

## OS BENEFÍCIOS DA IONIZAÇÃO RADIANTE CATALÍTICA EM UM AMBIENTE HOSPITALAR ARTIFICIALMENTE CLIMATIZADO

Vilson Luiz Almeida Machado – vilsontr@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica do Estado do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica, <https://www.pucrs.br/politecnica/>

F2 – Os Benefícios da Ionização Radiante Catalítica em um ambiente artificialmente climatizado

**Resumo.** *Construiu-se este presente trabalho com o objetivo de aplicação e averiguação dos benefícios do uso de Ionização Radiante Catalítica (IRC) em um ambiente hospitalar artificialmente climatizado, sem tomada de ar exterior, no intervalo de 0h a 96h, cujas concentrações microbiológicas foram delineadas por meio de análise do ar ambiente do recinto de estudo e controle, no qual o ambiente de estudo era provido vinte e quatro horas por dia pelos mais diversos protocolos emergenciais preventivos a pacientes imunossuprimidos. A coleta das amostras de concentração de bactérias e fungos foi realizada no intervalo de aplicação IRC de 0h, 01h, 02h, 03h, 24h, 48h e 96h através de impactação de ar por bomba de sucção na sala de exames do Tomógrafo I (com a utilização do equipamento de ionização radiante catalítica – IRC), e, na sala de espera, cujo ambiente climatizado fora também analisado, sobretudo, sem a utilização da tecnologia ativa do equipamento de purificação de ar. O modelo experimental adotado foi essencial para observar os resultados em condições controladas e conhecidas pelo investigador. Os dados de contagem do número de colônias por metro cúbico de ar climatizado ao término do período de incubação, evidenciaram reduções significativa no ambiente de estudo em comparação ao de controle, uma vez que acabou por mitigar consideravelmente a contagem de agentes microbiológicos no decorrer das horas de aplicação IRC. Não obstante, concluiu-se que a IRC foi um método eficaz de redução de contagem fúngica e bacteriana no ambiente estudado. Todavia, a atuação da tecnologia ativa de purificação de ar seria ainda mais eficaz se a porta do Tomógrafo permanecesse fechada no intervalo dos exames, visto que à medida que se encerrava cada sessão, a porta era aberta, e, por conseguinte havia diluição considerável do ar interior.*

**Palavras-chave:** *Artificialmente climatizado, Ionização radiante catalítica, Purificação de ar ativa, Qualidade do ar interior.*

### 1. INTRODUÇÃO

O atual cenário pandêmico traz à tona o quão importante é a qualidade do ar em nossas vidas, principalmente tratando-se de ar artificialmente climatizado, uma vez que grande parte das pessoas destina suas horas de vida em locais fechados, cujo ar é mecanicamente aclimado. Agências bancárias, hospitais, supermercados, hotéis, clínicas odontológicas, universidades, laboratórios, salas comerciais, escolas e demais ambientes afins, contextualizam o cenário de nossa rotina. Até mesmo, crises sanitárias parecem não ser o suficiente para elucidar a importância e conscientização das partes no que tange a qualidade do ar interior no segmento Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Atualmente, mesmo com a disponibilidade de normas, portarias e legislações específicas do nicho AVAC, projetos de sistemas de ar condicionado central são concebidos, por exemplo, sem renovação de ar, ou, recintos fechados com instalação de mini *split's*, promovem apenas a recirculação do ar climatizado, favorecendo a disseminação de patógenos e contribuindo para uma má qualidade do ar interior.

O ar interior climatizado, se não tratado, tende a ser um inimigo intangível, uma vez que esse fluido é capaz de carregar partículas com microrganismos patógenos, cujos malefícios são extremamente suscetíveis ao nosso organismo. Este segmento é tão importante, que profissionais do setor foram chamados para contribuir com a redução dos efeitos da pandemia causada pelo Coronavírus (COVID-19), mais precisamente, para contribuir tecnicamente à sociedade, elencando as devidas ações preventivas e corretivas no colapso sanitário. À medida que os microrganismos são disseminados em partículas, impreterivelmente é necessário haver uma corrente de ar que garanta a entrada ou troca deste, para assim, as superfícies e o próprio ambiente não serem contaminados em uma maior proporção. Inerente a esta tomada de ar exterior, há a tecnologia passiva, isto é: a captação e tratamento do ar com o processo de filtragem nas unidades evaporadoras. Não obstante às aplicações de tecnologias passivas, coadunam-se às ativas, às quais não substituem os métodos estáticos, mas os complementam.

Segundo Skowron et al. (2018) a tecnologia ativa de Ionização Radiante Catalítica (IRC) é fundamental para mitigar, e, até mesmo observar a contaminação do ar em ambientes hospitalares em virtude de os recintos serem dotados de pacientes com comorbidades, sejam eles imunodeprimidos ou neutropênicos. Por conseguinte, o autor reitera “Muitas superfícies como aço inoxidável, plástico, borracha, vidro orgânico, são usadas em hospitais. Os microrganismos presentes nelas podem se tornar uma fonte de infecções.” (SKOWRON et al., 2018, p. 112)

A composição desta tecnologia, intrinsecamente desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), apesar de não ser tão recente, é pouco difundida no mercado brasileiro, uma vez que os estudos desenvolvidos e aplicados, descendem do *United State of America* (USA), no qual entidades americanas como

Food and Drug Administration (FDA) e Occupational Safety and Health Administration (OSHA) fomentam cientificamente o assunto e a tecnologia para o bem estar social.

Galgado a isto, emana-se o intuito deste estudo de caso, o qual apresenta os benefícios da tecnologia ativa de IRC para a purificação de ar em um ambiente hospitalar dotado de equipamento de ar-condicionado com apenas recirculação, justamente para auxiliar no controle e mitigação de patógenos microbiológicos, ou, inibir a disseminação em uma maior proporção. Consoante a este objetivo, enfatiza-se a importância da conscientização das partes e a performance da tecnologia oriunda para a pesquisa do presente trabalho científico.

## 2. A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM AMBIENTES ARTIFICIALMENTE CLIMATIZADOS

Segundo a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (USEPA) as pessoas passam 90 % do seu tempo em ambientes internos, cuja concentração de poluentes é maior do que em um ambiente externo, fato que comprova a importância da qualidade do ar interior em ambientes artificialmente climatizados.

