

TÍTULO: Radiações ionizantes e não ionizantes

AUTORIA: Factor Segurança, Lda

PUBLICAÇÕES: TECNOMETAL n.º 150 (Janeiro/Fevereiro de 2004)
KÉRAMICA n.º 270 (Janeiro/Fevereiro de 2005)

1. INTRODUÇÃO

As radiações constituem uma forma de energia que, de acordo com a sua capacidade de interagir com a matéria, se podem subdividir em:

A. Radiações Ionizantes: as que possuem energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem, sendo as mais conhecidas:

- ⇒ raios X e raios gama (radiações electromagnéticas);
- ⇒ raios alfa, raios beta, neutrões, prótons (radiações corpusculares).

B. Radiações Não Ionizantes: as que não possuem energia suficiente para ionizar os átomos e as moléculas com as quais interagem, sendo as mais conhecidas:

- ⇒ luz visível;
- ⇒ infravermelhos;
- ⇒ ultravioletas;
- ⇒ microondas de aquecimento;
- ⇒ microondas de radiotelecomunicações;
- ⇒ corrente eléctrica.

As radiações que pertencem ao espectro electromagnético ocupam aí diferentes posições de acordo com a sua energia e comprimento de onda.

Dada a complexidade deste tema, abordar-se-ão apenas as radiações que têm aplicação na indústria do material eléctrico e electrónico, dando especial ênfase às aplicações industriais, possíveis efeitos negativos para a saúde e medidas de prevenção e de controlo.

2 RADIAÇÕES IONIZANTES

A matéria é constituída por *átomos* que correspondem às unidades estruturais dos elementos químicos conhecidos.

Os átomos são entidades que resultam da associação de três tipos de partículas:

protão, neutrão e electrão. Os prótons e neutrões encontram-se agregados no *núcleo* do átomo (podendo por isso também ser designados por nucleões), ao passo que os electrões se movem em torno do núcleo. De referir que o núcleo do átomo possui carga eléctrica positiva e representa a quase totalidade da massa do átomo, ao passo que os electrões são electricamente negativos.

Se o número de electrões periféricos de um átomo for igual ao número de prótons do respectivo núcleo, o átomo tem carga eléctrica total nula - trata-se de um átomo em estado *neutro*. No caso contrário, o átomo encontra-se no estado *ionizado* - se o átomo tiver excesso de electrões, a sua carga eléctrica é negativa e estamos perante um ião negativo; se o átomo tiver deficiência de electrões, a carga do átomo é positiva, tratando-se assim de um ião positivo.

Designa-se por *radioactividade* a propriedade que determinados nuclídeos (naturais ou artificiais) possuem de emitir espontaneamente radiações corpusculares ou electromagnéticas.

De notar que o ser humano tem sempre vivido num mundo radioactivo, encontrando-se continuamente exposto às radiações provenientes do espaço cósmico, além de que existem radionuclídeos no solo, água, alimentos e até mesmo o corpo humano tem na sua constituição elementos radioactivos.

As radiações ionizantes têm tido crescente utilização em inúmeras actividades, desde a medicina à indústria. Na indústria de material eléctrico e electrónico têm nomeadamente aplicação em aparelhos de radiografia para controlo de qualidade, podendo ainda os raios X ocorrer como emissão parasita em certos aparelhos (tubos de raios catódicos, reguladores de tensão).

EFEITOS NO ORGANISMO HUMANO

Os efeitos das radiações ionizantes podem classificar-se em **somáticos**, se aparecerem no indivíduo exposto e em **hereditários**, se afectarem os descendentes.

Os efeitos das radiações ionizantes podem ainda classificar-se de outra forma:

⇒ **efeitos probabilísticos ou estocásticos**: são aqueles que são tanto mais prováveis quanto maior for a quantidade de radiação recebida. Ainda que não existam certezas absolutas, aceita-se que, por muito pequena que seja a quantidade de radiação recebida, poderá ocorrer algum tipo de efeito, o qual, uma vez que apareça, será sempre grave.

Nestas situações, são induzidas modificações na estrutura de uma ou mais células do corpo humano que conduzem a alterações genéticas (mutações cromossómicas) e ao aparecimento de diversos tipos de neoplasias, tais como, leucemia, cancros do pulmão, pele, estômago, cólon, bexiga, mama e ovário, etc.

