



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 11, pp. 51938-51941, November, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.23324.11.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

ANALISE MICROBIOLÓGICA DE BIOAEROSSÓIS EM UMA UNIDADE DE TRATAMENTO INTENSIVO DE PACIENTES AFETADOS POR COVID-19

Natasha Ohana Marinho Rosa¹, Camila Pini da Costa¹, Maria Franco Lima de Castro¹, Marcio Cesar Reino Gaggini², Mauricio Fernando Favaleça³ and Dora Inés Kozusny-Andreani^{4*}

¹Discentes do curso de Medicina da Universidade Brasil, Fernandópolis-SP; ²Docente do curso de Medicina da Universidade Brasil, Fernandópolis-SP, Coordenador do Programa de Residência em Clínica Médica da Santa Casa de Misericórdia, Fernandópolis – SP; ³Docente do curso de Medicina da Universidade Brasil, Fernandópolis-SP; ⁴Professora Titular do curso de pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, Fernandópolis – SP

ARTICLE INFO

Article History:

Received 15th August, 2021

Received in revised form

16th September, 2021

Accepted 10th October, 2021

Published online 28th November, 2021

Key Words:

Biopartículas,
Bactérias Patogênicas,
SARS Cov-2.

*Corresponding author:

Dora Inés Kozusny-Andreani

ABSTRACT

Os bioaerossóis são partículas transportadas pelo ar, constituídos por bactérias, vírus, fungos e parasitas. A exposição humana a bioaerossóis pode causar uma variedade de efeitos adversos à saúde, incluindo doenças infecciosas, deficiência respiratória e outras reações alérgicas. Objetivou-se nesta pesquisa avaliar a presença de bactérias potencialmente patogênicas em bioaerossóis em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) de pacientes afetados com COVID-19. A pesquisa foi realizada em uma Unidade de Tratamento Intensivo de pacientes afetados por COVID-19, em um hospital de médio porte do Noroeste Paulista nos meses de junho, julho e agosto de 2020. Para amostragem de bioaerossóis foi utilizado o método de coleta passiva. Placas de Petri contendo meios agarizados foram expostas, abertas, por 24 horas, posteriormente incubadas a 37 °C por 24-48 horas. Foram isoladas bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativa*, *Micrococcus* sp e *Bacillus* sp. *Staphylococcus aureus* apresentou maior porcentagem de isolamentos (43,86%), seguido por *Klebsiella pneumoniae* (19,12%) e *Escherichia coli* (13%). *Bacillus* sp, *Micrococcus* sp e *Staphylococcus coagulase negativa* foram identificados em 9,66%, 8,0% e 6,36% dos isolados, respectivamente. Os resultados obtidos evidenciam a necessidade de implementação de políticas e estratégias proativas para monitorar a qualidade do ar hospitalar em zonas sensíveis, bem como em outras áreas dos hospitais.

Copyright © 2021, Natasha Ohana Marinho Rosa et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Natasha Ohana Marinho Rosa, Camila Pini da Costa, Maria Franco Lima de Castro, Marcio Cesar Reino Gaggini et al. "Análise microbiológica de bioaerossóis em uma unidade de tratamento intensivo de pacientes afetados por COVID-19". *International Journal of Development Research*, 11, (11), 51938-51941.

INTRODUCTION

Os bioaerossóis são partículas transportadas pelo ar que contêm microrganismos viáveis, como bactérias e fungos e seus produtos (endotoxina, micotoxina, dentre outros), vírus, grãos de pólen, resíduos de plantas, insetos, fragmentos e peles humanas e animais. (Sivagnanasundaram et al., 2019; Tolabi et al., 2019). A exposição humana a bioaerossóis pode causar uma variedade de efeitos adversos à saúde, incluindo doenças infecciosas, deficiência respiratória e outras reações alérgicas (Hospodsky et al., 2014; Bhangar et al., 2015). Fungos e bactérias constituem uma grande variedade de estirpes nos bioaerossóis em um ambiente hospitalar. A concentração de bioaerossol interno depende de uma série de fatores, incluindo, as condições climáticas regionais, força da atividade humana, duração da presença humana, características e configurações ambientais. Particularmente, a força da atividade humana se mostra um forte