De acordo com Saldiva (2021), recintos internos climatizados, sem renovação de ar, favorecem a contaminação de patógenos, uma vez que não há diluição de ar, diferentemente de um recinto com tomada de ar exterior. A legislação do código penal brasileiro evidencia dentre suas prerrogativas, a responsabilidade das empresas frente à propagação de agentes patogênicos. (CONJUR, 2020)

“A poluição em ambientes internos é um problema potencialmente mais sério que a poluição em ambientes externos, já que há estimativas de que grande parte das pessoas, principalmente em ambientes urbanos, passa entre 80% e 90% do seu tempo dentro de edifícios.” (SILVA, 2019, p. 231). O autor traz à tona o quão importante é a qualidade do ar interior, visto que a mesma afeta diretamente a saúde, o conforto térmico do recinto climatizado e a performance dos usuários.

Para Ziehe (2014, p. 8):

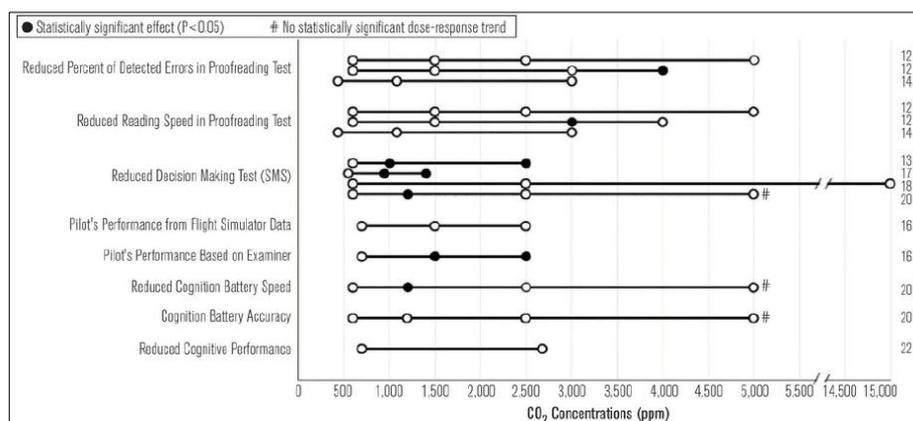
A qualidade do ar em ambientes internos vem recebendo uma crescente atenção no Brasil na última década, e seus efeitos sobre a saúde humana têm sido objeto de intensivos estudos devido à grande diversidade de substâncias químicas, particulados e agentes biológicos encontrados nestes ambientes. Os contaminantes biológicos mais encontrados são principalmente fungos e bactérias.

Há quase duas décadas de publicação, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde Brasileiro, por meio de suas Resoluções RE/ANVISA nº 176 de 24 de Outubro de 2000 e sua própria atualização RE/ANVISA 09/03 de 16 de Janeiro de 2003, já alertavam quanto à importância dos indicadores físico-químicos e microbiológicos, como àqueles responsáveis por determinar a qualidade do ar em sistemas de climatização artificial, tendo como principais fontes em ambientes interiores: serpentinas de evaporadoras, bandejas de condensado, criação de biofilme em superfícies úmidas e etc.

Parâmetros químicos como a equivalência de alta concentração de dióxido de carbono em ambientes aclimados, também contribuem para uma má qualidade do ar interior, fato que impacta na cognição de tomadas de decisões, e, por conseguinte a performance dos usuários destes recintos (FISK; WARGOCKI; ZHANG, 2019, p. 70-71).

A figura 1 demonstra os efeitos significativos da concentração de CO<sub>2</sub> na performance de cognição:

Figura 1 – Associação de concentração de CO<sub>2</sub> com a performance de cognição



Fonte: FISK; WARGOCKI; ZHANG. (2019)

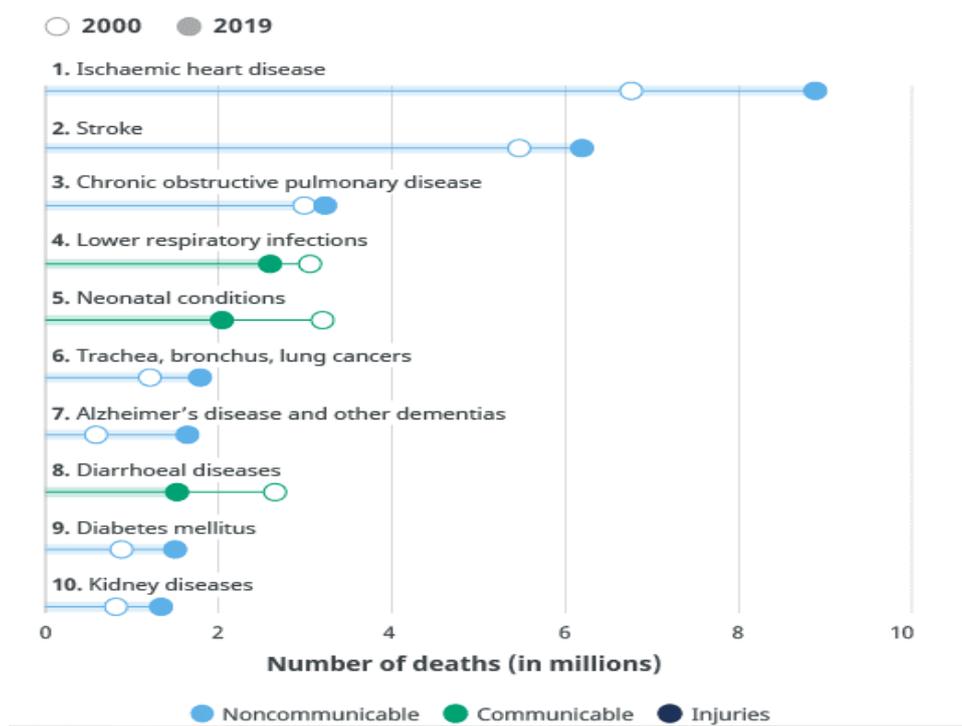
As atribuições técnicas dos padrões referenciais de Qualidade do Ar Interior (QAI) tem como abrangência ambientes de uso público e coletivo e, até, àqueles ambientes de uso restrito, como por exemplo, instalações hospitalares. (ANVISA, 2003).

