

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA *JÚLIO DE MESQUITA FILHO*  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM FÍSICA MÉDICA

Fernanda do Nascimento Moura

**ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCUPAÇÃO POR VÍDEO IMAGEM EM  
ÁREA CONTROLADA NO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR DO HOSPITAL  
DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE BOTUCATU**

Botucatu

2016

Fernanda do Nascimento Moura

**ESTIMATIVA DA FREQUÊNCIA DE OCUPAÇÃO POR VIDEO IMAGEM EM  
ÁREA CONTROLADA NO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR DO HOSPITAL  
DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE BOTUCATU**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado ao Instituto de Biociências de Botucatu  
da Universidade Estadual Paulista *Júlio de Mesquita  
Filho* como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel(a) em Física Médica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Kátia Hiromoto Koga  
Co-orientador: Eduardo Tinóis da Silva

Botucatu

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Moura, Fernanda do Nascimento.

Estimativa da frequência de ocupação por vídeo imagem em área controlada no Serviço de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu / Fernanda do Nascimento Moura. - Botucatu, 2016

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Física Médica) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Kátia Hiromoto Koga

Coorientador: Eduardo Tinóis da Silva

Capes: 10500006

1. Medicina nuclear. 2. Exposição a radiação. 3. Radiação - Medidas de segurança. 4. Processamento de imagens.

Palavras-chave: Frequência ocupacional; Medicina Nuclear; Processamento de imagem; Proteção radiológica.

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente à Deus, que sempre me proporcionou tantos aprendizados e conquistas.  
Aos meus pais, Sebastião e Janete Maria pelo amor incondicional e todo apoio para que eu  
consiga buscar meus sonhos.*

*À toda minha família que me ensinou que respeito e educação são capazes de mudar o  
mundo.*

*À Dra. Kátia H. Koga pela orientação neste trabalho, atenção e conhecimento transmitido.*

*Ao Eduardo Tinóis da Silva pela orientação, competência profissional, atenção, apoio  
intelectual e pessoal.*

*À Dra Sônia M. Moriguchi pelos conselhos e apoio durante todo o período que convivemos.*

*Ao Silas Poloni pela amizade inigualável, apoio em todas as situações e companheirismo par  
a toda a vida.*

*Aos amigos Gabriel, Patrícia, Daniel, Lucas Lima, Lucas Romero, Camila, Nathaliê, Rebeca  
e tantos outros pela amizade e companheirismo nesta jornada.*

*Ao Prof. Dr. Roberto Morato Fernandez que esteve ao meu lado nos bons e maus momentos  
da Nucleon Jr. Considero-o um exemplo de professor e amigo.*

*Aos médicos residentes, biomédicos, técnicos e servidores do Serviço de Medicina Nuclear  
do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB)- UNESP que  
tornaram o período de estágio uma atividade prazerosa e receberam-me como membro da  
equipe.*

*Aos funcionários da Biblioteca pela ajuda durante toda a graduação e elaboração da ficha  
catalográfica.*

*Nothing in life is to be feared, it is only to be understood. Now is the time to understand more,  
so that we may fear less*

*Marie Skłodowska Curie*

## RESUMO

Na área da saúde, a Medicina Nuclear ganha destaque pelo uso de fontes radioativas não seladas em diagnóstico e terapia das doenças. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é responsável pela vigência de normas que regulam o uso de radiação ionizante, como as Normas Técnicas Nucleares da CNEN: CNEN NN 3.01 e Norma CNEN NN 3.05, que tratam dos requisitos básicos de proteção radiológica dos indivíduos em relação à exposição de radiação ionizante e os requisitos de segurança e proteção radiológica em serviços de medicina nuclear, respectivamente. A estimativa da frequência de ocupação dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) em um local, como na Sala Quente, é relevante do ponto de vista de radioproteção pois, com esse levantamento, medidas de proteção aos IOE em áreas controladas ganham importância conforme a dinâmica do serviço. Utilizando um método de captura de imagem por vídeo, foi feito um processamento de imagem através do programa MATLAB®, onde aplicou-se o método de subtração da imagem de fundo (*background*) em relação às cenas com IOE. O algoritmo implementado mediu a fração do tempo de gravação que houve presença de colaboradores na dependência, possibilitando a determinação da Frequência de Ocupação. Este trabalho demonstra inovação do ponto de vista da proteção radiológica, por apresentar um método quantitativo e prático na determinação de fluxo de pessoas em áreas controladas, podendo, assim, ser aplicado em diferentes áreas e ramos que utilizam a radiação ionizante.

**Palavras-chave:** Frequência ocupacional, Proteção Radiológica, Medicina Nuclear, Processamento de vídeo imagem.

## **ABSTRACT**

In the health area, nuclear medicine stands out for its use of radioactive sources in diagnosis and therapy of diseases. The National Nuclear Energy Commission (CNEN) is responsible for the validity of norms that regulate use of ionizing radiation, such as Technician Nuclear Norms of CNEN: CNEN NN 3.01 and CNEN NN 3.05 that state the basic requirements of individual radiation protection with regard to radiation exposure and, also, safety and radiation protection requirements in nuclear medicine centers, respectively. Estimative the occupancy rate of occupationally exposed individuals (IOE) in a location such as the radioisotopic lab is relevant to radiation protection because, with this survey, protective strategies to IOE in controlled areas gain importance according to dynamics in each center. It was used a image capturing and processing method with MATLAB program, which applied the background image subtraction method in relation to scenes with IOE. The implemented algorithm measured the recording time of the fraction that there was presence of employees in dependency, enabling the determination of the occupancy factor. This work demonstrates innovation standpoint of radiation protection by having a quantitative and practical method for determining the flow of people in controlled areas, it can therefore be applied in different areas and fields which use ionizing radiation.

