

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE
ELAINE SOUZA DA COSTA**

**SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO A CÉU ABERTO: EFEITOS DA
EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR, AUSÊNCIA DE REGULAMENTAÇÃO E
PRÁTICAS PREVENCIÓNISTAS**

**SÃO PAULO
2013**

ELAINE SOUZA DA COSTA

**SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO A CÉU ABERTO: EFEITOS DA
EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR, AUSÊNCIA DE REGULAMENTAÇÃO E
PRÁTICAS PREVENCIÓNISTAS**

Monografia apresentada à
Universidade Nove de Julho –
UNINOVE, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro de
Segurança do Trabalho.

Orientador: Professor Nilton Francisco
Rejowski.

**SÃO PAULO
2013**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me propiciarem a oportunidade de acesso ao estudo e pelo incentivo.

Aos amigos e familiares, que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho, seja com conhecimento, força ou um pouco de paciência.

À turma 33 de Engenharia de Segurança do Trabalho, pela amizade, pelo apoio mútuo, pela cumplicidade e pelos momentos de alegria.

Aos professores, que forneceram a base primária para a evolução profissional e pessoal.

RESUMO

O risco da exposição à radiação solar presente nos ambientes de trabalho a céu aberto, muitas vezes, negligenciado, é preocupante, dados os diversos efeitos nocivos que pode produzir, silenciosamente, na saúde humana. Embora estudos e estatísticas sejam relativamente inconclusivos ao relacionar as doenças associadas à radiação solar a fatores ocupacionais, organismos internacionais de países onde essa relação é mais evidente alertam para a necessidade de se adotar medidas eficazes de prevenção contra os efeitos causados por esse tipo de exposição, sob pena de ver seus gastos em saúde pública crescerem vultosamente. Entretanto, no Brasil, a omissão legal relativa ao assunto é notória. O que não se sabe, exatamente, é por que apesar da clara existência do risco da exposição à radiação solar, até hoje não existe regulamentação que defina limites de tolerância para a exposição e medidas específicas que protejam o trabalhador. É nesse sentido que esse estudo vem trazer sua contribuição. Por meio da identificação e descrição dos efeitos biológicos da radiação solar danosos à saúde do homem, dos fatores predisponentes ao seu desenvolvimento e do exame da atual legislação brasileira e de estudos internacionais sobre o tema, foi realizado um levantamento de propostas e recomendações internacionais que preconizam uma combinação adequada e criteriosa de medidas de proteção e controle a fim de fornecer elementos para que os profissionais da área possam desenvolver um programa eficaz e adequado à realidade brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Trabalho a Céu Aberto. Radiação Solar. Efeitos Biológicos. Implicações Legais. Medidas Preventivas.

ABSTRACT

The risk of exposure to solar radiation present in the outdoor workplace, often neglected, is worrying, given the many harmful effects that it can produce on human health silently. Although studies and statistics are relatively inconclusive in linking diseases associated with solar radiation to occupational factors, international organizations from countries where this relationship is most obvious point to the need to adopt effective preventive measures against the effects caused by such exposure, failing to see their spending on public health grow. However, in Brazil, the legal omission on the subject is notorious. What is unknown, it is why despite the existence of the risk of exposure to solar radiation, there are no regulations that define tolerance limits for exposure and specific measures capable to protect the worker from it yet. In this sense, this study brings a contribution. Through the identification and description of the biological effects of radiation harmful to human health, the factors predisposing to its development and exam the current Brazilian legislation and international studies on the subject, there was a survey of proposals and recommendations that suggest a combination of adequate and careful measures of protection and control to provide elements in order to that professionals can develop an effective and appropriate program to the Brazilian reality.

KEYWORDS: Outdoor Work. Solar Radiation. Biological Effects. Legal Implications. Preventive Measures.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	11
1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RADIAÇÃO	11
1.2 HISTÓRICO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	14
1.3 CLASSIFICAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	15
1.4 MÉTODOS DE MEDIÇÃO	18
1.5 FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	20
1.5.1 O sol como fonte de radiação ultravioleta	21
1.5.1.1 Índice ultravioleta	24
2 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR	27
2.1 PESQUISAS INTERNACIONAIS E SEUS DESDOBRAMENTOS	27
2.2 A PELE	30
2.2.1 Eritema	32
2.2.2 Envelhecimento precoce	32
2.2.3 Alterações imunológicas	33
2.2.4 Neoplasias	33
2.2.4.1 Câncer cutâneo não melanoma	34
2.2.4.2 Melanoma cutâneo	36
2.3 OLHOS	37
2.3.1 Fotoqueratite e fotoconjuntivite	38
2.3.2 Catarata	38
2.3.3 Pterígio	39
2.3.4 Degeneração macular relacionada à idade	40
2.3.5 Câncer	40

3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	42
3.1 RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS.....	47
3.2 MEDIDAS DE PROTEÇÃO E CONTROLE À RUV SOLAR.....	50
3.2.1 Avaliação do risco	50
3.2.2 Medidas de controle	51
3.2.2.1 Uso de sombra natural e/ou artificial	51
3.2.2.2 Medidas administrativas	51
3.2.2.3 Proteção pessoal.....	52
3.2.3 Programas de educação e treinamento	54
3.2.4 Política de proteção à RUV solar	55
3.2.5 Monitoramento e revisão do programa	55
3.2.6 Vigilância da saúde	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

INTRODUÇÃO

A luz solar está presente na maioria das atividades realizadas pelo homem, desde a infância até a velhice, seja nas atividades de lazer, cotidianas ou ocupacionais. Hoje, sabe-se que a exposição moderada à radiação solar é necessária à saúde humana, pois dela depende a produção da vitamina D, importante para a saúde dos ossos, por exemplo. Mas sabe-se, também, que a mesma exposição, em doses excessivas, pode causar diversos efeitos nocivos ao homem que acometem, especialmente, olhos e pele. Isso se deve à componente ultravioleta presente no espectro solar.

Existem, ainda, vários fatores que podem estar associados ao desenvolvimento de danos decorrentes da exposição à radiação ultravioleta solar. Fatores genéticos, como a cor da pele, podem predispor indivíduos à ocorrência mais intensa de doenças. Os ambientais, por exemplo, são capazes de modificar a incidência da radiação na superfície terrestre, como a diminuição da camada de ozônio, que pode intensificá-la. Os comportamentais, relacionados aos hábitos de exposição de cada indivíduo. E, por fim, fatores ocupacionais, pois, conforme a atividade realizada, o trabalhador pode exceder os limites aceitáveis de exposição.

Algumas profissões, cuja exposição ao sol é causa necessária, como, por exemplo, agricultor, pescador, pedreiro, agente de trânsito, gari, carteiro, motorista etc., normalmente exigem que trabalhadores realizem suas atividades durante o período de maior incidência dos raios solares. Dessa forma, pode-se dizer que esses trabalhadores constituem grupo de risco para a ocorrência de doenças associadas à radiação solar. Tal situação torna imprescindível a utilização adequada de equipamentos e produtos que protejam as partes expostas, bem como a adoção de medidas de controle.

No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), órgão responsável pela regulamentação de normas voltadas à saúde e à segurança do trabalhador e pela fiscalização do seu cumprimento, não prevê medidas de proteção e controle específicas relacionadas a esse tipo de exposição no texto de nenhuma de suas normas regulamentadoras (NR), limitando, assim, a atuação dos profissionais da

área de Saúde e Segurança, uma vez que a ausência de regulamentação desobriga a ação de empregadores.

Embora a exposição à radiação ultravioleta (RUV) seja considerada atividade insalubre segundo o anexo 7 da NR-15, que trata das radiações não ionizantes, grupo a que pertence a RUV, não são mencionados no referido anexo limites de tolerância ou medidas de controle para essa exposição, como o fazem anexos que tratam de diferentes riscos, a exemplo de pressões anormais. Essa omissão acabou por gerar uma jurisprudência no Direito do Trabalho negando o pagamento de adicional de insalubridade por exposição ao sol para o trabalhador em atividades a céu aberto devido à falta de previsão legal.

No entanto, a NR-09, que trata da elaboração do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), determina que na ausência de valores limites de exposição ocupacional para os riscos relacionados na NR-15, devem ser adotados os limites de exposição preconizados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ou os que venham a ser estabelecidos em convenção coletiva de trabalho, desde que sejam mais rigorosos, o que não é observado na prática.

Essa e outras organizações internacionais vêm se dedicando a pesquisas nesse âmbito já há bastante tempo com o intuito de desvendar os mecanismos de desencadeamento das doenças e, principalmente, propor medidas de proteção e controle capazes de mitigar os efeitos danosos à saúde do homem causados pela radiação solar. Apesar das pesquisas e do grande número de instituições envolvidas em diferentes partes do mundo, os resultados, aparentemente, continuam aquém do esperado.

Contudo, no Brasil, tais iniciativas parecem não ter a mesma relevância visto a quase inexistência de projetos e programas voltados ao tema, embora seja um país de clima tropical, ensolarado quase o ano todo e em todo o seu território, com índices de radiação ultravioleta predominantes na faixa de maior incidência, a partir de 8, que exige proteção extra segundo parâmetros da Organização Mundial da Saúde (OMS).

O Instituto Nacional de Câncer (INCA), órgão ligado ao Ministério da Saúde, constatou em seu relatório de 2012 que o câncer de pele é o mais incidente na população brasileira, sendo estimado somente para aquele ano a

ocorrência de 134 mil novos casos. O órgão afirmou, ainda, que as estatísticas existentes são insuficientes para se levantar dados precisos relacionando o câncer de pele, principal doença característica da exposição solar, ao ambiente ocupacional.

Desse modo, destaca-se a relevância de estudos envolvendo esse tema não só no âmbito da segurança e da saúde, como também no âmbito social, visto que o mesmo órgão considera o câncer de pele um problema de saúde pública. Estabelecer a relação entre os riscos inerentes à exposição à RUV solar, os fatores predisponentes e ocupacionais e, principalmente, as práticas de prevenção, poderá contribuir de forma contundente na maneira como esses riscos são encarados hoje pelas autoridades, pelos empregadores e pelos empregados, em particular, os maiores prejudicados.

Nesse sentido, o objetivo geral dessa pesquisa é identificar os efeitos nocivos da radiação ultravioleta solar sobre o ser humano e, portanto, os riscos decorrentes dessa exposição para os trabalhadores que exercem suas atividades, total ou parcialmente, a céu aberto, e propor medidas preventivas e de controle eficazes, que assegurem a preservação de sua saúde e integridade física. Com isso, contribuir para levantar a questão da necessidade de reexame das normas regulamentadoras que tratam do assunto, haja vista que os graves efeitos de longo prazo desse tipo de exposição não tardarão a surgir em larga escala nos trabalhadores brasileiros.

Para a realização da presente pesquisa, o levantamento bibliográfico e documental mostrou-se a opção mais adequada e eficaz, considerando os objetivos do trabalho e a limitação de tempo para sua realização. Foram realizadas pesquisas exaustivas em diferentes fontes, como livros, artigos científicos, sítios, de origem nacional e estrangeira, primando pela fidedignidade da fonte.

O trabalho está organizado em três capítulos: o capítulo 1 caracteriza fisicamente a radiação e sua forma de interação com a matéria, enfatizando sua faixa ultravioleta e descrevendo sua principal fonte de irradiação: o Sol; o capítulo 2 descreve os principais efeitos biológicos associados ao risco de exposição à RUV solar que podem acometer o ser humano; e, finalmente, o capítulo 3 aborda o tratamento que a legislação brasileira voltada a proteger trabalhadores desse e

de outros riscos dispensa ao assunto, traçando um paralelo com pesquisas e recomendações internacionais de controle e prevenção, incluindo diversas sugestões que podem ser adotadas conforme a peculiaridade de cada atividade realizada a céu aberto.

1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Tratando-se a radiação ultravioleta de uma energia presente no espectro solar, e que, como tal, interage com a matéria ou massa sobre a qual incide, é mister que, antes de a caracterizarmos fisicamente e de descrevermos os efeitos biológicos que ela pode desencadear no homem, comecemos nosso estudo abordando alguns conceitos básicos de radiação, espectro eletromagnético e formas de interação da radiação com a matéria, a fim de que o modo como a radiação ultravioleta solar incide na superfície terrestre e o processo pelo qual ela atua nos tecidos humanos sejam mais bem compreendidos.

1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA RADIAÇÃO

De acordo com Okuno (1998), radiação é uma forma de energia, que, emitida por uma fonte, pode se propagar sob a forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou então, sob a forma de ondas eletromagnéticas. Essas ondas associam campos elétricos e magnéticos oscilando em sincronia, fazendo com que a perturbação eletromagnética continue de maneira indefinida mesmo no vácuo, afirma Augusto (2009).

Tais oscilações dos campos eletromagnéticos são responsáveis pela geração da energia que será transportada na forma de radiação eletromagnética. Exemplos desse tipo de transporte radioativo de energia incluem ondas de radiofrequência, micro-onda, radiação infravermelha (RIV), luz visível, radiação ultravioleta (RUV), raios-X e gama, todas presentes no espectro eletromagnético (WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO, 1994; OKUNO; VILELA, 2005), como veremos a seguir.

As diversas formas de energia que compõem o espectro eletromagnético são caracterizadas por sua frequência e comprimento de onda (WHO, 1994). O comprimento de onda é uma característica da energia que pode oscilar numa faixa extremamente ampla (OKUNO; VILELA, 2005), além de estar diretamente ligado aos efeitos causados nos seres humanos devido à sua capacidade de penetração nos tecidos, assunto que abordaremos no capítulo 2.

Okuno e Vilela (2005) e a International Agency for Research on Cancer (IARC, 1992) relatam que, embora as várias faixas abrangidas pelo espectro tenham recebido denominações específicas, a separação entre elas não é muito rigorosa. Para a IARC, diferentes convenções têm sido usadas para descrever as diferentes faixas do espectro, mas o importante é reconhecer que nenhuma delas está absolutamente correta, e que cada uma pode ser útil para ramos específicos da ciência e da tecnologia, como a Ótica e a Meteorologia.

Com a finalidade de caracterizarmos o espectro eletromagnético para dar a conhecer sua abrangência, e, na sequência, sua forma de interação com a matéria, apresentaremos, a seguir, o Quadro 1 com a formação do espectro eletromagnético.

