Membro da Global Lighting Association (GLA), a Abilux – Associação Brasileira da Indústria de Iluminação, fez parte do grupo de trabalho que elaborou este segundo documento que também trata de aplicações de desinfecção por UV-C. Desta vez, as discussões tiveram como objetivo identificar as propriedades de desinfecção de UV-C e as várias fontes de radiação de desinfecção UV-C de uso comum: lâmpadas a vapor de mercúrio, lâmpadas de xenônio pulsadas, lâmpadas de excimer e diodos emissores de radiação UV.

O trabalho apresenta uma visão geral das aplicações e produtos, incluindo desinfecção do ar, locais de acesso controlado aberto, luminárias de desinfecção do ar superior parcialmente abertas, sistemas HVAC fechados e desinfecção da água e conclui que UV-C pode inativar microrganismos malignos e vírus desde que aplicado com as medidas de segurança apropriadas. Nesse contexto é possível avaliar que os resultados da pesquisa inicial demonstram que o UV-C também neutraliza, efetivamente, o SARS-CoV-2.

Com mais este trabalho, a Abilux mostra seu engajamento com o que está acontecendo ao redor do mundo quando se trata de fornecer à indústria e consumidores informações precisas e seguras a respeito de temas tão atuais como o do uso de dispositivos de desinfecção por UV-C.

O primeiro trabalho, também elaborado pela Global Lighting Association com a colaboração da Abilux, que trata das diretrizes de segurança para dispositivos UV-C, pode ser acessado no site da Abilux https://abilux.com.br/docs/GLA_UV-C_Safety_PositionStatement_26062020.pdf.

Abilux
Associação Brasileira da Indústria de Iluminação

GLOBAL LIGHTING ASSOCIATION

Irradiação UV-C Germicida

FONTES, PRODUTOS E APLICAÇÕES

Setembro 2020

© Global Lighting Association 2020

PREFÁCIO

Sobre a Global Lighting Association

A Global Lighting Association (GLA) é a voz da indústria de iluminação em uma base global. A GLA compartilha informações sobre questões políticas, científicas, empresariais, sociais e ambientais relevantes para a indústria de iluminação e defende a posição da indústria de iluminação global para as partes interessadas relevantes na esfera internacional. Para obter mais informações, consulte www.globallightingassociation.org

Sobre este documento

Este é o segundo de uma série de publicações da GLA sobre irradiação germicida UV-C.

O primeiro - Declaração de posição sobre irradiação UV-C germicida: Diretrizes de segurança UV-C [1] - é uma resposta às lacunas nos padrões técnicos de segurança existentes para dispositivos UV-C. Foi publicado em maio de 2020 como uma medida provisória pendente da produção de normas de segurança por organizações de desenvolvimento de normas, como a Comissão Eletrotécnica Internacional e o Underwriters Laboratory.

Este segundo documento considera as propriedades de desinfecção da irradiação UV-C, fornece uma breve visão geral das questões de segurança nas Diretrizes de Segurança UV-C acima mencionadas e discute as fontes de desinfecção UV-C, produtos e aplicações, levando à conclusão: UV-C pode inativar microrganismos malignos e vírus com segurança através da aplicação de medidas de segurança apropriadas. Nesse contexto, deve-se notar que os resultados da pesquisa inicial demonstram que o UV-C também neutraliza efetivamente o SARS-CoV-2.

Esta publicação será atualizada à medida que novas informações surgirem e podem ser acessadas na seção Biblioteca do site da GLA - www.globallightingassociation.org.

© Global Lighting Association 2020

ÍNDICE

PREFÁCIO 2

1. O QUE É UV-C? 4

2. PROPRIEDADES DE DESINFECÇÃO DE UV-C E COVID-19 4

2.1 Irradiação germicida UV-C (também conhecida como radiação de desinfecção UV-C) 4

2.2 Propriedades de desinfecção do vírus UV-C e COVID-19 5

2.3 UV-A e outras fontes de desinfecção 6

3. POTENCIAIS RISCOS DE UV-C E MEDIDAS DE SEGURANÇA 6

4. FONTES DE RADIAÇÃO DE DESINFECÇÃO UV-C 7

4.1 Lâmpadas de mercúrio de baixa pressão 7

4.2 Lâmpadas de mercúrio de média e alta pressão 7

4.3 Lâmpadas de xenônio acionadas por pulsação 7

4.4 Lâmpadas Excimer 8

4.5 LEDs UV 8

5. PRODUTOS E APLICAÇÕES UV-C 8

5.1 Desinfecção do ar 9

5.1.1 Equipamentos abertos 9

5.1.2 Equipamentos parcialmente abertos 9

5.1.3 Equipamentos fechados 10

5.2 Desinfecção de água 10

5.3 Desinfecção de superfície 11

6. RESUMO E CONCLUSÕES 11

7. REFERÊNCIAS 12

APÊNDICE A 16
Desempenho típico de várias fontes de radiação UV

APÊNDICE B 17
Padrões e regulamentos que regem dispositivos UV-C em países e regiões selecionados

© Global Lighting Association 2020

1 O QUE É UV-C?

A radiação ultravioleta é uma faixa de radiação eletromagnética com um comprimento de onda imediatamente abaixo da luz visível ao olho humano e imediatamente acima dos raios-X. O termo 'ultravioleta' significa 'além do violeta' (do latim ultra, 'além'), uma vez que o violeta é a cor com a maior frequência no espectro visível pelos humanos (portanto, com o comprimento de onda mais curto). A radiação ultravioleta representa cerca de 10% da luz emitida pelo Sol; também é produzido por fontes artificiais.

O UV-C é comumente associado à radiação na faixa de comprimento de onda de 100-280 nm. Abaixo de um comprimento de onda de 200 nm (comumente referido como UV de vácuo), o UV-C é fortemente absorvido pelo oxigênio atmosférico e pelo ozônio. Lâmpadas e/ou sistemas projetados para fornecer radiação UV-C acima de 200 nm são utilizados para desinfecção de superfície, ar e água.

2 PROPRIEDADES DE DESINFECÇÃO DE UV-C E COVID-19

2.1 Irradiação germicida UV-C (também conhecida como radiação de desinfecção UV-C)

O tratamento UV-C é uma tecnologia estabelecida para desinfecção e tem sido aplicada extensivamente desde 1910, quando foi descoberto que ele pode neutralizar microorganismos como bactérias, fungos e leveduras, bem como - e muito importante - vírus.

