo utilizado pode ser qualquer um, desde que permaneça razoavelmente estático e pode ser delimitado pelo operador. O método consiste basicamente em calcular a divergência na imagem capturada com relação à imagem de referência (fundo), a imagem capturada sofre mudanças significativas na sua densidade de *pixel* onde houve presença de movimento. Sendo assim o método de monitoração de pessoas por um período pode possibilitar a medida do fluxo da rotina dos indivíduos.

Na monitoração de pessoas busca-se identificar qual sua trajetória ao localizar sua posição em cada instante de tempo. A função de rastreamento de cada pessoa pode ser imposta por meio de atribuição de rótulos que podem ou não permanecerem constantes. Para a análise de movimento, a visão computacional não interfere no ambiente de estudo e é passível de analisar outras variáveis como: velocidade dos movimentos e as trajetórias de movimento. O sistema de detecção deve ser apto para operar em diferentes tipos de padrões de fundo, logo, o próprio fundo onde as imagens são capturadas deve ser modelado e continuamente atualizado, assim, o que representa o fundo da imagem não será confundido.

2.1 O algoritmo

Algoritmo é definido como uma série de instruções que descrevem explicitamente várias operações a serem seguidas. Um dos campos de aplicação para o uso de algoritmos é na programação de computadores. A implementação de um algoritmo em um computador é realizada através da linguagem de programação que codifica na linguagem da máquina o pensamento realizado através da linguagem humana. As instruções apresentadas são bem definidas e seguem a linguagem utilizada pelo programa que irá processar os dados. A execução é dada de forma eletrônica em um intervalo de tempo finito [11].

Todo trabalho que o computador desenvolve é baseado em informações prévias que podem ser classificadas em instruções e dados. As instruções vão variar de acordo com a linguagem que o programa utiliza já os dados estão relacionados com o objeto de estudo de interesse.

O processo de segmentação de objetos em movimentos através de algoritmos de subtração de fundo é bastante complexo. Um dos problemas é que existem muitos parâmetros que afetam a sua eficiência, como por exemplo, cores presentes nas imagens, sombras e iluminação. Assim todo resultado obtido é uma aproximação dos valores reais, sempre com máxima minimização destes parâmetros.

Tendo em vista a necessidade de um eficaz controle das taxas de exposição à radiação ionizante dos IOE e o ambiente da radiofarmácia do serviço de Medicina Nuclear do HCFMB, foi proposto um método de subtração de imagem para obter o FO dos IOE correlacionando-o com a leitura dosimétrica pessoal mensal.

3 MÉTODOS

O estudo foi realizado no serviço de Medicina Nuclear HCFMB – UNESP, após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) desta instituição.

3.1 Participantes

Os participantes do projeto foram os IOE seguindo a escala de trabalho determinada do serviço de medicina nuclear do HCFMB. Foram estudados e analisados *cinco* participantes, identificados numericamente como: indivíduos de 1 a 5, após a concordância e aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

3.2 Instrumentos

Os instrumentos utilizados para realização do trabalho foram:

- ✓ *Notebook* da marca Dell® modelo *Inspiron* 14 série 3000 com memória de 4 *GIGABYTE* e disco rígido de 1*TERABYTE*;
- ✓ *Webcam* da marca PC Camera® 1200 *K Pixel* Driverless e resolução de 8000 *KPixel*.

3.3 Procedimentos

É um estudo prospectivo, com coleta de vídeo imagens realizada no laboratório de manipulação de radioisótopos, do HCFMB no período de outubro de 2017 até fevereiro de 2018.

Os critérios de inclusão foram vídeos que apresentaram luminosidade adequada para a avaliação e doses acima do Nível de Registro decorrentes naturalmente das atividades profissionais. Os de exclusão foram doses abaixo do nível de registro ou decorrentes de ocorrências radiológicas com o IOE.

A *webcam* acoplado ao computador foi instalado no laboratório de manipulação de fontes radioativas. As primeiras coletas foram realizadas de forma contínua durante o intervalo de tempo de 4 horas para o período da manhã e 5 horas e 30 minutos para o período da tarde. O computador foi posicionado em uma região plana em uma altura de aproximadamente 114 cm.