## 2.1 A recirculação do ar e a proliferação de patógenos em sistemas AVAC

“Condições em sistemas AVAC podem prover o crescimento de bactérias e biofilmes contendo mofo em superfícies úmidas como serpentinas de resfriamento, recipientes de drenagem, paredes do plenum, ventiladores, umidificadores e filtros.” (LEVENTIN, 2001 apud ASHRAE HANDBOOK CHAPTER 62, p. 8). Para a revista científica de medicina *The Lancet* (2020) patógenos virais podem ficar vivos em superfícies no ambiente por até dois dias.

Todavia, o artigo discorre de que “no geral, o SARS-CoV-2 pode ser altamente estável em um ambiente favorável, mas também é suscetível a métodos de desinfecção padrão (THE LANCET, 2020,v1.). De acordo com a OMS (2019), doenças pulmonares obstrutivas e infecções do trato respiratório mataram milhões de pessoas no ano corrente de 2019. A figura 2, elucida a quantidade de mortes, fato que pode apresentar correlação com a má qualidade do ar interior:

Figura 2 – Mortes por doenças pulmonares e infecções do trato respiratório



Fonte: *World Health Organization*. (2019)

## 2.2 A purificação do ar e seus benefícios

No entendimento da ASHRAE (2020, p. 05):

As principais estratégias relacionadas à ventilação são: diluição, padrões de fluxo de ar, pressurização, distribuição e controle de temperatura e umidade, filtragem e outras estratégias, como irradiação germicida ultravioleta (UVGI). Embora o nível exato de eficácia da ventilação varie de acordo com as condições locais e os patógenos envolvidos, a ASHRAE acredita que essas técnicas, quando aplicadas adequadamente, podem reduzir o risco de transmissão de doenças infecciosas por aerossóis.

Conforme a ASHRAE (2020, p. 12) “Todo o espectro ultravioleta (UV) pode matar ou inativar microrganismos, mas a energia UVC (nos comprimentos de onda de 200 a 280 nm) fornece o efeito mais germicida, com 265 nm sendo o comprimento de onda ideal.”

A aplicação de ionização fotocatalítica, também promove o controle de microrganismos patógenos, agindo ativamente àqueles, cujas partículas de meio de transporte não foram retidas nos filtros absolutos.

### 2.3 Ionização Radiante Catalítica

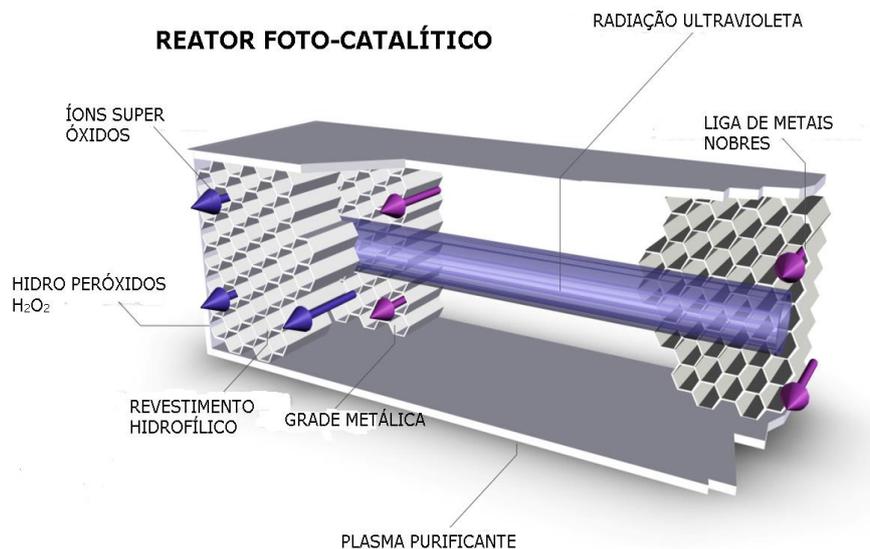
O dispositivo responsável pela purificação de ar ativa com função IRC emana-se de um foto-catalisador, onde o interior é dotado de elementos específicos: lâmpada UV, responsável pela emissão de energia sobre a matriz de liga metálica, cuja composição é patenteada pela NASA, e, a própria liga metálica que é oriunda de quatro metais principais: dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), Ródio (Rh), Prata (Ag) e Cobre (Cu).

As reações do processo de oxidação catalítico produzem os ativadores para a esterilização do ambiente, os chamados radicais hidroxila ( $\text{HO}^*$ ) com funções oxidantes, geradas pelas reações fotocatalíticas (ARAÚJO et al. 2016).

Consoante Araújo et al. (2016) as reações denominadas nos Processos Oxidativos Catalíticos Avançados (POCA) produzem os ativadores essenciais para a esterilização fotoquímica: radicais hidroxilas, radicais hidroperóxilos, íons super óxidos, hidro peróxidos em fase de gás e íons ozônicos.

A figura 3 é um exemplo de reator foto-catalítico.

Figura 3 – Reator Foto-catalítico



Fonte: Ecoquest *International* (2019)

Skowron et al. (2018) evidenciou em seus estudos aplicados à IRC o quão importante é esta técnica de purificação de ar na redução de patógenos, seja em superfícies ou no próprio metro cúbico de ar climatizado. O autor enfatiza de que o peróxido de hidrogênio apresenta excelentes propriedades oxidantes a microrganismos patógenos, e, a principal vantagem é de que esta técnica pode ser utilizada, indiscutivelmente, com a presença de pessoas, diferentemente do oxidante ozônio que consoante à NR 15 (1978, p. 86), o agente químico é limitado à 0,08 ppm até 48h por semana. Para fins de comparação a limites de contaminantes no ar, a OSHA (2017) apresenta limites de exposição de oito horas para ambientes de trabalho, onde o peróxido de hidrogênio é limitado a 1 ppm, e a substância química de ozônio a 0,01 ppm.