Quadro 1 Separação do espectro eletromagnético em faixas

RADIÇÃO ELETROMAGNÉTICA		FREQUÊNCIA	COMPRIMENTO DE ONDA
raios X e gama		> 3 PHz	< 100 nm
Ultravioleta	UVC	3PHz - 1,07 PHz	100 nm - 280 nm
	UVB	1,07 PHz - 0,952 PHz	280 nm - 315 nm
	UVA	0,952 PHz - 0,75 PHz	315 nm - 400 nm
luz visível		0,75 PHz - 0,428 PHz	400 nm - 700 nm
infravermelha	IVA	385 THz - 214 THz	780 nm - 1,4 µm
	IVB	214 THz - 100 THz	1,4 µm - 3,0 µm
	IVC	100 THz - 300 GHz	3,0 µm - 1,0 mm
radiofrequência		300GHz - 10 kHz	1 mm - 30 km
micro-onda		300GHz - 300 MHz	1 mm - 1 m
frequência extremamente baixa		300 Hz - 0 Hz	$10^6 \rightarrow \infty$
k (kilo) = 10^3 ; M (mega) = 10^6 ; G (giga) = 10^9 ; T (tera) = 10^{12} ; P (peta) = 10^{15}			

Fonte: Adaptado de OKUNO; VILELA (2005)

De acordo com Okuno e Vilela (2005), a energia transportada por uma onda eletromagnética na forma de radiação pode ser transferida a objetos ao se propagar e quando se depara com uma interface de separação entre dois meios parte da energia será refletida de volta ao primeiro meio e parte, transmitida ao segundo. Determinar quanto da radiação é refletida e quanto é transmitida

dependerá de sua energia (comprimento de onda) e das características da interface.

O corpo humano, por exemplo, absorve radiação eletromagnética de todo o espectro, entretanto, o faz em forma e grau diferentes, conforme a faixa a que pertence a radiação, sendo também distinta a resposta das células do corpo à radiação eletromagnética de cada faixa do espectro. Os campos elétricos das ondas eletromagnéticas que possuem frequência muito baixa atuam na superfície do corpo, os campos magnéticos, por sua vez, penetram facilmente sem sofrer atenuação significativa visto que tecido e ar possuem permeabilidade magnética quase idêntica (OKUNO; VILELA, 2005).

Vejamos os tipos de interação observados entre energia e matéria, nesse caso, o corpo humano, e que podem definir os efeitos biológicos que o acometerá.

Astete (1977) descreve que ao serem absorvidas pelo organismo, as radiações podem produzir dois efeitos. Quando a energia da radiação atinge o átomo e tem a capacidade de subdividi-lo em duas partes eletricamente carregadas, ocorre a ionização. Ao passo que quando a energia é insuficiente para ionizar o átomo, fazendo apenas com que a energia interna aumente, ocorre a excitação. Sendo assim, a energia gerada na primeira situação é chamada de ionizante e na segunda, em que a energia produz a excitação, ela é chamada de não ionizante.

Observamos, assim, que a radiação ionizante pode ser mais eficaz em produzir efeitos no corpo humano o que não diminui a eficácia de certos tipos de radiação não ionizante em produzir efeitos similares, como a RUV.

A Comissão Internacional de Unidades e Medidas das Radiações publicou em 1988 (ICRU-60) uma sugestão para o limiar de energia que separa a radiação ionizante da não ionizante, conforme sua aplicação. Do espectro eletromagnético, apenas os raios X e gama são considerados ionizantes. A RUV, nosso objeto de interesse na presente pesquisa, está no limite entre ambas, conforme demonstrado no Quadro 1 (OKUNO; VILELA, 2005).

Dada essa proximidade, faz-se necessário caracterizarmos a radiação ultravioleta, pois isso é o que dará a medida dos efeitos que ela poderá desencadear no homem, além de pistas da melhor maneira de propiciar proteção

adequada. Porém, antes de continuarmos com a física, traçaremos, primeiramente, um breve histórico acerca do emprego da RUV na medicina e como, a partir de então, seu potencial danoso começou a ser identificado e estudado, levando a uma mudança de paradigma e, conseqüentemente, a uma incipiente mudança de comportamento relacionada às práticas de trabalho.

1.2 HISTÓRICO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Niel Ryberg Finsen (1860-1904), médico dinamarquês, foi o primeiro a fazer uso da RUV na fototerapia, mais especificamente, no tratamento de um tipo de tuberculose da pele, o *lupus vulgaris*, descoberta pela qual ganhou o prêmio Nobel de Medicina em 1903. Ele também foi responsável pela publicação de importantes obras relacionadas ao uso de raios de luz na medicina. Já em 1877, os cientistas Downes e Blunt foram os primeiros a relatar a capacidade de a luz solar destruir bactérias maléficas aos seres humanos, contudo, não chegaram a identificar a causa do efeito: calor da radiação solar ou diferente característica (OKUNO; VILELA, 2005).

Mais tarde, nos anos de 1885 e 1892, Duclaux e Ward, respectivamente, demonstraram que a responsabilidade pela ação bactericida do sol era da radiação ultravioleta, sendo estabelecido, alguns anos depois, que as ondas eletromagnéticas mais eficientes para matar bactérias eram aquelas cujo comprimento fosse menor que 300nm (nanômetro), as de 250nm, em particular (OKUNO; VILELA, 2005).

Desse modo, no início do século 20, a luz solar passou a ser recomendada como remédio para muitos males visto ser a principal fonte natural desse tipo de radiação. Mas, somente a partir da década de 1940, a correlação entre exposição à radiação ultravioleta e ocorrência de doenças no ser humano, do câncer, em particular, começou a ser estudada. Esse também foi o período em que o Conselho de Medicina Física da Associação Médica Americana recomendou um limite de exposição diária para o uso de lâmpadas germicidas em instalações médicas (OKUNO; VILELA, 2005).

Por volta da década de 1970, pesquisas de M. L. Kripke mostraram que tumores pré-irradiados com radiação ultravioleta transplantados em ratos

desenvolviam-se debilitando o sistema imune. Na mesma época, durante a realização do 7º Congresso Internacional de Fotobiologia, realizado em Roma, a principal discussão girou em torno da ideia de que a exposição à luz do sol seria maléfica à saúde, recomendando-se, então, a não exposição ou a adoção de práticas de proteção, como o uso de protetores solares (OKUNO; VILELA, 2005).

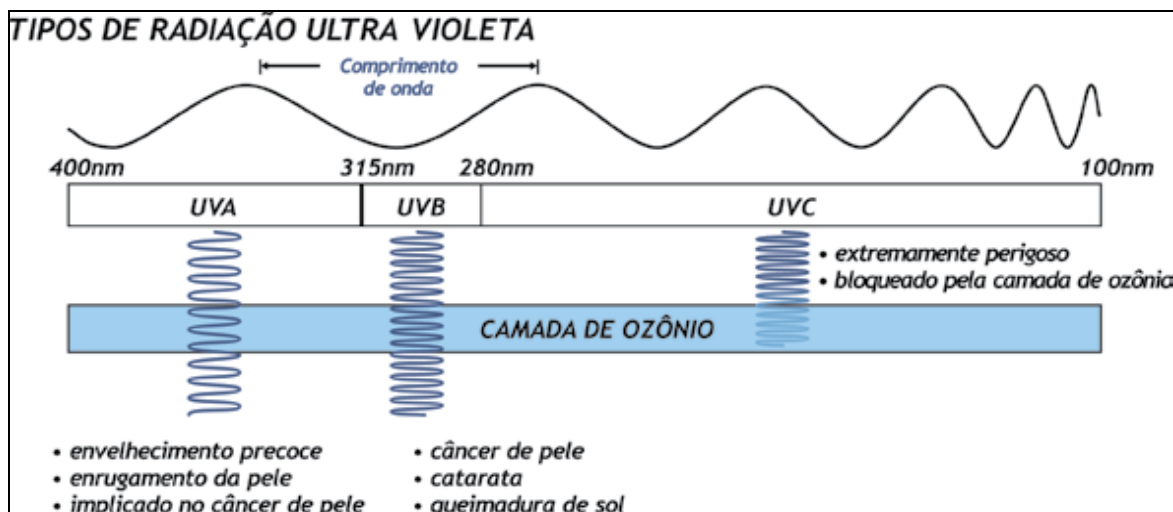
Ainda nos anos 1970, a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) publicou recomendações quanto aos limites de exposição ocupacional à radiação ultravioleta, assim como a Food and Drugs Administration (FDA) normatizou o uso das lâmpadas de bronzamento solar, considerando qualquer possível relação entre melanomas e exposição à RUV (OKUNO; VILELA, 2005).

Com o intuito de rever os efeitos biológicos da ultravioleta, a World Health Organization (WHO) formou um grupo de trabalho juntamente com outras organizações ligadas ao tema em 1994, quando foi elaborado o Environmental Health Criteria Document Number 160 (OKUNO; VILELA, 2005). Algumas das conclusões e recomendações tratadas nesse e em outros estudos específicos sobre o assunto serão mencionadas mais adiante devido à relação próxima com o foco de nosso trabalho. Retomemos a física.

1.3 CLASSIFICAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta compreende a parte do espectro eletromagnético em que o comprimento de ondas situa-se entre 100 e 400nm, segundo demonstrado na Figura 1. A classificação feita por dermatologistas e introduzida pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) na década de 1930 foi formalmente adotada em 1970 e divide a UV em três regiões distintas: UV-A (315 a 400nm), denominada luz negra; UV-B (280 a 315nm), também chamada de luz eritematogênica e UV-C (100 a 280nm), a luz germicida. A RUV cujo comprimento de onda seja inferior a 180nm é rapidamente absorvida pelo ar e, por isso, é conhecida como UV vácuo, afirmam Okuno e Vilela (2005). Essa mesma divisão é adotada pelos manuais da WHO (1994), IARC (1992) e American Industrial Hygiene Association (AIHA, 1991).

Figura 1 Tipos de Radiação Ultravioleta



Fonte: WHO, 2005 (apud INCA, 2006)

Segundo Okuno e Vilela (2005), dermatologistas adotam uma subdivisão da RUV-A em UVA-I (340 a 400nm) e UVA-II (315 a 340nm). Isso porque foi observado que a UVA-II, pela proximidade, é similar à UV-B em seu potencial de provocar queimaduras na pele, de alterar o sistema imune e de causar o câncer. Já a UVA-I tem maior poder de penetração, podendo chegar às estruturas vasculares. Estudos apontaram, inclusive, que mesmo em dose suberitematosa a RUV-A lesa o DNA podendo levar ao câncer de pele. A AIHA (1991) acrescenta que a radiação ultravioleta actínica é aquela capaz de provocar reações químicas e abrange ondas com comprimento abaixo de 320nm.

Para os propósitos da IARC (1992), a classificação adotada pela CIE é a mais relevante e utilizada para definir as regiões do espectro em que as propriedades de absorção biológica e os mecanismos de interação biológica podem acontecer com mais frequência. No entanto, de acordo com Okuno e Vilela (2005), para efeito de proteção radiológica relacionada à RUV, é necessário saber medi-la, descrever suas fontes emissoras e seus campos de radiação, além de entender seus processos de interação com a matéria. Para tanto, deve-se conhecer as grandezas físicas específicas da RUV e suas respectivas unidades.

Existem dois sistemas paralelos de grandezas e unidades concernentes à radiação ótica: fotométrico e radiométrico. Enquanto as grandezas fotométricas se aplicam apenas à luz visível, e são usadas na engenharia de iluminação, as radiométricas se aplicam à RUV, à luz visível e à RIV, e podem ser utilizadas para

qualquer fonte de radiação ótica (IARC, 1992; OKUNO; VILELA, 2005). A radiação ultravioleta deve, portanto, ser medida e quantificada em unidades radiométricas em vez de unidades fotométricas, segundo Phillips (*apud* IARC, 1992).

Quadro 2 Grandezas e unidades radiométricas

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Energia Radiante	Q	J
Fluxo Radiante	Φ	W
Intensidade Radiante	I	$W.sr^{-1}$
Radiância	L	$W.m^{-2}.sr^{-1}$
Irradiância (densidade de fluxo radiante)	E	$W.m^{-2}$
Exposição Radiante	H	$J.m^{-2}$

Fonte: Adaptado de OKUNO; VILELA (2005)

Considerando o Quadro 2, que lista as grandezas e unidades radiométricas, tem-se que a energia radiante é a quantidade de energia emitida, transferida ou recebida sob a forma de radiação e transportada por uma onda eletromagnética. O fluxo radiante é a potência contida nessa mesma radiação. Intensidade radiante é o fluxo radiante (potência da radiação) por unidade de ângulo sólido. A radiância é o fluxo radiante por unidade de área projetada do emissor por unidade de ângulo sólido (OKUNO; VILELA, 2005).

As autoras afirmam, ainda, que a exposição a um espectro contínuo de radiação ultravioleta, como o contido no sol, é quantificada em termos de irradiância (fluxo radiante que atinge uma superfície, dividido pela área da mesma superfície) e também chamada de densidade de fluxo radiante. Quando a exposição é limitada a um determinado tempo ou a feixes pulsados, usa-se a exposição radiante, que é a energia radiante total incidente numa superfície dividida pela sua área.

Dessa forma, Okuno e Vilela (2005) concluem que as grandezas estão mais relacionadas à potência da radiação emitida do que à quantidade de energia absorvida pelo corpo exposto, pois não existe entre as grandezas radiométricas uma que seja capaz de estimá-la, especialmente aquela absorvida pela pele e

pelos olhos, o que seria fator imprescindível para se estudar os efeitos biológicos provocados pela exposição à RUV.

Na ausência de uma grandeza capaz de medir a energia absorvida pelo corpo receptor, a grandeza mais frequentemente usada para indicar o potencial da RUV solar para causar eritemas (queimaduras), e igualmente descrita pela IARC (1992), chama-se Minimal Erythema Dose (MED), dose eritematosa mínima. Ela é determinada pela exposição radiante solar necessária para causar avermelhamento perceptível de uma pele sensível somente 24h após a exposição (OKUNO; VILELA, 2005).

Como a produção do eritema depende bastante da cor e do tipo de pele e da parte do corpo exposta, podendo, ainda, variar muito de pessoa a pessoa, a MED é considerada uma grandeza inadequada, cujo padrão é quase impossível de ser definido, razão pela qual a CIE introduziu a Standard Erythema Dose (SED), dose eritematosa padrão, em 1998. Essa definição considera o espectro de ação da RUV causador de eritema (OKUNO; VILELA, 2005). Vejamos, então, de que forma pode ser medida a radiação ultravioleta.