⇒ **efeitos deterministas ou não estocásticos**: são aqueles que só ocorrem quando a dose de radiação excede um determinado valor ou limiar e cuja gravidade depende da dose e do tempo de exposição.

Os órgãos e sistemas mais afectados são os olhos (catarratas), a pele (queimaduras) e os órgãos reprodutores (infertilidade).

Como se poderá compreender, grande quantidade de informação a este respeito é proveniente da experiência da radioterapia no tratamento do cancro.

CONTROLO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

O objectivo principal da **protecção contra as radiações ionizantes** é impedir os feitos não estocásticos e limitar ao máximo os efeitos estocásticos.

Como princípios gerais, todas as actividades que envolvam exposição a radiações ionizantes, deverão processar-se por forma a:

- ⇒ que os diferentes tipos de actividades que impliquem uma exposição sejam previamente justificados pela vantagem que proporcionam;
- ⇒ que seja evitada toda a exposição ou contaminação desnecessária de pessoas e do meio ambiente
- ⇒ que os níveis de exposição sejam sempre tão baixos quanto possível em cada instante e sempre inferiores aos valores-limite fixados por lei.

Assim, para determinar o risco e estabelecer as medidas de controlo é necessário contemplar os seguintes aspectos:

- ⇒ avaliar as condições de exposição (habituais ou acidentais), com o estudo ambiental dos locais de trabalho e respectiva classificação actualizada das diferentes zonas de risco de acordo com os níveis potenciais de exposição;
- ⇒ autorização prévia, licenciamento e parecer favorável para o uso de fontes radioactivas;
- ⇒ determinação das doses limite. A título exemplificativo, poderemos dizer que a dose equivalente ao limite anual para os trabalhadores expostos é de 50 mSv (5 rem^1) para os efeitos estocásticos e para os não estocásticos é de 500 mSv, com excepção do globo ocular (150 mSv); para as pessoas em geral é recomendado que não se exceda a dose anual de 5 mSv (de referir que a radioactividade média anual de origem natural é cerca de 3 mSv);
- ⇒ manutenção rigorosa de todos os registos efectuados durante pelo menos um período de 30 anos, devendo ser facultados às entidades oficiais competentes;
- ⇒ as protecções colectiva e individual a instituir, bem como o acompanhamento da dosimetria individual, deverão ser da responsabilidade de técnicos especialistas na matéria, com qualificação pelos serviços do Ministério da Saúde.

A **vigilância de saúde** é fundamental para os trabalhadores expostos às radiações ionizantes, quer nos exames de admissão e periódicos, quer nos ocasionais, nomeadamente em caso de exposição acidental, obedecendo a manutenção dos registos clínicos a critérios rigorosos (igualmente por um período mínimo de 30 anos).

¹ Sv ("sievert") - unidade equivalente de dose, no Sistema Internacional; dada a sua grande divulgação, expressa-se também o equivalente de dose em "rem", sendo que 1 Sv = 100 rem.

De cada exame médico resultará a respectiva "Ficha de Aptidão" não devendo em caso algum o trabalhador exercer funções se o parecer médico for negativo.

Os trabalhadores expostos a radiações ionizantes deverão ter formação contínua específica, de forma a cumprirem todos os procedimentos de segurança exigíveis. Deverão ainda ser informados acerca dos níveis de radiação a que se encontram sujeitos, bem como do resultado dos exames médicos de vigilância de saúde a que são submetidos.

3 RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

Toda as radiações electromagnéticas têm uma origem comum - a movimentação de cargas eléctricas.

Como foi referido na Introdução, elas variam em frequência, comprimento de onda e nível energético, produzindo assim diferentes efeitos físicos e biológicos.

De todas as radiações não ionizantes, apenas se irão referir as Radiações Ultravioleta e Infravermelha e o caso específico do Laser, uma vez que são aquelas que habitualmente encontramos na indústria de material eléctrico e electrónico.

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Na indústria, no que se refere à emissão deste tipo de radiações, temos as operações de soldadura por corte oxiacetilénico e a soldadura por arco eléctrico.

