

ANDRÉ MARCONDES SILVA

Versão Original

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO MOTORISTA CARRETEIRO À  
RADIAÇÃO IONIZANTE NOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DE SANTOS/SP.

São Paulo  
2019

ANDRÉ MARCONDE SILVA

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO MOTORISTA CARRETEIRO À  
RADIAÇÃO IONIZANTE NOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DE SANTOS/SP.

Monografia apresentada à Escola Politécnica  
da Universidade de São Paulo para a  
obtenção do título de Especialista em  
Higiene Ocupacional

São Paulo  
2019

Dedico este trabalho a minha família que sempre esteve ao meu lado, mesmo quando estive distante, durante toda a jornada de estudos

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me possibilitado ter chegado até aqui. Agradeço a minha família que, de forma direta e indireta, me apoiou e ajudou na conquista deste objetivo. Agradeço a todos os professores e educadores que de forma brilhante transmitiram seus conhecimentos e possibilitaram meu engrandecimento profissional. Também não posso esquecer de agradecer a toda equipe do LACASEMIN que deu o suporte necessário para todo o estudo.

“O prazer do trabalho aperfeiçoa a obra”.

Aristóteles

## RESUMO

Silva, André Marcondes. Análise da exposição ocupacional do motorista carreteiro à radiação ionizante nos terminais portuários de Santos/SP, 2019. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Neste trabalho busca-se analisar o grau de exposição ocupacional do motorista carreteiro, que labora no terminal portuário de containers em Santos/SP, à radiação ionizante, no momento em que transporta os containers para serem inspecionados através de scanners, uma vez que todas as cargas condicionadas em containers, seja para exportação ou provenientes de importação, devem sofrer uma inspeção através do equipamento supra mencionado conforme determina a Portaria da RFB 3518, de 30 de setembro de 2011. Far-se-á primeiramente uma análise da função do motorista carreteiro, bem como do terminal portuário, local de labor deste, tendo em vista a legislação vigente. Posteriormente verificar-se-á como a legislação entende, qualifica e especifica os containers movimentados pelos motoristas carreteiros dentro dos terminais portuários, através dos scanners, bem como a radiação ionizante oriunda destes e seus limites, com o intuito de verificar se a exposição ocupacional do motorista carreteiro à radiação ionizante está acima ou não do limite de exposição determinada em lei. Por fim, verificar-se-á que, apesar do motorista carreteiro estar exposto a radiação ionizante proveniente do scanner, a dose de radiação recebida por este não supera o montante anual permitido em lei.

**Palavras-chave:** Análise Ocupacional. Radiação Ionizante. Terminal Portuário. Motorista Carreteiro. Scanner.

## ABSTRACT

Silva, André Marcondes. Analysis of occupational exposure of truck drivers to ionizing radiation at the port terminals in Santos / SP, 2019. Monograph (Specialization in Occupational Hygiene) Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo, 2019.

This work aimed to determine the degree of occupational exposure of the driver who works at the container port terminal in Santos / SP, to ionizing radiation, when transporting the containers to be inspected by scanners, since all loads conditioned in containers, whether for export or from importation, must be inspected through the aforementioned equipment as required by RFB 3518 Ordinance of September 30, 2011. Firstly, an analysis will be made of the function of the driver, as well as of the port terminal, his workplace, in view of current legislation. Subsequently, it will be verified how the legislation understands, qualifies and specifies the containers moved by the truck drivers inside the port terminals, through the scanners, as well as the ionizing radiation from these and its limits, in order to verify if the occupational exposure of the driver driver the ionizing radiation is above or beyond the exposure limits determined by law. Thus, it was characterized that although the driver was exposed to ionizing radiation from the scanner, the radiation dose received by the scanner did not exceed the annual dose allowed by law.

**Keywords:** Occupational analysis. Ionizing radiation. Port terminal. Truck driver. Scanner.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelos de carretas utilizadas pelos motoristas carreteiros nos terminais portuários.....	17
Figura 2 – Foto aérea de um terminal portuário em Santos/SP.....	19
Figura 3 – Pátio de armazenamento de containers e costado.....	19
Figura 4 – Containers comum.....	21
Figura 5 – Modelo de um dispositivo gerador de raio x.....	22
Figura 6 – Comparação entre comprimentos de ondas.....	23
Figura 7 – Limites de doses anuais definidas pelo CNEN.....	25
Figura 8 – Símbolo internacional de radiação ionizante.....	26
Figura 9 – Vista externa do scanner utilizado no terminal portuário.....	27
Figura 10 – Caminhões passando pelo scanner.....	27
Figura 11 – Imagens de containers scaneados.....	28
Figura 12 – Caixa com acelerador de partículas e colimador.....	29
Figura 13 – Local para onde é emitido o raio x na área interna do scanner.....	29
Figura 14 – Posicionamento dos sensores e do local de emissão do raio x.....	30
Figuras 15 –Sala de operações do scanner e seu interior.....	30
Figuras 16 – Câmara de ionização sendo calibrada com a fonte de césio 137 e vista superior do equipamento.....	31
Figura 17 – Valor da radiação do ambiente externo.....	32
Figura 18 – Valor da dose integrada.....	32
Figura 19 – Valor de pico observado na cabine do motorista durante a passagem pelo scanner.....	33
Figura 20 – Imagem do container scaneado, com presença da parte traseira da cabine do motorista.....	35

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Disposição dos valores de dose integrada das amostras.....36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valor da dose integrada das amostras..... 35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CNEN</b>	Comissão Nacional de Energia Nuclear
<b>FUNDACENTRO</b>	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
<b>HO</b>	Higiene Ocupacional
<b>LACASEMIN</b>	Laboratório de Controle Ambiental, Higiene e Segurança na Mineração
<b>MCTIC</b>	Ministério da Ciência Tecnologia Inovações e Comunicações
<b>MTb</b>	Ministério do Trabalho
<b>RFB</b>	Receita Federal do Brasil
<b>NR</b>	Norma Regulamentadora
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo
<b>TUP</b>	Terminal de Uso Privado

## LISTA DE SÍMBOLOS

mSv	milisievert / unidade de radiação
$\mu$ Sv	microsievert / unidade de radiação
%	porcentagem
cm	centímetro / unidade de comprimento
cm <sup>2</sup>	centímetro quadrado / unidade de área
h	hora / unidade de tempo
J	Joule / unidade de energia
Kg	Kilograma / massa
Km	quilômetro / unidade de comprimento
m	metro / unidade de comprimento
s	segundos / unidade de tempo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO .....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1 MOTORISTA CARRETEIRO.....	16
2.2 TERMINAL PORTUÁRIO.....	17
2.3 CONTAINER.....	19
2.4 RADIAÇÃO IONIZANTE.....	21
<b>2.4.1 Limite de Exposição à radiação ionizante.....</b>	<b>24</b>
2.5 O SCANNER E O TERMINAL PORTUÁRIO.....	26
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tema a ser desenvolvido neste trabalho visa analisar a exposição do motorista carreteiro, que exerce suas atividades nos terminais portuários de Santos, à radiação ionizante proveniente dos scanners, pelos quais estes devem conduzir os containers que guardam as cargas a serem exportadas ou importadas.