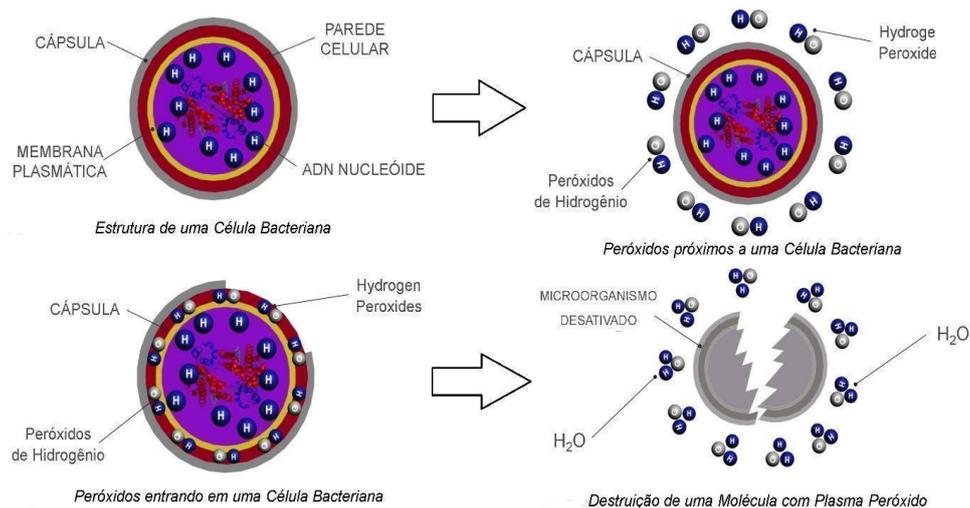
Grinshpun et al. (2007) elucidaram limites específicos de exposição ao ozônio indicando a limitação de exposição por hora em parte por milhão (ppm): 0,2 ppm para duas horas, o *range* de 0,05-0,1 ppm para 8h e 0,05 ppm para ocupações instantâneas.

“A Aplicação de ozônio pode inativar microrganismos viáveis no ambiente, no entanto, a inativação ocorre em concentrações que excedem o padrão aceitável para a saúde e bem estar.” (GRINSHPUN et al., 2007, P.606-612). Nas aplicações científicas de Ortega et al. (2007) a aplicação de IRC foi mais eficaz do que o gerador de ozônio, visto que apresentou redução de contagem microbiana em tempos de exposição mais curtos do que o ozonizador. Ortega et al. (2007) e Skowron et al. (2018) comungam de que a IRC não apresenta toxicidade ao ambiente de aplicação, uma vez que seus subprodutos são água e oxigênio, cujas propriedades não causam danos ocupacionais.

Para Cury (2021) a tecnologia ativa de foto-catálise é uma técnica consolidada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e FDA, cujo ambiente pode ser tratado com ocupação de pessoas. Esse tipo de tecnologia ativa de purificação de ar, previne transmissões ativas de patógenos, mitigando o risco de contaminação, inclusive, pelo Sars-CoV-2, o Covid-19.

Ainda na ótica de Grinshpun et al. (2007), o autor discorre de que a função da IRC é coadunada à purificação fotocatalítica, na qual o fenômeno de radiação ultravioleta e o processo fotocatalisador de  $\text{TiO}_2$  (dióxido de titânio) compõem o plasma do oxidante natural  $\text{H}_2\text{O}_2$ , cujas moléculas gasosas agem ativamente no ambiente. As moléculas gasosas penetram a parede celular do microrganismo, invólucro do patógeno, atravessando a estrutura da célula e causando quebras das ligações químicas, levando à perda da capacidade da célula patógena de se replicar, conforme ilustra a figura 4.

Figura 4 – ação do oxidante peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) na estrutura celular de um patógeno



Fonte: Ecoquest *International*.

### 3. METODOLOGIA APLICADA

Configurou-se a metodologia no que tange à abordagem, uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Quantitativa, posto que a estratégia adotada fora a construção iterativa de uma explicação onde apresentou-se a contagem e variação percentual de colônias presentes nos ambientes impactando na redução, aumento ou neutralização da mitigação dos patógenos a partir da purificação de ar. Para Laville; Dionne (1999 apud GIL, 2002, p.90) “a construção iterativa não requer modelo teórico prévio, o pesquisador elabora a lógica examinando as unidades e inter-relações reunidas.” Há quase cinco décadas atrás Staw (1977 apud ROESCH, 1999) já dizia que a pesquisa quantitativa é apropriada para avaliar mudanças, introduzindo ou não uma ação, se o momento de aplicação é oportuno e se as partes interessadas participarão dos resultados.

Para Malhotra (2001), a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplicar alguma forma de análise estatística. Quanto ao cunho qualitativo “a pesquisa não se dispõe a um modelo teórico de análise, verificar-se-á a observação, reflexão e interpretação à medida que a análise progride.” (GIL, 2002, p. 90). O autor reitera “A análise qualitativa é menos formal que a análise quantitativa, pois envolve a extensão da amostra, natureza dos dados coletados, categorização dos dados, interpretação e a redação de relatório.” (GIL, 2002, p. 133). À medida em que as amostras foram coletadas, e, subsequentemente enviadas ao laboratório, os dados foram redigidos pelo laboratório e avaliados na ótica do investigador, isto é, a observação, interpretação e reflexão entram em ação no que diz respeito ao ponto de vista do pesquisador.

No que tange à natureza, a pesquisa fora aplicada, uma vez que a prática elucidou a abordagem bibliográfica do presente estudo, onde as referências das publicações dos autores sustentam a parcialidade do conteúdo em relatos de experiências, isto é: resultados alcançados por experiências vivenciadas com análises comparativas da teoria com a prática. Quanto à análise de dados, a pesquisa configurou-se experimental, a fim de corroborar com a ciência e elucidar resultados de aplicações. De acordo com Prodanov; Freitas (2013, p. 14) “A Metodologia, em um nível aplicado, examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando ao encaminhamento e à resolução de problemas e/ou investigações”.