**Keywords:** Occupancy Factor, Radiation Protection, Nuclear Medicine, Image Processing.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Posicionamento do notebook na sala quente.....                                                                                                                                                                                 | 18 |
| Figura 2. Notebook posicionado na entrada de acesso ao laboratório.....                                                                                                                                                                  | 19 |
| Figura 3. Imagem padrão capturada da área de interesse pelo <i>software Debut Video Capture</i> .....                                                                                                                                    | 20 |
| Figura 4. Tela inicial do <i>software Debut Video Capture version 2.25 Beta</i> (Janela “Video Options Screen Output”.....                                                                                                               | 21 |
| Figura 5. Imagem com a densidade de ocupação do vídeo gravado em 31/08/2016 às 11h20.....                                                                                                                                                | 24 |
| Figura 6. Densidade de ocupação do piso da Sala Quente no dia 05/10/2016.....                                                                                                                                                            | 25 |
| Figura 7. Análise de Correlação por Regressão Linear observando-se FO estimado por algoritmo aplicado à vídeo imagem comparado com FO obtido por contagem de ocupação frame-a-frame, o que torna este valor como melhor referência. .... | 25 |

## **LISTA DE TABELA**

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Dados de aquisição e resultados aferidos para FO em cada vídeo gravado. .... | 22 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|             |                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PET/CT      | Tomografia por Emissão de Pósitrons acoplada a uma Tomografia Computadorizada                                                 |
| SPECT/CT    | Tomografia por Emissão de Fótons único                                                                                        |
| CNEN        | Comissão Nacional de Energia Nuclear                                                                                          |
| NN          | Norma Nuclear                                                                                                                 |
| PET         | Tomografia por Emissão de Pósitrons                                                                                           |
| IOE         | Indivíduos Ocupacionalmente Expostos                                                                                          |
| T           | Fator de ocupação                                                                                                             |
| NCRP        | <i>National Council on Radiation Protection and Measurement</i>                                                               |
| INCA        | Instituto Nacional de Câncer “José Alencar Gomes da Silva”                                                                    |
| FO          | Frequência de Ocupação                                                                                                        |
| 3D          | Tridimensional                                                                                                                |
| HCFMB-UNESP | Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu -<br>Universidade Estadual Paulista <i>Júlio de Mesquita Filho</i> |
| AVI         | <i>Audio and Vision Interleave</i>                                                                                            |
| FATECBT     | Faculdade de Tecnologia de Botucatu - Centro Paula Souza                                                                      |
| ROI         | Região de interesse                                                                                                           |

## SUMÁRIO

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>               | <b>13</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVO .....</b>                 | <b>17</b> |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>               | <b>18</b> |
| 3.1      | Debut video capture® .....            | 19        |
| 3.2      | Análise de imagens .....              | 21        |
| 3.2.1    | Matlab e o Algoritmo de análise ..... | 21        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS .....</b>               | <b>23</b> |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSÃO .....</b>                | <b>27</b> |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                 | <b>29</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERÊNCIAS .....</b>              | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço na área da saúde, atualmente, observamos uma grande evolução no diagnóstico e terapia das doenças, principalmente nas áreas que utilizam radiação.

A medicina nuclear é uma especialidade médica que emprega materiais radioativos na forma de fontes não seladas com finalidade diagnóstica e terapêutica. Os principais métodos diagnósticos utilizados são a cintilografia e os aparelhos híbridos tomografia por emissão de pósitrons acoplada a uma tomografia computadorizada (PET/CT) e a Tomografia por Emissão de Fótons único (SPET/CT), considerados seguros, praticamente indolores e não invasivos. Atualmente, no Brasil existem aproximadamente 432 serviços de medicina nuclear distribuídos no território nacional [1].

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece Normas Técnicas voltadas a esses serviços. Dentro desta legislação, a Norma Nuclear (NN), voltada ao grupo 3, engloba a temática Radioproteção. Onde a Norma Técnica CNEN NN 3.01 (Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica) estabelece os *Requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante* [2], e a Norma Técnica CNEN NN 3.05 que apresenta os *Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para serviços de medicina nuclear* [3], a qual dispõe sobre as condutas no ambiente da medicina nuclear.

A NN 3.05 determina, entre outros requisitos, as dependências mínimas que um serviço de medicina nuclear deve apresentar para seu adequado funcionamento [3]:

- a) Sala de espera destinada aos pacientes injetados, fisicamente delimitada;
- b) Sanitário exclusivo aos pacientes injetados;
- c) Laboratório de manipulação e armazenamento de fontes radioativas em uso;
- d) Sala destinada à administração de radiofármacos;
- e) Sala(s) de exame(s);
- f) Local de armazenamento temporário de rejeitos radioativos;
- g) Sala para a realização de estudos de ventilação pulmonar, sendo recomendada sua localização dentro das instalações do Serviço de Medicina Nuclear e aprovação do ponto de vista de proteção radiológica;
- h) Sala destinada à realização de exames com estresse cardiológico;
- i) Sala exclusiva para a administração de radiofármacos e posterior repouso do paciente injetado, quando o mesmo utilizar equipamentos de diagnóstico por emissão de

pósitrons, câmara cintilográfica ou sistemas para Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET);

j) Deve apresentar também quarto para terapia com internação, quando aplicadas doses terapêuticas de Iodo-131 (I-131) com atividade superior a 1850 MBq (50 mCi).