Todas as cargas condicionadas em containers, tanto para exportação quanto para importação, devem passar por scanners para inspeção prévia de seu conteúdo, sendo o scanner, o equipamento que permite a observação do material dentro do container sem haver a necessidade da abertura deste, conforme determinação legal disposta na Portaria da RFB 3518, de 30 de setembro de 2011. Caso seja encontrada qualquer variação significativa nas imagens, estas são reportadas de forma imediata aos responsáveis, ou seja, aos fiscais da Receita Federal do Brasil.

De acordo com inspeção realizada no porto de Santos junto aos equipamentos hora analisados presentes nas empresas portuárias, cabe colocar que um dos responsáveis pela movimentação dos containers dentro dos terminais portuários é o motorista carreteiro, porém ele é o único que transporta os containers através dos scanners. Sendo assim, o estudo da exposição destes trabalhadores à radiação ionizante provenientes dos scanners se faz necessário e a análise desta exposição deve ser feita a luz da legislação vigente, a fim de garantir a integridade da saúde destes.

Neste trabalho iremos confrontar os valores de radiações ionizantes recebidos pelos motoristas carreteiros em face da legislação vigente.

### 1.1 OBJETIVO

Verificar o nível de exposição ocupacional dos caminhoneiros às radiações ionizantes emitidas pelos scanners utilizados na inspeção dos containers transportados pelas carretas operantes nos terminais portuários.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema ocorre pela peculiaridade, visto que analisa uma atividade laboral específica, isto é, a do caminhoneiro que labora junto aos terminais portuários, que a princípio não possui nexo causal direto com os riscos oriundos das radiações ionizantes. Entretanto, este profissional se vê exposto ao risco no momento em que transporta os containers através dos scanners.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MOTORISTA CARRETEIRO

O motorista carreteiro, dentro do terminal portuário, exerce como principal atividade a movimentação, isto é, o transporte de containers. De forma mais específica, este profissional movimenta os containers que são descarregados dos navios para a pilha de containers no pátio de armazenamento, também desloca os containers provenientes das pilhas de containers do pátio de armazenamento para serem carregados nos navios e, ainda, movimentam os containers das pilhas de containers existentes no pátio de armazenamento do terminal portuário através do scanner, para sua inspeção, retornando estes para as pilhas de containers.

A carreta dirigida pelo motorista carreteiro, em alguns terminais portuários possuem características específicas, sendo fabricadas somente para esta finalidade. Alguns motoristas carreteiros portuários também transportam containers entre diferentes terminais portuários.

A Lei nº 13.103 de 2 de março de 2015 em seu artigo 1º, parágrafo único e itens I e II determina:

Art. 1º É livre o exercício da profissão de motorista profissional, atendidas as condições e qualificações profissionais estabelecidas nesta Lei.

Parágrafo único. Integram a categoria profissional de que trata esta Lei os motoristas de veículos automotores cuja condução exija formação profissional e que exerçam a profissão nas seguintes atividades ou categorias econômicas:

I - de transporte rodoviário de passageiros;

II - de transporte rodoviário de cargas.

Apesar de não haver uma definição específica em lei para motorista carreteiro portuário, esta profissão pode ser enquadrada no item II, como motorista de transporte rodoviário de cargas.

Abaixo estão fotos de tipos de carretas dirigidas pelos motoristas carreteiros dos terminais portuários

Figura 1 – Modelos de carretas utilizadas pelos motoristas carreteiros nos terminais portuários



Fonte: Arquivo pessoal do autor

## 2.2 – TERMINAL PORTUÁRIO

No que tange o terminal portuário, ou seja, local onde o motorista careteiro exerce tal atividade a legislação pátria ostenta algumas peculiaridades, definindo não só o porto, de uma forma geral como também o terminal portuário de uso privado. Assim, a Lei 12.815/13, em seu art. 1º, item I, define porto organizado como como um bem público dirigido à navegação, com a movimentação de cargas e passageiros. Ademais, tem a finalidade de armazenar mercadorias. Já a Resolução 517/2005 determina a forma como se dá o surgimento e funcionamento um Terminal Portuário de Uso Privativo – TUP de uso exclusivo e de uso misto, a saber que no terminal de uso exclusivo trânsito através dos caminhoneiros carreteiros mercadorias próprias do terminal, enquanto que o misto ostenta mercadorias tanto próprias como de terceiros

Feita esta diferenciação, é de se esclarecer que o terminal portuário estudado é um terminal portuário alfandegado privado, isto é, por ele passam mercadorias que advém de outros países (importadas) e mercadorias que serão enviadas a outros países (exportadas), conforme artigo 23, da lei supramencionada eu trata da exploração pela União, direta ou indiretamente, dos portos e instalações portuárias e as atividades desempenhadas pelos operadores portuários.

Neste sentido, a atuação da autoridade aduaneira se faz presente dentro do terminal portuário alfandegado através dos fiscais da Receita Federal do Brasil, os quais exercem suas atividades de fiscalização, liberação de mercadorias, autuação e outras pertinentes a função.

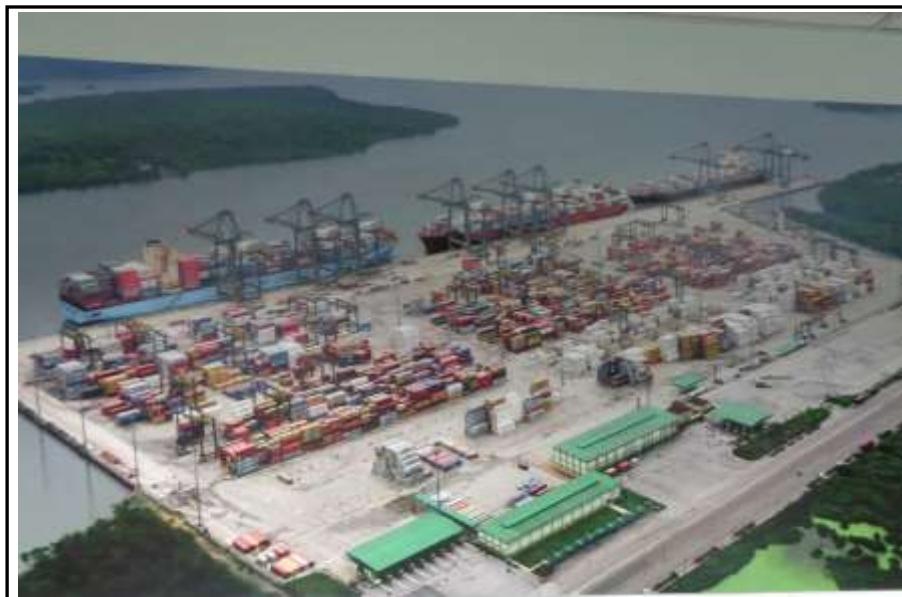
Outra característica do terminal portuário estudado é que este possui berço de atracação de navios, local onde estes permanecem durante o período no qual o navio está carregando ou descarregando os containers.