Definem também a respeito do método de pesquisa Fossatti e Luciano:

O método é o capítulo através do qual o pesquisador explica como vai obter os dados e as informações decorrentes dos objetivos específicos cuja análise no seu conjunto permite definir o Objetivo Geral proposto no estudo. Nesse sentido, a metodologia científica deve estar claramente definida, de forma que permita a outro pesquisador que enseje fazer ao mesmo estudo e que possivelmente alcançara resultados muito próximos se desenvolver o mesmo método. (FOSSATTI e LUCIANO, 2008, p. 33).

Ainda na ótica de Prodanov; Freitas (2013), grande parte dos estudos científicos contextualizados nos três últimos séculos emanam-se do método experimental. “O método experimental consiste, especialmente, em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados”. (PRODANOV; FREITAS, 2013 apud GIL, 2008, p. 37). Na ótica de Gil (2002) a pesquisa experimental é um dos meios científicos mais doutrinados para obter resultados de variáveis, e, testar hipóteses que estabeleçam relações de causa e efeito.

Optou-se pelo modelo de pesquisa experimental, cuja amostragem de coleta aplicada, foi a norma técnica 001 da RE/09 de 16 de janeiro de 2003 da ANVISA. O processo de coleta emanou-se de uma bomba de sucção de ar com volume de 30 L/min, um tripé de 1,5 metros, um impactador modelo Andersen de 1 estágio Patrimônio 2573, Série T36AD e certificado de calibração N° 124.284, e, as placas de Petri confeccionadas com os respectivos meios de cultura PCA e SDA.

Os marcadores epidemiológicos tanto de fungos como bactérias foram as unidades formadoras de colônia viáveis no ambiente (UFC). Ambas amostragens foram adotadas no ambiente de controle e ambiente de estudo, contudo a tecnologia IRC esteve presente apenas no Tomógrafo I, o qual delineou o ambiente de estudo. O volume de ar amostrado por coleta foi de aproximadamente 500 L, seguidos pela referência de volume máximo da RE/09 ANVISA (2003). O tempo de amostragem foi de 15 minutos de impactação de ar nas placas de Petri. Após às amostragens, os meios de cultura foram reportados ao laboratório para as análises de identificação e contagem do(s) gêneros(s) fúngico(s) identificado(s), onde as amostras permaneceram incubadas por  $48 \pm 3$  horas a uma temperatura de  $35 \pm 2$  °C.

Ao término do período de incubação, fora feita a contagem do número de colônias em cada placa de Petri para cálculo da concentração de bactérias heterotróficas e fungos viáveis em UFC/m<sup>3</sup>. A fórmula para a variação percentual de UFC's/m<sup>3</sup> em relação ao ambiente de estudo, foi  $[(UFC \text{ Controle} - UFC \text{ Estudo})/UFC \text{ Estudo}] * 100 = \text{performance IRC}$ . Fora utilizado o purificador de ar *ActivePure RCI* de dimensões: 30,5cm A x 23cm L x 30,5 Profundidade e 7,25 kg de massa. O *Set* de operação foi o modo normal, onde o equipamento formou plasmas de oxidante natural de peróxido de hidrogênio H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, e, promoveu a ionização das partículas. A velocidade do ventilador foi utilizada ao máximo conforme instrução do manual, para obter melhores resultados. No entanto, este equipamento é projetado para atender áreas de até 279m<sup>2</sup>. Os resultados de contagem foram expressos consoante aos números de colônias que cresceram nas placas, cujo método laboratorial de análises de bactérias é regido à norma SS-554:2016 *Singapore Standard* e para fungos a NT 001 referenciados à RE/09 ANVISA (2003), ambos com qualidade NBR ISO/IEC 17.025 – Procedimentos Laboratoriais na área da saúde com resultados confiáveis e válidos, promovendo confiança nacional e internacionalmente.

Quanto à identificação de gêneros fúngicos, ela é referenciada à LACAZ et. al (1998) Guia para Identificação de Fungos. A figura 5 ilustra os materiais utilizados para a quantificação dos parâmetros microbiológicos.

Figura 5 – Equipamentos e meios de cultura utilizados para amostragem de bactérias e fungos



Fonte: O autor. (2021)

As leituras diretas, foram procedidas para cada evento de coleta, seja para o meio de cultura de fungos, ou, bactérias, sujeitas aos marcadores epidemiológicos de: temperatura de bulbo seco, umidade relativa, dióxido de carbono e partículas em suspensão no ar. Os cento e doze resultados de leitura direta foram obtidos pelo Medidor M2000 de Dióxido de Carbono – 4 em 1 – Patrimônio 2727, certificado de calibração N° 2TIU3221. A figura 6, ilustra o instrumento utilizado para a medição direta dos parâmetros físico-químicos.

Figura 6 – Medidor M2000 – Leituras diretas



Fonte: O autor. (2021)

#### 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tanto as medições físico-químicas quanto as microbiológicas evidenciaram de que o ambiente hospitalar do estudo apresenta rigor na limpeza interna, dado que as leituras diretas e contagem das unidades formadoras de colônias não apresentaram valores excessivos. O ambiente de estudo, Tomógrafo I, apresentou uma média de 4,6357  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado PM 10, no intervalo de 0h, 01h, 02h, 03h, 24h, 48h e 96h. A baixa média ponderada de particulados representa controle de limpeza no respectivo ambiente, uma vez que havia a manipulação de químicos de contrastes, ordenação de oxigênio gasoso em determinados pacientes e a exposição de Hamper, cesto cujos lençóis de campo eram destinados em seu interior à medida em que os pacientes procediam a realização dos exames por imagem.

A temperatura de bulbo seco (TBS) no ambiente de estudo, consolidou o *set point* da unidade evaporadora, marcando a média aritmética de 21°C para fins de projeto. Já a umidade relativa do ar ambiente de Estudo, apresentou mediana de 55,5%. O único marcador epidemiológico e agente químico que apresentou resultados acima do limite consoante à RE/09 ANVISA, fora o CO<sub>2</sub>, todavia a explicação para a elevação do mesmo, evidenciou-se por um hiato de tempo nos exames que demandaram uma fração maior do ambiente de exames, pois a porta permaneceu fechada por um período superior as demais amostras, fazendo com que não houvesse diluição do ar climatizado.