De posse das áreas destinadas ao funcionamento do serviço de medicina nuclear é preciso adequá-las às *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*, presentes na Norma Técnica CNEN NN 3.01, que classificam as dependências a fim de auxiliar o controle das exposições ocupacionais em três tipos: áreas livres, áreas supervisionadas e áreas controladas [2].

Nas áreas livres deve-se assegurar que, em condições normais, a taxa de dose e o risco de contaminação com materiais radioativos sejam suficientemente baixos, o que garantirá aos trabalhadores que o nível de proteção requerido seja equivalente às exposições do público [2].

Quanto à área supervisionada, as condições de exposição ocupacional devem ser mantidas sob supervisão, sendo facultativo a aplicação de medidas de proteção e segurança específicas. É recomendado que tais áreas sejam sinalizadas e revistas periodicamente quanto à necessidade de adoção de medidas de proteção e segurança e, caso haja necessidade, mudança nas delimitações físicas [2].

Já a área controlada tem regras especiais de proteção e segurança, visando prevenir a disseminação da contaminação radioativa e até limitar a extensão de exposições potenciais. Em tais áreas é preciso que haja adequada sinalização com o símbolo internacional de radiação ionizante, acesso restrito por meio de procedimentos administrativos e uso de barreiras físicas, equipamentos e vestimentas de proteção e instrumento de monitoração apropriados e disponíveis nas entradas e saídas destas áreas [2].

Visando otimizar o controle e a proteção radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) em áreas de acesso restrito, pode-se aplicar o conceito de frequência de ocupação. Esse está relacionado com o número de pessoas [4] e o tempo que transitam em determinada área, ou seja, o fluxo de indivíduos no local. A medicina nuclear, o radiodiagnóstico e a radioterapia utilizam o fator de ocupação (T) em seus cálculos de blindagem. Trata-se uma grandeza adimensional que considera a fração de tempo em que áreas vizinhas à sala de irradiação estão ocupadas [5]. O NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurement*), *Report 49*, sugere a aplicação de três valores para T, quando não for possível individualizá-lo: ocupação total ( $T = 1$ ), ocupação parcial ( $T = 1/4$ ) e ocupação eventual ( $T = 1/16$ ) [6]. Vale salientar que também há valores definidos pela CNEN e pelo Instituto Nacional de Câncer *José Alencar Gomes da Silva* (INCA). Com a aplicação

do fator de ocupação em serviços que utilizam radiação ionizante, é possível estimar a exposição no IOE por meio da sobreposição do mapa espacial de distribuição de dose no local [7].

O fluxo de pessoas pode ser detectado pelo método de subtração de imagem. A partir de um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais temos a visão computacional, que é capaz de estimar ou reconstruir as características geométricas e dinâmicas do mundo tridimensional (3D) com uso de uma ou mais imagens [8].

Um dos primeiros trabalhos elaborados a respeito da detecção de pessoas em imagens é atribuído à Stephen Riter e Schroder [9], em 1988. As motivações do trabalho foram políticas e sociais; por meio da visão computacional foi possível detectar e rastrear pessoas que atravessavam a fronteira entre os Estados Unidos da América e o México. Para rastrear uma pessoa numa sequência de quadros em um vídeo, deve-se conhecer a sua localização nas imagens. Uma das técnicas adotadas para esta análise é proveniente da subtração da imagem que representa uma cena pela imagem de fundo da mesma [10], ou seja, a imagem atual é comparada com uma imagem previamente definida como imagem de fundo, notando-se a movimentação de pessoas [11].

A diferença de imagens consecutivas é uma técnica simples para extrair objetos que se movimentam em vídeos [10]. Na monitorização de pessoas busca-se identificar qual sua trajetória ao localizar sua posição em cada quadro do vídeo no decorrer do tempo [12]. Tal rastreador de pessoas tem a função de diferenciar cada indivíduo presente na cena ao mesmo tempo, para isto atribui-se um rótulo a cada pessoa, que deve permanecer constante em todo o momento de monitoramento. Um exemplo desta prática foi proposto por Segen [13] que considerou as características de contorno das pessoas e montou um mapa de localização destas características. A menor distância entre essas características, ao se comparar duas imagens em sequência, indica a movimentação de uma mesma pessoa [14]. No presente trabalho não foram atribuídos rótulos aos indivíduos devido a impossibilidade de diferenciá-los durante o período de coleta de imagens. Para trabalhos futuros, é recomendável o planejamento prévio quanto a rotulação dos indivíduos. A utilização de trajetos de mesmo modelo e com cores diferentes para cada indivíduo, é uma alternativa plausível.