A eficácia da radiação UV-C como desinfetante é determinada por:

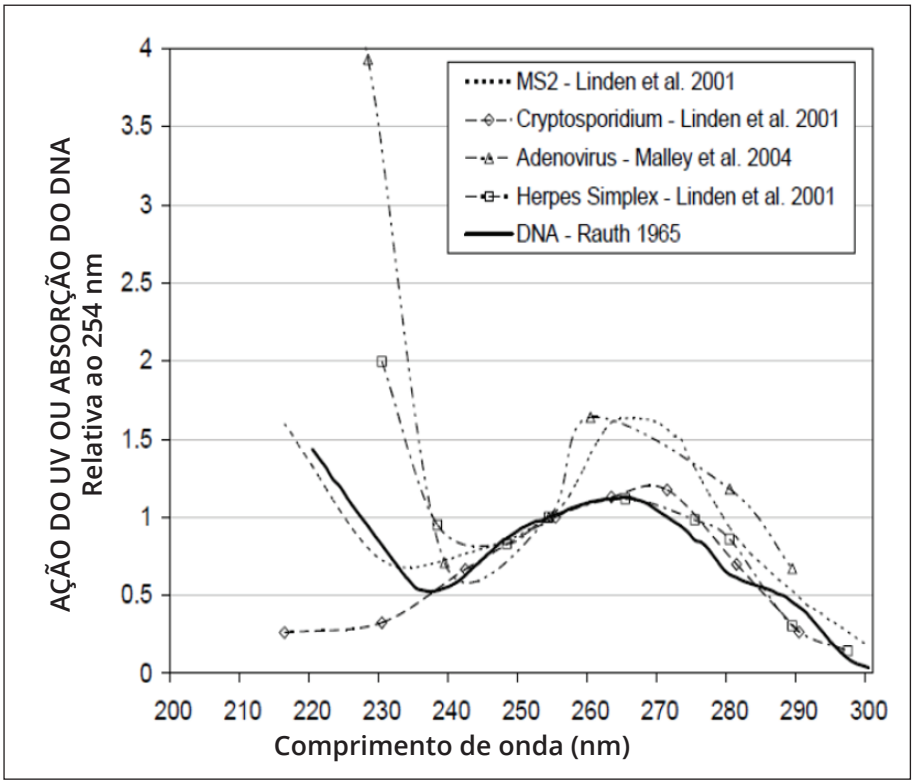
- espectro de ação dos microrganismos e / ou vírus
- comprimento de onda da radiação UV-C (unidade comum: nm)
- Dose UV-C, ou fluência, (energia UV-C / área unitária, unidades comuns: J/m^2 ou mJ/cm^2) que é o produto de:
  - irradiância UV-C, que é a potência / unidade de área UV-C (unidades comuns: W/m^2 ou µW/cm^2); e
  - quantidade de tempo que o microrganismo ou vírus fica exposto à radiação (unidade comum: s)
- características de aplicação, como:
  - distância da fonte de UV-C à superfície (no caso de desinfecção de superfície)
  - características da superfície do material (no caso de desinfecção de superfície)
  - circulação de ar (no caso de desinfecção de ar)
  - ângulo de facho incidente da fonte de UV-C
  - temperatura ambiente e umidade
  - reflexo de tetos, paredes, móveis etc.

Um método gráfico comum para descrever os efeitos do comprimento de onda como desinfetante é o espectro de ação germicida. O espectro de ação germicida é normalizado em CIE 155 [2] e consiste em valores interpolados entre pontos de dados de eficácia germicida medidos no intervalo de 235 nm a 313 nm. O espectro de ação germicida CIE 155 é atualmente aplicado na indústria para fins de desinfecção germicida. Em geral, no entanto, o espectro de ação germicida está sujeito

© Global Lighting Association 2020

a pesquisas em andamento, visto que novos desenvolvimentos, como LEDs UV-C e lâmpadas Excimer, fornecem radiação com comprimentos de onda abaixo de 235 nm.

Exemplos de espectros de ação são apresentados na Figura 1.



Fonte: Adaptada de Rauth (1965) et al. (2001), e Malley et al. (2004)

Fig 1: Espectros de ação de vários microrganismos e vírus em função do comprimento de onda de irradiação

2.2 Propriedades de desinfecção do vírus UV-C e COVID-19

A infecção por COVID-19 é causada por um novo coronavírus, denominado SARS-CoV-2. Os coronavírus (CoVs) compreendem quatro grupos de vírus de RNA de cadeia simples, envelopados, revestidos por uma bicamada lipídica, cravejada de proteínas que se projetam como pontas de uma coroa (daí o nome corona). Os coronavírus são uma causa comum de infecções respiratórias, incluindo 20% dos casos de resfriado comum. Outros coronavírus incluem SARS-CoV (surto de 2002–04) e MERS-CoV (surto de 2012–13).

O SARS-CoV-2 está intimamente relacionado ao SARS-CoV e, portanto, as estimativas da eficácia do UV-C contra o SARS-CoV-2 podem ser feitas a partir de estudos do SARS-CoV[1]. Estudos recentes realizados na Boston University[2] mostram que com uma dose apropriada de UV-C, o vírus SARS-CoV-2 pode ser completamente inativado. Em questão

[1] Os Centros de Controle e Prevenção de Doenças dos EUA identificaram uma fluência de 0,5-1,8 J / cm2 para efetivamente inativar 99,9% de todos os vírus testados, incluindo influenza A (H1N1), vírus da influenza aviária A (H5N1), influenza A de baixa patogenicidade (H7N9), MERS-CoV, SARS-CoV e muitos outros.

[2] Inativação rápida e completa de SARS-CoV-2 por irradiação ultravioleta-C, Research Square

© Global Lighting Association 2020

de segundos, os pesquisadores não conseguiam mais detectar nenhum vírus[3]. Além disso, estudos realizados por Bianco et al na Itália confirmam que a luz UV-C é eficaz na inativação e inibição do vírus SARS-CoV-2[4].