1.4 MÉTODOS DE MEDIÇÃO

A radiação ultravioleta pode ser medida por detectores químicos ou físicos, geralmente associados a dispositivos que permitem selecionar o comprimento de onda da radiação. Detectores físicos incluem dispositivos radiométricos, cuja resposta depende do efeito de aquecimento produzido pela radiação, e dispositivos fotoelétricos, cujos fótons incidentes são detectados por efeitos quânticos, como a produção de elétron. Detectores químicos incluem emulsões fotográficas, soluções actinométricas e filmes plásticos sensíveis à RUV (IARC, 1992).

A WHO (1994) divide em três os tipos de sistemas de medição empregados na detecção da RUV: radiômetros, espectralradiômetros e dosímetros. Os dois primeiros são instrumentos de leitura direta que usam detectores eletro-óticos para converter a radiação incidente em sinal elétrico. Radiômetros medem a potência radiante incidente, enquanto espectralradiômetros medem a distribuição de energia radiante. Ambos atuam em uma ampla faixa do

espectro e podem ser modificados e calibrados para operar como dosímetros, nesse caso, respondendo diretamente à dose incidente, ou seja, à exposição radiante.

Dosímetros podem, ainda, conforme a calibragem, responder de acordo com um espectro de ação, servindo, assim, como um instrumento de leitura direta para a dose de um determinado órgão. No entanto, segundo a AIHA (1991), os dosímetros não obtiveram grande aceitação para uso em campo devido à limitação potencial de estimar a dose eritematosa fora da faixa de resposta, embora sejam a melhor opção para monitoramento pessoal, visto que os radiômetros são equipamentos volumosos para esse fim.

No monitoramento pessoal de doses de RUV o dosímetro com uma fina película de polímero resolveria o problema. Trata-se de uma película de plástico fino e transparente que pode ser usado como um pequeno distintivo a exemplo daqueles utilizados para monitorar radiação ionizante. Por sua característica de mobilidade, esse dispositivo permite o monitoramento de doses em corpos receptores de radiação não estacionários, afirma a WHO (1994) em seu documento de Critérios de Saúde Ambiental Número 160.

O mesmo documento da WHO alerta que um fator de extrema importância para a obtenção de dados confiáveis na medição e no monitoramento da radiação é a calibragem dos instrumentos, pois, caso seja realizada de forma imprópria ou inadequada pode ocasionar sérios erros. Por isso, recomenda-se manter um bom histórico de calibragem, embora a experiência adquirida na estabilidade dos instrumentos é que, muitas vezes, indicará a frequência necessária à sua realização. Contudo, a AIHA (1991) recomenda sua realização pelo menos uma vez ao ano.

Radiômetros podem ser calibrados por meio de uma fonte conhecida de irradiância, como lâmpada de mercúrio ou laser. Espectroradiômetros são calibrados com lâmpadas padrão de irradiância espectral conhecida, que podem ser encontradas em institutos de padrão em diversos países. No entanto, foi observada variação nos resultados obtidos conforme os diferentes tipos de lâmpadas usados para calibragem dos instrumentos. A lâmpada halógena tungstênio é usada como padrão em comprimentos de onda entre 250 e 2500nm, enquanto a lâmpada deutério é usada na faixa de 180 a 300-400nm (WHO, 1994).

Dosímetros são calibrados da mesma forma que os radiômetros, exceto pelo tempo de exposição, que, nesse caso, é parte integrante do processo. Para obtenção de uma calibragem confiável de radiômetros e dosímetros, é aconselhável calibrá-los com uma fonte que emita um espectro similar ao que será medido (WHO, 1991). Segundo a AIHA (1991), sistemas radiométricos portáteis são calibrados, geralmente, pelos fabricantes ou por laboratório independente.

1.5 FONTES DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta que pode atingir o ser humano é proveniente de diversas fontes, sejam elas naturais ou artificiais. Há fontes que emitem RUV em forma de espectro contínuo e sua emissão está relacionada à temperatura dos corpos que a emitem, o sol é um exemplo desse tipo de fonte. Okuno e Vilela (2005) esclarecem que quando a temperatura do corpo emissor é baixa a radiação emitida está na faixa do infravermelho (IV) e proporciona uma leve sensação de calor em sua proximidade. À medida que a temperatura desse corpo aumenta maior é a RUV emitida.

Num sentido mais amplo, a IARC (1992) descreve que a RUV pode ser produzida quando um corpo é aquecido (incandescência) ou quando os elétrons excitados retornam a um nível de energia mais baixo, como ocorre na fluorescência, na descarga elétrica e nos arcos elétricos e a gás, a exemplo das fontes artificiais de ultravioleta, importantes emissores de energia causadora de malefícios à saúde.

No caso das fontes artificiais de RUV, Okuno e Vilela (2005) mencionam que as mais comuns são as lâmpadas de mercúrio (Hg) usadas, por exemplo, em hospitais, cuja finalidade é a esterilização, ou, ainda, em clínicas de bronzeamento artificial. Já a IARC (1992) e a AIHA (1991) destacam, além das câmaras de bronzeamento, cinco fontes artificiais produtoras de RUV associadas à exposição ocupacional, que serão citadas aqui para fins de conhecimento, contudo, não serão descritas por não se tratarem do foco dessa pesquisa. São elas: solda, fontes incandescentes, lâmpadas de vapor de mercúrio, iluminação fluorescente e fontes de uso medicinal.

Descreveremos, agora, a principal fonte de radiação ultravioleta a que o ser humano está exposto diariamente, incluindo o ambiente ocupacional, nosso maior interesse neste trabalho, conforme demonstraremos nos próximos capítulos: o Sol.

1.5.1 O sol como fonte de radiação ultravioleta

Sendo o sol um corpo incandescente, ele é considerado a principal fonte natural de radiação ultravioleta. Seu espectro de irradiância acima da atmosfera terrestre abrange comprimentos de onda na faixa do visível, do ultravioleta (A, B e C) e do infravermelho (IARC, 1992).

A radiação proveniente do sol é modificada consideravelmente ao passar pela atmosfera, embora apenas 30% de sua energia cheguem ao nível do solo. Em valores aproximados, essa radiação compreende 40% de luz visível, 55% de RIV, cujo principal efeito é aquecer a Terra, e apenas 5% de RUV, representando a menor porção do total da radiação, entretanto, um componente extremamente importante em vários processos biológicos (IARC, 1992). Os valores efetivos da irradiância solar podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 Distribuição da irradiância solar que atinge o topo da atmosfera

Faixa de Comprimento de Onda (nm)	Irradiância (W/m ²)	% do Total
UVC (< 280)	6,4	0,5
UVB (280 - 315)	21,1	1,5
UVA (315 - 400)	85,7	6,3
Visível (400 - 700)	532,0	38,9
Infravermelho (> 700)	722,0	52,8

Fonte: OKUNO; VILELA (2005)

De acordo com Okuno e Vilela (2005) e a IARC (1992), a radiação solar que atinge a superfície terrestre consiste de duas componentes: uma direta e outra difusa ou espalhada. O espalhamento, fator capaz de interferir na incidência da radiação solar que atinge a superfície terrestre, pode acontecer por meio de dois processos. No primeiro processo (Rayleigh), a radiação solar é absorvida e espalhada por moléculas de ar, oxigênio e hidrogênio, em particular, que produz a

cor azul do céu. Nesse caso, o espalhamento é mais acentuado para a RUV-B do que para RUV-A.

No segundo processo (Mie), a radiação é espalhada por aerossóis, partículas de pó e gotículas de água. Assim, a irradiância na superfície terrestre possui os mesmos níveis de radiação direta e espalhada por volta do meio-dia e mais radiação espalhada ao amanhecer e ao entardecer (OKUNO; VILELA, 2005; IARC, 1992).

Frederick *et al.* (*apud* OKUNO; VILELA, 1996) descrevem outros fatores relevantes que modificam a irradiância espectral da RUV solar sobre a Terra. Entre eles, encontram-se os fatores temporais, geográficos e meteorológicos. Salientamos que sua relevância na elaboração de quaisquer programas ou propostas de proteção à saúde humana, que se queira eficaz, quer da população em geral na realização de suas atividades cotidianas, quer do trabalhador, em especial, deve ser considerada. São eles:

- Hora do dia: em torno de 20 e 30% da irradiância total diária de RUV atinge a Terra entre 11 e 13h, e cerca de 70 a 80% entre 9 e 15h no verão. Razão pela qual se recomenda a veranistas que frequentem a praia antes das 9h e após às 15h.
- Estação do ano: próximo à linha do equador, a irradiância da RUV-B diária apresenta variação sazonal de +25% no verão e -30% no inverno em relação à primavera/outono. Na zona temperada, esses valores correspondem a +70% e -70%, respectivamente.
- Latitude geográfica: à medida que aumenta a distância da linha do equador, o fluxo de RUV diminui.
- Altitude: para cada quilômetro de aumento na altitude, o fluxo de RUV aumenta cerca de 6%, o que explica a maior facilidade para queimar a pele em altitudes maiores.

- Nuvem: a presença de nuvens no céu atenua mais a irradiância da RIV, devido à água presente nelas, do que da RUV. Caso o sol esteja encoberto por nuvens, a quantidade de RUV-B ainda representará cerca de 50% daquela de um dia claro.
- Refletância na superfície: A refletância da radiação no solo tem papel importante na exposição à RUV, pois olhos e áreas do corpo normalmente sombreadas ficam expostos à radiação refletida, sobretudo, se as superfícies forem altamente refletivas, como a neve e a areia (IARC, 1992). Areia com alta proporção de quartzo e calcário, por exemplo, reflete cerca de 30% e 25% da RUV, respectivamente, enquanto superfícies terrestres e marítimas refletem menos de 7%. Sendo assim, uma pessoa poderá se queimar por meio da radiação refletida numa determinada superfície. Entre as superfícies artificiais de boa refletância estão o alumínio rígido, pavimento asfáltico cinza e o concreto (OKUNO; VILELA, 2005; AIHA, 1991).
- Poluição: Frederick (*apud* IARC, 1992) afirma que a poluição do ar contribui para a diminuição da RUV, principalmente em áreas urbanas.

Contudo, há outro fator, em especial, que vem causando preocupação à comunidade científica, de acordo com Santos (2010), pois sua redução pode provocar um aumento significativo na intensidade da RUV solar e, conseqüentemente, nos danos à saúde humana, por isso, importante no contexto aqui delineado. Trata-se da camada de ozônio.

Segundo Okuno e Vilela (2005), o ozônio é uma molécula formada por 3 átomos de oxigênio, o O₃. É um gás mais tóxico que o monóxido de carbono e pode matar um indivíduo exposto à concentração de 50ppm por 30 minutos. Embora seja encontrado em toda a atmosfera, sua concentração mais baixa está na troposfera, ao passo que na estratosfera sua concentração atinge o ápice em torno de 30km.

Em geral, nessa altitude há um equilíbrio entre sua formação e destruição, mecanismo chamado de dissociação. As autoras completam esclarecendo que é

por meio desse mecanismo que toda RUV-C e a maior parte da RUV-B são absorvidas pela camada de ozônio. No entanto, nos últimos 20 anos, as substâncias químicas sintetizadas em laboratórios e conhecidas pelo nome coletivo de clorofluorcarbono (CFC) têm sido responsabilizadas pela depleção da camada de ozônio, alterando o balanço natural de criação e destruição de O₃.

Um fóton de RUV quebra a molécula de CFC e libera o cloro, e um único átomo de cloro é capaz de destruir milhares de moléculas de ozônio. A diminuição excessiva dessas moléculas permite a passagem dos fótons de RUV-B pela atmosfera, que passam a atingir a superfície terrestre (OKUNO; VILELA, 2005). Na Europa, foi relatado um provável aumento de 5 a 10% anuais nas doses de UV recebidas nas últimas duas décadas (WHO, 2003).

1.5.1.1 Índice ultravioleta

O índice ultravioleta (IUV) é um parâmetro que descreve o nível de UV na superfície da Terra e foi definido numa escala numérica, cujos valores iniciam no zero – quanto maior for o valor do índice, maior o potencial de dano para pele e olhos e menor o espaço de tempo necessário para que o dano ocorra. Ele foi desenvolvido pela WHO em colaboração com United Nations Environment Programme (UNEP), World Meteorological Organization (WMO), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) e o Escritório Oficial Alemão para Proteção à Radiação. A primeira publicação dos valores do IUV data de 1995 (WHO, 2003).

Segundo o Laboratório de Luz Ultravioleta da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG), o IUV indica o grau de exposição à ultravioleta em relação ao efeito de eritema a que uma pessoa de pele branca estaria sujeita ao se expor diretamente ao sol. Ainda de acordo com o laboratório, o índice habitualmente fornecido é relativo ao meio-dia, horário de máxima incidência de RUV solar em céu claro.

Segundo Vanicek *et al.* (1999), o índice ultravioleta é recomendado como veículo de alerta ao público sobre os perigos que os potenciais efeitos da exposição à RUV solar causam à saúde e a necessidade de se adotar medidas de proteção. Nesse sentido, o programa *INTERSUN*, da WHO (2003), foi

desenvolvido com o objetivo de estimular governos a empregar essa ferramenta educacional em seus programas de saúde, encorajando também a mídia e o setor de turismo a divulgar os índices e mensagens de proteção.

Segundo a ICNIRP (2004) a incidência do câncer de pele continua a crescer em diversas populações devido, em grande parte, à preocupação limitada do público em geral. Ela afirma que o Índice UV Global pode ser uma ferramenta útil na educação das pessoas que se expõem ao sol, na medida em que informa a variação dos níveis de ultravioleta solar.

A Figura 2 mostra a escala desenvolvida pela WHO e divulgada no sítio da organização com recomendações para uma melhor proteção.

Figura 2 Escala de Índice Ultravioleta



Fonte: sítio da WHO

A organização assegura que o IUV pode ajudar os indivíduos a fazerem escolhas saudáveis em seu dia-a-dia para se proteger da radiação ultravioleta solar, desde que seguidos os seguintes passos: 1) consultar o índice UV do dia e 2) verificar as recomendações de proteção para o índice informado:

- 0 a 2 – Proteção desnecessária (exposição segura);
- 3 a 7 – Proteção necessária (procurar sombra em torno do meio-dia, usar protetor solar e chapéu);
- a partir de 8 – Proteção extra (evitar exposição em torno do meio-dia, usar protetor solar e chapéu).

No Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolve um importante programa no território nacional com uma rede de observatórios para monitorar a radiação ultravioleta e também a camada de ozônio. Os

resultados do monitoramento são atualizados diariamente e se encontram disponíveis no sítio da instituição, no qual podemos observar que os índices ficam acima de 9 em quase todo o país, mesmo no inverno, podendo chegar a 15 em algumas regiões isoladas próximas ao Equador.