Para a detecção de objetos e análise de movimento, a visão computacional ganha destaque por não interferir no ambiente em estudo e por ser possível analisar outras variáveis, tais como: velocidade dos objetos de interesse e trajetórias percorridas em determinado campo visual [15]. Os métodos de monitoração de pessoas por um determinado período possibilitam determinar o fluxo das mesmas. Em empresas, o acesso às áreas restritas deve ser monitorado

quanto ao número de pessoas que transitam por ali, horários que frequentam e até temporização dos dispositivos de alerta de segurança [16]. Além disso, o sistema deve estar apto para operar em diferentes tipos de padrões de fundo, permitindo variações de iluminação e sombreamento. 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 com o que não a representa [17].

Visando o ambiente hospitalar, em especial áreas que utilizem fontes radioativas não seladas, como os serviços de medicina nuclear, o monitoramento da equipe multidisciplinar se faz necessário para averiguar a adequação das medidas de proteção radiológica. Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma técnica computacional para detectar e monitorar o IOE por meio de vídeo imagem.

## **2 OBJETIVO**

Determinar a frequência de ocupação (FO) dos IOE em dependência classificada como Área Controlada no Serviço de Medicina Nuclear, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB) - UNESP, pelo método de vídeo imagem.

### 3 METODOLOGIA

Foi realizado um estudo prospectivo de coleta de vídeo imagens no período de agosto à outubro de 2016, no serviço de Medicina Nuclear, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB) - UNESP. Para isto, foi utilizada uma câmera *webcam* integrada ao computador (notebook) localizado no laboratório de manipulação e armazenamento de fontes radioativas em uso (Sala Quente), com coleta de imagens de forma contínua. Para melhor avaliação, adotaram-se períodos pré-determinados, das 7h às 12h e das 12h às 17h, conforme escala dos IOE.

Para a captura das imagens, foram utilizados dois *notebooks*, alternadamente conforme a disponibilidade do serviço. O notebook X555LF-BRA-XX184T Intel®Core™i5-5200U CPU, 2.20 GHz, HD de 1TB, 6GB memória RAM (2 GB memória dedicada), com câmera VGA com resolução de 640x480 *pixels*, marca ASUS; e outro notebook WIN *Ultra Thin* N345+, Intel®Core™i3, HD de 500GB, 4GB memória RAM DDR3, com câmera *high definition*, marca CCE. O *notebook* foi colocado na Sala Quente, de modo que fosse possível acompanhar a rotina aplicada neste ambiente. Ele foi posicionado na entrada de acesso ao laboratório a uma altura de, aproximadamente, 156 cm em relação ao chão. Com a *webcam* integrada ao computador, o monitor foi inclinado para que fosse possível obter a imagem de toda a área em análise, totalizando, assim, a altura de 176 cm em relação ao chão (figuras 1 e 2).



**Figura 1 - Posicionamento do notebook na Sala Quente**



**Figura 1 - Notebook posicionado na entrada de acesso da Sala Quente distando 156 cm do chão e o campo de visão da *webcam* a 176 cm, focado na bancada de manipulação**

### **3.1. Debut Video Capture® (Programa de captura de imagem)**

Para a obtenção das imagens, utilizou-se o *software* Debut Video Capture *version 2.25 Beta* (figura 3), com tempos de aquisição de 1s, 2s e 10s por *frame*, ou seja, a cada 1s, 2s ou 10s era obtida a imagem do local (figura 4). Este *software* foi desenvolvido por NCH Software [18], trata-se de um programa multifuncional que pode gravar vídeos utilizando a própria *webcam* do notebook. Ele suporta diferentes formatos para gravação, o que facilita o compartilhamento e manipulação de dados, além de possibilitar o uso de diferentes programas

para análise de imagem e vídeo. O formato adotado no trabalho foi o *Audio and Vision Interleave* (AVI). Este formato foi criado pela *Microsoft®* , nos anos 1990, a partir da combinação de vídeo e áudio tornou-se muito popular entre os usuários, principalmente para compartilhamento. Entre as suas vantagens estão a possibilidade de usá-lo em praticamente todas as versões do *Windows®* [19], é mais compacto e com boa qualidade de imagem quando comparado a formatos que geram arquivos finais maiores e com a mesma qualidade do AVI [20,21].



**Figura 3 - Imagem padrão de captura da área de interesse pelo *software* Debut Video Capture®**

Para a captura de imagens, os dias e horários foram distribuídos nos diversos períodos e dias da semana, com o intuito de diversificar o grupo amostral de imagens e acompanhar o dinamismo da área em análise. Áreas controladas como o Laboratório de manipulação de fontes radioativas devem ser frequentados por indivíduos autorizados, com a orientação de permanência no local somente durante o tempo necessário. Com isso, os tempos registrados de permanência de indivíduos mostram-se curtos e intermitentes.