2.3 UV-A e outras fontes de desinfecção

Os impactos na saúde relacionados à pandemia COVID-19 podem incluir infecções bacterianas, fúngicas e outras infecções que são cumulativas por causa do sistema imunológico comprometido da pessoa afetada e da proximidade dos pacientes com outros pacientes infectados. Dependendo dos padrões de ocupação e das necessidades dos espaços que requerem descontaminação, pode ser apropriado abordar isso com desinfecção episódica por UV-C quando desocupado, com desinfecção contínua usando UV-A [3, 4] ou luz visível de 405 nm [5], [6] enquanto ocupado, com desinfecção química localizada, ou com uma combinação desses tratamentos. Em cada um desses casos, deve-se ter cuidado para diferenciar soluções clinicamente comprovadas de produtos semelhantes, mas ineficazes, como luzes negras e luzes para insetos, bem como produtos químicos não comprovados. Observe que a eficácia, segurança e impactos operacionais de cada solução de radiação devem ser identificados e tratados por pessoas qualificadas.

3 POTENCIAIS RISCOS DE UV-C E MEDIDAS DE SEGURANÇA

Os dispositivos UV-C produzem uma irradiância UV-C monocromática ou de banda larga na faixa de comprimento de onda de 100 nm a 280 nm. Para fins de desinfecção eficaz, a energia de irradiância UV-C desses dispositivos UV-C é muito maior do que a luz solar normal. Essas altas energias de irradiância UV-C podem representar riscos para humanos, animais e materiais expostos. No entanto, medidas de segurança adequadas podem mitigar tais efeitos.

Os perigos são duplos - irradiância e ozônio (O_3), onde:

- O perigo de irradiância pode danificar o olho humano e causar uma reação severa do tipo queimadura de sol na pele humana. O perigo de irradiância também pode danificar os materiais.
- O perigo de ozônio (O_3) ocorre em comprimentos de onda abaixo de 240 nm e pode causar uma reação tóxica no corpo humano.

As medidas de segurança adequadas variam dependendo da fonte de UV-C e da aplicação. Eles podem incluir:

- blindagem para evitar a exposição direta a pessoas, animais de estimação e materiais delicados
- contendo totalmente a fonte em uma câmara ou gabinete
- controle de acesso ou detecção de presença para evitar a operação da fonte quando um espaço está ocupado
- intertravamento para evitar a operação da fonte quando seu gabinete é aberto
- cronômetro ou outro controle para limitar o tempo de operação por período de 8 horas correspondendo às diretrizes de irradiância máxima
- equipamentos de proteção individual, como óculos, luvas, máscara, protetor ou dosímetro
- etiquetas de advertência, instruções de instalação, manual de operação e treinamento.

[3] Com base nos dados, foi determinado que uma dose de 22mJ / cm2 resultará em uma redução de 99,9999% (6-log) em 25 segundos.
[4] Doses de UV-C de apenas 3,7 mJ / cm2 foram suficientes para atingir 99,9% (3-log) de inativação, e a inibição completa de todas as concentrações virais foi observada com 16,9 mJ/cm2.

© Global Lighting Association 2020

Assim como toda interação humana - máquina, fontes e produtos de desinfecção UV-C e seus ambientes de aplicação devem ser corretos para serem seguros. Para mais informações veja *Global Lights Association Position Statement on Germicidal UV-C Irradiation: UV-C Safety Guidelines [1]*.

4 FONTES DE LUZ DE DESINFECÇÃO UV-C

A fonte de radiação é o núcleo de qualquer dispositivo de desinfecção UV-C. A fonte de radiação determina o mecanismo e a eficácia da inativação de microrganismos. As fontes de UV-C incluem lâmpadas de mercúrio, lâmpadas de xenônio pulsado, lâmpadas de excimer, LEDs UV-C e lasers UV-C. As fontes de radiação comuns são descritas abaixo e resumidas no Apêndice A.

4.1 Lâmpadas de mercúrio de baixa pressão

Devido à sua alta eficiência, baixo custo e maturidade técnica, as lâmpadas de mercúrio de baixa pressão (LPMs) são fontes de UV-C amplamente adotadas e empregadas na desinfecção e esterilização. Os LPMs são preenchidos com um gás raro, tipicamente argônio a 2-5 Torr (250-700 Pa) de pressão, com alguns mTorr (0,5-5 Pa) de vapor de mercúrio. À temperatura ambiente, o mercúrio tem a pressão de vapor mais alta de qualquer um dos elementos adequados para a produção de radiação UV-C. O espectro típico de LPMs consiste em duas linhas de ressonância de mercúrio em UV, entre as quais a eficiência radiante de 254 nm pode chegar a mais de 50% para produtos de potência normal, enquanto cerca de 30% para lâmpadas de alta potência acima de 300 W. Outra linha de ressonância forte em 185 nm, cuja eficiência ocorre em torno de um quinto de 254 nm, também pode ser aplicado para desinfecção, mas pode causar produção de ozônio devido à sua alta energia de fótons. Portanto, existem dois tipos de UV-C LPMs: lâmpadas UV-C de 254 nm e lâmpadas UV-C de 185 nm que emitem ambas as linhas. O contorno e a geometria dos LPMs UV-C germicidas são semelhantes aos das lâmpadas fluorescentes comumente usadas na iluminação geral.

4.2 Lâmpadas de mercúrio de média e alta pressão

Lâmpadas de mercúrio de média e alta pressão, que podem emitir uma base espectral contínua sobreposta a muitas linhas atômicas de mercúrio e argônio, são geralmente usadas em reações fotoquímicas. As linhas de ressonância de mercúrio de 185 e 254 nm são principalmente absorvidas na descarga, de modo que as transições excitadas por radiação ocorrem entre níveis de energia mais elevados. Isto resulta em linhas fortes como 313, 365, 405, 436, 546 e 578 nm. Por causa da densidade de alta potência de 0,5-20 kW aplicada à lacuna dos eletrodos de 0,2-2 m, a radiação UV-C de 250-280 nm em lâmpadas de mercúrio de média pressão (MPMs) é forte o suficiente para ação germicida. No entanto, seu alto calor pode exigir sistemas de resfriamento adicionais, o que aumenta o custo do equipamento e o risco de segurança. Por essas razões, os MPMs têm sido utilizados principalmente em sistemas de esterilização de grande volume de água.

4.3 Lâmpadas de xenônio acionadas por pulsação

As lâmpadas de xenônio acionadas por pulsação, comumente chamadas de luz pulsada intensiva (IPL), são fontes de descarga de alta intensidade cuja potência transiente pode atingir mais de 50 kW, levando a uma intensidade muito alta em um único pulso. O espectro completo das lâmpadas de xenônio cobre o espectro do ultravioleta ao infravermelho curto. Essa radiação tem uma base contínua forte com linhas atômicas em torno de 275 nm, que pode ser aplicada para uso germicida. O IPL tem se mostrado eficaz para desinfecção de ar, superfícies e alimentos [7-10]. Acredita-se que tanto o efeito fototérmico quanto o fotoquímico UV resultam na inativação de microrganismos. As vantagens incluem um tratamento rápido e eficaz, sem resíduos químicos e sem odor peculiar.