Por fim, uma outra característica importante para identificar o terminal portuário estudado é que este é um terminal de containers, isto é, carrega e descarrega containers dos navios, conforme pesquisa *in loco*, realizada no curso do mês de setembro de 2019. O local, dentro do terminal portuário, onde ocorre o descarregamento e carregamento dos containers dos navios que é o costado.

Os containers ao serem descarregados dos navios são colocados nas carretas operadas pelos motoristas carreteiros que as movimentam até o pátio de containers, local onde estes permanecem armazenados. Entretanto, oportuno colocar que existem terminais portuários que movimentam, isto é, carregam e descarregam graneis líquidos, sólidos e gasosos, automóveis e animais, ou seja, materiais que não são condicionados em containers. Ressalta-se que todos os containers devem passar pelo escâner, entretanto, tendo em vista as necessidades portuárias isso pode ocorrer em momentos diversos.

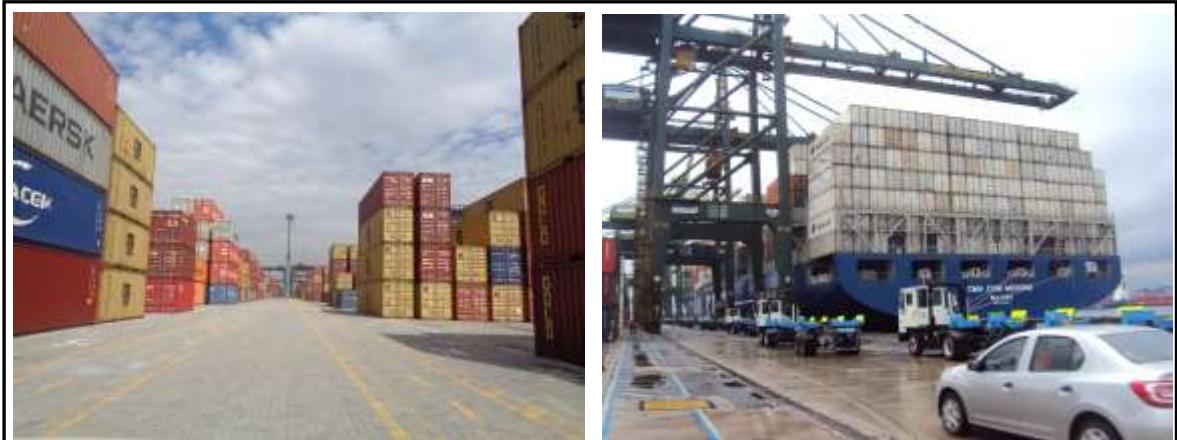
Ante o exposto, podemos caracterizar o terminal portuário estudado como um terminal portuário alfandegado de containers com berço de atracação, conforme imagens abaixo apresentadas.

Figura 2 – Foto aérea de um terminal portuário em Santos/SP



Fonte: Arquivo do autor.

Figura 3 – Pátio de armazenamento de containers e costado



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

### 2.3 – CONTAINER

Oportuno entender o que vem a ser container, posto que é este o objeto movimentado pelos carreteiros dentro do terminal portuário passando, inclusive, pelos scanners, movimentação esta tida como o propósito ora apresentado. Assim, de acordo com o Manual Técnico da NR29 - Segurança e Saúde no Trabalho Portuário, FUNDACENTRO, (2014, p 39):

"Contêiner ou contentor é uma grande caixa ou recipiente metálico no qual uma mercadoria é colocada (estufada ou ovada), e posteriormente fechado sob lacre (lacrada) e transportado no porão do navio ou convés de um navio para ser aberto (desovado) no porto ou local de destino. Entre suas características citam-se: Destinado a conter a carga com segurança, permitindo fáceis carregamentos e descarregamentos; de caráter durável, suficientemente resistente para suportar usos repetitivos; Adequado à movimentação mecânica e ao transporte por diferentes equipamentos de transporte. Os tipos mais comuns de containers são: contêiner comum: carga geral diversificada (mixed general cargo); contêiner tanque: produtos líquidos; contêiner teto aberto: trigo, cimento, etc.; contêiner frigorífico: produtos perecíveis; contêiner flexível: também conhecido como big-bag, consiste em um saco resistente utilizado para acondicionamento de granéis sólidos".

A fim de auxiliar os usuários do porto, ou ainda, os interessados pelo tema, o Porto de Santos possui um site onde, dentre outros pontos, apresenta um glossário, onde define diversos itens, dentre eles o container, reconhecendo-o como um cofre de carga que ostenta um formato de caixa metálica, possuindo normalmente, 20 ou 40 pés, com estrutura para engate automático pelos equipamentos de movimentação, tanto horizontal como vertical.

No caso em tela, os motoristas carreteiros movimentam contêineres comuns, ou seja, os enquadrados na definição acima, para os scanners, conforme podem-se verificar na figura 4 abaixo apresentada.

