

SEGURANÇA EM TRABALHO DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

Carlos Eduardo Silva Vasconcelos

RESUMO

Este trabalho consta de uma investigação acerca da aplicabilidade da segurança do trabalho dentro dos diversos setores de serviços com radiação ionizante, abordando exclusivamente a segurança no trabalho de radiografia industrial. Uns dos avanços tecnológicos mais importantes na engenharia podem ser atribuídos à utilização dos ensaios não destrutivos, pois devido à capacidade de investigar-se a sanidade dos materiais sem, destruí-los e/ou introduzir quaisquer alterações nas suas características. A radiografia industrial é utilizada para inspecionar peças com a finalidade de investigar sobre defeitos internos e é um poderoso método que pode detectar com alta sensibilidade, descontinuidades com poucos milímetros de extensão.

Palavras-chave: Radiação ionizante, ensaios não destrutivos, radiografia industrial, gamagrafia.

1 INTRODUÇÃO

A globalização em diversos segmentos industriais fez aumentar o número de projetos e produtos de forma multinacional causando uma revolução global e gerando como consequência a competitividade por custos menores e pressão da concorrência. Contudo, surgiram diversas dúvidas quanto à forma de garantir que os materiais, componentes e processos utilizados e a qualidade requerida; como garantir que a isenção de defeitos não comprometeria o desempenho das peças e como poderiam ser melhorados novos métodos e processos e testar novos materiais. As soluções para estas demandas estão em grande parte na inspeção e consequentemente na aplicação dos Ensaio Não Destrutivos (ANDREUCCI, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção, os Ensaio Não Destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e

Engenheiro Eletricista, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, ceduardosv@outlook.com

equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Estão entre as principais ferramentas do controle da qualidade de materiais e produtos e são amplamente utilizados nos setores de petróleo/petroquímico, químico, aeroespacial, siderúrgico, naval, eletromecânico e de papel e celulose, entre outros. Eles contribuem para a qualidade dos bens e serviços, redução de custo, preservação da vida e do meio ambiente, sendo fator de competitividade para as empresas que os utilizam.

Para a engenharia, os ensaios não destrutivos são considerados como um dos mais importantes avanços tecnológicos devido à capacidade de investigar a integridade dos materiais sem destruí-los e/ou introduzir quaisquer alterações em suas características. São comumente aplicados em inspeção de matéria-prima, no controle de processos de fabricação e inspeção final e para o controle da qualidade de produtos produzidos pela indústria moderna são ferramentas imprescindíveis (ANDREUCCI, 2013).

Os ensaios de Radiografia e Ultrassom são métodos poderosos com capacidade de detectar com alta sensibilidade descontinuidades com poucos milímetros de extensão. São excelentes para investigar sobre defeitos internos. São utilizados principalmente em indústrias de petróleo e petroquímica, nuclear, alimentícia, farmacêutica, geração de energia para inspeção principalmente de soldas e fundidos, e ainda na indústria bélica para inspeção de explosivos, armamentos e mísseis (ANDREUCCI, 2013).

As radiações ionizantes podem causar prejuízos à segurança e à saúde dos trabalhadores, pois para a percepção humana são invisíveis, inodoras, inaudíveis e indolores e em altas doses podem causar alterações em órgãos e tecidos humanos (PEREIRA, 2009).

Esta pesquisa teve como objetivo observar os procedimentos de proteção radiológica e segurança aplicados em trabalho de radiografia industrial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A NATUREZA DA RADIAÇÃO IONIZANTE

A radiação é a energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito. Ela se apresenta em forma de partícula atômica ou subatômica energéticas tais como partículas alfa, elétrons, pósitrons, prótons, nêutrons etc., que podem ser produzidos em aceleradores de partículas ou em reatores, e as partículas alfa, os elétrons e os pósitrons são também emitidos espontaneamente de núcleos dos átomos radioativos (OKUNO, 2013).