Em referência ao propósito e objetivo do estudo, a utilização de IRC e a mitigação dos agentes biológicos foram elucidadas logo na primeira hora de aplicação da tecnologia de purificação ativa de ar para os fungos viáveis, visto que apontou eficácia de +245% em comparação com o ambiente de controle, isto é: enquanto a contagem de unidade formadora de colônias no ambiente de controle marcou 200 UFC, a de estudo que foi dotada da tecnologia IRC, manteve-se em 58 UFC de fungos viáveis. Ortega et al. (2007) e Skowron et al. (2018) já comungavam de que a tecnologia IRC representa avanços e benefícios frente à contaminação do ar, oferecendo segurança na aplicação e redução de riscos de contaminantes.

A figura 07, apresenta os resultados microbiológicos da contagem das Unidades Formadora de Colônias e os parâmetros físico-químicos das leituras diretas de cada amostragem seja para o ambiente de estudo e controle.

Figura 7 – Parâmetros físico-químicos e microbiológicos

Estudo Tomógrafo 1													
Data	Horas de Aplicação RCI (h)	Hora coleta (h)	NR 001 RE/09 - bactérias (PCA)										
			Sala de Estudo contagem UFC/m <sup>3</sup>	°C	U.R. %	CO2 PPM	TSP PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hora coleta (h)	Sala de Controle contagem UFC/m <sup>3</sup>	°C	U.R. %	CO2 PPM	TSP PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
04/10/2021	0	14:04	73	23	55	833	2,2	14:38	47	18	54	776	4,9
	1	15:51	127	20	68	1242	9,7	16:42	116	24	53	558	8,7
	2	17:16	27	19	66	956	5,6	17:51	53	19	63	684	7,8
	3	18:25	27	19	54	594	2,2	19:01	69	19	61	706	6,9
05/10/2021	24	14:35	38	24	46	810	4,2	15:20	36	22	47	641	4,9
06/10/2021	48	14:30	42	22	57	1171	5	15:20	71	23	59	1017	9,3
08/10/2021	96	14:32	40	20	67	952	4,2	16:22	64	21	57	841	3,9

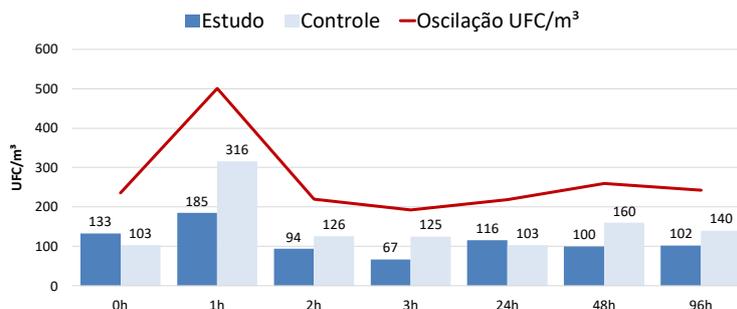
  

NR 001 RE/09 - fungos (SDA)													
Data	Horas de Aplicação RCI (h)	Hora coleta (h)	NR 001 RE/09 - fungos (SDA)										
			Sala de Estudo contagem UFC/m <sup>3</sup>	°C	U.R. %	CO2 PPM	TSP PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hora coleta (h)	Sala de Controle contagem UFC/m <sup>3</sup>	°C	U.R. %	CO2 PPM	TSP PM 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
04/10/2021	0	14:19	60	23	55	833	2,7	14:53	56	16	60	766	6,3
	1	16:08	58	24	56	857	8	16:26	200	24	50	660	5,7
	2	17:33	67	19	60	766	3,5	18:08	73	19	56	564	4,4
	3	18:43	40	18	53	742	1,4	19:18	56	21	54	442	3,4
05/10/2021	24	14:57	78	26	49	691	3,9	15:45	67	21	48	647	6
06/10/2021	48	14:55	58	24	51	985	8	15:40	89	23	58	1088	12,2
08/10/2021	96	14:50	62	17	63	830	4,3	16:41	76	21	56	805	5,3

Fonte: O autor. (2021)

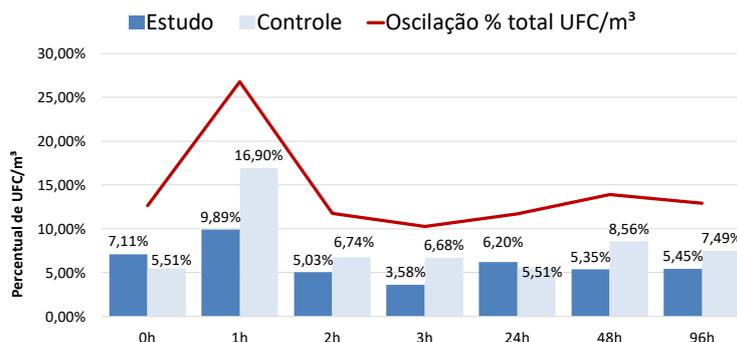
Os gráficos de colunas agrupadas, abaixo, representados pelas figuras 8 e 9 elucidam a contagem total de fungos viáveis e bactérias heterotróficas, e, o percentual de representatividade sobre o total de UFC's por ambiente. A linha de tendência, representada pela oscilação, apresenta o contexto de contagem das UFC's do ambiente de estudo equiparando-o com a zona de controle, cuja área não era dotada de aplicação IRC. O índice de 57,39% de carga microbiana total amostrada, concentrou-se fora do ambiente de aplicação IRC, enquanto 42,61% concentraram-se no ambiente de estudo.

Figura 8 – Carga Microbiana total Bactérias e Fungos



Fonte: O autor. (2021)

Figura 9 – % Sobre Total de Bactérias e Fungos

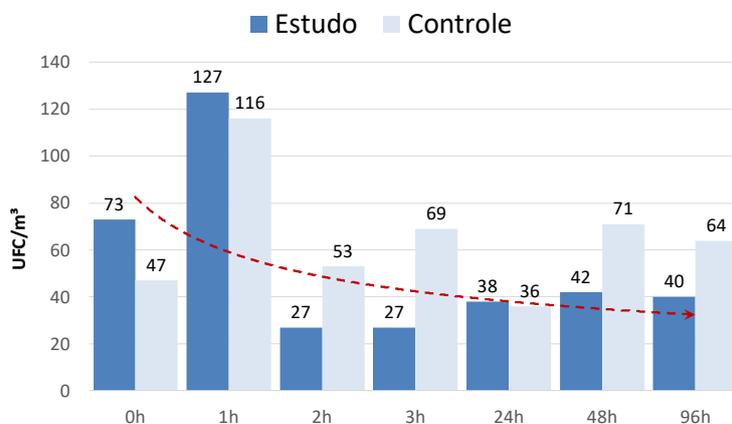


Fonte: O autor. (2021)

As figuras 10 e 11 expressam separadamente os resultados da contagem de bactérias heterotróficas e fungos viáveis, para a comparação entre o ambiente de estudo e controle.