Figura 4 – Containers comum.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

#### 2.4 – RADIAÇÃO IONIZANTE

Sabendo que o scanner utilizado no terminal portuário para inspeção das mercadorias existentes dentro dos containers emite radiação ionizante (raio x) cabe esclarecer o que vem a ser a radiação ionizante (raio x), de acordo com as normas legais vigentes sobre o tema. Assim, a Resolução CNEN nº 164/2014, item 3 define a radiação ionizante como “qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza seus átomos ou moléculas”. Salienta-se, conforme prevê a CNEN - Apostila Educativa que a “Radiação cuja energia é superior à energia de ligação dos elétrons de um átomo com o seu núcleo; radiações cuja energia é suficiente para arrancar elétrons de seus orbitais”

Ainda no mesmo diapasão, complementa a apostila de eHO – Agentes físicos II / e-social da Escola Politécnica da USP – LACASEMIN (2018, p 9 e 10) conceituando a radiação ionizante de acordo com a sua capacidade de produzir ionização em sistemas biológicos, determinado que a “Ionização é um processo físico no qual o elétron ao absorver energia afasta-se da influência do campo elétrico nuclear a ponto de ser removido”

As radiações ionizantes podem ser classificadas como diretamente ionizantes ou indiretamente ionizante, dependendo da forma como transfere sua energia para o meio. As radiações diretamente ionizantes atuam diretamente nos elétrons situados

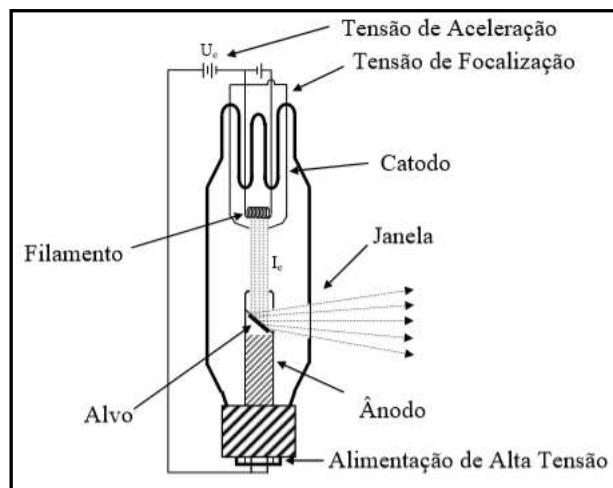
na órbita do núcleo do átomo, exercendo uma força de atração ou repulsão nestes. A partícula alfa (raios gama) e beta são radiações diretamente ionizantes.

As radiações indiretamente ionizantes, transferem sua energia para partículas carregadas e estas passam a ter a capacidade de ionização atuando de forma direta em outros átomos. Raios gama e raios X são exemplos de tipo de radiação indiretamente ionizante.

De acordo com Henrique de Souza Rocha, em sua tese denominada Desenvolvimento de sistemas radiográfico e tomográfico com técnicas de contraste de fase e realce por difração de raios x, a produção da radiação ionizante se dá por um processo complexo abaixo descrito:

“A principal forma de se produzir o raio x se dá através do processo de tubo de raio x, onde um feixe de elétrons negativos emitido por um catodo é impulsionado contra um ânodo (alvo metálico). Ao se chocarem com o alvo metálico, os elétrons trocam sua energia cinética por um impulso de radiação que toma a forma de raio x. Estes mesmos elétrons emitidos pelo catodo ao se chocarem com o ânodo podem liberar elétrons de órbitas mais próximas do núcleo do átomo, liberando mais energia que se somará ao raio x emitido. O poder de penetração do raio x depende da energia de radiação”.

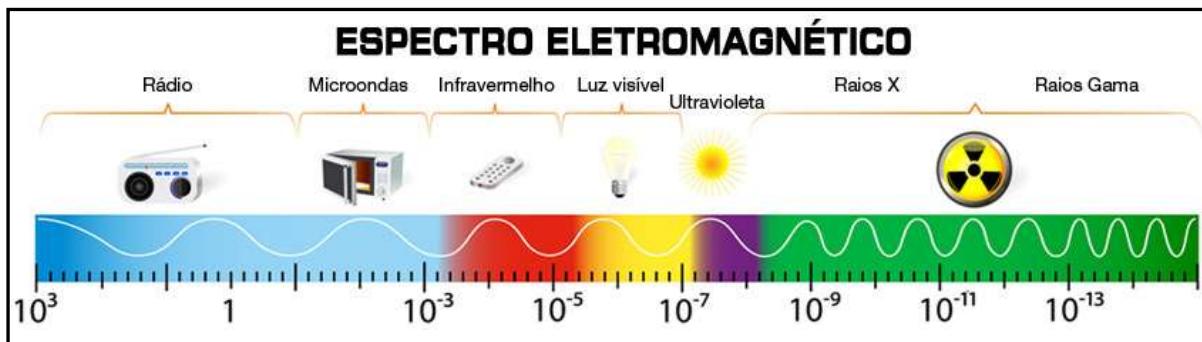
Figura 5 – Modelo de um dispositivo gerador de raio x



Fonte: Tese: Desenvolvimento de sistemas radiográfico e tomográfico com técnicas de contraste de fase e realce por difração de raios x – Henrique de Souza Rocha – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE

Ademais, oportuno colocar que o raio x apresenta ondas eletromagnéticas de pequenos tamanhos. De forma comparativa, podemos ver a relação deste com as demais radiações através da figura 6.

Figura 6 – Comparação entre comprimentos de ondas.



Fonte: site: [www.apoioescolar24horas.com.br](http://www.apoioescolar24horas.com.br).

A radiação ionizante, no caso o raio x, como visto acima, tem a capacidade de ao entrar em contato com os átomos e moléculas, interagir com estes, sendo capaz de alterar sua composição, já que implica na remoção de elétron da órbita do átomo, a ionização. Este processo dentro do organismo gera íons e radicais livres que reagem com as moléculas próximas e entre si. Estas reações em cadeia podem ao atingir outras moléculas gerar alterações nestas, interferindo na capacidade de suas funções e podendo levar até a morte celular.

Conforme consta da apostila de eHO – Agentes físicos II / e-social da Escola Politécnica da USP – LACASEMIN (2018), temos que:

“Quando as moléculas modificadas pela ionização são um ácido nucleico, uma enzima ou uma proteína, podem ocorrer efeitos específicos. A dissociação do ácido desoxirribonucleico danifica genes e, quando os danos não são adequadamente reparados, leva a mutações que são transmitidas para a próxima geração da célula irradiada”.

Neste sentido, conforme explicado acima, a consequência destas mutações pode gerar o surgimento de células carcinogênicas.

É importante acrescentar que a sensibilidade à irradiação de um indivíduo, tecido ou célula, depende de diversos fatores, portanto, não é algo meramente padronizado, ou seja, nem todos possuem a mesma reação a irradiação recebida.

O efeito da radiação ionizante no organismo, sua gravidade, além de estar associado a sensibilidade do indivíduo, também está ligado a natureza do isótopo, a intensidade da dose de radiação recebida pelo organismo, ao tempo de exposição a esta dose e da forma da exposição (corpo inteiro ou localizada).

#### **2.4.1 – Limite de exposição à radiação ionizante.**

Sabendo que a exposição do trabalhador à radiação ionizante poderá trazer prejuízos a sua saúde, foi necessário estabelecer um limite legal de exposição a esta.