A aquisição das imagens se deu na forma de detecção por movimento, ou seja, a *webcam* obteve imagens contínuas e o programa SIGHTOUND® inicia a aquisição quando detecta movimento. Para a captura de vídeos, o programa utilizou o método de subtração de imagem. Um exemplo de aquisição é mostrado na Figura 4. Para a identificação dos indivíduos e posterior correlação com a dosimetria, os IOE utilizaram faixas na região do tornozelo. Indivíduo 1: vermelha, Indivíduo 2: laranja, Indivíduo 3: branca, Indivíduo 4: amarela e Indivíduo 5: verde.

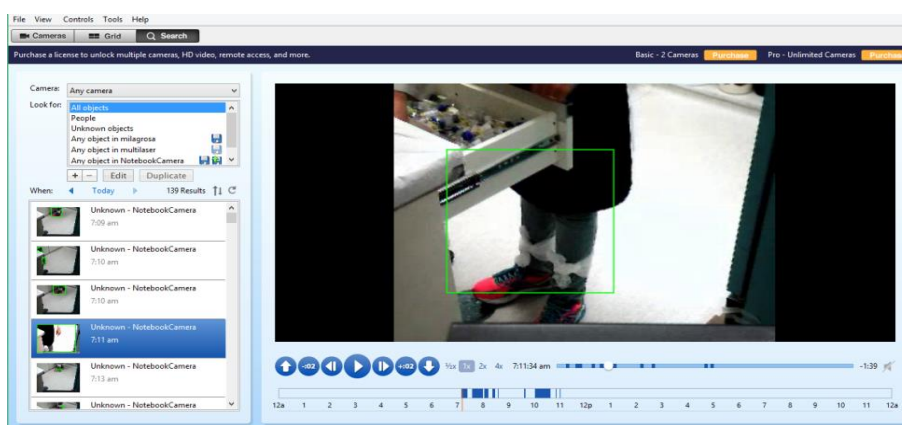


Figura 4: Exemplo de aquisição.

Em seguida os vídeos foram processados pelo algoritmo de análise implementado. O algoritmo grava em um vetor todos os movimentos encontrados na sala. Com a taxa de captura de frames por unidade de tempo e o número de frames capturados, efetua o cálculo do tempo de ocupação dos indivíduos em segundos. Para esse cálculo do tempo de ocupação estimado foi utilizado o programa denominado MATLAB®, que é uma linguagem de alto nível, com comportamento interativo para análise computacional e programação. Ele pode ser usado para diversas aplicações, tais como processamento de sinal e comunicação, processamento de vídeo e imagem, sistema de controle, entre outros [12].

O algoritmo utilizado na pesquisa está relacionado na Figura 5.

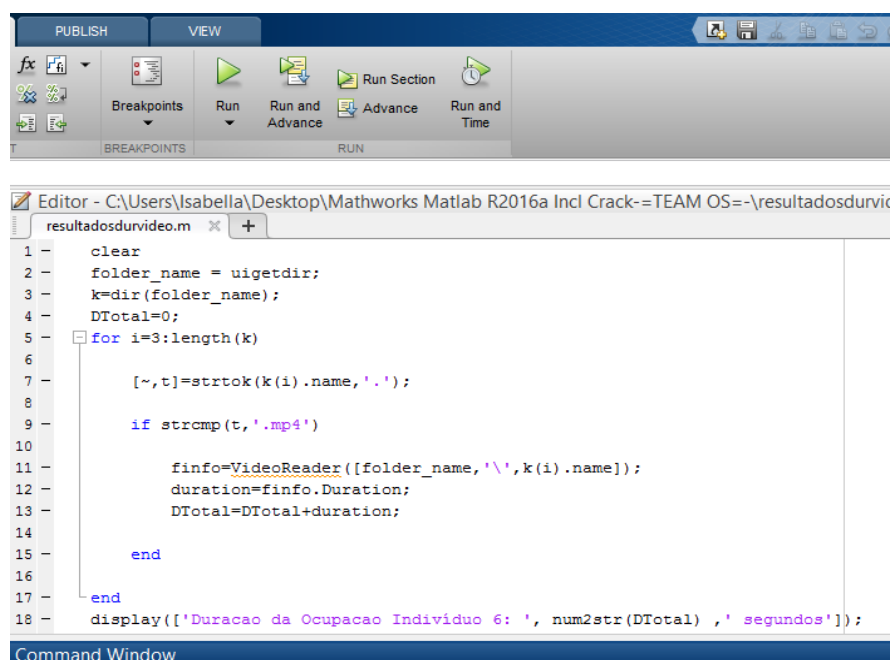


Figura 5: Algoritmo implementado.