O poder de penetração das radiações ultravioleta é relativamente fraco, pelo que os seus **efeitos no organismo humano** se restringem essencialmente aos olhos e à pele, nomeadamente:

- ⇒ inflamação dos tecidos do globo ocular, em especial da córnea e da conjuntiva (a queratoconjuntivite é considerada uma doença profissional nos soldadores); em regra, a profundidade de penetração é maior de acordo com o aumento do comprimento de onda, assim, o cristalino e a retina só poderão ser atingidos em casos extremos;

- ⇒ queimaduras cutâneas, de incidência e gravidade variáveis, de acordo também com a pigmentação da pele; os ultravioletas produzem envelhecimento precoce da pele e podem exercer sobre ela, o efeito carcinogénico, em especial nas exposições prolongadas à luz solar;
- ⇒ fotossensibilização dos tecidos biológicos.

A gravidade da inflamação da córnea e conjuntivo por "queimadura por flash" ou "clarão de soldadura" depende de vários factores:

- ⇒ duração da exposição
- ⇒ comprimento de onda
- ⇒ nível de energia.

As **medidas de protecção** consistem fundamentalmente em:

- ⇒ actuação em primeiro lugar sobre a fonte, mediante desenho adequado da instalação, colocação de cabines ou cortinas em cada posto de trabalho, sendo preferencial a utilização de cor escura;
- ⇒ redução do tempo de exposição;
- ⇒ protecção da pele através de vestuário adequado, luvas ou cremes protectores;
- ⇒ protecção dos olhos através de óculos ou viseira equipados com filtro adequado em função do tipo de ultravioleta emitido. Mesmo em curtas operações de soldadura, como o "pingar", o trabalhador não deverá retirar a protecção;
- ⇒ não esquecer que as lâmpadas fluorescentes de iluminação emitem geralmente radiações ultravioletas que podem, em alguns casos, contribuir para a dose anual recebida pelo trabalhador.

A **vigilância de saúde** é importante na detecção precoce de alterações nos órgãos-alvo (por exemplo, nos olhos refere-se a "sensação de areia", intolerância à luz, lacrimejo e inchaço das pálpebras).

De igual forma, é fundamental a **formação e informação** dos trabalhadores expostos à radiação ultravioleta de forma a utilizar quotidianamente os procedimentos mais correctos.

RADIAÇÃO INFRAVERMELHA

A exposição à radiação infravermelha poderá sempre ocorrer desde que uma superfície tenha temperatura mais elevada que o receptor, podendo ser utilizada em qualquer situação em que se queira promover o aquecimento localizado de uma superfície. Na indústria, este tipo de radiação poderá ter aplicação

nomeadamente na secagem de tintas e vernizes e em processos de aquecimento de metais.

A radiação infravermelha é perceptível como uma sensação de aquecimento da pele, dependendo do seu comprimento de onda, energia e tempo de exposição, podendo causar **efeitos negativos no organismo** como, por exemplo, queimaduras da pele, aumento persistente da pigmentação cutânea e lesões nos olhos.

Assim, é recomendável protecção adequada (vestuário de trabalho, óculos e viseiras com filtro para as frequências relevantes).

LASER

L.A.S.E.R. significa "**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**" e caracteriza-se, principalmente, pela alta direcionalidade do feixe e pela elevada energia incidente por unidade de área.

O conceito começou a ter aplicação prática nos anos 70 em várias áreas, desde a medicina à indústria, passando pelas áreas militar e de comunicações. Na indústria metalomecânica e de automóveis tem aplicação em operações de soldadura, perfuração e corte, permitindo:

- ⇒ menor tempo de operação;
- ⇒ qualidade superior da superfície tratada;
- ⇒ aumento da espessura do corte;
- ⇒ maior variedade de materiais que podem ser trabalhados.

Os seguintes componentes e processos, são comuns a todos os lasers:

- ⇒ **meio emissor ou meio laser**: gasoso (ex.: CO₂) sólido (ex.: cristal de rubi) ou líquido (ex.: corantes orgânicos)
- ⇒ **excitação ou "sistema de bombagem"**: o meio emissor pode ser excitado quer óptica, química ou electricamente, o que origina emissões estimuladas de energia sob a forma de luz;
- ⇒ **amplificação**: a luz emitida é amplificada através do meio por um sistema de espelhos que permite obter um feixe de luz unidireccional de elevada energia e intensidade.