Os estudos sobre as emissões de partículas originárias de corpos radioativos observando suas propriedades e interpretando os resultados se deram imediatamente após a descoberta dos raios X em 1895 pelo físico W. C. Roentegen. Os cientistas Pierre e Marie Curie se destacaram nesta época pela descoberta do polônio e do radium e a denominação “Radioatividade” deve-se a eles. (ANDREUCCI, 2013).

Os isótopos radioativos possuem a propriedade de emitir radiações que podem atravessar a matéria ou por elas serem absorvidas possibilitando múltiplas aplicações podendo destruir células ou pequenos organismos através de sua absorção sendo altamente inconveniente para os seres vivos, mas podendo ser usada em seu benefício quando utilizada para destruir células e microrganismos nocivos (CARDOSO, 2008).

A propriedade de certas formas que a energia radiante possui de atravessar materiais opacos a luz deu-se origem ao nome “Radiação Ionizante”. Os raios X e os raios Gama são os dois tipos de radiação penetrante utilizados em radiografia industrial, eles possuem um comprimento de onda extremamente curto distinguindo-se da luz visível com a capacidade de atravessar materiais que a absorvem ou a refletem (ANDREUCCI, 2013).

Os raios X e os raios Gama têm diversas propriedades em comum com a luz por constituírem natureza semelhante à luz como a mesma velocidade de propagação (300.000 km/s), deslocamento em linha reta, não é afetado por campos

magnéticos ou elétricos e possuem a propriedade de impressionar emulsões fotográficas (ANDREUCCI, 2013).

Os radioisótopos são essencialmente úteis na indústria e a radiografia foi um dos primeiros usos e o popular aparelho de raios X foi substituído por um emissor de raios γ que possibilita um manejo mais fácil que é contido em uma espessa blindagem de chumbo quando não está em uso. Os produtos industriais são testados através da radiografia industrial sem danificá-los em poucos segundos (GAINES, 1975).

2.2 A PRODUÇÃO DAS RADIAÇÕES X

As emissões das radiações X não ocorrem de forma desordenada, elas são emitidas das camadas eletrônicas dos átomos e possuem um “padrão” de emissão chamado espectro de emissão (PINO e GIOVEDI, 2005).

No uso industrial os raios X são originados em uma ampola de vidro ou metálica chamada de tubo de Coolidge com duas partes distintas, o ânodo e cátodo que são submetidos a uma tensão elétrica que pode variar de 100 até 450kV em aparelhos portáteis utilizados na indústria. O ânodo é ligado no polo positivo e é constituído de um disco produzido em tungstênio, também chamado de alvo, e o cátodo é ligado no polo negativo e constituído de um pequeno filamento, similar ao de uma lâmpada incandescente passando uma corrente elétrica de 0 a 10mA (PINO e GIOVEDI, 2005).

A produção dos raios X é feita em ampolas especiais que variam em função da tensão máxima do aparelho. Deve ser dada uma atenção especial ao alvo contido no ânodo que tem sua superfície atingida pelo fluxo eletrônico proveniente do filamento, que deve ser grande suficiente para evitar superaquecimento local evitando sua deterioração permitindo uma rápida transmissão do calor (ANDREUCCI, 2006).

Depois de ligado o tubo, a corrente elétrica do filamento aquece e passa a emitir espontaneamente elétrons que são atraídos e acelerados em direção ao alvo. Com essa interação dos átomos de tungstênio com os elétrons, ocorre a

desaceleração repentina dos elétrons, transformando assim a energia cinética adquirida em Raios X (PINO e GIOVEDI, 2005).

Em áreas focais com pequenas dimensões podem ser aplicadas cargas relativamente mais elevadas. Já nas grandes áreas, devido à diferença no modo de transmissão de calor, aplica-se a partir do centro (ANDREUCCI, 2013).