© Global Lighting Association 2020

No entanto, como MPMs, alto consumo de energia e requisitos críticos de dissipação de calor limitam a aplicação do IPL.

4.4 Lâmpadas Excimer

Fontes de excímer são comumente referidas como lâmpadas de excímer, lâmpadas de exciplex ou, mais geralmente, excilamps. Elas podem produzir um espectro relativamente estreito de radiação ultravioleta e radiação ultravioleta em vácuo de moléculas de excimer. Recentemente, excilamps de KrCl que podem fornecer radiação de banda estreita de 222 nm ganharam atenção como consequência de alguns relatórios COVID-19 afirmando que esta radiação ultravioleta C pode inativar com eficiência micro organismos e vírus sem prejudicar a pele e olhos de mamíferos expostos [11 -14]. Isso sugere o potencial de excilamps em luminárias abertas para desinfecção de ar e superfície.

Com lâmpadas excímer de KrCl de 222 nm filtradas, uma irradiância monocromática de 222 nm pode ser usada no espaço ocupado dentro dos parâmetros de projeto apropriados e observando as diretrizes de segurança publicadas. Estudos utilizando níveis de exposição muito mais altos do que as diretrizes de segurança atuais foram publicados recentemente [15-17]. Mais pesquisas estão em andamento para avaliar melhor os efeitos fisiológicos humanos da exposição à irradiância de 222 nm.

O efeito de inativação de lâmpadas de excímer de KrCl de 222 nm contra vírus corona sazonais foi confirmado. O efeito de inativação contra o SARS-CoV-2 está atualmente sob investigação.

O design da lâmpada excimer influenciará o grau de preocupação com o ozônio.

4.5 LEDs UV

Como fontes de luz de estado sólido, os LEDs UV são promissores em várias aplicações especiais de UV e têm sido um foco de pesquisa nos últimos anos. Grandes avanços ocorreram recentemente com a tecnologia LED UV-A em 365 nm ou abaixo, levando à produção em massa. No entanto, por causa das propriedades germicidas limitadas da radiação UV-A, elas são recomendadas para foto-catálise UV-A / TiO2 [15-18], em vez de serem empregados exclusivamente na maioria das aplicações de desinfecção ou esterilização [19-21]. LEDs UV curtos (DUV), incluindo LEDs UV-B (280-315 nm) e LEDs UV-C (<280 nm), são altamente eficazes na inativação de micro organismos [22-31], mas existem poucas aplicações práticas devido ao baixa eficiência, baixo consumo de energia e alto custo. Espera-se que os LEDs DUV ganhem destaque devido às vantagens, como alta flexibilidade associada à geometria, tamanho e comprimentos de onda combinados selecionáveis [32-36]. A tecnologia de oxidação avançada (AOT) baseada em LEDs UV se tornou outra tendência de pesquisa para desinfecção e esterilização [37-40]. Quando os obstáculos tecnológicos forem superados, o crescimento pode ser esperado para LEDs UV curtos em aplicações germicidas.

5 PRODUTOS E APLICAÇÕES UV-C

A irradiância UV-A, UV-B e UV-C pode inativar micro organismos como bactérias, esporos bacterianos, fungos e leveduras. Além disso, a irradiância UV-C também pode inativar os vírus. Cada tipo de organismo e vírus requer uma dose específica para inativação.

Os produtos UV-C são usados para desinfecção de ar, água e superfície em ambientes industriais, comerciais, médicos, públicos e residenciais. Compreender o uso e o ambiente da aplicação UV-C é fundamental para aplicar as precauções de segurança adequadas e o treinamento do pessoal necessário para operar e manter o equipamento UV-C (consulte *a Declaração de Posição sobre Irradiação UV-C Germicida: Diretrizes de Segurança UV-C).*

© Global Lighting Association 2020

5.1 Desinfecção do ar

O ar interno retido ou recirculado contém micro organismos e vírus. Esses contaminantes se espalham por todo o edifício e podem infectar os residentes e causar doenças.
Esses contaminantes e as infecções transmitidas pelo ar associadas podem ser consideravelmente reduzidos pela aplicação de irradiação germicida UV-C com acessórios abertos, parcialmente abertos ou fechados. Os produtos usados para desinfecção do ar são normalmente encontrados em ambientes comerciais e públicos.

5.1.1 Instalações abertas

A desinfecção do ar com equipamentos UV-C abertos é um método simples e eficaz, mas os ocupantes do local devem ser protegidos contra irradiâncias perigosas. Em ambientes comerciais e públicos, este método é, portanto, usado principalmente em locais onde o acesso dos ocupantes é controlado - o chamado local de acesso controlado. Em ambientes profissionais, os ocupantes devem usar equipamentos de proteção individual (EPI).

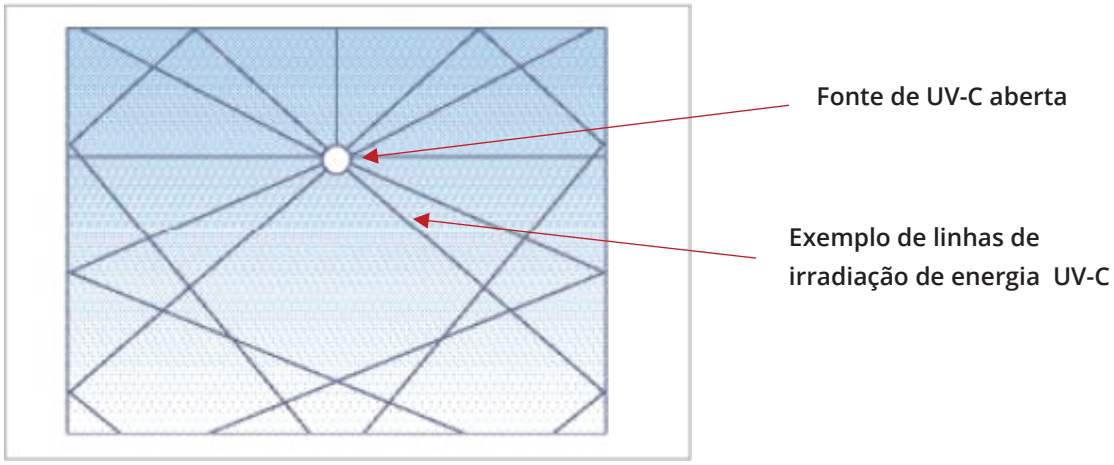


Fig 2. Representação gráfica da irradiância de fonte UV-C aberta em um local fechado de acesso controlado

5.1.2 Equipamentos parcialmente abertos

A desinfecção do ar com equipamentos UV-C parcialmente abertos divide o local em uma área superior onde ocorre a desinfecção e uma área inferior onde os ocupantes podem estar presentes sem serem expostos a irradiâncias perigosas. Um exemplo típico de equipamentos parcialmente abertos é um dispositivo de ar superior onde a fonte de UV-C é direcionada acima de um plano horizontal.