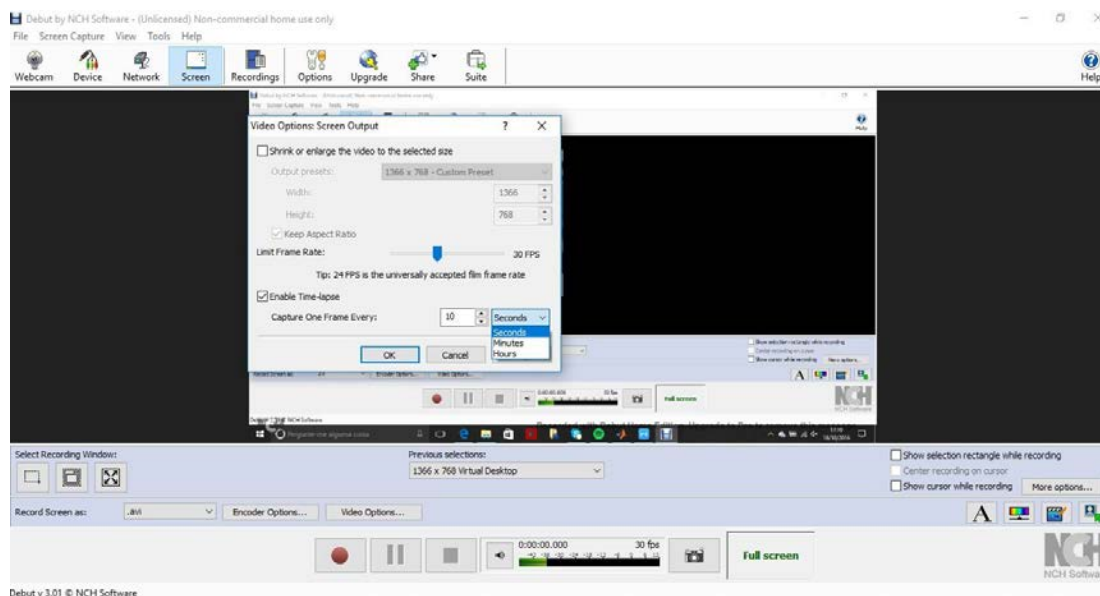


**Figura 4 - Tela inicial do software Debut Video Capture® version 2.25 Beta, Janela Video Options Screen Output**

### 3.2. Análise de imagens

Para análise utilizou-se os seguintes critérios:

Critério de inclusão:

- Vídeos que apresentavam luminosidade adequada para avaliação.

Crítérios de exclusão:

- Atividades com alunos do curso de Tecnólogo em Radiologia da Faculdade de Tecnologia de Botucatu - Centro Paula Souza (FATECBT) que frequentam o Serviço de Medicina Nuclear para estágio observatório.
- Vídeos na qual a área de interesse foi deslocada (movimentação do notebook).

Ao todo avaliou-se 26 vídeo imagens que foram processados no programa MATLAB®.

#### 3.2.1. MATLAB®

O MATLAB® apresenta linguagem de alto nível, com comportamento interativo para análise computacional e programação. Ele pode ser usado com diversas aplicações, tais como processamento de sinal e comunicação, processamento de vídeo e imagem, sistema de controle, entre outros<sup>22</sup>.

Foi desenvolvido o algoritmo na linguagem MATLAB, que executa os seguintes passos:

1. Escolhe-se uma imagem de base do ambiente na qual não haja colaboradores presentes;
2. Estabelece-se uma Região de Interesse (ROI) delimitando o piso da Área Controlada;
3. Para cada *pixel* da ROI, é construída uma curva da intensidade da imagem subtraindo o valor de intensidade do pixel correspondente da imagem de referência;
4. Em seguida são zerados os pontos cujo valor é menor que 10% do valor máximo da curva e adotados valor 1 para os pontos maiores que o limiar;
5. Nas imagens onde houve presença de pessoas, haverá número significativo de *pixels* iguais à um, indicando presença de colaboradores. Assim, contam-se os *frames* que atendem a este requisito;
6. Em seguida, divide-se o número de *frames* com presença de colaboradores com o número total de *frames*, determinando-se a frequência de ocupação da dependência.

Além da frequência de ocupação, foi construído o mapa contendo a densidade de ocupação espacial do piso da dependência.

#### 4 RESULTADOS

Após as análises dos vídeos, os valores de frequência de ocupação (FO) encontrados foram listados na tabela abaixo:

**Tabela 1. Dados de aquisição e resultados aferidos para FO em cada vídeo gravado.**

| ARQUIVO                           | DATA  | HORÁRIO DE INÍCIO | TEMPO POR FRAME | Nº TOTAL DE FRAMES | DURAÇÃO | FO AFERIDO | FO EXATO |
|-----------------------------------|-------|-------------------|-----------------|--------------------|---------|------------|----------|
| 2508 11h<br>10s.avi               | 25/08 | 11:00             | 10 seg          | 988                | 2h 45m  | 27,13%     | 25,3%    |
| 3008 10h50<br>2s.avi <sup>1</sup> | 30/08 | 10:50             | 2 seg           | 1108               | 0h 37m  | 70,12%     | 21,8%    |
| 3008 14h<br>10s.avi               | 30/08 | 14:00             | 10 seg          | 544                | 1h 31m  | 11,58%     | 14,2%    |
| 3108 7h50<br>2s.avi               | 31/08 | 07:50             | 2 seg           | 4893               | 2h 43m  | 91,99%     | 87,6%    |
| 3108 10h40<br>2s.avi              | 31/08 | 10:40             | 2 seg           | 369                | 0h 12m  | 42,28%     | 40,9%    |
| 3108 11h20<br>2s.avi <sup>1</sup> | 31/08 | 11:20             | 2 seg           | 976                | 2h 43m  | 49,08%     | 27,6%    |
| 3108 14h00<br>10s.avi             | 31/08 | 14:00             | 10 seg          | 610                | 1h 42m  | 0,82%      | 0,8%     |
| 3009 8h58<br>10s.avi <sup>2</sup> | 30/09 | 08:58             | 10 seg          | 984                | 2h 45m  | 99,29%     | 17,0%    |
| 0310 9h30<br>10s.avi              | 03/10 | 09:30             | 10 seg          | 776                | 2h 09m  | 7,47%      | 5,3%     |
| 0510 7h00<br>10s.avi              | 05/10 | 07:00             | 10 seg          | 986                | 2h 45m  | 32,25%     | 32,6%    |
| 0510 9h50<br>10s.avi <sup>1</sup> | 05/10 | 09:50             | 10 seg          | 606                | 1h 41m  | 49,51%     | 5,9%     |