O algoritmo utilizado para a análise do FO de interesse possui uma linguagem de simples interpretação. O vetor tempo acumulará o tempo de cada vídeo imagem adquirida, analisado juntamente com seu fluxo óptico nos darão a informação de quando houve movimento. Nos *frames* onde houve presença de pessoas, haverá número significativo de *pixels* iguais à um, indicando presença de colaboradores. Assim contam-se os *frames* que atendem este requisito. Em seguida, divide-se o número de *frames* com presença de colaboradores com o número total de *frames*, determinando-se o fator de ocupação da dependência. O resultado obtido é levado para determinação do FO de forma adimensional, para isso, é necessário efetuar a seguinte equação: $FO = \frac{\text{Duração da ocupação}}{\text{Duração da câmera ligada}}$. A duração da câmera ligada foi de 4h para o período da manhã e 5h30min para o período da tarde. Esse acréscimo de 1h30min foi estipulado devido à necessidade de adquirir vídeo imagens do fechamento da sala quente.

3.4 Análise estatística

A análise descritiva foi realizada por frequências absolutas e relativas, medidas de tendência central e dispersão.

Os IOE que participaram deste estudo tiveram a leitura mensal de sua dosimetria correlacionada com o fator de ocupação do mês correspondente, determinado pelo método de

vídeo imagem, através de regressão linear, sendo considerado nível de significância $p < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram coletados 6488 vídeos imagens, no período de outubro de 2017 a fevereiro de 2018. Com média mensal de 1622 imagens e desvio padrão de 1255 imagens por mês. Os valores máximos e mínimos são 3742 e 659 respectivamente. A mediana apresentada foi de 1043,5.

Tabela 2: Distribuição mensal dos vídeos coletados.

MÊS	$\sum$ Vídeos
Outubro	1370
Novembro	659
Janeiro	3742
Fevereiro	717
Total	6488

Após a análise dos dados no algoritmo implementado, os valores de FO foram calculados e os valores obtidos individualmente por IOE estão relacionados na Tabela 3. Há uma variação entre os meses estudados, o que pode ser explicado de acordo com a quantidade de períodos de aquisições, dias da semana e rotina do serviço.

Tabela 3: Fator de Ocupação por IOE

INDIVÍDUO	OUTUBRO	NOVEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO
1	0,18	0,13	0,27	0,15
2	0,14	0,35	0,05	0,07
3	0,28	0,15	0,24	0,15
4	0,22	-	0,36	-
5	0,18	-	0,20	0,10

Foram feitas as análises por mês do FO. Os valores de FO mensal são relacionados na Tabela 4 levando em consideração a média de todos os IOE relacionados na pesquisa. Obtemos a média dos meses no valor de 0,18 com desvio padrão de 0,08. A mediana apresentou valor de 0,2.

Tabela 4: Valores mensais de FO.

MÊS	MÉDIA FO MENSAL
Outubro	0,19
Novembro	0,21
Janeiro	0,22
Fevereiro	0,12

Os meses que apresentam valores máximo e mínimo de FO são respectivamente os meses de janeiro e outubro.

Em seguida foi analisada a dosimetria mensal por indivíduo, através dos relatórios mensais disponibilizados, os valores estão relacionados na Tabela 5. Os valores retirados são dos indivíduos do qual não houve captura de vídeo da rotina, devido à escala de aquisições. Notamos a constância dos valores, contudo em outubro houve dois registros de investigação. Indivíduos 2 e 5. No mês de janeiro mesmo obtendo maior média de exames, três dos IOE tiveram *background* (BG) como leitura, o que indica uma otimização na rotina em relação às práticas realizadas no serviço. O mês de fevereiro houve interrupção do serviço devido às reformas do setor, logo as aquisições e rotina dos IOE foram cessadas.