© Global Lighting Association 2020

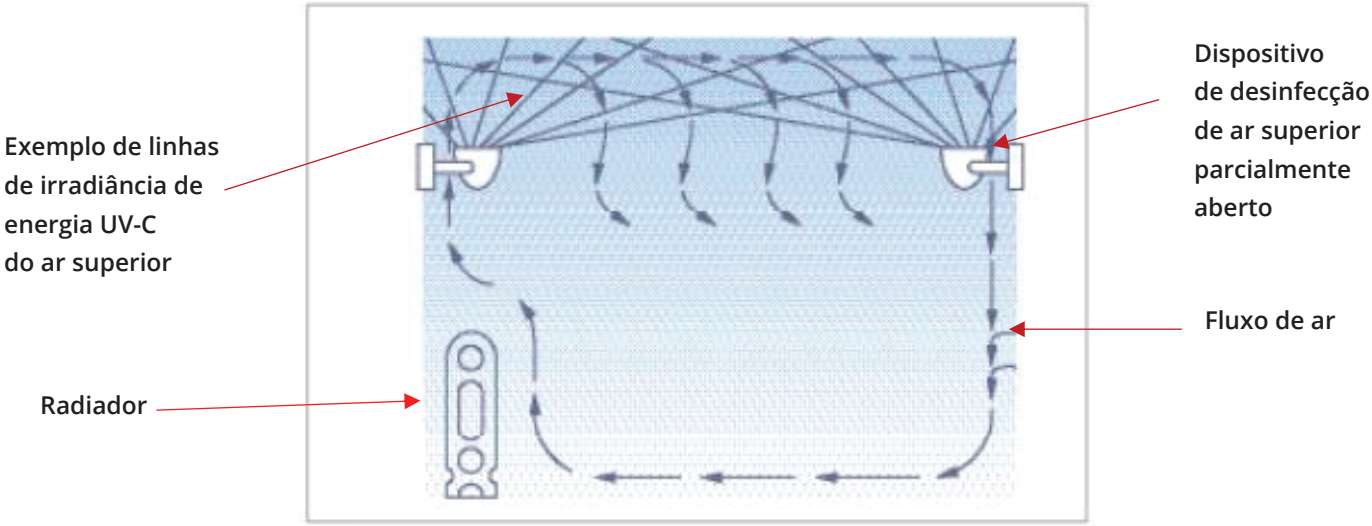


Fig 3. Representação gráfica da aplicação em instalação de desinfecção com o ar no espaço superior parcialmente aberto

5.1.3 Instalações fechadas

A desinfecção do ar com equipamentos completamente fechados tem a vantagem de os ocupantes não serem expostos a irradiâncias perigosas. Exemplos típicos são gabinetes fechados e sistemas HVAC com uma fonte UV-C integrada.

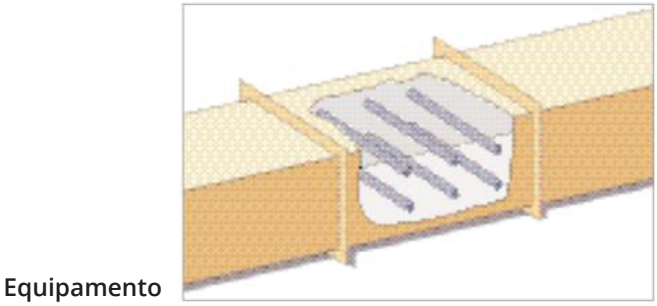


Fig 4. Representação gráfica de fontes de UV-C em um sistema HVAC completamente fechado

5.2 Desinfecção de água

Uma grande variedade de micro organismos na água pode causar doenças, especialmente para os muito jovens e idosos, que podem ter o sistema imunológico mais fraco. A irradiância UV-C fornece desinfecção da água sem a adição de produtos químicos que podem produzir subprodutos prejudiciais e adicionar sabor desagradável à água. Os benefícios adicionais incluem fácil instalação, baixa manutenção e requisitos mínimos de espaço.

Os sistemas de desinfecção de água UV-C são principalmente sistemas fechados onde o contato direto entre a fonte UV-C (lâmpada) e a água é evitado por uma luva de quartzo transparente UV-C ou politetrafluoroetileno (PFTE).

As aplicações típicas incluem desinfecção de:

- água potável (incluindo refrigeradores de água, distribuidores, máquinas de café)
- água processada
- piscinas
- viveiros de peixes e aquários

© Global Lighting Association 2020

- águas residuais

A qualidade da água tem um efeito importante no desempenho dos sistemas UV-C. Os fatores comuns que devem ser considerados são os níveis de ferro, dureza, concentração total de sólidos suspensos e a transmitância de UV. Vários compostos orgânicos e inorgânicos podem absorver UV-C, reduzindo a eficácia da desinfecção.

A desinfecção UV-C da água é encontrada principalmente em ambientes industriais, públicos e residenciais.

5.3 Desinfecção de superfície

As aplicações de desinfecção de superfície UV-C, como as aplicações de desinfecção do ar, podem ser por aplicação de irradiação germicida UV-C com equipamentos abertos, parcialmente abertos ou fechados.

A desinfecção de superfície por UV-C só tem sucesso se uma superfície lisa for exposta à irradiância direta de UV-C. Microrganismos e vírus em reentrâncias em uma superfície rugosa provavelmente não serão desativados pela irradiância UV-C indireta.

Na prática, superfícies sólidas, materiais granulares e embalagens (sejam de plástico, vidro, metal, papelão, folha etc.) são purificados ou mantidos por meio de irradiação direta intensiva.

As superfícies ásperas, por outro lado, podem ser melhor tratadas com comprimentos de onda curtos de UV-C que produzem ozônio, uma vez que o ozônio tóxico pode penetrar nas reentrâncias e nos tecidos do material e desativar os microrganismos e vírus. O ozônio tóxico só pode ser usado em gabinetes / câmaras fechadas.