Geralmente os equipamentos de raios X industriais se dividem em dois componentes: o **painel de controle**, que consiste em uma caixa onde estão alojados todos os controles, indicadores, chaves, medidores e todo equipamento do circuito gerador de alta voltagem e é através dele que são feitos os ajustes de voltagem, amperagem e o comando de acionamento do aparelho e o **cabeçote**, ou **unidade geradora**, que é onde fica alojada a ampola e os dispositivos de refrigeração. Através de cabos especiais de alta tensão é realizada a conexão entre o painel de controle e o cabeçote (ANDREUCCI, 2006).

2.3 A PRODUÇÃO DOS RAIOS GAMA

A produção artificial de isótopos radioativos através de reações nucleares de ativação se deu com o desenvolvimento dos reatores nucleares que ocorre quando elementos naturais são alocados junto ao núcleo de um reator que são irradiados por nêutrons térmicos atingindo o núcleo do átomo penetrando nele, ocorrendo a quebra de equilíbrio energético no núcleo mudando sua massa atômica e assim caracterizando o isótopo através da liberação de energia na forma de raios gama (ANDREUCCI, 2006).

As ondas eletromagnéticas com a alta energia que possui forma a radiação gama que é capaz de penetrar na matéria de forma mais intensa que as radiações alfa e beta (FRANÇA e BARBOZA, 2011).

O número de desintegrações que ocorrem em certo intervalo de tempo é caracterizado como atividade de um radioisótopo que é semelhante ao decaimento radioativo. Ocorre quando um átomo é submetido ao processo de ativação fazendo

com que seu núcleo entre num estado de excitação emitindo assim radiação (ANDREUCCI, 2013).

O manuseio com fontes usadas em gamagrafia necessitam de cuidados especiais de segurança por emitirem radiação constantemente depois de ativadas, sendo necessário que o equipamento seja blindado contra radiações emitidas quando a fonte estiver em operação. Para que a radiografia seja realizada é necessário também dotar essa blindagem de um sistema que admita retirar a fonte de seu interior (ANDREUCCI, 2013).

Para que não haja dispersão ou fuga do material radioativo para o exterior da fonte, as mesmas são encapsuladas em material austenítico, composto com dispositivo de contenção, transporte e fixação solidamente fixados em uma ponta um cabo de aço flexível e na outra ponta um engate que admite o uso e manipulação da fonte que é chamado de “porta fonte” (ANDREUCCI, 2013).

2.4 EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

A matéria possui propriedades afetadas pela radiação em função do tipo de procedimento associado à absorção de energia: excitação e /ou produção de íons, ativação nuclear ou, ainda, no caso específico de nêutrons, à produção de núcleos radioativos. Os resultados podem ser apresentados em distintos níveis, a partir do comportamento do átomo isolado às transformações produzidas no material como um todo (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Quando a radiação ionizante atravessa a matéria, pares de íons são produzidos e átomos e moléculas são excitados e há uma absorção de parte dessa energia transferida. Os pares de íons podem possuir energia suficiente para produzir novas ionizações e excitações, as quais são responsáveis pelos efeitos biológicos das radiações (ANDREUCCI, 2006).

As consequências das radiações ionizantes sobre os organismos vivos dependem não unicamente da dose por eles absorvida, mas, também, da taxa de absorção (aguda ou crônica) e do tecido atingido. Quando as células estão em

processo de divisão, o dano infringido é maior, tornando os referentes tecidos e órgãos mais radiosensíveis que outros constituídos por células que pouco ou nunca se dividem (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Em caso de exposição sem a proteção adequada as radiações gama podem ocasionar danos à saúde humana em especial aos tecidos. Em razão da exposição inadequada à radiação ionizante, os danos que os trabalhadores podem sofrer são a contaminação, que ocorre com a exposição interna à radiação, através da inalação, ingestão e absorção; e a irradiação que ocorre quando há exposição à fonte externa pelo organismo (PEREIRA, 2009).