indicador para os níveis de bioaerossol em ambientes fechados (Saadoun et al. 2008, Hospodsky et al., 2014, Texeira et al., 2020, Cavalheiro, Kozusny-Andreani, 2021). A transmissão de vírus, fungos e bactérias patogênicas é reconhecida como uma via importante para uma ampla gama de infecções nosocomiais. De acordo com estimativas, 10% das infecções hospitalares são disseminadas pelo ar e, 16% em unidades de terapia intensiva (UTI) são devidas a transmissão de patógenos pelo ar (Verde et al., 2015; Mirhoseini et al., 2016; Asadi et al., 2019). A formação de bioaerossóis em diferentes ambientes podem ser produzidos pela respiração, tosse, o espirro e a fala. Segundo Morawska et al. (2009) a fala comum aerossoliza quantidades significativas de partículas, superiores à respiração. De acordo com Asadi et al. (2019) quanto mais alto se fala, mais partículas de aerossol são produzidas e, que certos indivíduos emitem mais de partículas de aerossol do que a média, cerca de 10 partículas por segundo.

Em ambiente hospitalar os procedimentos médicos com potencial para produzir partículas de aerossol incluem intubação endotraqueal, extubação e broncoscopia. Bioaerossóis gerados durante estes procedimentos podem representar um risco para trabalhadores de saúde expostos quando os pacientes são infectados ou colonizados por um patógeno respiratório (Fowler *et al.*, 2004; Marchand *et al.*, 2016). Mitas doenças infecciosas em humanos, como pneumonia, tuberculose, brucelose, antraz entre outras, estão ligadas a bioaerossóis bacterianos patogênicos. As doenças respiratórias, como asma e obstrução pulmonar crônica, estão relacionadas a bioaerossóis esporos fúngicos (Valdez-Castillo e Arriaga 2021; Shammi *et al.*, 2021). Considerando a recente pandemia de COVID-19, os bioaerossóis podem ter um papel significativo a desempenhar na transmissão do coronavírus (Noorimotlagh *et al.*, 2020). Uma quantidade crescente de dados sugere que a porção microbiana aerotransportada do material particulado é responsável pelo aumento crítico dos efeitos adversos na saúde pública (Gandolfi *et al.*, 2013). Neste contexto, objetivou-se nesta pesquisa avaliar a presença de bactérias potencialmente patogênicas em bioaerossóis em uma Unidade de Tratamento Intensivo de pacientes afetados com COVID-19.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) de pacientes afetados por COVID-19, em um hospital de médio porte do Noroeste Paulista nos meses de junho, julho e agosto de 2020. A pesquisa foi de natureza aplicada, na qual buscou-se gerar conhecimento sobre a presença de bactérias potencialmente patogênicas em bioaerossóis dentro de uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI). A metodologia de amostragem de bioaerossol foi passiva. Este método se refere à coleta de bioaerossóis, permitindo que eles se acomodem gravitacionalmente em um dispositivo, como uma placa de cultura, folha de alumínio, filtro baseado em eletreto ou pano eletrostático carregado. [Haig *et al.*, 2016]. As amostras de bioaerossóis foram coletadas de acordo com a metodologia descrita por Kalwasińska *et al.* (2012) e Hayleeyesus e Manaye (2014). A amostragem foi semanal e foram utilizadas de placas de Petri com meios estéreis: Ágar Triptecaseína Soja (TSA, Kasvi®) e Ágar MacConkey (OXOID®). As placas foram abertas e disponibilizadas em três locais diferentes, onde permaneceram por 24 horas. Após este período as placas foram fechadas e identificadas por data, horário e meio de cultura. Em seguida, foram acondicionadas em caixa isotérmica e transportadas ao laboratório de microbiologia, sendo incubadas à temperatura de 37°C, por 24 a 48 horas. Após incubação, as culturas positivas, foram avaliadas quanto ao número e as características das colônias em relação à forma, tamanho e cor. A metodologia de coloração de Gram foi empregada para selecionar bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Para a caracterização das espécies bacterianas Gram-negativas, foi utilizado o sistema Api 20E e, para a caracterização das espécies bacterianas Gram-positivas, foram realizados os testes de: catalase, coagulase, DNase, oxidase e hemólise (Winn-Junior, 2012). Os dados obtidos foram tabulados para elaboração de figuras e tabela.