Tendo descrito e caracterizado a radiação ultravioleta, com ênfase àquela presente na radiação solar, passaremos a tratar dos efeitos biológicos de sua interação com o ser humano.

2 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA SOLAR

É de amplo conhecimento que pequenas quantidades de ultravioleta solar são benéficas aos seres humanos. A exposição moderada é necessária para a produção da vitamina D, por exemplo, responsável pela saúde do esqueleto, e cuja deficiência pode levar a doenças como a osteoporose. Existem, ainda, evidências de que níveis baixos dessa vitamina estão associados a outras doenças crônicas e autoimunes, como a esclerose múltipla e a diabetes tipo 1. Por isso, a Organização Mundial da Saúde alerta para a importância da prevenção não só das doenças associadas ao excesso de exposição à RUV solar, como também daquelas decorrentes da exposição insuficiente (WHO, 2006).

A RUV também é usada no tratamento de diversas doenças incluindo raquitismo, psoríase, eczema e icterícia, embora esses tipos de tratamento devam acontecer sob a recomendação e a supervisão médicas, após avaliação de seus benefícios sobre os riscos da exposição (WHO, 2006).

Entretanto, Okuno e Vilela (2005, p.36) relatam que, apesar de a Medicina utilizar a radiação solar em alguns tratamentos terapêuticos, como fototerapia, fotoquimioterapia, terapia fotodinâmica e laserterapia, “sua componente ultravioleta causa efeitos biológicos indesejáveis no organismo humano”, razão pela qual diversas organizações internacionais vêm desenvolvendo, há muitos anos, pesquisas ligadas aos efeitos da radiação ultravioleta solar na saúde humana, como passaremos a demonstrar.

2.1 PESQUISAS INTERNACIONAIS E SEUS DESDOBRAMENTOS

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), em 1992, evidenciou a necessidade da realização de estudos que abordassem os efeitos da radiação solar na saúde humana, cuja motivação foi dada, em boa medida, pela destruição da camada de ozônio observada, já naquela época, e que vem provocando aumento dos níveis de RUV solar que atingem a superfície terrestre. O principal objetivo seria identificar os

efeitos à saúde relacionados a esse aumento e propor medidas corretivas adequadas para mitigação de tais efeitos.

Em consequência, foi desenvolvido o *Intersun – The Global UV Project*, idealizado pela WHO, em conjunto com a UNEP, a WMO, a IARC e a ICNIRP, cuja missão é, até hoje, reduzir a carga de doenças relacionadas à exposição à radiação ultravioleta em diferentes circunstâncias (WHO, 2003).

Desde 1995, o programa fornece uma infinidade de informações sobre pesquisas realizadas e medidas de saúde pública no que diz respeito à radiação ultravioleta e seus efeitos na saúde. A WHO conta com uma rede de colaboração internacional com centros espalhados em todo o mundo, que desenvolvem atividades de apoio à organização, relacionadas às prioridades do programa. Os principais colaboradores são Austrália, Alemanha, Reino Unido, Bolívia e França.

A IARC, braço da WHO criado para tratar especificamente dos riscos carcinogênicos aos seres humanos, publicou, em 1997, estudo voltado à avaliação das radiações ultravioleta e solar, no qual descreve a ação da radiação solar no homem e os efeitos danosos à sua saúde, decorrentes da exposição excessiva, enfatizando a ocorrência do câncer, foco de suas pesquisas e principal malefício causado por esse tipo de exposição.

Anos mais tarde, a mesma WHO (2006), publicou o estudo “Radiação Ultravioleta Solar: carga de doença global relacionada à radiação ultravioleta”, no qual reforça a ideia de que os efeitos agudos e crônicos à saúde na pele, nos olhos e no sistema imune poderiam ser resultado da exposição humana prolongada à radiação ultravioleta solar.

Em longo prazo, a RUV induziria alterações degenerativas nas células da pele, nos tecidos fibrosos e vasos sanguíneos, levando ao envelhecimento precoce, a fotodermatoses, queratoses actínicas, e ao câncer. Enquanto que nos olhos, além de reação inflamatória, a mesma exposição poderia levar à catarata e ao câncer, nos casos mais graves.

Contudo, é importante destacar que o desenvolvimento de quaisquer efeitos prejudiciais à saúde associados à radiação ultravioleta solar pode estar relacionado, em maior ou menor medida, a alguns fatores de risco. A intensidade das reações fotobiológicas, por exemplo, depende da precocidade do início da exposição, da sua duração e do número de exposições, ou seja, da exposição

acumulada ao longo da vida. Seus efeitos estão relacionados, ainda, ao tipo de onda irradiada e ao nível de radiação UV local, cuja incidência sobre a superfície terrestre pode ser modificada nas diferentes regiões do planeta por fatores já mencionados no capítulo 1 (OKUNO; VILELA, 2005).

Segundo a WHO (2006), fatores individuais figuram entre os riscos que contribuem para o impacto negativo da ultravioleta solar à saúde. Nesse aspecto, deficiências do sistema imune, como ocorre em portadores de HIV e que podem acometer idosos e crianças ou, ainda, ingestão ou uso tópico de substância/droga fotossensibilizante, são considerados fatores individuais.

Destacam-se, porém, fatores genéticos, como o tipo de pele e a presença de doença que predisponha à fotossensibilidade (albinismo e xeroderma); fatores comportamentais (hábitos de exposição ao sol) e culturais (tipo de roupa usada); e fatores ocupacionais, esses últimos fundamentais ao desenvolvimento de nosso trabalho como veremos a seguir.

Num estudo de diferentes situações de trabalho e recreativas, Charlloner *et al.* e Diffey *et al.* (*apud* WHO, 1994) descobriram que os trabalhadores que executam suas atividades em ambiente externo estão submetidos a níveis mais altos de exposição, recebendo aproximadamente 10% do total da radiação ambiente, em comparação àqueles que trabalham em escritórios e recebem cerca de 3% da radiação. Maiores exposições só foram observadas na prática do esqui (20%) e no bronzeamento prolongado em praias (80%).

Sendo assim, salientamos que a população de trabalhadores que executam seus trabalhos a céu aberto, seja em tempo integral ou em parte dele, e, portanto, que se expõem de forma involuntária à radiação solar, constitui grupo de risco para o desenvolvimento de efeitos danosos à saúde associados a essa exposição, desde que não sejam adotadas as medidas preventivas adequadas.

Podemos destacar nesse grupo, pelo número, horário e duração da exposição, trabalhadores rurais, trabalhadores da construção civil, marinheiros, pescadores, trabalhadores de salinas, trabalhadores portuários, garis, carteiros, agentes de trânsito, policiais, salva-vidas, entre tantos outros.

O próprio Ministério da Saúde do Brasil, em publicação intitulada “Manual de Procedimentos para os Serviços da Saúde – Doenças Relacionadas ao Trabalho” (2001), divulga no capítulo 17 uma lista de diversas doenças da pele e

do tecido subcutâneo associadas à exposição ao sol, como queimadura solar (L55), dermatite por fotocontato (L56.2), urticária solar (L56.3), dermatite solar (L57.8) e melanoderma (L81.4).

No capítulo 7 do mesmo manual, em que trata de neoplasias malignas da pele (C44), o Ministério relaciona tanto a ocorrência de 90% desse tipo de neoplasia às áreas do corpo expostas ao sol, como as taxas mais elevadas de incidência do câncer de pele aos trabalhadores que se expõem à intensa radiação solar, confirmando nossa afirmação inicial de que esse grupo representa maioria quando falamos em risco associado à exposição solar.

Descreveremos, a seguir, os principais efeitos biológicos danosos à saúde relacionados à superexposição ao sol e aos fatores de risco aqui elencados, iniciando por uma breve descrição da pele e suas características, e da sua interação com a ultravioleta solar.

2.2 A PELE

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), a pele reveste todo o corpo humano e tem a função de protegê-lo das agressões externas, entre elas, o sol. Ela é formada por três camadas que possuem diferentes características e funções. Epiderme é a camada externa da pele, cuja principal função é formar uma barreira protetora que dificulte a saída de água e a entrada de micróbios no organismo. Derme é a camada intermediária, formada por grande quantidade de vasos sanguíneos e terminações nervosas e, por isso, responsável pelas sensações. À hipoderme, camada mais profunda da pele, composta basicamente por células de gordura, cabe a manutenção da temperatura do corpo e o acúmulo de energia para a realização das funções biológicas.

A pele constitui-se, ainda, de células de diferentes tipos e estruturas independentes que agem com o objetivo comum de proteção. Os melanócitos, encontrados no interior da epiderme, são as células responsáveis por produzir a melanina, importante filtro natural contra os raios ultravioleta prejudiciais da luz solar, e sua perda, local ou disseminada, torna os indivíduos extremamente vulneráveis à radiação. Qualquer fator que afete a delicada estabilidade das células da pele pode culminar em condições muito diversas, como rugas, bolhas e

erupções cutâneas, câncer e distúrbios da regulação imunológica, potencialmente fatal (Robbins *et al.*, 2000).

A profundidade de penetração nos tecidos e, portanto, o dano potencial à pele causado pela radiação ultravioleta, varia com o seu comprimento de onda e, segundo manuais de recomendação de exposição humana, a faixa mais eficaz em produzir efeitos biológicos seria a de 297nm (AIHA, 1991).

Flor *et al.* (2006) esclarecem que a RUV-A penetra mais profundamente na pele e é responsável pela sua pigmentação, promovendo o bronzeamento por meio do escurecimento da melanina, por danos ao sistema vascular periférico e pela indução ao câncer de pele. Já a RUV-B ocasiona, frequentemente, queimaduras solares, induz o envelhecimento precoce, além de ser absorvida pelo DNA, causando mutações.

Os danos à pele dependem, ainda, da sua pigmentação, fator considerado pela WHO (2006) passível de alterar a relação entre exposição e doença no caso das doenças induzidas pela RUV, pois peles profundamente pigmentadas possuem importante proteção quando expostas ao sol devido à produção da melanina, como mencionamos anteriormente. Essa é a razão pela qual foi desenvolvida uma tabela que classifica a pele de acordo com os efeitos nela observados.

Quadro 4 Escala Fitzpatrick de Pigmentação da Pele

TIPO	DESCRIÇÃO
I	Caucasianos de pele branca - queima facilmente e nunca bronzeia
II	Caucasianos de pele branca - queima facilmente e bronzeia com dificuldade
III	Caucasianos de pele morena - queima raramente e bronzeia relativamente fácil
IV	Caucasianos de pele escura - praticamente nunca queima e bronzeia facilmente, por exemplo, indivíduos com antepassados Mediterrâneos
V	Pele asiática ou indiana (naturalmente marrom)
VI	Pele negra ou afro-caribenha (naturalmente negra)

Fonte: Lucas [tradução nossa] (2006)

Para efeito das pesquisas realizadas nessa área, a pele humana é classificada em seis tipos em função da sua cor, sensibilidade à radiação e capacidade de bronzeamento, conforme Quadro 4, uma das mais adaptadas e utilizadas, segundo a WHO (2006), e reproduzida em nosso estudo a fim de

auxiliar no entendimento de alguns dos principais efeitos que começaremos a descrever.

2.2.1 Eritema

Eritema (queimadura da pele) é uma reação inflamatória dos vasos sanguíneos superficiais que provocam dilatação e aumento da permeabilidade dos vasos e do fluxo sanguíneo (AIHA, 1991) e, de acordo com Okuno e Vilela (2005), acomete, particularmente, indivíduos com pele tipo I ou II. O período de latência é de 2 à 10h, embora alguns efeitos fisiológicos, como a vasodilatação, sejam passíveis de detecção logo após a exposição. Além da vermelhidão associada a alterações vasculares, o eritema pode produzir dano celular, edema e bolhas, dependendo da radiação absorvida e da inflamação provocada (AIHA, 1991; OKUNO; VILELA, 2005).

A dose eritematosa mínima (MED), descrita no capítulo 1, é a dose de UV necessária para produzir um eritema minimamente perceptível na pele humana e varia conforme o tempo após a exposição até a avaliação inicial (AIHA, 1991). Para a AIHA (1991) o eritema está entre os efeitos agudos mais significativos no ambiente de trabalho.

2.2.2 Envelhecimento precoce

A exposição prolongada à radiação ultravioleta solar é uma das causas do envelhecimento da pele (ou elastose dérmica). Essa doença é caracterizada pelo dano ao tecido conjuntivo dérmico que provoca perda da elasticidade. Alguns dos sinais de envelhecimento da pele são: flacidez dos tecidos e rugas (AIHA, 1991). A ação cumulativa que a RUV exerce sobre o DNA se sobrepõe ao envelhecimento genético, e as alterações dermoepidérmicas são desencadeadas principalmente pela RUV-B, sendo a RUV-A responsável pela deterioração dos componentes dérmicos.

De acordo com a SBD, a pele fotoenvelhecida assume características próprias, podendo ser mais espessa, amarelada, áspera e manchada. Indivíduos

com pele envelhecida pelo sol estão mais propensos a desenvolver câncer e lesões pré-cancerosas.

2.2.3 Alterações imunológicas

A RUV interage com o sistema imune para produzir respostas locais e sistêmicas (generalizadas). As respostas já estudadas incluíam a supressão à hipersensibilidade a substâncias químicas e a indução à suscetibilidade ao crescimento de neoplasias em testes com animais (AIHA, 1991).

Segundo Bouwes *et al.* (*apud* Neto, 2009, p.400):

A imunossupressão predispõe o indivíduo a desenvolver muitos cânceres, entre eles os de pele. Doentes transplantados, submetidos à imunoterapia supressiva, portadores de tumores ocultos ou de infecção pelo HIV, apresentam com maior frequência o câncer cutâneo não melanoma por perda de sua imunovigilância contra esses tumores.

2.2.4 Neoplasias

O câncer de pele pode ser classificado em dois grupos distintos: não melanoma, mais frequente, no entanto, menos agressivo, e melanoma, mais agressivo, porém muito raro (INCA, 2011). Entre os dois tipos principais de câncer cutâneo não melanoma (CCNM), encontram-se o carcinoma basocelular (CBC) e o carcinoma espinocelular (CEC), responsáveis por aproximadamente 70 e 20% do número de casos, respectivamente (NETO, 2009).