A dose total recebida, se esta foi aguda ou crônica, se localizada ou de corpo inteiros são alguns das variáveis que influenciam diretamente nos efeitos biológicos provocados pela radiação ionizante que apresentam como características gerais a especificidade, a reversibilidade, a transmissividade, a radiosensibilidade, os fatores de influência, o tempo de latência e o limiar (XAVIER e HEILBRON, 2014).

2.5 SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

O tecido humano se submetido a altas doses de radiação ionizante pode ser danificado. Na época da descoberta dos raios X era uma prática comum verificar a intensidade dos raios X expondo os indivíduos à radiação emitida e medindo o tempo transcorrido até que a região exposta apresentasse irritação na pele. Nas décadas seguintes um grande número de informações sobre os efeitos maléficos da radiação ionizante foi acumulado e, portanto também sobre a necessidade de regulamentar a exposição de indivíduos a radiação e aperfeiçoamento das técnicas utilizadas para o uso de colimadores, filtros, blindagem para atenuação, etc. (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Em 1928 no Segundo Congresso Internacional de Radiologia, houve ampla concordância quanto à necessidade de estabelecer recomendações que serviriam a diversos países como base para preparar Normas de Radioproteção, onde foram recomendadas espessuras mínimas de blindagem de chumbo para atividades com

raios-X e fontes de Ra-226, elaborados procedimentos relacionados a locais e condições de trabalho mais não foram estabelecidos valores para limitar as doses de radiação que veio a ocorrer somente em 1934, através da Comissão Internacional de Proteção Radiológica que recomendou o valor de 0,2 R por dia para a exposição ocupacional que vigorou até 1950 onde foi reduzida para 0,3 R por semana (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Iniciou-se o uso descomedido da radiação logo após sua descoberta, pois os médicos começaram a perceber que ela tinha potencial para remover manchas de nascença, pintas e matar células. Após 30 anos de descoberta dos raios X foi criada a International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) com o intuito de estabelecer grandezas e unidades de física das radiações, critérios de medidas, métodos de comparação, etc. e três anos depois a International Commission on Radiological Protection (ICRP) foi criada com a missão de elaborar normas de proteção radiológica e estabelecer limites de exposição à radiação ionizante para indivíduos ocupacionalmente expostos e para público em geral. No Brasil o órgão responsável pela regulamentação do uso das radiações é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) que se reúne com regularidade com as demais comissões para elaborar novas normas ou atualizar as existentes (OKUNO, 2013).

A quantidade de energia depositada em uma massa definida de material ou o número total de eventos ionizantes são as bases das grandezas utilizadas para quantificar a radiação ionizante não se levando em conta a natureza descontínua do processo de ionização, mas é explicado pela observação que as grandezas podem ser correlacionadas com os efeitos biológicos resultantes. São classificadas como grandezas e unidades para radiação as grandezas de radioatividade, grandezas radiométricas, coeficientes de interação, grandezas dosimétricas e grandezas de proteção radiológica (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Para a realização de serviços radiográficos a empresa contratada tem que estar em conformidade com a legislação oficial específica sobre radiações ionizantes e normas editadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e Secretaria da Saúde. Antes do início dos trabalhos deve apresentar a Autorização Específica para Operação emitida pela CNEN e elaborar um programa de Radioproteção assegurando que as doses recebidas pelos indivíduos estejam dentro dos limites

aceitáveis, sendo necessário classificar as áreas quanto ao risco através de um planejamento do ponto de vista da radioproteção (ANDREUCCI, 2006).

A proteção radiológica está baseada nos princípios da justificativa, onde qualquer exposição à radiação deve ser justificada de modo que o benefício supere qualquer malefício à saúde; da otimização da proteção, onde a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que o número de pessoas expostas e a probabilidade de exposições que resultem em doses mantenham-se tão baixos quanto possa ser razoavelmente exequível, considerando os fatores econômicos e sociais; e da limitação de dose, onde as doses individuais devem obedecer aos limites estabelecidos em recomendações nacionais que se baseiam em normas internacionais (OKUNO, 2013).