A desinfecção de superfícies é usada em ambientes industriais e públicos. Gabinetes e câmaras fechadas também podem ser usados para desinfecção de superfícies em ambientes residenciais, pois são projetados com travas de segurança para evitar a exposição aos raios UV-C.

6 RESUMO E CONCLUSÕES

A pandemia COVID-19 criou uma necessidade urgente de ferramentas eficazes para desinfetar o ar, a água e as superfícies para combater a propagação do vírus SARS-CoV-2. Ferramentas desenvolvidas para combater a propagação desse vírus podem ser usadas para neutralizar vírus e outros micro organismos.

Os produtos UV-C que produzem irradiação espectral apropriada podem ser armas poderosas no combate a micro organismos e vírus que põem em perigo a saúde humana. A irradiação UV-C apropriada com tempo de exposição suficiente pode produzir uma dose eficaz para inativar vírus e micro organismos. A análise específica da aplicação deve ser realizada para garantir a eficácia de qualquer produto UV-C. Além disso, os produtos UV-C podem ser usados em combinação com outras ferramentas de desinfecção (UV-A / B, produtos químicos etc.) para produzir níveis mais elevados de desinfecção.

O uso de produtos UV-C requer um alto grau de segurança. A Global Lighting Association abordou as questões de segurança para esses produtos com a publicação de suas Diretrizes de Segurança UV-C. Isso foi feito para fornecer um roteiro para a padronização de segurança e promover o uso seguro de produtos UV-C em todo o mundo.

O Apêndice B contém uma lista de padrões e regulamentos conhecidos que governam dispositivos UV-C em países e regiões selecionados. Esta lista não é exaustiva e tem como objetivo fornecer informações adicionais conhecidas no momento da publicação. A Global Lighting Association incentiva os leitores a investigarem os padrões e regulamentos do país ou região de interesse.

© Global Lighting Association 2020

Por sua natureza, produtos UV-C eficazes devem geralmente ser especificados, instalados e operados por profissionais treinados. A Global Lighting Association não recomenda o uso pelo consumidor sem uma consideração cuidadosa e total compreensão das questões de segurança.

Deve-se observar que os reguladores estão tendo grande interesse em produtos que afirmam curar ou eliminar o vírus SARS-CoV-2. Os reguladores nacionais de saúde tomaram medidas contra indivíduos e empresas que fazem tais alegações onde não existe aprovação oficial para dispositivos ou curas.[5]

Os consumidores devem ser alertados de que a urgência de desinfecção criada pela pandemia de COVID-19 viu muitos produtos UV-C serem comercializados abertamente ao público. Muitos desses produtos podem não fornecer proteções adequadas contra exposição e podem ser mal aplicados, principalmente em ambientes residenciais. Os consumidores devem ser informados sobre as normas, regulamentos, orientações e precauções de segurança ao comprar e usar produtos UV-C.

Em conclusão, o UV-C pode inativar microrganismos malignos e vírus com segurança, aplicando medidas de segurança apropriadas. **Conforme observado no Prefácio deste documento, os resultados da pesquisa inicial demonstram que o UV-C também neutraliza o vírus SARS-CoV-2.**

As publicações da Global Lighting Association sobre esses dispositivos serão atualizadas conforme novas informações forem disponibilizadas e podem ser acessadas na seção Biblioteca do site da Associação - www.globallightingassociation.org.

7 REFERÊNCIAS

[1] *GLA Position Statement on Germicidal UV-C Irradiation – UV-C SAFETY GUIDELINES*, https://www.globallightingassociation.org/images/files/publications/Media_Release_-_Global_Lighting_Association_Releases_Safety_Guidelines_for_UV-C_Devices.pdf

[2] CIE 155 (2003) Ultraviolet air disinfection

[3] Decontamination and Reuse of Filtering Facepiece Respirators, https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html

[4] Livingston SH, Cadnum JL, Benner KJ, Donskey CJ (2020) Efficacy of an ultraviolet-A lighting system for continuous decontamination of health care-associated pathogens on surfaces. Am. J. Infect. Control 48: 337-339. https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(19)30746-1/pdf

[5] 'Irradiation with UV light kills SARS-CoV-2', *NEWS Medical*, June 8 2020 https://www.news-medical.net/news/20200608/Irradiation-with-UV-light-kills-SARS-CoV-2.aspx

[6] Rutala R, Kanamori J, Gergen MF, Sickbert-Bennet EE, Sexton DJ, Anderson DJ, Laux J, Weber DJ (2018) Antimicrobial activity of a continuous visible light disinfection system. Infect. Control & Hosp. Epidem. 39: 1250-1253. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30160225

[5] Veja por exemplo https://www.tga.gov.au/publication/tga-instructions-disinfectant-testing released by the Therapeutic Goods Administration (TGA) of the Australian Government's Department of Health. For one of TGA's enforcement actions see: https://www.tga.gov.au/media-release/pete-evans-company-fined-alleged-covid-19-advertising-breaches

© Global Lighting Association 2020

[7] Murrell LJ, Hamilton EK, Johnson HB, Spenser M (2019) Influence of a visible-light continuous environmental disinfection system on microbial contamination and surgical site infections in an orthopedic operating room. Am. J. Infect. Control 47: 804-810. https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(18)31146-5/pdf

[8] Wekhof A. Disinfection with flash lamps [J]. PDA J Pharmaceut Sci Technol, 2000, 4 (3): 264–267.

[9] Takeshita K, Yamanaka H, Sameshima T, et al. Sterilization effect of pulsed light on various microorganisms [J]. Journal of Antibacterial & Antifungal Agents Japan, 2002, 30.

[10] Wang T, MacGregor SJ, Anderson JG., et al. Pulsed ultra-violet inactivation spectrum of Escherichia coli [J]. Water Research, 2005, 39 (13): 2921–2925.

[11] Bhavya M L, Umesh Hebbar H. Pulsed light processing of foods for microbial safety [J]. Food Quality and Safety, 2017, 1 (3): 187–201.

[12] Welch D, Buonanno M, Grilj V, et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases [J]. Scientific Reports, 2018, 8: 2752, pp 1–7.

[13] Yamano N, Kunisada M, Kaidzu S, et al. Long-term effects of 222 nm ultraviolet radiation C sterilizing lamps on mice susceptible to ultraviolet radiation [J]. Photochemistry and Photobiology, 2020. (open access)

[14] Ushio. White Paper: Care 222® in the workplace: Testing effectiveness of long-range surface infection prevention.