Tabela 5: Dosimetria mensal por IOE/mês

INDIVÍDUO	OUTUBRO	NOVEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO
1	0,7	0,3	0,4	BG
2	2,1	0,9	BG	BG
3	0,3	0,2	BG	BG
4	0,8	-	BG	BG
5	1,4	-	0,3	BG

Por fim foi analisada a média de exames agendados pelos dias de aquisições. Os valores obtidos estão relacionados na Tabela 6. A média descrita leva em consideração o número total de exames da agenda do setor, contudo pode haver diferença com a rotina, pois exames de enfermaria e urgência não são registrados na agenda previamente. É notável que a média de exames é pouco diferenciada, indicando que rotina varia de acordo com os tipos de exames, qualitativamente. Os meses que apresentaram uma maior e menor média de exames foram o mês de janeiro e outubro respectivamente.

Tabela 6: Média de exames agendados pelos dias de aquisições

MÊS	$\sum$ Exames	$\sum$ Dias de aquisições	Média
Outubro	283	15	19
Novembro	151	8	19
Janeiro	378	16	24
Fevereiro	101	5	20

Com base nos critérios de inclusão e exclusão foi possível formar o seguinte conjunto de pares ordenados (FO; Dosimetria mensal (DM)):

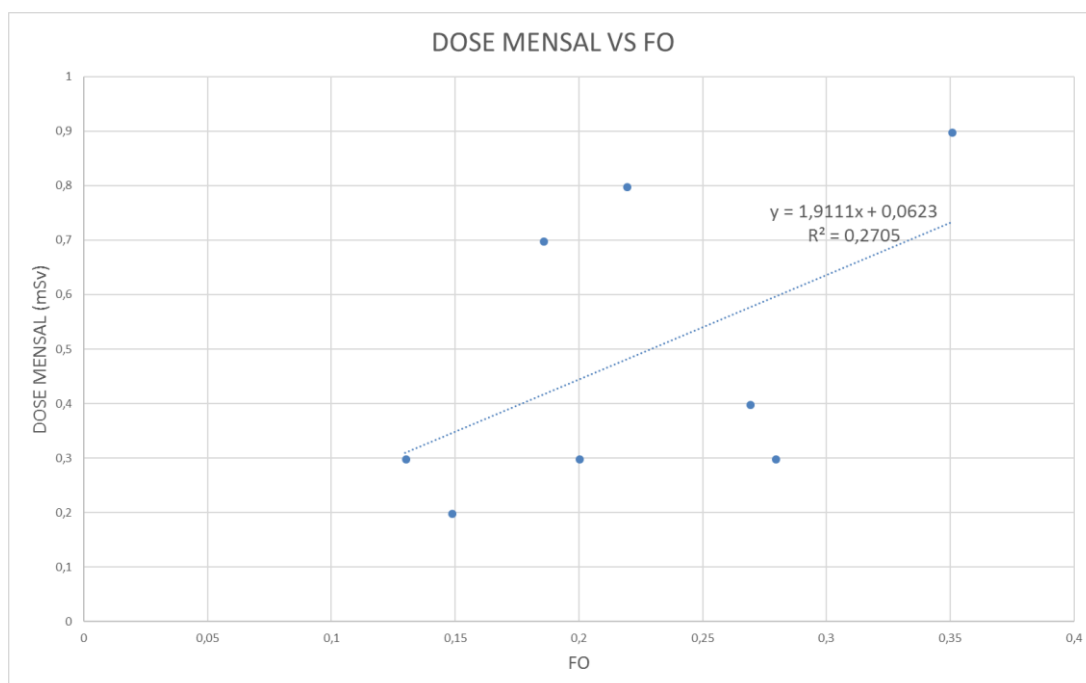
Tabela 7: Pares ordenados qualificados pelos critérios de inclusão e exclusão.