A dose efetiva e a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse ocasionado pela possível combinação de exposições originadas por práticas autorizadas quanto à exposição normal de indivíduos devem ser restringidas de modo que não excedam os correspondentes limites de dose especificados na Norma (XAVIER e HEILBRON, 2014).

No uso e manuseio das fontes de radiação ionizante para fins industriais, as doses limites recomendadas devem ser consideradas como o acréscimo de dose que o indivíduo ou trabalhador está sujeito decorrente de seu trabalho diretamente ou indiretamente e do ponto de vista da radioproteção os indivíduos que trabalham em áreas controladas devem receber tratamento especial com o uso de dosímetros de leitura indireta, treinamento supervisionado, qualificação e exames clínicos (ANDREUCCI, 2006).

Para garantir o atendimento aos requisitos estabelecidos nas normas de radioproteção é utilizado o controle da exposição à radiação que é fundamentado nos fatores sendo eles o tempo de exposição, que visa a prevenção de acúmulo desnecessário de dose, pela redução do tempo de permanência na proximidade de fontes de radiação; a distância da fonte que atenua a radiação, baseada na lei do inverso do quadrado da distância; e blindagem que atenua a radiação, por meio de anteparos de concreto, chumbo, aço, alumínio, entre outros materiais (XAVIER e HEILBRON, 2014).

A realização de trabalhos com fontes de radiação ionizante devem ser realizadas com equipamentos de proteção adequados e possuir condições seguras que podem facilmente ser alcançadas através da utilização das boas práticas de engenharia, minimizando durante a operação normal a necessidade de implementação de procedimentos administrativos ou de emprego de equipamentos de proteção individual para proteção e segurança (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Em atividade com fontes de radiação, as pessoas envolvidas devem ser devidamente treinadas, conhecer e respeitar os regulamentos de segurança e proteção radiológica e ter ciência dos riscos provenientes ao emprego de radiações ionizantes (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Assuntos relacionados à proteção e segurança radiológica devem ter prioridade compatível com sua importância priorizando a saúde do indivíduo ocupacionalmente exposto, do público geral e à preservação do meio ambiente no contexto da cultura de segurança. Mecanismos para reduzir a contribuição do erro humano para o desencadeamento de acidentes e outros eventos que podem resultar em exposições devem ser estabelecidos (XAVIER e HEILBRON, 2014).

A proteção radiológica tem como principal objetivo evitar a exposição desnecessária do indivíduo à radiação ionizante e possui algumas regras básicas motivadas no bom senso, devendo ser seguida por usuários de fontes de radiação ionizante de modo a reduzir a exposição externa e evitar a contaminação externa como a incorporação de material radioativo por inalação ou ingestão (XAVIER e HEILBRON, 2014).

Com a finalidade de comunicar ao público de maneira clara e direta a gravidade de eventos em usinas nucleares e posteriormente estendida a todos os eventos associados ao transporte, armazenamento e uso de material radioativo e fontes de radiação, foi criada a partir de 1990 a International Nuclear Events Scale (INES), que foi desenvolvida pela Agência Internacional de Energia Atômica. Similar à escala de terremotos, os eventos são classificados em escala logarítmica de 1 a 7, sendo os níveis de 1 a 3 designados para incidentes e os níveis de 4 a 7 para os acidentes, dependendo do grau de contaminação radioativa a exposição do público

e do ambiente a radiação, logo os acidentes são considerados quando houver pelo menos uma morte por radiação (OKUNO, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas três visitas em uma empresa localizada no município de Laranjeiras. Na primeira visita foram identificados os setores onde seriam realizados os ensaios, na segunda visita foram observados as medidas e os procedimentos de segurança praticados e na terceira foi feita a preparação para os trabalhos e acompanhada sua realização.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em serviços realizados que envolvem radiação ionizante na indústria são praticados os critérios mínimos estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e suas normas corporativas. A realização de trabalhos de radiografia industrial deve atender aos princípios de justificação, otimização e limitação da dose individual.