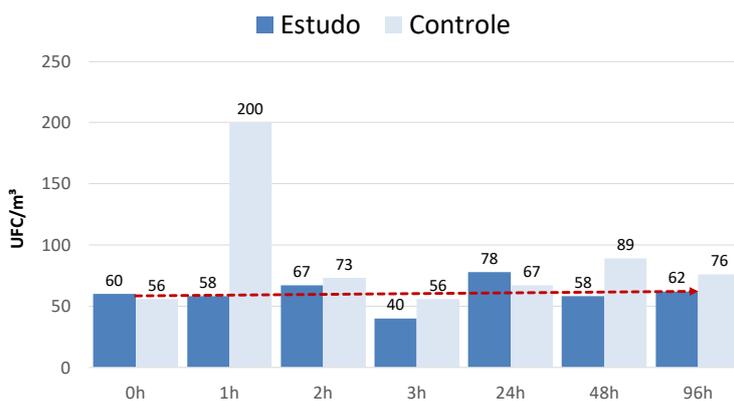
A curva de mitigação na figura 13, apresentou eficácia de 317,5% da hora 01 para a hora 96 na contagem de bactérias heterotróficas, visto que acabou por mitigar a variável de 127 UFC/m³ para 40 UFC/m³ no ambiente estudado, Tomógrafo I. Consoante aos fungos viáveis, o estudo interpretou de que a Ionização Radiante Catalítica pode neutralizar o crescimento de unidades formadoras de colônias, assim como mitigá-las.

Figura 10 – Curva de redução bactérias heterotróficas



Fonte: O autor. (2021)

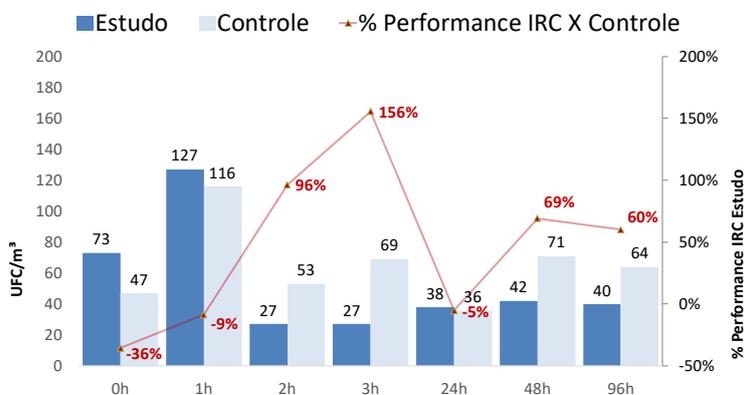
Figura 11 – Linearidade fungos viáveis



Fonte: O autor. (2021)

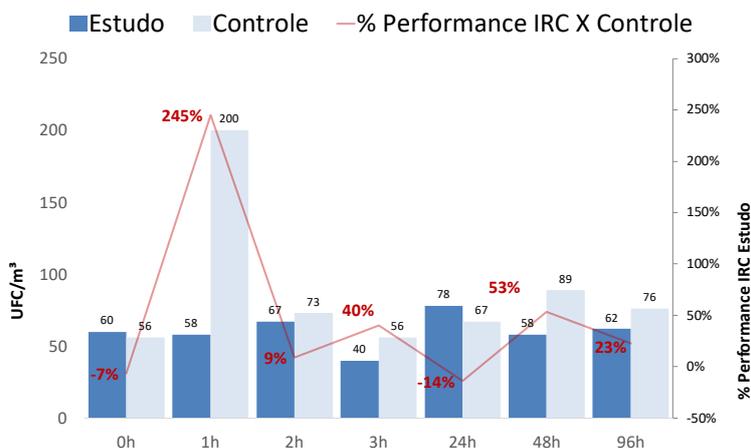
As figuras 12 e 13 explicitam os microrganismos mesófilos aeróbios, analisados a partir da sedimentação do ar ambiente, apresentando ganhos e perdas nas variações percentuais no decorrer da aplicação da purificação fotocatalítica, congruentemente em relação ao ambiente de estudo, cuja relação é associada do valor UFC/m³ estudo para o valor de UFC/m³ ambiente de controle.

Figura 12 – Performance IRC X Controle – Bactérias Heterotróficas



Fonte: O autor. (2021)

Figura 13 – Performance IRC X Controle – Fungos Viáveis



Fonte: O autor. (2021)

Ficou explícito de que a hora de troca de turno da equipe de Tomografia, horas 2 e 3 no primeiro dia, os marcadores epidemiológicos tanto de fungos viáveis como de bactérias heterotróficas apresentaram os resultados de contagem mais baixos do estudo, visto que não houveram mais exames no respectivo período, conseqüentemente não houve movimentação de pacientes em espera, e, o fluxo de colaboradores nas áreas adjacentes foi baixo. A hora 1 enquadrou-se como assíncrona na equiparação estudo-controle, porquê fora o maior tempo de exames, 01:45h e elucidou na prática de que o vetor para aumento de bactérias e fungos são os pacientes, dado que performou em ambos gráficos de radares a maior concentração aeróbia. A figura 14 apresenta graficamente o posicionamento de concentração por hora e ambiente.

Figura 14 – Concentração UFC/m<sup>3</sup> por hora



Fonte: O autor. (2021)

Conquanto, a contagem dos marcadores epidemiológicos de bactérias e fungos, apresentaram média de 55,3 UFC/m<sup>3</sup> no ambiente de estudo, e, média de 76 UFC/m<sup>3</sup> no ambiente de controle, consolidando uma média ponderada baixa, uma vez que o limite estabelecido pela ANVISA é de 750 UFC/m<sup>3</sup>.