Cabe ressaltar que o anexo 5 – Radiações ionizantes, da NR15 – Atividades e operações insalubres, das Normas Regulamentadoras – Portaria 3.214 de 8 de junho de 1978, apesar de tratar deste assunto, não defini o limite de exposição à radiação ionizante, porém indica o caminho como segue abaixo:

“Nas atividades ou operações onde trabalhadores possam ser expostos a radiações ionizantes, os limites de tolerância, os princípios, as obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, são os constantes da Norma CNEN-NN-3.01: "Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica", de março de 2014, aprovada pela Resolução CNEN nº 164/2014, ou daquela que venha a substituí-la. (Atualizado pela Portaria MTB nº 1.084, de 18 de dezembro de 2018)”.

A CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), criada em 1956 e estruturada pela Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962, para desenvolver a política nacional de energia nuclear. Órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, a CNEN estabelece normas e regulamentos em radioproteção e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil, conforme prevê o próprio site da entidade pública em tela.

A Norma CNEN-NN-3.01 em seus itens 5.4.2 e 5.4.2.1 determina:

“5.4.2 Limitação de dose individual

5.4.2.1 A exposição normal dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas, excedam o limite de dose especificado na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN. Esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas".

Figura 7 – Limites de doses anuais definidas pelo CNEN

Limites de Dose Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv [b] <small>(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)</small>	15 mSv
	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	—

Fonte: site CNEN – Apostila Educativas

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

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.  
(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)

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

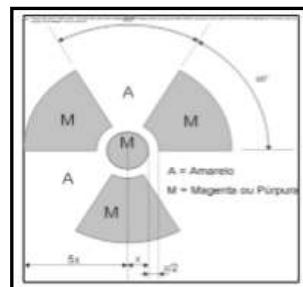
[d] Valor médio em 1 cm<sup>2</sup> de área, na região mais irradiada. Os valores de dose efetiva se aplicam à soma das doses efetivas, causadas por exposições externas, com as doses efetivas comprometidas (integradas em 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para crianças), causadas por incorporações ocorridas no mesmo ano.

Desta forma, conforme tabela acima, de acordo com o que está determinado na norma CNEN-NN-3.01, o motorista carreteiro possui o limite de exposição ocupacional de 20 mSv anual.

O Sievert é uma unidade de medida do Sistema Internacional que representa a dose equivalente de radiação recebida em um tecido ( $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ).

Com o intuito de alertar sobre ambientes que possuam risco de exposição à radiação ionizante a norma CNEN-NN-3.01 em seu item 3 – Definições e Siglas nos mostra o símbolo internacional de radiação ionizante a ser utilizado.

Figura 8 – Símbolo internacional de radiação ionizante



Fonte: site CNEN – Apostila educativas

## 2.5 – O SCANNER E O TERMINAL PORTUÁRIO

Cabe esclarecer que o terminal portuário é obrigado por lei a exercer a atividade de inspeção com scanners, conforme determina a Portaria da RFB 3518, de 30 de setembro de 2011, na seção IV, em seu artigo 14, itens 1 e 2 e parágrafo 1º:

“Art. 14. A administradora do local ou recinto deve disponibilizar, sem ônus para a RFB, inclusive no que concerne a manutenção e operação:

(Redação dada pelo(a) Portaria RFB nº 1001, de 06 de maio de 2014)

I - equipamentos de inspeção não invasiva (escâneres) de acordo com os tipos das cargas, bens de viajantes internacionais, veículos e unidades de carga movimentados no local ou recinto, durante a vigência do alfandegamento; e

(Incluído(a) pelo(a) Portaria RFB nº 1001, de 06 de maio de 2014)

II - e disponibilizar pessoal habilitado para a operação dos equipamentos referidos no inciso I, sob o comando da RFB.

(Incluído(a) pelo(a) Portaria RFB nº 1001, de 06 de maio de 2014)

§ 1º Entende-se por disponibilizar, nos termos do caput, a transmissão em tempo real das imagens resultantes da inspeção não invasiva ao local determinado pela unidade de despacho jurisdicionante”.

Um exemplo de scanner utilizado no terminal portuário é o equipamento de inspeção não intrusiva de containers, de marca HCVP 4029 que possui uma capacidade teórica de inspeção de 100 a 150 veículos por hora. De fato, no terminal portuário, a quantidade de inspeção realizada por hora é de aproximadamente de 50 a 60. Este equipamento é mantido em operação dentro do terminal portuário 24 horas por dia, 7 dias por semana. Existe terminal portuário que opera até com 2 scanners.

Figura 9 – Vista externa do scanner utilizado no terminal portuário



Fonte: Arquivo do autor.