O ensaio de radiografia foi realizado em tubulações com a finalidade de garantir o controle de qualidade em juntas soldadas, para tal foi seguido a norma PETROBRAS N-2344, que estabelece os procedimentos para a execução de trabalhos de radiografia industrial e os procedimentos que devem ser seguidos pelas empresas contratadas para realização de trabalhos de radiografia industrial nas áreas da empresa ou onde são realizados trabalhos para a empresa ou sob sua fiscalização.

O executante apresentou ao setor de SMS-SI o plano e o procedimento específico de radioproteção devidamente aprovados pelo CNEN, conforme norma

CNEN-NN-6.04, foram emitidas todas as fichas de inspeção de segurança e medidos os níveis de radiação na chegada e saída da fonte.

Para a realização dessa atividade primeiro foram levantadas as necessidades conforme requisitos normativos de controle de qualidade. A parte interessada (seja própria ou contratada) elaborou uma programação de juntas em formulário próprio que foram ensaiadas e enviadas para a empresa executante que gerou o plano específico de radioproteção que estabeleceu os procedimentos operacionais complementares ao Plano Geral de Radioproteção da empresa executante para realização de serviços de gamagrafia informando o tipo do serviço, as características técnicas gerais, data de execução, equipamentos a serem utilizados, equipe técnica executante, transporte de materiais, instruções em caso de emergência, cálculos de raio de isolamento para o público e operadores e informações complementares. O irradiador utilizado foi o Tech-Ops modelo 660 com fonte radioativa de Irídio-192, nº de série 8089, com atividade da fonte em 13,82 Curie.

A distância (d) do ponto de exposição da fonte ao local do isolamento para indivíduo do público foi determinada através da fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{A \times 0,5 \times D}{X1 \times Fr \times Fr2}}$$

Para os indivíduos ocupacionalmente expostos, a distância (d) foi determinada através da fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{A \times 0,5 \times D}{X2 \times Fr \times Fr2}}$$

Onde :

- A = Atividade da fonte no momento da exposição (Ci);
- D = tempo total de exposição (em horas), em 1 dia de trabalho de no máximo 8 horas, obtido em função do número de radiografias a serem efetuadas e o tempo de exposição de cada radiografia; este valor é o somatório de todas as exposições a serem efetuadas num local dentro de 8 horas de trabalho;
- X1 = Dose máxima diária para o público;
- X2 = Dose máxima diária para o trabalhador;
- Fr = Fator de redução do colimador;
- Fr2 = Fator de redução da peça.

Nos trabalhos de radiografia os empregados envolvidos portaram o medidor individual de radiação de leitura indireta na altura do tórax e o monitor individual com alarme sonoro e foi disponibilizada na frente de trabalho a cópia do controle de doses atualizado dos empregados executantes.

Após a primeira exposição da fonte o responsável do setor de SMS-SI foi próximo ao limite do raio de isolamento para monitorar a quantidade e/ou presença de radiação, constatada que a situação estava dentro dos critérios aceitáveis de segurança e permitiu a continuidade dos serviços.

Foram realizados ensaios em duas juntas soldadas em tubulação com diâmetro de 5" e espessura de 19mm, cada junta com 4 filmes a ser radiografados com tempo de exposição de 1,02 minutos por filme totalizando uma exposição de 0,27 horas. O raio de isolamento calculado para o indivíduo do público foi 18,87m e para a equipe técnica foi de 4,22m. Todas as juntas radiografadas tiveram o laudo aprovado, garantindo assim a integridade e qualidade das soldas.