<sup>1</sup> Esses vídeos apontaram mudança de posição de objetos que estavam no fundo.

<sup>2</sup> Esses vídeos apontaram mudanças no piso. O piso estava forrado com papel absorvente em função de uma contaminação.

As imagens com distribuição da ocupação mostram quais regiões do piso permaneceram mais tempo ocupadas. Abaixo são apresentadas duas destas figuras. Na figura 5, referente ao vídeo do dia 31/08/2016 com taxa de 1 *frame* a cada 2 segundos, quanto mais vermelha a intensidade, maior a ocupação da posição. E na figura 6, obtida do vídeo do dia 05/10/2016, adotou-se a taxa de 1 *frame* a cada 10 segundos.



**Figura 5. Imagem com a densidade de ocupação do vídeo gravado em 31/08/2016 às 11:20h.**



**Figura 6. Densidade de ocupação do piso da Sala Quente no dia 05/10/2016.**

O FO exato foi obtido passando-se imagem a imagem e contando-se os *frames* com a posição do piso (dentro da ROI) ocupada. Em seguida, dividiu-se este valor pelo total de *frames*. O FO exato foi aferido para se ter uma comparação e verificar a robustez do algoritmo.

A análise de correlação realizada pelo método de Regressão Linear, retirando-se os casos onde identificou-se claramente mudanças na imagem de referência, apontou coeficiente angular próximo a 1 (1,04) com coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9969$ , que corresponde a uma forte correlação.

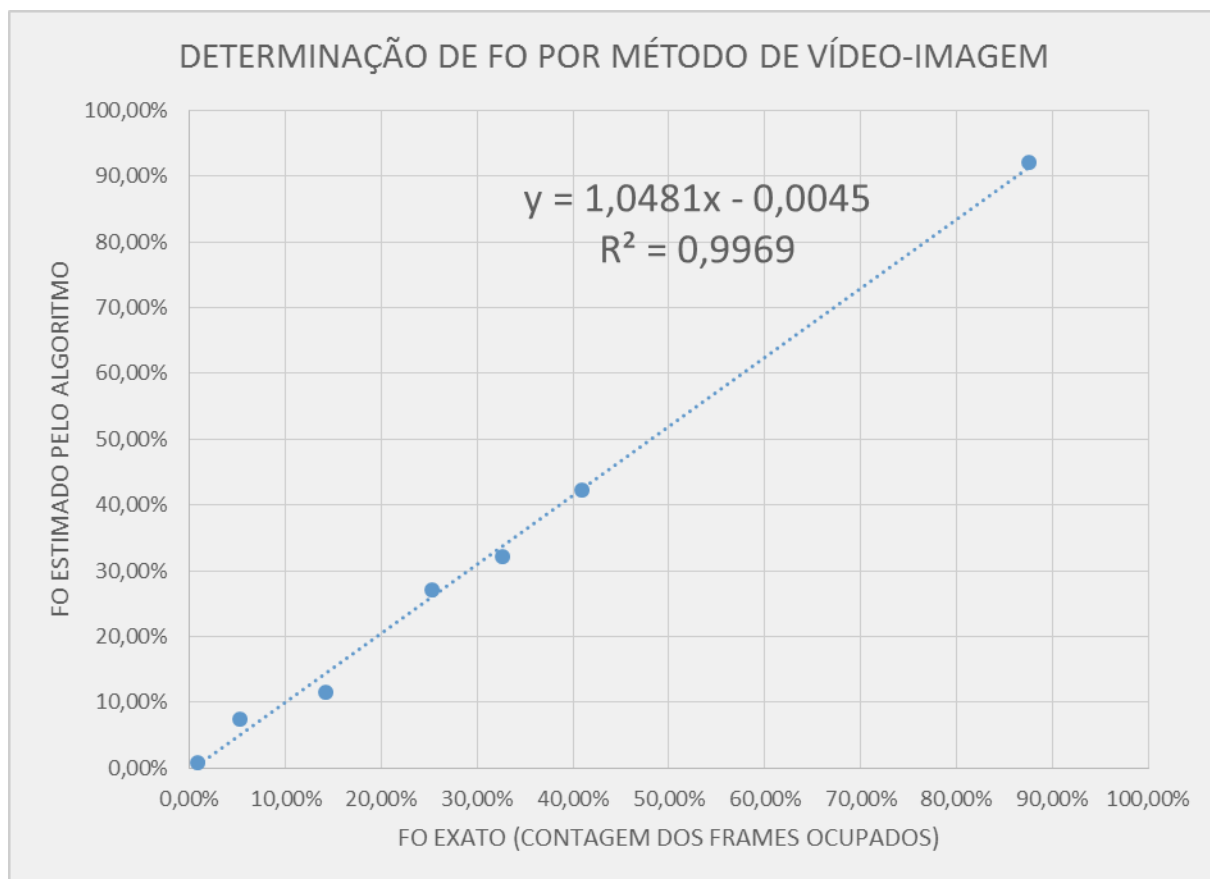


**Figura 7. Análise de Correlação por Regressão Linear observando-se FO estimado por algoritmo aplicado à vídeo imagem comparado com FO obtido por contagem de ocupação *frame-a-frame*, o que torna este valor como melhor referência**