Figuras 10 – Caminhões passando pelo scanner

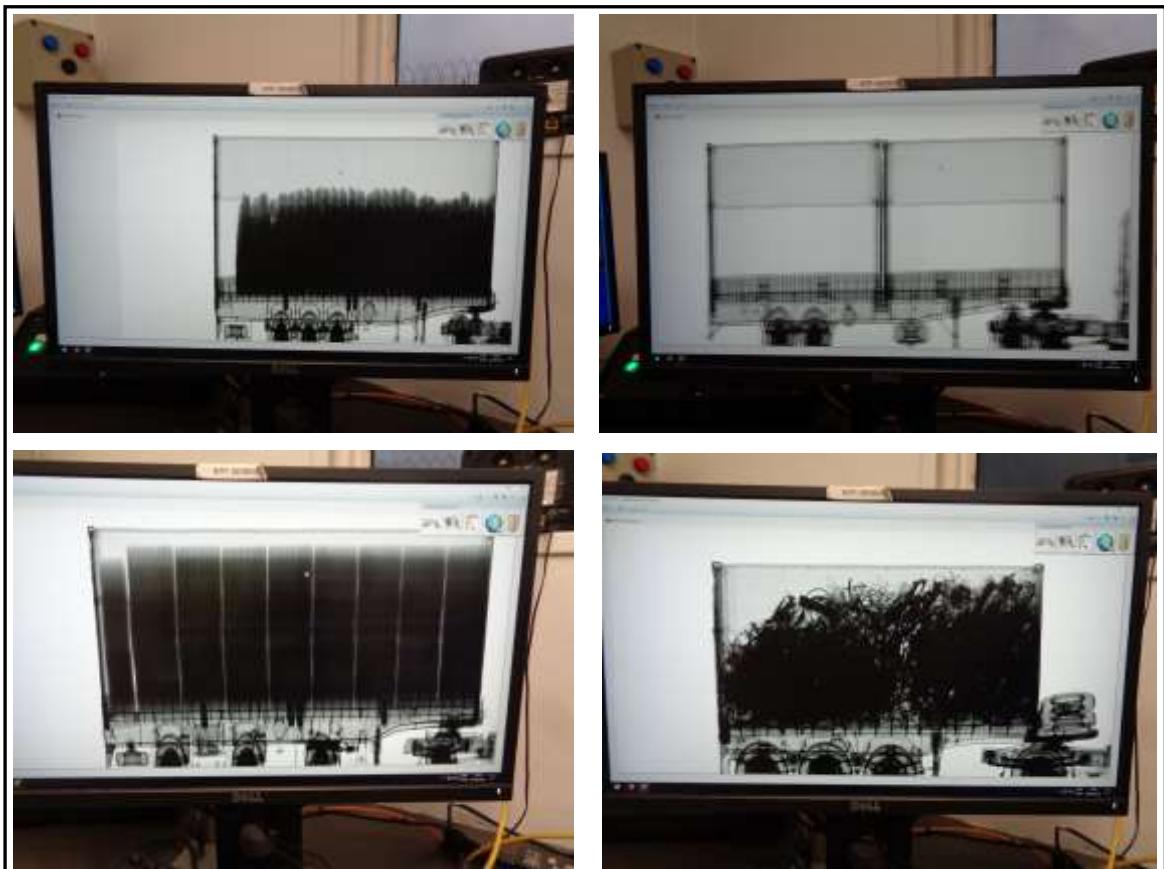


Fonte: Arquivo do autor

Os veículos são instruídos a passar pelo scanner a uma velocidade aproximada de 7 km/h, esta velocidade é definida para que a fotografia gerada pelo equipamento

tenha uma boa definição, permitindo uma correta análise do material contido no interior do container.

Figuras 11 – Imagens de containers scaneados



Fonte: Arquivo pessoal do autor

A radiação emitida (raio x) por este equipamento é produzida por um acelerador de partículas, não possui material radioativo em seu interior.

Para evitar que a radiação emitida pelo acelerador não se espalhe, é utilizado um colimador com abertura de 0,5 cm.

Abaixo apresenta-se a figura 12 donde se constata a caixa que contém o acelerador de partículas e a foto do colimador.

Figuras 12 – Caixa com acelerador de partículas e colimador



Fonte: Arquivo do autor

Desta forma, o raio x emitido pelo acelerador e direcionado pelo colimador atravessa o corredor por onde trafega a carreta, atingindo o lado oposto a emissão.

Figura 13 – Local para onde é emitido o raio x na área interna do scanner



Fonte: Arquivo do autor

Com o intuito de garantir a integridade física do motorista carreteiro que transporta os containers através do scanner, durante o momento da emissão da radiação, o equipamento conta com um conjunto de sensores que possibilita que a emissão da radiação ocorra após a passagem da cabine da carreta, local onde se encontra o motorista.

Figura 14 – Posicionamento dos sensores e do local de emissão do raio x.



Fonte: Arquivo do autor

Existe uma equipe que opera o scanner, esta equipe possui dentre outras, as atividades de orientar o tráfego das carretas pelo scanner, ajustar e transmitir as imagens provenientes do scanner para uma outra equipe também responsável pela análise e fazer as medições de radiação em ambientes pré-determinados, inclusive no interior das cabines dos motoristas carreteiros. Esta equipe fica locada em um container ao lado do scanner. O controlador de acesso ao scanner fica posicionado na entrada deste.

Figuras 15 –Sala de operações do scanner e seu interior.



Fonte: Arquivo do autor.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

No transcorrer do presente denota-se que o motorista carreteiro responsável por transportar o container através do scanner, tem a possibilidade de ficar exposto a radiação ionizante emitida por este equipamento. Neste sentido, nos cabe determinar se o motorista carreteiro se expõe ou não a radiação ionizante, qual o valor da radiação recebida pelo motorista e se este valor se encontra dentro dos valores permitidos pela legislação vigente.

A legislação vigente, a Norma CNEN-NN-3.01 em seus itens 5.4.2 e 5.4.2.1 determina como limitação de dose individual para o trabalhador ocupacionalmente exposto, um valor de 20 mSv anual.

Para o levantamento dos valores de radiação aos quais os motoristas carreteiros se expõem é utilizado o equipamento “câmara de ionização” da marca LUDLUM 9DP. O equipamento além de passar por calibrações anuais, também é calibrado na cabine de trabalho, através de uma fonte de aferição Césio 137.

Figuras 16 – câmara de ionização sendo calibrada com a fonte de césio 137 e vista superior do equipamento.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Após esta aferição, o equipamento “câmara de ionização” é conduzido para o ambiente externo, onde irá mensurar a radiação existente no ambiente, radiação não proveniente do scanner, mas sim a radiação natural do ambiente. A radiação

ambiente encontrada foi de 0,14 microsievert ( $\mu\text{Sv}$ ). Salienta-se que para entender a relação das unidades, 1 milisiever (mSv) = 1.000 microsievert ( $\mu\text{Sv}$ ).

Figura 17 – Valor da radiação do ambiente externo



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A seguir, a câmara ionizante é colocada em cinco caminhões seguidos, enquanto estes passam pelo scanner e é marcado o tempo total desde a primeira passagem até a última. De forma direta, o equipamento mostra o valor da dose integrada ao qual o motorista se expôs.

Figura 18 – Valor da dose integrada



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Também neste levantamento de dados “in loco”, durante as passagens da carreta pelo scanner, foram verificados picos de radiação aos quais o motorista se expõe durante a passagem pelo scanner. Os valores de pico variaram entre 2,11  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  a 5,25  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ .

Figura 19 – Valor de pico observado na cabine do motorista durante a passagem pelo scanner.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O número de trabalhadores, motorista carreteiro, em um terminal portuário, varia de acordo com a quantidade de containers movimentados por este. Quanto mais navios operarem no terminal portuário, mais containers serão movimentados. Outro fator que também exerce influência é o tamanho do terminal portuário, isto é, sua capacidade de armazenamento de containers. Desta forma, um terminal portuário pode chegar a possuir até 80 motoristas.

O resultado, o valor da radiação ionizante a qual o motorista carreteiro se expõe, no ano, será calculado em função da radiação ionizante recebida por este a cada passagem do caminhão pelo scanner, multiplicado pelo número de passagens médio por dia de trabalho (7), 6 dias trabalhados por semana e 52 semanas trabalhadas no ano. O valor encontrado será comparado ao determinado pela legislação vigente.