Visando a segurança dos trabalhadores, o horário de realização dos serviços foi das 05h00 às 07h00 onde somente se encontrava no local do serviço a equipe executante e equipes de apoio a fim de garantir que a área delimitada não fosse invadida. Todos os requisitos normativos e recomendações de segurança da CNEN e normas corporativa foram atendidos.

5 CONCLUSÃO

O processo de radiografia industrial é bastante viável e eficiente. A correta implementação dos requisitos normativos de saúde e segurança do trabalhador diminui consideravelmente os riscos de acidente e contaminação radioativa no ambiente industrial.

Foi constatado no QUADRO II da NR 7 a inexistência de métodos de execução e critérios de interpretação para os riscos ocupacionais que envolvem radiação ionizante não definido portanto as diretrizes e condições técnicas mínimas para a realização de radiografias industriais.

Podemos observar que o manuseio inadequado de fontes radioativas podem causar enormes catástrofes e que é essencial seguir todas as recomendações dos órgãos regulamentadores. O horário em que são realizadas as atividades é bastante importante, pois, quanto menor a quantidade de pessoas na unidade industrial menor impacto caso algo não saia conforme o planejado – é preciso pensar de forma preventiva.

O presente estudo foi de grande valia para o conhecimento dos procedimentos de segurança aplicados em unidades industriais e a pesquisa mostrou que o processo é bastante seguro do ponto de vista da segurança do trabalho desde que sejam seguidas todas as normas e observados os pontos críticos do processo.

ABSTRACT

This work consists of an investigation concerning the applicability of job security within the various service sectors with ionizing radiation, exclusively addressing safety in industrial radiography work. Some of the most important technological advances in engineering can be attributed to non-destructive due to the ability to investigate the health of materials without trials, yet destroy them or make any changes in their characteristics. Industrial radiography is used to inspect parts in order to investigate internal defects and is a powerful method that can detect with high sensitivity discontinuities only a few millimeters long.

Keywords: Ionizing radiation, nondestructive testing, industrial radiography, gammagraphy.

REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, R. **Iniciação à Radiologia Industrial**. Disponível em: <http://www.playmagem.com.br/radiologia/radiologia_industrial.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2014.

ANDREUCCI, R. **Radiologia Industrial.** Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Nov-2013_pdf%20substituir.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2014.

CARDOSO, E. M. **Aplicações da Energia Nuclear.** Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/aplica.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2014.

FRANÇA, C. L., BARBOZA, K. M. **Uso da radiação gama com fonte de cobalto 60 na desinfestação de acervos documentais.** Disponível em: <http://www.restaurabr.org/siterestaurabr/ARC_Vol_3/USO%20DA%20RADIACAO%20GAMA%20COM%20FONTE%20DE%20COBALTO%2060%20NA%20DESINFESTACAO%20DE%20ACERVOS%20DOCUMENTAIS%20conceicao%20de%20franca%20kleumanery%20barboza.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2014.

GAINES, M. **Energia Atômica.** São Paulo, Melhoramentos, Edusp, 1975.

OKUNO, E., **Efeitos biológicos das Radiações Ionizantes.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a14.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2014.

PEREIRA, L. M. P. B., **Análise dos aspectos legais e normativos de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores com relação à radiação ionizante.** Disponível em: <http://www.btdtd.ndc.uff.br/tde_arquivos/14/TDE-2010-03-16T151836Z-2397/Publico/Dissertacao%20Ludmila%20Pereira.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2014.

PINO, E. S., GIOVEDI, C., **Radiação Ionizante e suas aplicações na indústria.** Disponível em: <<http://revista.lusiada.br/index.php/ruep/article/view/18/u2005v2n2e18>>. Acesso em: 19 jul. 2014.

XAVIER, A. M., HEILBRON, P. F. **Princípios Básicos de Segurança Proteção Radiológica.** Disponível em: <<http://revista.lusiada.br/index.php/ruep/article/view/18/u2005v2n2e18>>. Acesso em: 17 jul. 2014.