Estimativas do INCA (2011) apontaram para a ocorrência de 518.510 novos casos de câncer em 2012 no Brasil. Desses, cerca de 134.000 seriam do câncer de pele do tipo não melanoma, o mais incidente na população brasileira, sendo o mais frequente em homens nas regiões Centro-Oeste (124/100mil), Sul (80/100mil) e Norte (38/100mil), e o segundo mais frequente nas regiões Sudeste (73/100mil) e Nordeste (39/100mil). Nas mulheres, apresenta-se como o mais incidente em todas as regiões, Centro-Oeste (109/100mil), Sudeste (91/100mil), Sul (68/100mil), Norte (43/100mil) e Nordeste (42/100mil). Por sua vez, o câncer de pele do tipo melanoma, cuja taxa de letalidade é elevada, embora sua

incidência seja baixa (3170 casos novos em homens e 3060 em mulheres), é o mais incidente entre homens e mulheres na região Sul.

A IARC é responsável pela publicação do “Estudo de Avaliação dos Riscos Carcinogênicos para Humanos” (2006), por meio do qual avalia e classifica os agentes (químicos, físicos e biológicos) reconhecidamente ou suspeitos de provocar câncer em seres humanos, conforme Quadro 5, considerando, entre outros fatores, exposição ocupacional e estilo de vida (comportamental e cultural), segundo procedimentos e princípios científicos e com base em análises críticas e avaliações da evidência de carcinogenicidade presente em uma ampla gama de agentes a que os seres humanos estão expostos.

Quadro 5 Classificação de agentes quanto à carcinogenicidade

GRUPO	EFEITO
1	Carcinogênico para humanos
2A	Provavelmente carcinogênico para humanos
2B	Possivelmente carcinogênico para humanos
3	Não classificável quanto à sua carcinogenicidade para humanos
4	Provavelmente não carcinogênico para humanos

Fonte: IARC (2012)

Na publicação de 2006, a radiação ultravioleta em todo o seu espectro (comprimento de onda de 100-400nm, abrangendo UVA, UVB e UVC) foi incluída no grupo 1, passando a ser considerada carcinogênica para humanos (IARC, 2006).

Isso posto, observamos que conhecer o comportamento das principais formas de neoplasias (câncer) da pele pode fornecer subsídios que auxiliem na elaboração de uma avaliação tanto para contratação quanto para remanejamento de trabalhadores que se exponham ao sol durante suas atividades laborais.

2.2.4.1 Câncer cutâneo não melanoma

Segundo o INCA (2011), o câncer de pele não melanoma são tumores de crescimento lento, invasivos e dificilmente resultam em metástase à distância. Apesar de alguns tornarem-se letais, o número de óbitos é muito baixo. Quando

identificados precocemente e tratados de maneira apropriada possuem altas taxas de cura. Contudo, se houver demora no diagnóstico, alguns casos desse câncer podem causar ulcerações e deformidades físicas graves.

O CBC e o CEC, os dois principais tipos de CCNM, embora se originem de células epidérmicas, possuem diferenças clínicas e comportamentais entre si. O CBC é, em média, três vezes mais comum, cresce mais lentamente, é destrutivo localmente e raramente metastatiza. O CEC apresenta maior risco de metástase, e seu comportamento biológico depende de alguns fatores, como: tipo de apresentação, tamanho, profundidade, causa e sítio anatômico do tumor (NETO, 2009).

Fatores extrínsecos e intrínsecos estão associados ao desenvolvimento do CCNM e a RUV solar é considerada o mais relevante entre os fatores extrínsecos. Algumas evidências apontam para essa relevância, de acordo com Neto (2009), já que a incidência do câncer de pele aumenta nas localidades mais próximas à linha do Equador, e as áreas do corpo mais acometidas pelos tumores são as de maior exposição solar (cabeça, antebraço e dorso das mãos). Maior desenvolvimento de tumores em caucasianos, logo, pessoas com menor proteção natural da melanina, e o acometimento de idosos, devido ao efeito cumulativo da RUV, visto que o período de latência gira em torno de duas a três décadas, também estão entre as referidas evidências.

Inicialmente, a RUV-B é a responsável por induzir ao CCNM por meio do dano fotoquímico ao DNA e à sua capacidade de reparo, e da alteração no sistema imune, diminuindo a resposta às agressões externas. Por sua vez, a RUV-A é de dez a cem vezes mais prevalente que a RUV-B, e a exposição prolongada a ela pode levar ao desenvolvimento do câncer cutâneo devido à sua ação potencializadora do efeito da RUV-B, atuando como um co-carcinógeno (NETO, 2009).

Considerando os propósitos desse estudo, é de extrema importância mencionar a relação entre carcinógenos químicos e a RUV solar, pois algumas substâncias químicas podem promover o câncer de pele por sua ação carcinogênica direta ou como agente potencializador do efeito carcinogênico da ultravioleta. Os hidrocarbonos aromáticos policíclicos (coaltar, asfalto, fuligem, ceras parafinadas e óleos de corte lubrificantes) estão entre as principais

substâncias que podem causar CCNM, mas os óleos minerais, o creosoto e os clorofenóis também figuram nesse grupo (NETO, 2009).

O autor afirma, ainda, que a exposição crônica ao arsênico tem sido relacionada ao surgimento de múltiplos CBC e CEC em áreas protegidas e expostas à radiação solar.

Fatores genéticos estão entre os fatores intrínsecos à predisposição ao desenvolvimento do câncer cutâneo, que, associados a fatores ambientais, aumentam a chance de desenvolver a doença. Conforme citamos no início desse capítulo e reforçamos agora, devido ao alto risco envolvido, indivíduos naturalmente mais sensíveis à luz solar, como os portadores de albinismo, apresentam mais tumores, assim como os portadores de xeroderma pigmentoso, doença genética rara caracterizada pela hipersensibilidade à RUV e que provoca deficiência no reparo do DNA lesado pela exposição solar (NETO, 2009; FEDERICO; BASSANI, 2009).

2.2.4.2 Melanoma cutâneo

Segundo Federico e Bassani (2009), o câncer de pele do tipo melanoma, potencialmente letal, embora menos frequente, deriva do melanócito, célula responsável pela pigmentação em humanos. Pode surgir na pele ou em mucosas. Acomete, particularmente, pessoas de pele, cabelo e olhos claros, assim como o CCNM, inclusive aquelas mais sensíveis ao sol, com histórico de queimaduras graves e com múltiplos nevos (má formação cutânea, sinal).

Indivíduos que moram em países com alta incidência de radiação ultravioleta são mais acometidos, como a Austrália, cuja exposição ao sol atinge em média 6 horas diárias e onde se observa o maior índice de melanoma da pele no mundo (INCA, 2011), pois, nesse caso, acredita-se que a RUV seja fator de malignidade devido às mutações que provoca no DNA, seja danificando-o seja reduzindo a imunidade da pele, independentemente de fatores genéticos ou comportamentais (FEDERICO; BASSANI, 2009).

Robbins (2000), no entanto, é cauteloso ao afirmar que a RUV esteja claramente implicada na causa de cânceres de pele, pois “a latência bem conhecida da energia radiante e seu efeito cumulativo exigem períodos

extremamente longos de observação, dificultando a avaliação de seu significado total”.

O que se sabe é que o histórico familiar aumenta muito o risco de desenvolver melanoma. Havendo pelo menos três indivíduos parentes de 1º grau com a doença na família, o risco pode variar de 35 a 70 vezes o da população controle (GOLDSTEIN; TUCKER *apud* FEDERICO; BASSANI, 2009).

Conforme considerações do INCA (2011), ambos os tipos de câncer de pele (melanoma e não melanoma) possuem um bom prognóstico se detectados em estágio inicial. No entanto, os dados estatísticos disponíveis não permitem precisar a ocorrência de novos casos, especialmente de CCNM, devido à subnotificação às autoridades de saúde.

As estatísticas tornam-se ainda mais imprecisas quando se fala em câncer de pele ocupacional, já que somente em 2004 o Ministério da Saúde publicou a portaria nº 777/2004, que dispõe sobre os procedimentos técnicos para a notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador em rede de serviços sentinela específica, no Sistema Único de Saúde – SUS, instituindo o câncer ocupacional entre as doenças de notificação obrigatória (BORSATO; NUNES, 2009).

2.3 OLHOS

Assim como a pele humana, os olhos também podem ser afetados pelos efeitos da superexposição a diferentes tipos de radiação e os danos causados a esse órgão estão relacionados, particularmente, à radiação com comprimento de onda de 270 a 280nm, ultravioleta, portanto, como observado em AIHA (1991). Doenças e traumas oculares relacionados à RUV podem ocorrer em diversos tecidos do olho, desde a superfície da córnea até a retina, segundo a Academia Americana de Optometria (AAO, 2011).

As doenças oculares podem acontecer em qualquer localidade ao redor do mundo, contudo, estudos epidemiológicos têm mostrado um aumento da ocorrência em locais próximos ao Equador e com altitudes maiores, afirma a AAO (2011), reforçando a relação das doenças com a radiação solar. A instituição

lembra, ainda, que os traumas oculares podem ser resultado da superexposição aguda ou da exposição acumulada.

Várias estruturas oculares têm papel de filtrar a radiação prejudicial, desde que intactos e sem danos. A córnea, o epitélio em particular, absorve UVC e UVB, com um pico de absorção em torno de 270nm, de acordo com Taub (2004). O cristalino é capaz de filtrar a maior parte da UVA. Entretanto, a superfície anterior desses tecidos continua exposta a níveis bastante significativos de energia solar ultravioleta (AAO, 2011).

O uso de bloqueadores físicos, como chapéus e óculos de sol com fator de proteção à RUV, diminuem a exposição, mas não oferecem proteção completa contra a radiação, afirma a AAO (2011). A seguir, alguns dos principais efeitos da ultravioleta solar ao olho humano.

2.3.1 Fotoqueratite e fotoconjuntivite

Desde que os olhos não estejam devidamente protegidos por lentes apropriadas, a RUV pode provocar irritação ocular severa com inflamação da córnea e da conjuntiva, fotoqueratite e fotoconjuntivite, respectivamente. Embora as lesões oculares sejam dolorosas, tem caráter temporário, durando de 1 a 2 dias, pois o epitélio ocular, tecido responsável pela absorção da radiação, possui enorme capacidade de regeneração. O período de latência para o surgimento dos sintomas é de 4 a 12 horas, são eles, sensação de areia, fotofobia, borramento da visão, lacrimejamento e piscar intermitente e doloroso (OKUNO; VILELA, 2005).

Taub (2004) acrescenta que a radiação solar intensa seja direta ou refletida de superfícies como a água, a neve ou o gelo, pode causar fotoqueratite em menos de 30 segundos. Esse ferimento fotoquímico é conhecido por diversos nomes, entre eles, queratite-UV, conjuntivite-UV, fotoqueratoconjuntivite e queratite actínica.

2.3.2 Catarata

Segundo Kara-Junior e Avakian (2009, p.58), “o cristalino é uma lente transparente, biconvexa, formada por colágeno e proteínas [...]”, está localizado

atrás da íris e possui a habilidade de focalizar objetos próximos. Uma das alterações mais comuns desse tecido é a catarata, que acomete, principalmente, indivíduos com idade avançada, devido à deterioração ultraestrutural e a alterações bioquímicas de ocorrência natural, que diminuem a transparência da lente e, conseqüentemente, a acuidade visual, comuns no processo de envelhecimento (KARA-JUNIOR; AVAKIAN, 2009; TAUB, 2004).

O seu desenvolvimento pode ser desencadeado também por fatores genéticos ou, ainda, por fatores externos (KARA-JUNIOR; AVAKIAN, 2009). Atualmente, existem evidências crescentes de que a exposição à RUV desempenha importante papel no desenvolvimento de diversas doenças oculares, inclusive em certos tipos de catarata, para a qual é considerada fator de risco relevante, afirma a AAO (2011) e Van Kuijk (1991).

Nesse caso, o surgimento da catarata estaria associado à exposição crônica, especialmente, à RUV-B. Ela induz a oxidação de proteínas, entre as quais a que funciona como filtro da radiação, aumentando, assim, o risco de opacificação do cristalino. Uma droga chamada psoralênico e utilizada em tratamentos fototerápicos pode aumentar o risco de ocorrência da catarata devido à sua ação sensibilizante dos olhos à radiação (OKUNO; VILELA, 2005; KARA-JUNIOR; AVAKIAN, 2009).

Van Kuijk (1991) relatou que estudos epidemiológicos mais detalhados quantificaram a relação entre a exposição à RUV e o desenvolvimento de catarata senil. Os mesmos estudos basearam-se em um protocolo de medição da dose de radiação ultravioleta em diferentes grupos ocupacionais. Segundo Kara-Junior e Avakian, (2009), Okuno e Vilela (2005) e Taub (2004), catarata é a principal causa de deficiência visual e cegueira.

2.3.3 Pterígio

Pterígio é “[...] uma lesão degenerativa, que pode simular um crescimento neoplásico”, embora potencialmente benigno. No entanto, é considerado causador potencial da cegueira, visto que o seu crescimento pode provocar a obstrução da pupila, impedindo a visão. Ocorre quando o tecido fibrovascular avança da conjuntiva à córnea triangularmente e, geralmente, localiza-se na

região nasal, podendo se desenvolver também na região temporal (SANTO; NETTO, 2009, p.26).

Estudos brasileiros apontaram que o pterígio acomete, na mesma proporção, indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino. Aqueles que vivem em países de clima tropical, próximos à linha do Equador, e que trabalham expostos ao sol também estão entre os mais acometidos, (Schellini *et al.*, 2005); (OKUNO; VILELA, 2005; TAUB, 2004), por isso o pterígio está associado à exposição à RUV (TAUB, 2004).

Santo e Netto (2009) acrescentam que outros fatores ambientais, além da exposição solar, como vento, poeira e ressecamento podem estar associados ao seu surgimento e evolução.

2.3.4 Degeneração macular relacionada à idade

A Degeneração Macular Relacionada à Idade (DMRI) é uma enfermidade que atinge a mácula, região que permite ver os detalhes. Visão central desfocada, dificuldade de reconhecer rostos e necessidade de maior iluminação para leitura são alguns de seus sintomas. Acomete, principalmente, pessoas com idade acima de 55 anos (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA 2010).

Segundo a EPA (2010), a radiação solar tem papel preponderante no desenvolvimento da DMRI, que figura entre os danos aos olhos associados à RUV, também relatado por Kuijk (1991). Taub (2004) relata que fatores genéticos, cardiovasculares e ambientais, como o histórico de exposição solar já citado, parecem estar envolvidos em seu desenvolvimento.