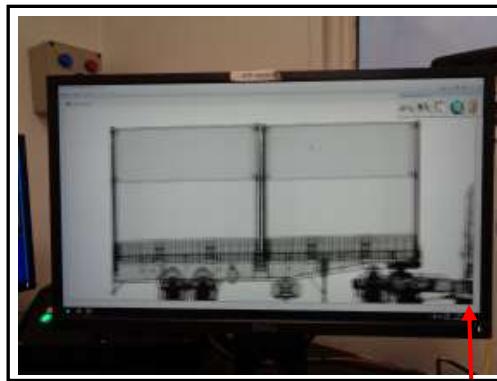
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os dados e os fatos presentes verificou-se uma grande variação entre os picos máximos de radiação ionizante aos quais os motoristas carreteiros ficaram expostos em cada passagem pelo scanner na movimentação dos containers. Dentre as cinco passagens pelo scanner, na primeira passagem encontramos o maior pico de exposição a radiação ionizante dentro da cabine do motorista carreteiro, 5,25  $\mu\text{Sv/h}$  e na terceira passagem tivemos o menor pico de exposição que foi de 2,11  $\mu\text{Sv/h}$ . Assim, os dados demonstram que a variação do pico de exposição foi de aproximadamente 250%.

Ao analisar o possível motivo pela qual, em um processo constante de emissão de radiação ionizante, foram encontrados picos com variação de aproximadamente 250%, foi verificado que a variável existente é o comprimento da cabine do motorista.

O sensor que libera a emissão da radiação fica a uma distância fixa do acelerador que emite as radiações ionizantes. O que libera esse sensor é o início da cabine do motorista, a frente do caminhão. As cabines dos caminhões variam de tamanho, umas são mais compridas e outras mais curtas. As cabines mais compridas tendem a liberar a radiação num momento em que a base final da cabine ainda não passou totalmente da fotografia do scanner, aparecendo no cano da foto do scanner, enquanto que as cabines mais curtas não saem nestas fotos. Portanto, podemos concluir que o tamanho da cabine influí na quantidade de radiação recebida pelo motorista. Mesmo com tal diferença entre os picos de radiação mensurada no interior das cabines, em virtude dos comprimentos destas, tal variação não alterará a conclusão do trabalho. A foto abaixo mostra a parte final de uma cabine de motorista com maior comprimento que aparece na foto do scanner.

Figura 20 – Imagem do container scaneado, com presença da parte traseira da cabine do motorista.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A análise da dose de exposição à radiação ionizante dos motoristas carreteiros é feita uma vez na semana e quando ocorrer manutenção do equipamento.

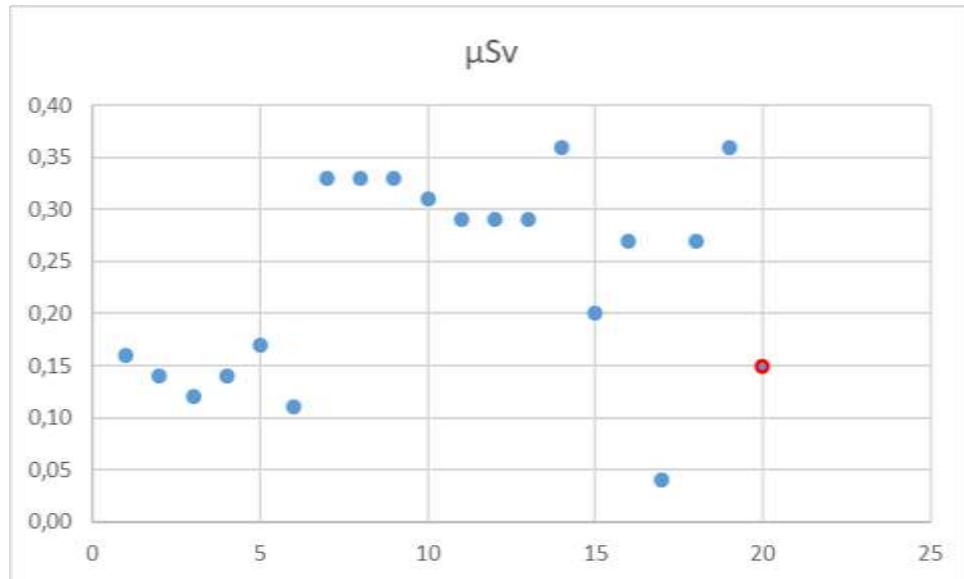
Durante a visita ao terminal portuário foi feita uma análise da dose de exposição do motorista carreteiro a radiação ionizante para que esta fosse comparada com as análises feita pela empresa responsável pela operação do equipamento. O valor da dose mensurada no motorista, por passagem, durante a visita foi de 0,15 µSv. Os valores em µSv apresentados na tabela abaixo representam o valor da dose a qual o motorista permaneceu exposto por passagem no scanner.

Tabela 1 – Valor da dose integrada das amostras

amostra	µSv	amostra	µSv	amostra	µSv	amostra	µSv
01	0,16	06	0,11	11	0,29	16	0,27
02	0,14	07	0,33	12	0,29	17	0,04
03	0,12	08	0,33	13	0,29	18	0,27
04	0,14	09	0,33	14	0,36	19	0,36
05	0,17	10	0,31	15	0,2	autor	0,15

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Gráfico 1 – Disposição dos valores de dose integrada das amostras



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Durante a visita ao terminal portuário, no scanner, foi feita a mensuração da radiação ionizante recebida pelos motoristas carreteiros que transportavam as cargas pelo scanner. O valor da dose de exposição encontrada neste procedimento foi de 0,15 µSv. Este valor ao ser comparado com os dados de outras análises que foram feitas pela operada do scanner se encontra um pouco abaixo da média dos valores apresentados, sendo assim pode-se caracterizar que os valores apresentados pela operadora estão condizentes.

Para avaliar se o motorista está exposto a doses maiores que o permitido em lei, iremos adotar o valor de dose de passagem de 0,36 µSv, maior valor dentre as amostras apresentadas.

O CNEN determina que o trabalhador sujeito a exposição à radiação ionizante não pode ultrapassar o valor de dose de exposição de 20 mSv anual.