## 5 DISCUSSÃO

A técnica de subtração de imagens para comparação de mudanças de conteúdo quando comparada com uma imagem de referência, foi empregada neste caso e possibilitou a geração de resultados para determinação de FO.

O algoritmo implementado para determinação da FO apresentou pequenos desvios quando comparado com o valor aferido exatamente. Estes desvios vêm de pequenas fontes de erro, tais como:

- Pequenas mudanças de posição da câmera;
- Adaptação automática da câmera à intensidade de luz ambiente;
- Pequenas mudanças de posição de objetos que formam o fundo da imagem, as quais correspondem a avanço ou recuo de objetos que constituem o fundo sobre a área da ROI que delimita o piso;
- Falta de homogeneidade de luminosidade sobre a extensão do piso;
- Incerteza na diferenciação de cores dos objetos e piso em alguns casos de baixa luminosidade ou proximidade de cores.

Quanto ao tempo de aquisição das imagens, diferentes valores foram testados: 1s, 2s e 10s. O intervalo exato entre *frames* deve ser tal que o teorema da amostragem [23] seja contemplado, isto é, deveria ter duas amostras (dois *frames*) dentro do tempo mínimo de permanência de um IOE dentro da dependência. Este tempo mínimo deve ser da ordem de dois segundos, que é o tempo necessário para entrar e sair para pegar uma dose ou acondicionar alguma fonte sobre a bancada. Sendo assim, a amostragem ideal seria de 1 *frame* a cada 1 segundo. No entanto, os arquivos tornam-se muito grandes nesta taxa de amostragem e o tempo computacional cresce exponencialmente, dificultando as análises e gerenciamento da informação. Por este motivo, optou-se por realizar vídeos com taxas de amostragem distintas, de 1 *frame* a cada 2 segundos e 1 *frame* a cada 10 segundos, para uma estimativa não estatística prévia, até mesmo, pelo baixo número de vídeos que foram possíveis de serem gravados, que impossibilita análise estatística quantitativa de inferência de verificação do impacto de taxas de amostragem menores que a indicada pelo Teorema da Amostragem.

A análise prévia, com diferentes taxas de amostragem (*frames*/segundo) não apresentou diferenças significativas entre a FO medida por vídeo imagem através do algoritmo e pela contagem exata, apontando inicialmente que é provável que isto não gerará

interferências quando o tempo de gravação for grande, como foi o caso dos vídeos apresentados.

A análise de correlação por regressão linear entre FO obtida pelo algoritmo e FO aferida exatamente indicou forte correlação para os dados. Ainda que não seja a melhor forma de analisar a interferência da taxa de amostragem na determinação de FO, como nos casos que a mudança de fundo não interferiu no algoritmo, é um indício de que a taxa de amostragem não interferirá na determinação de FO por vídeo imagem através do algoritmo.

Há também forte potencial em desenvolver os métodos de filmagem para melhorar a exatidão e precisão nos dados, como por exemplo, colocar uniformes coloridos para os IOE. Isto permitiria até mesmo levantar estes fatores discriminados por pessoa ou função.

A combinação dos mapas de densidade de ocupação com os mapas de dose<sup>7</sup>, podem se tornar ferramenta para estimativa ou projeções de dose em IOE, servindo como meios de promover ações remediadoras em casos de doses crônicas de investigação.

## **6 CONCLUSÃO**

O método proposto, que utiliza um algoritmo implementado para determinação de FO por vídeo imagem, que tem como base a técnica de subtração de imagens, que gerou resultados na determinação de FO próximos aos esperados, excetuando-se os casos onde houveram mudanças significativas na cena de referência para a técnica de subtração. Haja vista a forte correlação encontrada nesta situação, o método mostrou-se útil na determinação o FO de áreas controladas.