FO	DM
0,18	0,7
0,28	0,3
0,22	0,8
0,13	0,3
0,35	0,9
0,15	0,2
0,27	0,4
0,20	0,3

A análise de regressão aplicada aos dados forneceu a seguinte equação ajustada pelo método dos mínimos quadrados:

$$DM = 0,06 + 1,91.FO$$

O valor-p associado ao ajuste foi $p=0,18$, com R-Quadrado (Coeficiente de Correlação) de 0,27. Apesar da correlação fraca, o valor-p associado próximo ao nível de significância de 5% é um indício que maior número de medidas deve ser feito para confirmar o nível de correlação de maneira estatisticamente significativa.



A possível confirmação da correlação entre as doses acumuladas e FO, potencializa informação sobre dependências ocupadas no trabalho, as atividades executadas e sua influência na dose acumulada registrada pelo dosímetro, favorecendo a adoção de medidas

corretas no sentido da redução da exposição ocupacional, alinhando-se plenamente com o princípio ALARA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto, que utiliza um algoritmo implementado para determinação de FO por vídeo imagem, gerou através de uma análise contínua das rotinas dos IOE a determinação do FO mais próximo do real. Com a análise de correlação das leituras dosimétricas foi possível estimar a relação entre o tempo de ocupação individual com a dose absorvida pelos indivíduos. Esse método se torna importante para diferentes aplicações, entre elas, determinação do fator para cálculo da blindagem das áreas previstas na NN CNEN 3.01, controle da taxa de exposição que cada indivíduo recebe mensalmente para não extrapolar os limites determinados de 20 mSv/ano e quando implementado na prática diária poderá servir como método de investigação para doses que ultrapassem os níveis de referência estabelecidos. Vale ressaltar também as dificuldades encontradas na execução do trabalho e futuras mudanças que podem ser aplicadas. Utilização de um dosímetro somente para as atividades realizadas na radiofarmácia para cada IOE, ou alguma medida de dose permanentemente na sala, padronização na quantidade de dias e vídeo imagens de todos os meses adquiridos e ampliar o campo de visão da *webcam*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. CNEN, 2013. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm305.pdf>>. Acesso em: 14 Outubro 2017.
2. CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. CNEN, 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 14 Outubro 2017.
3. NCRP. National Council on Radiation Protection and Measurements. Disponível em: <www.ncrppublications.org/Reports/>. Acesso em: 20 de Outubro de 2017.
4. RIBEIRO, J. Os "Filhos da Bomba": Memória e História entre os relatos de sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki e a "Campanha pela Proibição das Bombas Atômicas" no Brasil. Dossiê História e Memória, Rio de Janeiro, v. VI, n. 7, Julho 2009.
5. TAUHATA, L. et al. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 5ª. ed. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2003.
6. SYLVAIN, I.; BOK, B. Radiation Exposure in Nuclear Medicine: Real-Time Measurement. Brazilian Archives of Biology and Technology, Clichy, v. 45, p. 111-114, Setembro 2002. ISSN 1516-8913.
7. BARBOZA, A. E.; MARTINS, C. P. D. S. Metodologia de Investigação de Doses Elevadas em Radiodiagnóstico Médico. Sociedade Brasileira de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro. 2013.
8. DANTAS, B. M.; LUCENA, E. A.; DANTAS, A. L. Internal Exposure in Nuclear Medicine: Application of IAEA Criteria to Determine the Need of Internal Monitoring. Brazilian Archives of Biology and Technology, Rio de Janeiro, v. 51, p. 103-107, Dezembro 2008. ISSN 1516-8913.
9. BUDECHESKI, S.; SILVA, F.; BADELLI, J. Avaliação Dosimétrica de Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) em Medicina Nuclear. Technoeng, Ponta Grossa, v. 13, Janeiro 2016. ISSN 2358-2669.

10. RITER, S.; BERNAT, A. Computer detection and tracking of moving people in television imagens. IEEE International Conference on Systems, v. 2, p. 1013-1016, 1988.
11. CARVALHO, F. Apostila de Lógica de Programação. FACCAT aculdade de Informática de Taquara. Taquara, p. 34. 2007.
12. BECKER, A.; SILVA, D.; DIAS, F. Noções Básicas de Programação em MATLAB. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, p. 68. 2010.