A utilização dos lasers pode ter **efeitos negativos no organismo** humano, nomeadamente a nível do globo ocular e da pele, de acordo também com a gama de comprimento de onda da radiação emitida (de infravermelhos a ultravioletas), nomeadamente:

- ⇒ queimadura da córnea;

- ⇒ lesão grave da retina (não se pode esquecer que o poderoso feixe de luz do laser é concentrado por focagem cerca de 100.000 vezes na retina)
- ⇒ queimaduras da pele, dependendo do poder de densidade e de focagem (um foco mais desfocado poderá provocar queimaduras mais extensas, um foco focado queimaduras localizadas, mas significativamente mais profundas).

Os limites de exposição a este factor de risco não se encontram definidos consensualmente, uma vez que se baseiam em múltiplos critérios como, por exemplo, comprimento de onda, duração da exposição, potência do pico, frequência de repetição, etc.

Assim, as **medidas de protecção** deverão ser escrupulosamente cumpridas, nomeadamente:

- ⇒ munir os equipamentos de laser com adequados sistemas de ventilação e de exaustão, uma vez que durante as operações de corte existe a libertação de fumos, gases e vapores provenientes dos materiais trabalhados;
- ⇒ uso imprescindível do equipamento de protecção individual (óculos com protecção em todo o redor e em conformidade com as frequências relevantes) bem como vestuário e luvas adequados;
- ⇒ instalação de túneis no dispositivo laser;
- ⇒ evitar superfícies reflectoras nas instalações;
- ⇒ providenciar que a iluminação na instalação seja suficiente e homogénea de forma a limitar a abertura da pupila do olho;
- ⇒ evitar a exposição directa dos olhos em relação ao feixe laser e aos espelhos;
- ⇒ permanecer alerta durante as operações de ajustamento, lembrando-se sempre que o feixe permanece perigoso mesmo a longas distâncias;
- ⇒ restringir o acesso à área de trabalho e implantar sinalização de segurança adequada.

Será ainda necessário outro tipo de precauções uma vez que, aliadas ao processo, existem **outras situações perigosas**, a saber:

- ⇒ **riscos eléctricos**: dado que são sempre necessárias altas voltagens para excitar o meio emissor, as operações de manutenção deverão ser feitas por pessoal especializado e sempre com a corrente desligada;
- ⇒ **riscos de incêndio e de explosão**: dependendo da natureza e da pressão dos gases utilizados como meio emissor.

4 LEGISLAÇÃO E NORMALIZAÇÃO APLICÁVEIS

- ⇒ Decreto-Lei nº 348/89, de 12/10
Estabelece normas e directivas de protecção contra as radiações ionizantes
- ⇒ Decreto Regulamentar nº 9/90, de 19/04 alterado pelo Decreto-Regulamentar nº3/92 de 6 de Março
Estabelece a regulamentação das normas e directivas de protecção contra as radiações ionizantes.
- ⇒ Decreto-Lei nº 26/93, de 18/08
Aprova, para ratificação, a Convenção n.º 115 da Organização Internacional do Trabalho relativa à protecção dos trabalhadores contra as radiações ionizantes
- ⇒ Norma Portuguesa NP 442 (1966)
Sinalização de segurança relativa às radiações ionizantes.
- ⇒ Norma Portuguesa NP 3774 (1988)
Protecção individual dos olhos. Filtros para soldadura e técnicas afins. Especificações de transmissão e utilização recomendada.
- ⇒ Norma Portuguesa NP 3775 (1988)
Protecção individual dos olhos. Terminologia e definições.
- ⇒ Norma Portuguesa NP 3776 (1988)
Protecção individual dos olhos. Filtros para ultravioletas. Requisitos de transmissão e utilização recomendada.
- ⇒ Norma Portuguesa NP EN 171 (1989)
Protecção individual dos olhos. Filtros para infravermelhos. Especificações de transmissão e utilização recomendada.
Radiações Ionizantes e não Ionizantes

5 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE ESPECIFICA



Substâncias radioactivas



Radiações não ionizantes



Raios laser