## REFERÊNCIAS

- [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Radiofármacos. Rio de Janeiro..Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/radiofarmacos>>. Acesso em 13 out 2016.
- [2] CNEN (2011), C. N. E. N. 3.01 – “DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA”. Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em 13 out 2016.
- [3] CNEN (2013), C. N. E. N. NN-3.05. Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear. Rio de Janeiro. 1996. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm305.pdf>>. Acesso em 13 out 2016.
- [4] BARROS, Daniel Braga et al. Determinação da taxa de ocupação de ambientes internos fechados em função da potência de sinal recebido em redes de sensores sem fio. Campinas. 2014. Disponível em: <<http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/549>>. Acesso em 13 out 2016.
- [5] EM RADIOTERAPIA, INCA-Programa de Qualidade. Disponível em:< [http://www.inca.gov.br/pqrt/download/tec\\_int/PQRT\\_curso\\_atual\\_tec\\_rdtrp\\_p1.pdf](http://www.inca.gov.br/pqrt/download/tec_int/PQRT_curso_atual_tec_rdtrp_p1.pdf)> . Última atualização em 27/11/2008. Acesso em 19 out 2016.
- [6] SCHAUER, David A.; LINTON, Otha W. National Council on Radiation Protection and Measurements Report Shows Substantial Medical Exposure Increase 1. Radiology, v. 253, n. 2, p. 293-296, 2009.
- [7] OLIVEIRA, Caio V. et al. Mapa Espacial de Dose do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital das Clínicas de Botucatu. Revista Brasileira de Física Médica, v.7, n.3, 2013. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/index.php/rbfm/article/view/270>>. Acesso em 14 out 2016.
- [8] TRUCCO, Emanuele; VERRI, Alessandro. Introductory techniques for 3-D computer vision. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1998. Livro. Disponível em: <[http://cseweb.ucsd.edu/classes/fa12/cse252A-a/hw4/trucco\\_verri\\_pp178-194.pdf](http://cseweb.ucsd.edu/classes/fa12/cse252A-a/hw4/trucco_verri_pp178-194.pdf)>. Acesso em 14 out 2016.
- [9] RITER, Stephen; BERNAT, Andrew; SCHRODER, Darrell. Computer Detection and Tracking of Moving People in Television Images 1. In:**Systems, Man, and Cybernetics, 1988. Proceedings of the 1988 IEEE International Conference on.** IEEE, 1988. p. 1013-1016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/712863/?arnumber=712863&tag=1>>. Acesso em 15 out 2016.
- [10] PICCARDI, Massimo. Background subtraction techniques: a review. In:**Systems, man and cybernetics, 2004 IEEE international conference on.** IEEE, 2004. p 3099-3104. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1400815/?arnumber=1400815>>. Acesso em 16 de outubro de 2016.
- [11] ZHANG, Zhaoxiang et al. Real-time moving object classification with automatic scene division. In: **Image Processing, 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on.** IEEE, 2007. p. V-149-V-152. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/4379787/?arnumber=4379787>>. Acesso em 17 de outubro de 2016.
- [12] JALAL, Anand Singh; SINGH, Vrijendra. The state-of-the-art in visual object tracking. Informatica, v. 36, n. 3, 2012. Disponível em: <<http://wen.ijs.si/ojs-2.4.3/index.php/informatica/article/viewFile/405/408>>. Acesso em 17 out 2016.

- [13] SEGEN, Jakub. A camera-based system for tracking people in real time. In: **Pattern Recognition, 1996., Proceedings of the 13th International Conference on**. IEEE, 1996. p. 63-67. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/546795/?arnumber=546795>>. Acesso em 18 out 2016.
- [14] SIQUEIRA, Diego Luiz; MACHADO, Alexei Manso Corrêa. Avaliação da Amostragem Temporal na Detecção e no Rastreamento de Pessoas em Vídeos de Fundo Dinâmico. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG). Disponível em: <[http://www.sps.fee.unicamp.br/anais/vol01/VSPS\\_a29\\_DSiqueira.pdf](http://www.sps.fee.unicamp.br/anais/vol01/VSPS_a29_DSiqueira.pdf)>. Acesso em 18 out 2016.
- [15] MORAIS, E. F. Rastreamento e contagem de peixes utilizando filtro preditivo. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.
- [16] DA SILVA, LEILA SILVA. Sistema Computacional para Contagem Automática de Pessoas Baseado em Análise de Sequências de Imagens. 2008. Tese de Doutorado. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. 2008.
- [17] DIAS, Priscila Marques. Sistema de Contagem de Pessoas. 2005. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <[http://www.lambda.maxwell.ele.puc-rio.br/7232/7232\\_1.PDF](http://www.lambda.maxwell.ele.puc-rio.br/7232/7232_1.PDF)>. Acesso em 12 out 2016.
- [18] NCH Software. About NCH Software. Disponível em: <<http://www.nch.com.au/general/about.html>>. Acesso em 18 out 2016.
- [19] CanalTech. Quais as diferenças entre AVI, RMVB, MKV e MP4? Disponível em: <<https://canaltech.com.br/o-que-e/software/quais-sao-as-diferencas-entre-avi-rmvp-mkv-e-mp4-e-como-roda-los/>>. Acesso em 19 out 2016.
- [20] Superdownloads. Diferentes formatos de vídeo digital. Disponível em: <<http://www.superdownloads.com.br/windows/1614-formatos-de-video.htm>>. Acesso em 19 out 2016.
- [21] FERREIRA, Diego Lima; FRANÇA, Lilian Cristina Monteiro. 3. A história da Internet e a Popularização do Vídeo. Cadernos do Tempo Presente, n. 15, 2014. Disponível em: <<http://seer.ufs.br/index.php/tempo/article/view/2808>>. Acesso em 12 out 2016.
- [22] GUIDE, MATLAB User's. The mathworks. Inc., Natick, MA, v. 5, p. 333, 1998.
- [23] OPPENHEIM, A V; Schafer, R W. Discrete-Time Signal Processing. Prentice-Hall, 1989. ISBN0-13-216292-X.