[15] IES Committee Report: Germicidal Ultraviolet (GUV) – Frequently Asked Questions. IES CR-2-20-V1, 2020-04-15.

[16] Sachiko Kaidzu, Kazunobu Sugihara, Masahiro Sasaki, Aiko Nishiaki, Tatsushi Igarashi & Masaki Tanito (2019) Evaluation of acute corneal damage induced by 222-nm and 254-nm ultraviolet light in Sprague–Dawley rats, Free Radical Research, 53:6, 611-617, DOI:10.1080/10715762.2019.1603378

[17] Narita K, Asano K, Morimoto Y, Igarashi T, Nakane A (2018) Chronic irradiation with 222-nm UVC light induces neither DNA damage nor epidermal lesions in mouse skin, even at high doses. PLoS ONE 13(7): e0201259. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201259

[18] Manuela Buonanno, David Welch, Igor Shuryak & David J. Brenner Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses, Scientific Reports, 2020, 10:10285 | https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2

[19] Xiong P, Hu J. Inactivation/reactivation of antibiotic-resistant bacteria by a novel UVA/LED/TiO2 system [J]. Water Research, 2013, 47 (13): 4547–4555.

[20] Biancullo F, Moreira N F F, Ribeiro A R. Heterogeneous photocatalysis using UVA-LEDs for the removal of antibiotics and antibiotic resistant bacteria from urban wastewater treatment plant effluents [J]. Chemical Engineering Journal, 2019, 367: 304–313.

[21] Huang G, Ng Tsz-Wai, Chen H, et al. Formation of assimilable organic carbon (AOC) during drinking water disinfection: A microbiological prospect of disinfection by-products [J]. Environment International, 2020, 135. (open access)

© Global Lighting Association 2020

[22] Ramesh T, Yaparatne S, Tripp C P, et al. Ultraviolet Light-Assisted Photocatalytic Disinfection of Escherichia coli and Its Effects on the Quality Attributes of White Grape Juice [J]. Food Bioprocess Technology, 2018, 11: 2242–2252.

[23] Mori M, Hamamoto A, Takahashi A, et al. Development of a new water sterilization device with a 365 nm UV-LED [J]. Medical and Biological Engineering and Computing, 2007, 45 (12): 1237–41.

[24] Ragolta C. Pilot study for UVA-LED disinfection of escherichia coli in water for space and earth applications. https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20100031695

[25] Tsunedomi A, Miyawaki K, Masamura A, et al. UVA‐LED device to disinfect hydroponic nutrient solution [J]. The Journal of Medical Investigation, 2018, 65 (3–4): 171–176.

[26] Chatterley C, Linden KG. Demonstration and evaluation of germicidal UV-LEDs for point-of-use water disinfection [J]. Journal of Water and Health, 2010, 8 (3): 479–486.

[27] Lui G Y, Roser D, Corkish R, et al. Point-of-use water disinfection using ultraviolet and visible light-emitting-diodes [J]. Science of the Total Environment, 2016, 553: 626–635.

[28] Vilhunen S M S. Recent developments in photochemical and chemical AOPs in water treatment: a mini-review [J]. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2010, 9: 323–330.

[29] Wurtele M A, Kolbe T, Lipisz M, et al. Application of GaN-based ultraviolet-C light emitting diodes UV LEDs for water disinfection [J]. Water Research, 2011, 45: 1481–1489.

[30] Sholtes K A, Lowe K, Walters G W, et al. Comparison of ultraviolet light-emitting diodes and low-pressure mercury-arc lamps for disinfection of water [J]. Environmental Technology, 2016, 37 (17): 2183–2188.

[31] Rattanakul S, Oguma K. Inactivation kinetics and efficiencies of UV-LEDs against Pseudomonas aeruginosa, Legionella pneumophila, and surrogate microorganisms [J]. Water Research, 2018, 130: 31–37.

[32] Kim D K, Kim S J, Kang D H. Inactivation modeling of human enteric virus surrogates, MS2, Qβ, and ΦX174, in water using UVC-LEDs, a novel disinfecting system [J]. Food Research International, 2017, 91: 115–123.

[33] Nunayon S S, Zhang H H, Lai A C K. Comparison of disinfection performance of UVC-LED and conventional upper-room UVGI systems [J]. Indoor Air, 2020, 30: 180–191.

[34] Mathebula T, Leuschner F W, Chowdhury S P. The Use of UVC-LEDs for the Disinfection of Mycobacterium Tuberculosis [C]// 2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica, Cape Town, 2018, pp. 739–744.

[35] Ali S, Yui S, Muzslay M, et al. Comparison of two whole-room ultraviolet irradiation systems for enhanced disinfection of contaminated hospital patient rooms [J]. Journal of Hospital Infection, 2017, 97 (2): 180–184.

[36] Green A, Popović V, Pierscianowski J, et al. Inactivation of Escherichia coli, Listeria and Salmonella by single and multiple wavelength ultraviolet-light emitting diodes [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2018, 47: 353–361.

© Global Lighting Association 2020

[37] Sholtes K, Linden K G. Pulsed and continuous light UV LED: microbial inactivation, electrical, and time efficiency [J]. Water Research, 2019, 165: 114965.

[38] Woo H, Beck S E, Boczek LA, et al. Efficacy of Inactivation of Human Enteroviruses by Dual-Wavelength Germicidal Ultraviolet (UV-C) Light Emitting Diodes (LEDs) [J]. Water, 2019, 11: 1131, pp1–8.

[39] Song K, Taghipour F, Mohseni M. Microorganisms inactivation by wavelength combinations of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs) [J]. Science of the Total Environment, 2019, 665: 1103–1110.

[40] Hull N M, Linden K G. Synergy of MS2 disinfection by sequential exposure to tailored UV wavelengths [J]. Water Research, 2018, 143: 292–300.

[41] Rattanakul S, Oguma K. Analysis of hydroxyl radicals and inactivation mechanisms of bacteriophage MS2 in response to a simultaneous application of UV and chlorine [J]. Environmental Science & Technology, 2016, 51 (1): 455–462.

[42] Sun P, Tyree C, Huang CH. Inactivation of Escherichia coli, bacteriophage MS2, and Bacillus spores under UV/H2O2 and UV/Peroxydisulfate advanced disinfection conditions [J]. Environmental Science & Technology, 2016, 50 (8): 4448–4458.