2.3.5 Câncer

“Neoplasias malignas da córnea e conjuntiva representam menos de 2% dos tumores malignos oculares” (SANTO; NETTO, 2009, p.23). De acordo com os autores, na maioria dos casos, esses tumores não apresentam sintomas, no entanto, requerem intervenção imediata a fim de se evitar o comprometimento local e sistêmico. Tumores na córnea são mais raros e sua principal ocorrência é

a neoplasia intraepitelial. Já os tumores na conjuntiva dividem-se em pigmentados, originados de alterações pigmentares, e não pigmentados.

O CBC, câncer de pele mais comum nos humanos, é responsável por cerca de 90% das ocorrências malignas na região das pálpebras (TAUB, 2004). Ele pode ocorrer nas pálpebras inferiores ou em todo o entorno dos olhos, incluindo áreas adjacentes à face.

A EPA (2010) inclui o câncer de pele nas pálpebras na lista de doenças ocasionadas pela exposição à RUV. Taub acrescenta que caucasianos estão no grupo de maior risco para o desenvolvimento desse tipo de tumor, que ocorre, mais frequentemente, em indivíduos de 40 a 79 anos, e sua ocorrência aumenta em áreas de maior altitude e menor latitude, a Austrália é o país com o número mais alto de casos, 650-1560/100 mil habitantes.

O CEC pode atingir, além da pálpebra, a córnea e a conjuntiva. É o segundo tumor de pálpebra mais comum (5%) e acomete, geralmente, os idosos e indivíduos de pele clara. A exposição solar crônica aparece como o principal fator predisponente a esse tipo de tumor, ainda que a exposição tenha ocorrido nas décadas anteriores. Homens são atingidos em maior número em relação às mulheres, fato parcialmente atribuído ao histórico profissional de cada sexo (TAUB, 2004).

A seguir, faremos uma explanação acerca da legislação disponível no país, que trata do assunto em pauta na presente pesquisa, contrapondo-a as recomendações e práticas internacionais.

3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Dada a quantidade de efeitos biológicos que a exposição excessiva à radiação ultravioleta solar pode causar ao ser humano, alguns deles com consequências flagrantemente graves, e a característica particular dos efeitos crônicos, de que os sintomas podem aparecer até décadas após a exposição, ainda que interrompida a qualquer tempo, é incomensurável a importância da disseminação e adoção de medidas preventivas para a população geral, seja em suas atividades ocupacionais seja nas atividades que realiza fora do trabalho.

No caso das atividades ocupacionais que envolvem exposição solar, em que ela é causa necessária, os cuidados com a prevenção devem ser redobrados, pois, segundo o INCA (2006) os limites de exposição considerados aceitáveis poderão ser ultrapassados, caso trabalhadores estejam expostos sem proteção adequada ou sem medidas de controle dos níveis de radiação solar UV, o que aumenta o risco de desenvolver doenças, como o câncer, devido à exposição cumulativa.

No Brasil, o órgão responsável pela regulamentação das medidas de proteção à saúde e à segurança do trabalhador e pela fiscalização de seu cumprimento é o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), delegação atribuída pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), decreto-lei de 1943, que já trazia em seu escopo um capítulo específico direcionado à segurança e medicina do trabalho, cujo texto foi alterado em 1977, pela lei nº 6.514.

O novo texto traça disposições gerais e específicas sobre o tema e delega àquele órgão, em seu artigo 200, a tarefa de estabelecer disposições complementares às normas tratadas no referido capítulo, considerando as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho. Com o intuito de cumprir tal determinação, o MTE publicou a portaria nº 3.214/78 aprovando as normas regulamentadoras (NRs) relativas à segurança e medicina do trabalho.

Atualmente, num total de 36, incluindo uma revogação, as NRs tratam de parametrizar procedimentos burocráticos e práticos, que devem ser adotados pelos empregadores com o objetivo de assegurar a integridade física e proteger a saúde do seu trabalhador, e podem ser encontradas e consultadas em versão atualizada no sítio do Ministério do Trabalho e Emprego por qualquer cidadão.

Elas englobam atividades e setores de trabalho diversos, em particular, aqueles que apresentam maiores riscos ao trabalhador, procurando cercá-lo das medidas preventivas mais adequadas para cada situação.

Contudo, observa-se que algumas atividades não recebem a mesma atenção em detrimento de outras, aparentemente sujeitas a consequências imediatas e mais graves, com alto índice de acidentes e vítimas fatais, a exemplo da indústria da construção civil. As atividades relacionadas à exposição à radiação ultravioleta presente nos raios solares, por exemplo, estão entre aquelas para as quais não há previsão de limites de exposição ou medidas de proteção específicas no escopo de nenhuma das normas regulamentadoras do MTE.

A NR-21 – Trabalho a Céu Aberto, única regulamentação voltada exclusivamente ao tema e que deveria prever mecanismos de proteção e controle a todo trabalhador que desempenha suas atividades laborais nessa condição, passou por uma única atualização em 1999, desde sua publicação em 1978. Nos dois itens em que aborda questões climáticas, 21.1 e 21.2, são exigidos, respectivamente, abrigos contra intempéries nos trabalhos a céu aberto e medidas especiais que protejam os trabalhadores contra insolação excessiva, calor, frio, umidade e ventos inconvenientes, o que não fornece critérios ou parâmetros para efetivação de quaisquer medidas. A norma tampouco estabelece limites de exposição à radiação solar, visto que o termo intempérie refere-se, por definição, aos rigores das variações de temperatura, chuvas, ventos e umidade, enquanto a insolação excessiva está associada aos efeitos causados pela exposição prolongada a altas temperaturas.

Outras normas relacionadas a setores específicos, como a NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, NR-22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, NR-29 – Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário, NR-30 – Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário e NR-31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura, todas relacionadas a trabalhadores que de alguma forma realizam suas atividades expostos ao sol, ainda que parcialmente, logo, à radiação ultravioleta presente em seus raios, referem-se da mesma forma bastante genérica à adoção de medidas preventivas a esse tipo de risco.

Além das já citadas, outras categorias, cujos trabalhadores se expõem ao sol em toda a jornada ou em parte dela ou, ainda, recebem radiação indiretamente, e que não são assistidas por uma ou outra norma em particular, também são prejudicadas pela omissão da NR-21, como é o caso de carteiros, garis, guardas de trânsito e motoristas, por exemplo.

Embora, tratando-se dos carteiros, a categoria conta com o respaldo da Federação Nacional dos Trabalhadores em Empresas de Correios e Telégrafos e Similares (FENTECT), por meio da qual vem conquistando, em Acordo Coletivo de Trabalho (ACT), pelo menos desde o período 2003/2004, o direito de receber protetor solar e óculos de sol (com ou sem grau), sem ônus para o empregado (MELO; KUTZKE, 2012), configurando fornecimento de equipamento de proteção individual, como veremos em seguida.

A NR-6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI, define-o como “todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho” e dá critérios tanto para sua certificação, sem a qual não poderá ser comercializado ou utilizado, quanto para seu fornecimento e uso adequado, determinando responsabilidades de empregador, trabalhador e fabricante, além das atribuições do MTE e seus regionais.

A referida norma prevê, ainda, a utilização de equipamento conjugado de proteção individual, entendido como aquele constituído de dispositivos associados “contra um ou mais riscos que possam ocorrer simultaneamente e que sejam suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho”, previsão importantíssima quando relacionada à exposição à radiação solar, já que as recomendações de diversas organizações internacionais, que serão abordadas mais adiante, incluem o uso concomitante de diferentes dispositivos de proteção em diversas situações de exposição.

No entanto, a definição pura e simples de EPI e a recomendação de critérios gerais que norteiam as partes envolvidas constituem instrumentos insuficientes para a obrigação do empregador de adquirir, fornecer e substituir o dispositivo ou produto e orientar e treinar o trabalhador quanto ao uso adequado (itens 6.3 e 6.6, alíneas “c”, “d” e “e”, da NR-6). Para tanto são necessárias duas prerrogativas: 1) que dispositivo ou produto conste no anexo I da NR-6 – Lista de

Equipamentos de Proteção Individual (itens 6.2; 6.4 e 6.6, alínea “c” da NR-6), pois essa é a garantia de que fabricante e EPIs passaram pelo crivo do MTE, cumprindo todas as etapas legais para obtenção da certificação, e 2) que sejam constatados os riscos de acidente ou doença profissional e do trabalho para os quais “as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção”, segundo alínea “a” do item 6.3 da mesma norma, e que tem alguns de seus agentes causadores definidos na NR-15, como será mostrado logo abaixo.

Segundo o item 15.1.4 da NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, as atividades ou operações constantes dos anexos 7, 8, 9 e 10 (radiações não ionizantes, vibrações, frio e umidade, respectivamente) são consideradas insalubres desde que seu desenvolvimento seja comprovado por meio de laudo de inspeção do local de trabalho.

Entretanto, o anexo 7, que trata das radiações não ionizantes, grupo no qual está inserida a radiação ultravioleta para efeitos dessa norma, não define parâmetros básicos para a caracterização da insalubridade, entre os quais: limites de exposição, critérios de medição da radiação ou procedimentos específicos de proteção como o fazem anexos que tratam da exposição a diferentes agentes de risco, como ruído, calor, frio ou pressões anormais. Menciona, apenas, a faixa de ultravioleta para a qual a exposição não será considerada insalubre.

A falta de regulamentação referente à exposição ocupacional à radiação ultravioleta solar no escopo da NR-15 desencadeou problema adicional aos trabalhadores que exercem suas atividades a céu aberto, além da proteção inadequada, insuficiente ou inexistente oferecida pelos empregadores. Apesar de o anexo 7 da NR-15 não definir as fontes de irradiação a que estaria associado o risco, o que pressupõe qualquer tipo de fonte, natural ou artificial, o Tribunal Superior do Trabalho (TST) divulgou e vem utilizando ordem jurisprudencial, a OJ-SDI1- 173, recentemente modificada para a inclusão da exposição ao calor, que prevê o não pagamento de adicional de insalubridade ao trabalhador por exposição à radiação ultravioleta solar devido à falta de previsão legal (MELO e KUTZKE, 2012); (VASCONCELOS e VASCONCELOS FILHO, 2010).

173. ADICIONAL DE INSALUBRIDADE. ATIVIDADE A CÉU ABERTO. EXPOSIÇÃO AO SOL E AO CALOR. (redação alterada na sessão do

Tribunal Pleno realizada em 14.09.2012) – Res. 186/2012, DEJT divulgado em 25, 26 e 27.09.2012

I – Ausente previsão legal, indevido o adicional de insalubridade ao trabalhador em atividade a céu aberto, por sujeição à radiação solar (art. 195 da CLT e Anexo 7 da NR 15 da Portaria Nº 3214/78 do MTE).

II – Tem direito ao adicional de insalubridade o trabalhador que exerce atividade exposto ao calor acima dos limites de tolerância, inclusive em ambiente externo com carga solar, nas condições previstas no Anexo 3 da NR 15 da Portaria Nº 3214/78 do TEM (TST, 2012).

Contudo, a NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, determina que “9.3.5.1 Deverão ser adotadas as medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais” sempre que determinadas situações ocorrerem, entre elas, “quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15” (alínea “c” do item 9.3.5.1). E acrescenta que, na ausência desses valores na norma citada, devem ser adotados os limites de exposição preconizados pela ACGIH ou os que venham a ser estabelecidos em convenção coletiva de trabalho, desde que sejam mais rigorosos.

Portanto, independentemente da Justiça do Trabalho não reconhecer a exposição solar como risco passível de pagamento de insalubridade, a legislação trabalhista não só prevê como exige que sejam adotadas medidas de controle visando à proteção do trabalhador.

No entanto, paradoxalmente, a mesma legislação não define ou regulamenta os critérios básicos necessários para que medidas adequadas sejam introduzidas no dia-a-dia do trabalhador. Inclusive, de acordo com Okuno (2009), não existe, no Brasil, órgão responsável por estabelecer diretrizes quanto à exposição à radiação não ionizante, a exemplo da Comissão Nacional de Energia Nuclear no que diz respeito à radiação ionizante.

O que existe, segundo a autora, é um regulamento aprovado pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), que trata da limitação à exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, porém, no tocante à RUV, existem portarias referentes, apenas, ao bronzamento artificial. E não havendo regulamentação nacional dos limites de exposição, o próprio MTE indica recomendação internacional que deverá ser adotada para suprir a lacuna existente. Por isso os limites de exposição da ACGIH serão descritos a seguir, incluindo recomendações de outras organizações nela baseadas, que trazem

importantes contribuições prevencionistas relativas ao tema e que servirão de base às propostas que serão aqui delineadas.

3.1 RECOMENDAÇÕES INTERNACIONAIS

A ACGIH, respeitada organização cujo propósito central é a promoção da saúde ocupacional e ambiental, publica anualmente os TLVs (Threshold Limit Value), traduzidos e comercializados no Brasil pela Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO), nos quais divulga recomendações de valores limites de exposição a diversos agentes de risco, recomendados como parâmetro no Brasil, como a radiação não ionizante, quando a legislação local não oferecer tais limites, conforme preconiza a NR-9.

A fim de atender aos propósitos desse estudo, serão abordados aqui os critérios relacionados à exposição à radiação ultravioleta bem como os valores limites para tal exposição encontrados no capítulo “Eletromagnetic Radiation and Fields” do TLV de 2012 e que se referem à radiação com comprimento de onda entre 180 e 400nm, representando condições sob as quais se acredita que quase todos os trabalhadores saudáveis podem ser expostos repetidamente sem efeitos agudos diversos para a saúde, tais como eritema e fotoconjuntivite (ACGIH, 2012).

De acordo com o TLV 2012 da ACGIH, a radiação solar é uma das fontes de RUV cobertas pelos limites por ele definidos, contudo, devem ser observadas as situações em que seus limites não são aplicáveis, visto que fatores externos podem interferir na incidência da radiação potencializando seus efeitos. Considerando indivíduos fotossensíveis à radiação ultravioleta ou aqueles que se expõem simultaneamente a agentes fotossensibilizantes (produtos químicos, medicamentos etc.), por exemplo, os efeitos danosos à saúde, como o eritema, podem surgir em exposições inferiores às definidas pelo manual.

Já os trabalhos realizados a céu aberto em latitudes a 40° do Equador expõem os trabalhadores a níveis acima dos limites do TLV em menos de cinco minutos em torno do meio dia durante o verão. Tratando-se dos olhos, os limites não são aplicáveis aos indivíduos afácicos, que tiveram o cristalino removido em

cirurgia de catarata. Para essa situação, devem ser utilizados os limites de exposição para radiação visível e infravermelho próximo (ACGIH, 2012).