RESULTADOS

Na figura 1 são apresentados os dados referentes ao número de pacientes afetados por COVID-19 nos setores de Enfermaria e Unidade de Tratamento Intensivo (UTI), assim como o total de óbitos registrados em um hospital do noroeste Paulista, no período de junho a julho de 2020. Verificou-se que no mês de agosto houve alta no número de pacientes internados na UTI (n=27) e uma queda na Enfermaria no mês de julho (n=53). A ocorrência de óbitos nos meses de junho, julho e agosto foi de 13, 15 e 20, respectivamente, evidenciando aumento gradual do número de mortes. A utilização da metodologia passiva dos bioaerossóis na UTI de pacientes afetados por COVID-19, permitiu isolar as bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* e as Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativa*, *Micrococcus sp* e *Bacillus sp* (Tabela 1).

Verificou-se maior número de espécies bacterianas Gram-positivas. *Staphylococcus aureus* foi isolado em todas as amostras de bioaerossóis. Presença de *E. coli* e de *Micrococcus sp* foi verificada nos meses de junho e julho, *Staphylococcus coagulase negativa* nos meses de julho e agosto. Culturas positivas de *K. pneumoniae* foram obtidas a partir da última semana de junho até final de agosto, enquanto que a presença de *Bacillus sp* foi observada nas semanas 3, 4 (junho) e 5, 6 (julho). Na figura 2 são apresentadas as porcentagens de isolamentos bacterianos em bioaerossóis de uma UTI com pacientes afetados com COVID-19, no período de junho a agosto de 2020. *Staphylococcus aureus* apresentou maior porcentagem de isolamentos (43,86%, n=172), seguido por *Klebsiella pneumoniae* (19,12%, n=75) e (*Escherichia coli* (13%, n=51). *Bacillus sp*, *Micrococcus sp* e *Staphylococcus coagulase negativa* foram identificados em 9,66% (n=38), 8,0% (n=31) e 6,36% (n=25) dos isolados, respectivamente.

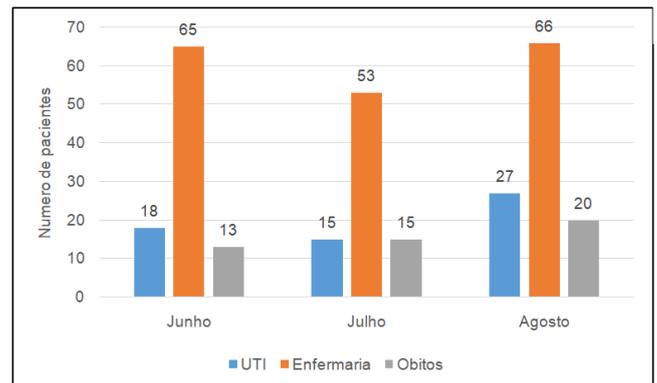


Figura 1. Número de óbitos e de pacientes afetados por COVID-19 nos setores de Enfermaria e Unidade de Tratamento Intensivo, no período de junho a agosto de 2020

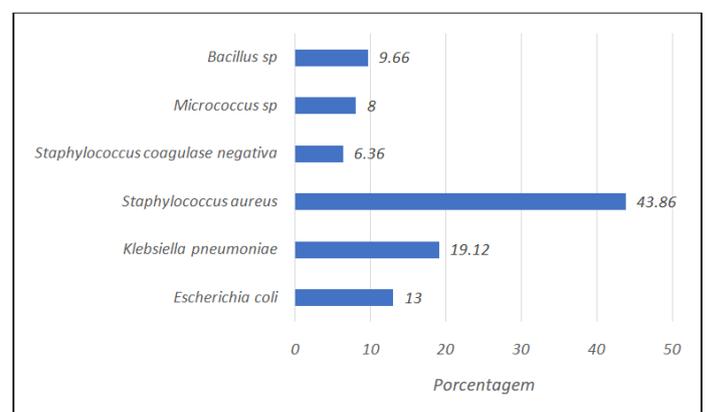


Figura 2. Porcentagem de isolamentos bacterianos isolados em uma Unidade de Tratamento Intensivo de pacientes afetados por COVID-19 de um hospital do Noroeste Paulista, no período de junho a agosto de 2020

DISCUSSÃO

Os bioaerossóis são onipresentes e podem ser isolados de ambientes internos, externos e ocupacionais usando uma variedade de métodos que enumeram os bioaerossóis viáveis ou uma coleção de bioaerossóis viáveis e não viáveis (Lindsley *et al.*, 2017). A quantidade de carga de bioaerossol e seu comportamento ambiental na atmosfera são fortemente influenciados pela poluição do ar, como neblina, névoa, poeira e material particulado e, portanto, afetam fortemente o índice de qualidade do ar (Shammi *et al.*, 2021).