## 5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K. S. DE.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.;MALPASS, G. R. P. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 387- 401, 2016.
- ASHRAE. **Conselho de Administração da Ashrae**. Documento de Posição da ASHRAE sobre Aerossóis Infecciosos..Atlanta: 2020. 01-12 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução - Re N° 09, de 16 de janeiro de 2003. **Orientação Técnica revisada contendo Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**, Diário Oficial da União, Brasília, 20 jan. 2003a, Seção 1, p. 35-37.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Portaria n° 3214, de 8 de junho de 1978. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Diário Oficial da União, Brasília, 06 jul. 1978, Quadro N.º 1, p. 82-86.
- CONSULTOR jurídico: a responsabilidade penal da pessoa jurídica e o *compliance*. **Boletim de notícias Conjur**, São Paulo, mai. 2020. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2020-mai-02/direito-pos-graduacao-responsabilidade-penal-pessoa-juridica-compliance-pandemia>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- CURY, Henrique. Melhorar a qualidade do ar dos ambientes internos é questão de saúde pública. **Ecoquest**. São Paulo, 22, Junho, 2021. Disponível em: <http://www.ecoquest.com.br/melhorar-a-qualidade-do-ar-dos-ambientes-internos-e-questao-de-saude-publica/>. Acesso em: 27/08/2021.
- FISK,Willian; WARGOCKI, Pawel; ZHANG Xiaojing. **Do Indoor CO<sub>2</sub> Levels Directly Affect Perceived Air Quality, Health, or Work Performance?**. **Ashrae Journal**, Atlanta, GA, September 2019. P. 70-71.
- FOSSATTI, Nelson Costa; LUCIANO, Edimara Mezzomo (Org). **Prática Profissional em administração: ciência, método e técnicas**. Porto Alegre: Sulina, 2008.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRINSHUPUN, S.A.; ADHIKARI, A.; HONDA, T.; KIM, K.Y.; TOIVOLA, M.; RAO, K.S.;REPONEN, T. Control of aerosol contaminants in indoor air: combining the particleconcentration reduction with microbial inactivation. **Environmental Science &Technology**, v.41, p. 606–612. 2007.
- LACAZ, Carlos da Silva et al. Guia para Identificação: Fungos Actinomicetos, algas de interesse médico. São Paulo, 1998.

- MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de Marketing**: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- OMS. As 10 principais causas de mortes no mundo em 2019. Publicado em: 09 dez. 2020. Who.Int. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>. Acesso em: 13 ago. 2021.
- ORTEGA, M. T; FRANKEN, L.J; HATESOHL, P.R; MARSDEN, J. L. Efficacy of Ecoquest radiant catalytic ionization cell and breeze at ozone generator at reducing microbial populations on stainless steel surfaces. **Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology**, v.15, p.359-368, 2007.
- OSHA. 1910.10000 – TABLE Z-1 – **Limits for Air Contaminants**. Washington, DC, jan. 2017. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1000TABLEZ1>. Acesso em: 07 set. 2021.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projeto de estágio e de pesquisa em administração**: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- SILVA, Jesué Graciliano da. **Introdução à tecnologia da refrigeração e da climatização**. 3.ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2019.
- SKOWRON, K; GRUDLEWSKA, K; KWIECINSKA-PIROG, J; GRYN, G; SRUTEK,M; GOSPODAREK-KOMKOWSKA, E. Efficacy of radiant catalytic ionization to reduce bacterial populations in air and on different surfaces. *Science of the Total Environment*, v. 610–611, p.111–120, 2018.
- STANDARD, Singapore SS 554:2009 (ICS 13.040.20; 91.040.01). **CODE OF PRACTICE FOR Indoor air quality for air – conditioned buildings**. (Incorporating Erratum No. 1, November 2009).
- THE LANCET, microbe. Estabilidade do SARS CoV-2 em diferentes condições ambientais. **Elsevier Ltda**, Nova York, abr. 2021. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(20\)30003-3/fulltext#](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(20)30003-3/fulltext#). Acesso em: 13 ago. 2021.
- USEPA: What are the trends in indoor air quality and their effects on human health. **Indoor Air Quality**, USA.gov, July 16, 2018. Disponível em: <https://www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- WEBINAR, 6º Expo Qualindoor: Evento “Qualidade do Ar Interno em hospitais e escolas – benefícios para saúde. Publicado pelo canal Abrava Oficial. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rz0TnkQ9Btc>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- ZIEHE, E. M. Avaliação da qualidade do ar em ambientes hospitalares: ocorrência e diversidade do gênero *Aspergillus*. 2014. 168 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária)- Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, 2014.

**Abstract.** *This present work was built with the objective of applying and investigating the benefits of the use of Radiant Catalytic Ionization (CRI) in an artificially acclimatized hospital environment, without outside air intake, in the range from 0h to 96h, whose microbiological concentrations were outlined by means of analyzing the ambient air of the study and control premises, in which the study environment was provided twenty-four hours a day by the most diverse preventive emergency protocols for immunosuppressed patients. The collection of bacterial and fungal concentration samples was performed at the CRI application interval of 0h, 01h, 02h, 03h, 24h, 48h and 96h through air impaction by a suction pump in the examination room of Tomography I (with the use of catalytic radiant ionization equipment - CRI), and in the waiting room, whose air-conditioned environment was also analyzed, above all, without the use of active technology of the air purification equipment. The experimental model adopted was essential to observe the results under controlled conditions known to the investigator. The counting data of the number of colonies per cubic meter of acclimatized air at the end of the incubation period showed significant reductions in the study environment if compared to the control environment, since it ended up considerably mitigating the count of microbiological agents during the hours of CRI application. Nevertheless, it was concluded that CRI was an effective method of reducing fungal and bacterial counts in the studied environment. However, the performance of active air purification technology would be even more effective if the CT scanner door remained closed between the exams, since, as each session ended, the door was opened and, therefore, there was considerable dilution of indoor air.*

**Keywords:** artificially air-conditioned. Catalytic radiant ionization. Active air purification. Indoor air quality.