Segundo orientação da ACGIH (2012), o primeiro passo para avaliar as fontes UV (comprimento de onda de 180 a 400nm) é determinar a irradiância eficaz, grandeza utilizada para indicar a dose de UV actínica, ou seja, aquela capaz de provocar alterações em tecidos como a pele, e que pode ser medida com um radiômetro de ultravioleta. A tabela abaixo, desenvolvida e publicada pela organização com base no critério mencionado, traz os limites de irradiância eficaz para diferentes durações de exposição diárias, constituindo os limites recomendados pela norma brasileira (NR-9).

Quadro 6 Duração da Exposição para Irradiância Eficaz Dada pela RUV Actínica

DURAÇÃO DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA	IRRADIÂNCIA EFICAZ, Eeff (mW/cm ²)
8 horas	0.0001
4 horas	0.0002
2 horas	0.0004
1 hora	0.0008
30 minutos	0.0017
15 minutos	0.0033
10 minutos	0.005
5 minutos	0.01
1 minuto	0.05
30 segundos	0.1
10 segundos	0.3
1 segundo	3
0.5 segundo	6
0.1 segundo	30

Fonte: ACGIH (2012)

De acordo com a WHO (1994), a maioria dos guias ou manuais que padronizam os limites de exposição à RUV publicados por diferentes organizações ao redor do mundo tomaram como base os mesmos critérios básicos utilizados pela ACGIH (1993) e pela IRPA/INIRC (1991), este último reproduzido pela própria WHO.

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) dos Estados Unidos, por exemplo, publicou seu próprio manual de recomendações à

exposição ocupacional à radiação ultravioleta, cuja tabela de limites de exposição foi adaptada daquela produzida pela ACGIH. As mudanças substanciais incorporadas pelo instituto envolveram o reconhecimento do uso limitado de dispositivos de medição e a necessidade de adoção de práticas visando à proteção do trabalhador (NIOSH, 1977).

Embora não seja citado em outras publicações, o manual orientativo para proteção do trabalhador contra a radiação ultravioleta solar publicado pelo Australian Safety and Compensation Council (ASCC) é um grande exemplo do que os esforços no sentido de melhorar o ambiente do trabalhador que se expõe ao sol podem produzir. O seu “Guidance Note for the Protection of Workers from the Ultraviolet Radiation in Sunlight”, produzido em 1991 e atualizado em 2008, traz informações importantes referentes ao assunto de forma bastante didática e pode ser facilmente utilizado tanto por trabalhadores quanto pela população em geral.

Segundo o ASCC (2008), a Austrália é o país que encabeça as estatísticas mundiais de incidência do câncer de pele e cujo sistema de saúde gasta cerca de 300 milhões anuais somente com a doença, o custo mais alto entre todos os tipos de câncer. As orientações australianas foram elaboradas com o objetivo de reduzir essas altas taxas de incidência do câncer de pele associado à exposição prolongada ao sol naquele país com foco nas atividades laborais.

Entre outros tópicos, o guia australiano traça um sucinto panorama da doença no país indicando os principais fatores de risco, sugere um programa de prevenção que inclui medidas educativas e de controle, destaca as responsabilidades de empregado e empregador e recomenda o desenvolvimento de uma política nas empresas voltada especificamente ao tema. Seus anexos oferecem, ainda, modelo de *checklist* para exposição à ultravioleta solar e lista com algumas substâncias que podem causar sensibilidade se associadas à RUV solar (ASCC, 2008).

Isso posto, tendo em vista a ausência de previsão legal dos critérios e mecanismos de medição, proteção e controle da exposição ocupacional à RUV solar nas normas regulamentadoras do MTE e considerando as importantes recomendações de organizações internacionais baseadas em extensas pesquisas sobre o assunto no que se refere à saúde e à segurança do trabalhador,

especialmente se observadas conjuntamente, é importante descrevê-las aqui, a fim de oferecer elementos que ajudem na elaboração de propostas eficazes de proteção aos trabalhadores que estão sujeitos a esse tipo de risco.

3.2 MEDIDAS DE PROTEÇÃO E CONTROLE À RUV SOLAR

As diversas organizações aqui mencionadas já traçavam em seus primeiros estudos datados dos anos de 1990, e atualizados na década seguinte, medidas de proteção e controle associadas à superexposição à RUV solar em ambiente ocupacional, dados seus efeitos indesejáveis à saúde. Elas são unânimes em pelo menos dois aspectos, a importância do uso de proteção pessoal e a realização de treinamentos.

As propostas mais abrangentes relacionadas ao assunto são as desenvolvidas pela WHO (1994) e pela ASCC (2008). Por isso, será apresentada uma compilação das principais medidas e orientações recomendadas nos manuais disponíveis e que podem subsidiar a definição de parâmetros nacionais que venham a ser regulamentados pelo MTE.

3.2.1 Avaliação do risco

A avaliação de risco à ultravioleta objetiva identificar os empregados e as situações de trabalho com maior risco de exposição, nessa etapa a realização de uma inspeção é fundamental para o levantamento das seguintes informações:

- Quantidade de radiação a que os empregados estão expostos;
- Atividades ou tarefas que envolvem exposição à radiação ultravioleta solar;
- Horário e frequência com que as atividades são realizadas;
- Sombreamento proporcionado pelo ambiente;
- Superfícies refletivas (água, paredes de vidro, superfícies brancas, como areia, rochas, cimento ou neve, aço ou alumínio bruto, encontrado em telhados);
- Substâncias fotossensíveis associadas ao trabalho.

Outras informações importantes estão relacionadas à flexibilidade do horário de trabalho e ao nível de proteção contra a RUV solar oferecido aos empregados externos. Em geral, uma única inspeção é suficiente, devendo ser repetida apenas quando mudanças nos procedimentos oferecerem aumento dos níveis de exposição (ASCC, 2008).

3.2.2 Medidas de controle

Uma vez identificado o risco, devem ser adotadas medidas de controle que assegurem a minimização da exposição por meio da implementação de uma estratégia de controle, para a qual é recomendada a combinação de medidas, como as descritas abaixo.

3.2.2.1 Uso de sombra natural e/ou artificial

A sombra não elimina a exposição, uma vez que a radiação pode ser espalhada por nuvens, quando for o caso, ou refletida por diferentes superfícies, mas é capaz de reduzi-la. As sombras podem ser produzidas por meios permanentes, como árvores e edificações, ou, ainda, por estruturas portáteis, como barracas e telas.

As janelas com vidros comuns proporcionam boa atenuação, inclusive em veículos. Por isso recomenda-se que, em longos períodos de condução, os vidros sejam mantidos fechados para minimizar a exposição à RUV solar, medida relevante para motoristas e outros profissionais que conduzam veículos, ainda que parcialmente, durante sua jornada (ASCC, 2008; ICNIRP, 2004).

3.2.2.2 Medidas administrativas

A restrição ou limitação do acesso do empregado à fonte de radiação é uma das medidas administrativas usuais e pode ser vista sob dois aspectos. O primeiro considera a reorganização do trabalho externo, propondo tarefas alternativas entre 10h e 14h (11h e 15h no horário de verão) quando o sol é mais intenso (ASCC, 2008; WHO, 1994).

O segundo considera o histórico médico do empregado, já que empregados com predisposição a reações alérgicas decorrentes de exposição ou que passaram por cirurgias de catarata devem ter sua exposição diminuída e, em alguns casos, proibida (AIHA, 1991; NIOSH, 1991). A minimização da exposição à RUV solar também é requerida sempre que os empregados estiverem expostos concomitantemente a substâncias fotossensibilizantes.

3.2.2.3 Proteção pessoal

O uso de equipamento de proteção individual (EPI) é parte importante da estratégia de controle, cuja definição requer alguns cuidados para garantir não só a eficácia da medida, mas também a segurança do empregado, pois o EPI fornecido não poderá gerar um risco adicional ao trabalhador. O uso de vestimenta inadequada para um trabalho manual pesado, por exemplo, pode causar estresse por calor. Deve-se preferir mais de uma medida simultânea para melhorar a proteção, como o uso de chapéu e protetor solar. Os principais itens de proteção indicados para esse tipo de exposição estão relacionados a seguir (ASCC, 2008).

- 1) Vestimenta – todos os tecidos possuem alguma habilidade de bloqueio à ultravioleta, testes laboratoriais determinam isso. A Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA) realiza testes e certifica tecidos quanto ao fator de proteção. Lembrar que tecidos molhados oferecem menor proteção do que a indicada para tecidos secos. Na escolha da vestimenta, considerar:
 - A trama do tecido: quanto menor a trama, menor a incidência de RUV na pele;
 - Permeabilidade: tecidos naturais, como o algodão, proporcionam melhor evaporação do suor e, portanto, mais conforto no trabalho. Cores claras são mais frescas, pois refletem o calor, contudo, as cores escuras absorvem mais UV;

- Desenho: Camisetas de manga longa com colarinho oferecem mais proteção;
- Fator de proteção (UFP): disponível entre 15 e 50 (50+ é preferível).

O manual da WHO (1994) disponibiliza tabela que indica as propriedades de transmissão de RUV-B em alguns tecidos mais comuns, de acordo com sua estrutura, cor, trama, porcentagem de incidência de UV e UPF.

2) Chapéus – importantes equipamentos que proporcionam proteção ao rosto, especialmente testa e nariz, orelhas e pescoço. Sua escolha deve observar alguns fatores:

- Quanto maior a aba, maior a sombra. A WHO (1994) recomenda as abas grandes, de 7,5cm, porém elas não protegem contra a RUV solar refletida. Já o modelo legionário, por exemplo, protege pescoço e orelhas.
- Chapéus rígidos, como capacetes de ciclistas, podem ser usados com abas grandes e removíveis, mas devem ser evitados se oferecerem risco secundário, nesse caso, preferir o protetor solar.

3) Protetor Solar – Principal item da proteção pessoal associado à RUV solar. Entretanto, sua efetividade depende do uso correto, pois excesso do produto bloqueia o suor e causa estresse térmico e aplicado em quantidade insuficiente não proporciona proteção. Um FPS (Fator de Proteção Solar) alto é recomendado, preferencialmente, acima de 30. A recomendação deve considerar as seguintes peculiaridades:

- Selecionar o produto de acordo com o tipo de pele e as condições de trabalho, como os resistentes à água, em algumas situações;
- Aplicar na pele seca pelo menos 20m antes da exposição e reaplicar a cada 2h. Em condições de calor, a reaplicação deve ser mais frequente devido ao suor;

- Usar protetor à base de álcool ou “oil free”, ambos de rápida absorção, em ambientes com alta incidência de poeira (cimenteiras), pois aqueles à base de óleo aumentam o risco de o pó aderir na pele e causar-lhe dano secundário, conforme a natureza do material, como o próprio cimento.
- Considerar o histórico de alergias e hiperssensibilidade do empregado;
- O creme de zinco é protetor eficiente (30+ e à prova d’água) para nariz, lábios e topo de orelhas, mas deve ser usado em pequenas áreas do corpo, pois inibe a evaporação de suor no calor.
- Proteção labial: o câncer nos lábios por exposição prolongada é comum devido à ausência de melanina. Utilizar batom ou protetor FPS 30.
- Proteção dos olhos: é recomendada especialmente em ambientes altamente refletivos. Utilizar óculos de sol com filtro UV.
Segundo Oliveira *et al.* (2001) o uso de óculos com lentes fotocromáticas (ou fotossensíveis) pode reduzir ou retardar o surgimento de doenças dos olhos associadas à radiação ultravioleta.

3.2.3 Programas de educação e treinamento

Seu objetivo é munir o empregado de informações capazes de fazê-lo compreender as medidas de controle introduzidas e o porquê da sua implantação. Eles devem ser realizados sempre que necessário, nas integrações de novos funcionários, por exemplo, e entre seu público alvo encontram-se tanto as pessoas que organizam o trabalho quanto as pessoas que sofrem a exposição. Seu conteúdo deve abordar os seguintes tópicos:

- (Re)conhecimento dos efeitos danosos de longo prazo provocados pela exposição excessiva à RUV solar;
- Treinamento do uso adequado das proteções para pele e olhos, incluindo todas as peculiaridades atinentes às atividades realizadas;
- Orientação de como reconhecer os sintomas de danos à pele e aos olhos (autoexame);
- Promoção da estratégia de controle.

3.2.4 Política de proteção à RUV solar

Deve ser elaborada conjuntamente com empregado ou representante e deve traçar diretrizes de por que e como os riscos serão gerenciados. Como sugestão de proposta, a política deve incluir os seguintes temas:

- Identificação dos perigos oferecidos pela RUV solar no local de trabalho;
- Detalhamento das medidas empregadas para minimizar os perigos;
- Detalhamento do programa de educação e treinamento;
- Definição das responsabilidades pela implementação e monitoramento;
- Avaliação periódica dos riscos identificados para assegurar que a política adotada esteja atualizada;
- Revisão.

3.2.5 Monitoramento e revisão do programa

Essa etapa consiste, principalmente, em consultar os colaboradores a respeito da implantação das medidas adotadas, colhendo o nível de satisfação, as dificuldades encontradas durante o processo e levantando sugestões que possam contribuir para seu aperfeiçoamento. Novas avaliações deverão ser realizadas por ocasião de mudanças nos níveis de risco à RUV, como mencionado anteriormente.

3.2.6 Vigilância da saúde

Essa é uma medida preventiva voltada para o câncer de pele, em particular. Constitui-se, basicamente, de informação para a realização do autoexame e reconhecimento de possíveis sinais da doença. O empregador também poderá implantar um programa de rastreamento específico para os empregados expostos à RUV, mesmo que ela seja intermitente. Os casos de alto risco deverão ser examinados regularmente por um profissional especializado.

Parcerias com organizações e institutos que desenvolvem pesquisas sobre o assunto podem ajudar na tarefa de informar o empregado a respeito dos

riscos a que ele está exposto e das consequências da negligência nas ações preventivas, dentro e fora do trabalho.

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Dermatologia mantém a Campanha Nacional de Prevenção ao Câncer de Pele, desde 1999, por meio do Programa Nacional de Controle do Câncer de Pele (PNCCP), que leva ao Brasil informações, diagnóstico e tratamento de qualidade e gratuitos. O INCA disponibiliza, no sítio do instituto, folheto informativo sobre o tema.

O envolvimento do Governo no sentido de promover programas educacionais de abrangência nacional, com divulgação dos riscos da superexposição solar e das formas de prevenção em larga escala, que atinjam de crianças a adultos, seria de suma importância, pois a prevenção ainda é uma opção economicamente mais viável do que o tratamento.