Num primeiro momento vamos calcular quantas passagens pelo scanner um motorista carreteiro pode fazer sem ultrapassar o limite de exposição permitido em lei da dose de 20 mSv por ano. Sabendo que a dose recebida pelo motorista carreteiro em cada passagem pelo scanner é de 0,36 µSv e que 1 mSv = 1.000 µSv.

$$\begin{aligned} \text{Total de passagem permitidas no ano} &= 20 * (1.000 \text{ } (\mu\text{Sv}) / 0,36 \text{ } (\mu\text{Sv}/\text{passagem})) \\ &= 55.555 \text{ passagens por ano.} \end{aligned}$$

Maximizando os dias trabalhados do motorista carreteiro, considerando que, em média, um motorista carreteiro passa sete vezes ao dia pelo scanner, que este trabalha seis dias por semana e considerando que o ano possui cinquenta e duas semanas, podemos determinar a quantidade de vezes que o motorista carreteiro passa pelo scanner por ano.

$$\begin{aligned}\text{Quantidade de vezes} &= 7 \text{ vezes/dia} * 6 \text{ dias/semana} * 52 \text{ semanas/ano} \\ &= 2.184 \text{ vezes por ano.}\end{aligned}$$

Assim, é observado que o número de passagens do motorista carreteiro pelo scanner (2.184 vezes) é menor que o número máximo permitido sem que o autor se exponha a dose superior ao permitido em lei (55.555 passagens)

Outra forma de analisar se o motorista carreteiro fica exposto a valores de dose superior ao determinado em lei é calculando a dose de exposição deste, onde temos que este fica exposto a uma dose de 0,36  $\mu\text{Sv}$  por passagem pelo scanner e que no ano o motorista passa pelo scanner 2.184 vezes. Calculando a dose temos:

$$\begin{aligned}\text{Dose de exposição anual do motorista carreteiro (mSv)} &= 0,36 \mu\text{Sv} * 2.184 = 786,24 \mu\text{Sv} \\ &= 0,786 \text{ mSv}\end{aligned}$$

Sendo assim, mesmo maximizando os valores da dose de exposição ocupacional dos motoristas carreteiros à radiação ionizante mensurados pela empresa prestadora de serviços (0,36  $\mu\text{Sv}$ ) e os dias de trabalho destes, o valor da exposição anual à radiação ionizante sofrida pelo motorista carreteiro (0,786 mSv) é inferior ao limite permitido em lei (20 mSv).

## 5 CONCLUSÕES

O motorista carreteiro portuário, isto é, aquele que se ativa no interior de terminais portuários, diferente de outros motoristas carreteiros, exerce a atividade de transportar as cargas contidas em containers através de scanners que emitem radiação ionizante, raio x. Tal procedimento, definido em lei, tem a finalidade de auxiliar na inspeção das cargas contidas no interior de containers de forma não evasiva.

Sendo a radiação ionizante um agente insalubre, prejudicial à saúde, que pode causar câncer no indivíduo e até levar a morte, em função da intensidade da radiação recebida, do tempo de exposição à radiação, da distância da fonte geradora e das características suscetíveis do indivíduo, se faz necessário e é devido por lei, que seja feito o acompanhamento da exposição do motorista carreteiro à radiação ionizante.

A empresa responsável pela operação do scanner, analisa a exposição dos motoristas carreteiros a radiação ionizante uma vez ao mês e quando ocorre procedimentos de manutenção nestes.

Durante a visita ao terminal portuário, no scanner, foi feita a mensuração da radiação ionizante recebida pelos motoristas carreteiros que transportavam as cargas pelo scanner. O valor da dose de exposição encontrada neste procedimento foi de  $0,15 \mu\text{Sv}$ . Este valor ao ser comparado com os dados de outras análises que foram feitas pela operada do scanner se encontra um pouco abaixo da média dos valores apresentados, sendo assim pode-se caracterizar que os valores apresentados pela operadora estão condizentes.

O CNEN determina que o trabalhador sujeito a exposição à radiação ionizante não pode ultrapassar o valor da dose de exposição anual de  $20 \text{ mSv}$  ( $1 \text{ mSv} = 1.000 \mu\text{Sv}$ ).

Determinado o número médio diário (sete) de passagens pelo scanner do motorista carreteiro, trabalhador no terminal portuário, extrapolamos esta média para um valor anual e encontramos que este trabalhador passa aproximadamente 2.184 vezes pelo scanner no ano. Este número de passagens caracteriza uma dose anual de  $0,786 \text{ mSv}$ .

Cabe colocar que existe uma possibilidade de eliminarmos esta radiação recebida pelo motorista, mesmo que pequena, quando transporta a carga através do scanner. Existe um modelo de scanner no qual o motorista carreteiro posicionaria a carreta em local determinado próximo ao scanner, sai da cabine do caminhão se posicionando em um local protegido, afastado, enquanto a carga é scanneada. Neste tipo de scanner, o que se movimenta é o equipamento, o acelerador (emissor da radiação), o caminhão permanece parado, diferentemente do scanner estudado. O que acontece nesta sugestão acima é que ocorre uma diminuição da produção de forma grandiosa. Enquanto no equipamento em que o caminhão passa através do scanner com o motorista dentro da cabine são sacaneados aproximadamente entre 50 e 60 containers por hora, no equipamento onde o motorista para o caminhão e desce da cabine são scanneados aproximadamente entre 10 e 15 containers por hora.

Portanto, ficou evidenciado que o motorista carreteiro, que atua dentro do terminal portuário, fica exposto a radiação ionizante ao passar pelo scanner, porém, tal exposição é bem inferior ao que determina a legislação. Não caracterizando uma atividade insalubre.

## REFERÊNCIAS

Apostila Educativa – Radiações Ionizantes e a Vida - CNEN. Disponível em:  
<<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoesionizantes.pdf>> Acesso em 18 set. 2019.

Desenvolvimento de sistemas radiográfico e tomográfico com técnicas de contraste de fase e realce por difração de raios x – Tese – Henrique de Souza Rocha – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE. Disponível em:  
<<http://antigo.nuclear.ufrj.br/DScTeses/Henrique%20Rocha/Tese%20de%20Doutorando%20Henrique%20e%20anexo.pdf>> Acesso em: 18 set. 2019.

Lei 12.815/13 – Portal do Governo Brasileiro. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm)> .  
Acesso em: 06 set. 2019.

Lei 13.103 de 02 de março de 2015, Portal do Governo Brasileiro. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13103.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13103.htm)>. Acesso em: 06 out. 2019.

Normas Regulamentadoras. Portaria 3.214 de 8 de junho de 1978. Disponível em:  
<<https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao?view=default>>. Acesso em: 06 set. 2019

NR29 (texto): segurança e saúde no trabalho portuário: manual técnico / Organização, Antônio Carlos Garcia Júnior – São Paulo – Fundacentro, 2014.

Porto de Santos. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/outros-links/glossario-de-termos-portuarios>>. Acesso em: 06 out. 2019.

Site da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Disponível em:  
<<http://www.cnen.gov.br>>. Acesso em 19 set. 2019.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica LACASEMIN Especialização em Higiene Ocupacional Apostila de eHO-104 – Agentes físicos II / e-social, ano 2018. P.9 e 10