[42] Chuang Y H, Chen S, Chinn C J, et al. Comparing the UV/monochloramine and UV/free chlorine advanced oxidation processes (AOPs) to the UV/hydrogen peroxide AOP under scenarios relevant to potable reuse [J]. Environmental Science & Technology, 2017, 51 (23): 13859–13868.

[43] Li G Q, Huo Z Y, Wu Q Y, et al. Synergistic effect of combined UV-LED and chlorine treatment on Bacillus subtilis spore inactivation [J]. Science of the Total Environment, 2018, 639: 1233–1240.

© Global Lighting Association 2020

Anexo A

Desempenho típico da várias fontes de radiação UV

Fontes de radiação UV	Espectro	Eficácia de radiação das fontes			Eficácia do equipamento	Eficácia da potência	Eficácia do equipamento			Potência da fonte
		UV-C	UV-B	UV-A			UV-C	UV-B	UV-A	(W)
LPM	Linhas maior em 254 nm	55.30%	2.80%	1.90%	0.6	0.8	29.90%	1.50%	1.00%	4-800
HPM	Linhas contínuas maior em 365 nm	3.40%	3.20%	5.20%	0.6	0.7	1.70%	1.60%	2.70%	500-20000
Lâmpada PL Xe	Contínua	0.50%	0.50%	1.50%	0.6	0.7	0.20%	0.30%	0.70%	10~50000
Eximer KrCl	Banda estreita de 222 nm FWHM 2~3 nm	4~10%	-	-	0.6	0.7	1.6~4%	-	-	20~1000
LED UV-A	Banda FWHM ~10nm	-	-	30~40%	0.9	0.9	-	-	24%~32%	1-36 (chip)
LED DUV	Banda FWHM ~10nm	<3%	<3%	-	0.9	0.9	<2.4%	<2.4%	-	0.1~3 (chip)

APPENDIX B

Standards and Regulations Governing UV-C Devices in Selected Countries and Regions

The following is not an exhaustive list and is intended as a guide only. Readers should undertake their own investigations to determine a comprehensive list of relevant standards and agencies.

Australia

Standards

AS/NZS 3100

AS/NZS 60335

AS/NZS 2500

Regulatory agency/agencies

Therapeutic Goods Administration

State and Territory electrical safety regulators

Brazil

Standards

ABNT NBR 60335 Segurança de aparelhos eletrodomésticos e similares

ABNT NBR 16248 Proteção ocular pessoal — Filtros para radiação ultravioleta — Requisitos de transmitância e recomendações de uso

ABNT NBR 16695 Vestuário – fator de Proteção ultravioleta – Requisitos e métodos de ensaio

IEC and CIE standards apply when ABNT standards are not available.

Regulatory agency/agencies

Products related to people's health must follow National Health Surveillance Agency rules.

China

Standards

GB/T 32092-2015

GB/T 19258-2012

Regulatory agency/agencies

National Health Commission

European Union

Standards

EN 62471:2008 Photobiological safety of lamps and lamp systems

EN 60598-1:2015/A1:2018 Luminaires - Part 1: General requirements and tests (EN 60598 series may be used as the basis for risk assessment considering mechanical, electrical and thermal safety)

EN 14255-1:2005 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace

EN 14255-4:2006 - Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 4: Terminology and quantities used in UV-, visible and IR-exposure measurements

ISO 12609-2 - Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for cosmetic and medical applications - Part 2: Guidance for use

ISO 15858:2016 UV-C Devices — Safety information — Permissible human exposure

Legislation

DIRECTIVE 2006/25/EC (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0025&from=EN)

India

Standards

IS 16108 Photobiological Safety of Lamp and Lamp Systems

Japan

Standards

JIS C 7605: 2011 Germicidal lamps

JIS C 9335-2-27: 2020 Household and similar electrical appliance -Safety
Part 2-27: Particular requirements for appliances for skin exposure to optical radiation (equivalent to IEC60335-2-27)

JIS Z 8811: 1968 Measuring Methods of Ultra-Violet Rays for Sterilisation

JIS Z 8812: 1987 Measuring Methods of Eye-hazardous Ultraviolet Radiation

Regulatory agency/agencies

The National Institute for Environmental Studies conducts research into the health effects of ultraviolet rays.

Some manufacturers of UV-C products observe CDC (Centers for Disease Control and Prevention) and WHO guidelines.

© Global Lighting Association 2020

New Zealand

Standards

AS/NZS 3100

AS/NZS 60335

AS/NZS 2500

Regulatory agency/agencies

UV-C device safety - Ministry of Business Innovation and Employment - Worksafe NZ

UV-C radiation use for non-medical purposes - No regulator or regulation

Taiwan

Standards

CNS 15592 C4529: Photobiological safety of lamps and lamp systems (equivalent to IEC62471)

CNS 2657 C4063: Low-Voltage Mercury Discharge Tube (for Germ Killing)

Regulatory agency/agencies

No regulatory agency for UV germicide irradiation. Some safety guidelines for germicidal lamps for medical use are the responsibility of Taiwan Center for Disease Control.

United Kingdom

Standards

BS EN 60598EN 62471:2008 Photobiological safety of lamps and lamp systems

EN 60598-1:2015/A1:2018 Luminaires - Part 1: General requirements and tests

EN 14255-1:2005 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical

radiation - Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace

EN 14255-4:2006 - Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical

radiation - Part 4: Terminology and quantities used in UV-, visible and IR-exposure measurements

ISO 12609-2 - Eyewear for protection against intense light sources used on humans and animals for

cosmetic and medical applications - Part 2: Guidance for use

Regulatory agency/agencies

Department for Business, Energy and Industrial Strategy

Office for Product Safety and Standards

© Global Lighting Association 2020

United States

Standards

IEC 62471:2006 (https://webstore.iec.ch/publication/7076)

ICNIRP (https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPUV2004.pdf)

ACGIH (https://www.acgih.org/forms/store/ProductFormPublic/ultraviolet-radiation-tlv-r-physical-agents-7th-edition-documentation)

IES RP-27

21 CFR 1002.20 - Reporting of Accidental Radiation Occurrences
http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=1002.20

21 Part 1003 Notification of Defects or Failure to Comply
http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=1003

21 Part 1004 Repurchase, Repairs, or Replacement of Electronic Products
http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=1004

Regulatory agency/agencies

Food and Drug Administration

Environmental Protection Agency

© Global Lighting Association 2020