Desse modo, podemos, então, dizer que é necessário que engenheiros, médicos, enfermeiros e técnicos fiquem atentos ao que está sendo produzido sobre o assunto, nacional e internacionalmente, e ao que o mercado pode oferecer, ainda que limitadamente, e procurem ir além daquilo que se espera deles, levando a esses trabalhadores maior segurança e dignidade para a realização de suas atividades, função maior desses profissionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da pesquisa realizada, constatamos, conforme julgamento inicial, que a exposição à radiação solar constitui risco potencial aos trabalhadores que realizam suas atividades a céu aberto, visto que ela está intimamente associada ao surgimento de diversos efeitos nocivos, que podem acometer pele, olhos e sistema imune. Isso ocorre devido à sua componente ultravioleta capaz de penetrar nos tecidos humanos e causar-lhes danos irreversíveis em alguns casos, como a ocorrência do melanoma maligno e da catarata.

Tal constatação nos levou a identificar diferentes fatores de risco que estariam implicados no desencadeamento dos efeitos produzidos, especialmente dos crônicos (ou tardios), de natureza mais grave. Caracterizados pela ocorrência em longo prazo, estão fortemente relacionados ao caráter cumulativo da exposição à radiação solar, surgindo, muitas vezes, anos após a exposição, e, por isso, mais comumente observados em indivíduos com mais de 50 anos, revelando o fato de que o fim da exposição não elimina o risco e evidenciando, ainda, sua relação com a exposição ocupacional.

Observamos que isso ocorre por dois motivos principais: o tempo e o horário que o trabalhador permanece exposto na realização de suas atividades, numa longa jornada (8h/dia), incluindo o período de maior incidência da ultravioleta (das 10h às 16h); e a proteção utilizada, geralmente insuficiente para garantir sua eficácia. Somados a isso, existem fatores que podem favorecer ou potencializar o efeito da radiação ultravioleta solar no homem, como doenças sensibilizantes (albinismo, vitiligo e xeroderma), exposição concomitante a produtos químicos ou plantas inerentes ao processo e o uso de determinados medicamentos.

Dito isso, verificamos, também, que a legislação vigente que regulamenta as normas de segurança e saúde do trabalho não atende às necessidades dessas categorias de trabalhadores, pois as regulamentações existentes não preveem limites de exposição ou medidas de proteção e controle. A escassez de estudos e estatísticas que evidenciem a relação sol-doença, e as próprias deficiências do

mercado de aparelhos medidores e EPIs, favorecem e perpetuam a ignorância dos profissionais da área sobre o assunto, limitando, assim, sua atuação.

Como, então, proteger adequadamente o trabalhador que se vê, diariamente, obrigado a trabalhar em condições mínimas de proteção à sua saúde e integridade física, quando a lei não dá diretrizes nem obriga empregadores a fazê-lo?

Considerando os pontos expostos até aqui, concluímos que os profissionais de saúde e segurança, responsáveis pela minimização dos efeitos danosos causados pelo risco evidente da exposição à radiação solar imposto ao trabalhador, devem ser cautelosos ao se deparar com as peculiaridades observadas nas atividades executadas a céu aberto. O fornecimento de protetores solares e chapéus, (medida não prevista em regulamento e, portanto, paliativa), geralmente inadequados, mostram-se muito simplistas quando se trata de oferecer proteção eficaz a esses trabalhadores visto a gravidade dos efeitos desencadeados.

No sentido de fornecer subsídios a esses profissionais e a possíveis instituições preocupadas em defender melhores condições de trabalho a esses trabalhadores, independentemente de previsão ou recomendação legal, propomos, aqui, um conjunto de medidas que podem contribuir efetivamente para essa melhoria, no que diz respeito à proteção contra os efeitos nocivos da radiação solar, buscando promover uma mudança de atitude frente a esse problema, que esperamos possa culminar numa significativa mudança legislativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN ACADEMY OF OPTOMETRY. **Position on Ocular Ultraviolet Radiation for Eye Care Practitioners and the Lay Public**. 2011. Disponível em: <https://www.aaopt.org/Media/Default/Docs/Position%20Papers/Ultraviolet_pitionpaper.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2013.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HIGYENISTS. **TLVs and BEIs: guide to occupational exposure values**. Cincinnati, 2012. CD-ROM.

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. **Ultraviolet Radiation**. Monionizing Radiation Guide Series. Fairfax-Virginia: AIHA, 1991. p.1-17.

ASTETE, M. W. **Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes**. São Paulo: Fundacentro, 1977.

AUGUSTO. J. V. **Conceitos Básicos de Física e Proteção Radiológicas**. São Paulo: Atheneu, 2009.

AUSTRALIAN SAFETY AND COMPENSATION COUNCIL. **Guidance Note for the Protection of Workers from the Ultraviolet Radiation in Sunlight**. Canberra: Australian Government Publishing Service, 2008.

BORSATO, F. G.; NUNES, E. F. P. A. Neoplasia de Pele Não Melanoma: um agravo relacionado ao trabalho. **Revista Ciência Cuidado e Saúde**, Maringá, v. 8, n. 4, p.600-606, out/dez 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CiencCuidSaude/article/viewFile/9687/5392>>. Acesso em: 09 jun. 2013.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.452, de 1 de maio de 1943. Aprova a consolidação das leis do trabalho. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em: 08 ago. 2013.

_____. Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o capítulo V, do título II, da consolidação das leis do trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1977/6514.htm>>. Acesso em 08 ago. 2013.

_____. Tribunal Superior do Trabalho. Orientação Jurisprudencial da SDI-1 nº 173, Resolução 186/2012, DEJT, set/2012. Disponível em: <http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/OJ_SD1_1/n_s1_161.htm>. Acesso em 8 ago 2013.

DIAS E. C. (Org.) **Doenças Relacionadas ao Trabalho**: manual de procedimentos para os serviços de saúde. Brasília: Ministério da Saúde do Brasil, 2001.

FEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES EM EMPRESAS DE CORREIOS E TELÉGRAFOS E SIMILARES. **Acordo Coletivo de Trabalho 2003/2004**. Disponível em: <http://www.fentect.org.br/files/acordo_coletivo_2003_2004.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2013.

FEDERICO, M. H. H.; BASSANI, A. C. B. Melanoma Maligno. In: MARTINS, M. A. *et al.* (Ed.). **Clínica Médica**: Alergia e Imunologia Clínica, Doenças da Pele, Doenças Infecciosas. Vol. 7. 1. ed. São Paulo: Manole, 2009. p.534-539.

FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREA, M. A. Protetores Solares. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p.153-158, ago 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n1/26.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho e ao Ambiente**. Rio de Janeiro: INCA, 2006. p.44-51.

_____. **Estimativa 2012**: incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro: Inca, 2011.

_____. **Tipos de Câncer**. Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Índice Ultravioleta**. São José dos Campos: 2013. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em: 30 jul. 2013.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. **Solar and Ultraviolet Radiation**: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. v. 55. Lyon: WHO, 1992.

_____. **Exposure to Artificial UV Radiation and Skin Cancer**. Working Group Reports, v. 1. Lyon: WHO, 2005.

_____. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**: Preamble. Lyon: WHO, 2006.

_____. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. Lyon: WHO, 2006.

_____. **Agents Classified by the IARC Monographs**. v. 1-108. Lyon: WHO, 2013. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>. Acesso em: 13 jul. 2013.

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. ICNIRP Guidelines: on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 100nm and 400n (incoherent optical radiation). **Health Physics**, v. 87, n. 2, p. 171-186, 2004.

_____. Validity and Use of the UV Index: report from the UVI working group, Schloss Hohenkammer, Germany, 5-7 December 2011. **Health Physics**, v. 103, n. 3, p.301-306, 2012.

KARA-JUNIOR; N. AVAKIAN, A. Doenças do Cristalino. In: MARTINS, M. A. *et al.* (Ed.). **Clínica Médica: Doenças dos Olhos, Doenças dos Ouvidos, Nariz e Garganta, Neurologia, Transtornos Mentais**. Vol. 6. 1. ed. São Paulo: Manole, 2009. p.58-61.

LUCAS, R. *et al.* **Solar Ultraviolet Radiation: global burden disease from solar ultraviolet radiation**. World Health Organization. Genebra, 2006. Disponível em: http://www.who.int/uv/health/solaruvradfull_180706.pdf. Acesso em: 30 jul. 2013.

MC MICHAEL, A. J. *et al.* (Ed.). **Climate Change and Human Health: risks and responses**. Geneva: WHO, 2003.

MELO, M. L.; KUTZKE, J. L. Análise da Aplicabilidade Legislativa Trabalhista nos Profissionais Expostos à Carga Solar em Ambiente Laboral. **Revista Gestão & Saúde**, Curitiba, v. 4, n. 2, p.30-39. 2012. Disponível em: <http://www.herrero.com.br/revista/edicao7artigo4.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 777, de 28 de abril de 2004. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para a notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador em rede de serviços sentinela específica, no Sistema Único de Saúde. Disponível em: <http://www.saude.mt.gov.br/suvsa/arquivo/985/portaria-2325-777>. Acesso em: 28 jul. 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as normas regulamentadoras do capítulo V, título II, da consolidação das leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BE96DD3225597/p_19780608_3214.pdf. Acesso em: 08 ago. 2013.

NETO, C. F. Tumores Cutâneos Malignos. In: MARTINS, M. A. *et al.* (Ed.). **Clínica Médica: Alergia e Imunologia Clínica, Doenças da Pele, Doenças Infecciosas.** v. 7. 1. ed. São Paulo: Manole, 2009. p.397-406.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Ultraviolet Radiation.** Cincinnati: NIOSH, 1977.

_____ *et al.* Radiação Ultravioleta Solar em S. Paulo, Chiba, Calafate e Ilha de Páscoa. **RBE - Caderno de Engenharia Biomédica**, São Paulo, v. 12, n. 3, p.143-153, out 1996. Disponível em: <<http://www.rbeb.org.br/files/v12n3v12n3a13.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2013.

OKUNO, E. **Radiação:** efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 1998.

_____ ; VILELA, M. A. C. **Radiação Ultravioleta:** características e efeitos. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

_____ . Epidemiologia do Câncer Devido a Radiações e a Elaboração de Recomendações. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 43-55, 2009. Disponível em: < http://www.abfm.org.br/rbfm/publicado/rbfm_v3n1_43-45.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2013.

OLIVEIRA, P. R.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, F. C. A Radiação Ultravioleta e as Lentes Fotocrômicas. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 64, n. 2, mar/abr 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S000427492001000200015&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jul. 2013.

PITTS, D. G.; CULLEN, A. P.; HACKER, P. D. Ocular effects of ultraviolet radiation, 295 to 365 nm. **Investigative Ophthalmology Visual Science**, v. 16, n. 10, p.932-939, out 1977. Disponível em <<http://www.iovs.org/content/16/10/932.full.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS. Laboratório de Luz Ultravioleta. Disponível em: <<http://www.dfq.pucminas.br/PUV/>>. Acesso em: 31 jul. 2013.

RIBEIRO, F. S. N.; OTERO, U. B. (Orgs.) **Diretrizes para a Vigilância do Câncer Relacionado ao Trabalho.** Rio de Janeiro: Inca, 2012. p. 48-49; 81-83.

ROBBINS, S. L. *et al.* **Patologia estrutural e funcional.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p.234-248; 279-280; 1049-1063.

SANTO, R. M.; NETTO, M. V. Tumores da Córnea e da Conjuntiva. In: **Clínica Médica: Doenças dos Olhos, Doenças dos Ouvidos, nariz e Garganta, Neurologia, Transtornos Mentais.** Vol. 6. 1. ed. São Paulo: Manole, 2009. p.23-26.

MARTINS, M. A. *et al.* (Ed.). **Clínica Médica: Doenças dos Olhos, Doenças dos Ouidos, nariz e Garganta, Neurologia, Transtornos Mentais.** Vol. 6. 1. ed. São Paulo: Manole, 2009. p.23-26.

SANTOS, J. C. **Radiação Ultravioleta:** estudos dos índices de radiação, conhecimento e prática de prevenção à exposição na região Ilhéus/Itabuna – Bahia. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010. p.1-41.

SCHELLINI, S. A. *et al.* Características de portadores de pterígio na região de Botucatu. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 68, n. 3, mai/jun 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abo/v68n3/24727.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

SCHMITT, B. A. M. *et al.* **Avaliação dos Fatores de Risco e de Proteção para o Câncer de Pele na População do Município de Tapera.** In: Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 17., 2012, Cruz Alta. Disponível em: <<http://www.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/ccs/avaliacao%20dos%20fatores%20de%20risco%20e%20de%20protecao%20para%20o%20cancer%20.pdf>> Acesso em: 07 abr. 2013.

SEGURANÇA e Medicina do Trabalho. 70. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Doenças de Pele.** Disponível em: <<http://www.sbd.org.br>>. Acesso em: 21 ago. 2013.

_____. **Campanha Nacional de Prevenção ao Câncer da Pele.** Disponível em: <<http://www.sbd.org.br/campanha/cancer/default.aspx>>. Acesso em: 17 ago. 2013.

TAUB, M. B. **Ocular effects of ultraviolet radiation.** p.34-38, jun 2004. Disponível em:<http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/862d3760089d64ef0197535e41f02fa6_taub20040618.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2013.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Efeitos da Radiação Ultravioleta para a Saúde:** protegendo nossos olhos e pele da superexposição solar. [S.l.] Publicação nº EPA 100-F-10-001, 2010.

VAN KUIJK, F. J. G. M. Effects of Ultraviolet Light on the Eye: role of protective glasses. **Environmental Health Perspectives**, v. 96, p.177-184, 1991. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1568237/>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

VASCONCELOS, D. B. A.; VASCONCELOS FILHO, O. A. A Tutela do Direito à Vida no Contexto do Trabalho a Céu Aberto. **Revista da Faculdade de Direito de Caruaru**, Caruaru, v. 42, n. 1, jan/jun 2010. Disponível em: <<http://www.asces.edu.br/publicacoes/revistadireito/edicoes/2010-1/trabalho.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2013.

VANICEK, K *et al.* UV-Index for the Public. Brussels: COST-713 Action, 1999. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/uv_index_karel_vanicek.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ultraviolet Radiation**. In: Environmental Health Criteria n. 160. Geneva, 1994.

_____. **INTERSUN**: the Global UV Project: a guide and compendium. Geneva, 2003. Disponível em: <<http://www.who.int/uv/publications/en/Intersunguide.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2013.

_____. **UV Index**. Disponível em: <http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/index.html>. Acesso em 30 jul. 2013.