Tabela 1. Unidades Formadoras de Colônias isoladas de bioaerossóis coletados em uma Unidade de Tratamento Intensivo de pacientes afetados por COVID-19 de um hospital do Noroeste Paulista,, no período de junho a agosto de 2020

Espécies bacterianas	Período de amostragem												
	Junho				Julho					Agosto			
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Escherichia coli</i>	2**	4	5	7	8	10	9	6	2	0	0	0	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	0	0	0	6	8	11	11	8	9	6	4	5	7
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	4	7	9	10	13	10	8	8	8	7	8	6
<i>Staphylococcus coagulase negativa</i>	0	0	0	0	2	3	2	2	5	5	4	2	0
<i>Micrococcus</i> sp	4	4	4	2	2	3	4	4	4	0	0	0	0
<i>Bacillus</i> sp	0	0	5	6	6	4	0	0	0	0	3	7	7

*Semanas de avaliação **Unidades Formadoras de colônias (UFC)

De acordo com Bowers *et al.*, (2012), as bactérias contribuem significativamente para a ocorrência e composição de aerossóis formados por mudanças sazonais induzidas pelo ambiente terrestre local e atmosférico. O ar interno contém uma grande variedade de bioaerossóis e pode afetar a saúde humana. A transmissão de bioaerossóis pode causar infecções nosocomiais que afetam todos os aspectos de saúde, econômicos e sociais de uma pessoa (Jamshidi *et al.* 2020). De acordo com Sivagnanasundaram *et al.* (2019), infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS) são causadas principalmente por patógenos aerotransportados encontrados em instalações hospitalares e seus arredores. As IRAS têm sido listadas como uma das principais causas de morte e aumento da morbidade entre pacientes hospitalizados (WHO, 2002). O nível e a variedade da poluição biológica no ambiente hospitalar dependem de vários fatores, como o número e as atividades de visitantes, pacientes, a estrutura do prédio, métodos de desinfecção, poeira, entre outros (Saadoun *et al.* 2008). A transmissão de vírus e bactérias patogênicas é reconhecida como uma via importante para uma ampla gama de IRAS (Mirhoseini *et al.*, 2016). Neste contexto, os ambientes hospitalares requerem atenção especial para garantir a segurança da qualidade do ar interno, para proteger os pacientes e profissionais de saúde contra infecções nosocomiais e doenças ocupacionais (El-Sharkawy e Noweir, 2014). Park *et al.* (2013) avaliaram os níveis de bactérias Gram-negativas e fungos transportados pelo ar, em saguões de hospitais.

Os resultados obtidos evidenciaram que os níveis médios de bactérias totais foi de $7,2 \times 10^2$ CFU/m³, bactérias Gram-negativas de $1,7 \times 10$ CFU/m³ e fungos de $7,7 \times 10$ CFU/m³, indicando que todos os saguões do hospital estavam contaminados. Sivagnanasundaram *et al.* (2019) salientam que o ambiente hospitalar com contagens relativamente altas de microrganismos transmitidos pelo ar não pode ser considerado a priori como altamente arriscado para obter serviços ou para permanecer nele, sobretudo quando não se tem certeza que todos os microrganismos existentes são patogênicos e virulentos. Estudo realizado por Sivagnanasundaram *et al.* (2019) com o objetivo de quantificar e identificar bactérias e fungos do ar, em um hospital de Sri Lanka, revelou a presença de patógenos humanos, incluindo *Bacillus* sp, *Micrococcus* sp, *Pseudomonas* sp, *Staphylococcus* ssp, *Exiguobacterium* sp, *Enterobacter* sp, *Escherichia* sp, *Sphingomonas* sp, *Massilia* sp, *Kocuria* sp, *Fusarium* sp e *Aspergillus* sp. Estes autores concluem que os resultados deste estudo indicam a presença de bioaerossóis contendo patógenos, indicando que o ar do hospital estava contaminado. Bactérias dos gêneros *Staphylococcus* (76,57%), *Bacillus* (79,36%), *Nocardia* (23,4%), *Micrococcus* (0,68%), *Streptococcus* (0,38%), *Corynebacterium* (0,12%) e *Enterococcus* (0,04%) foram os mais frequentes e os menores percentuais, respectivamente, foram observados no Hospital Imam Sajjad de Yasuj (Jamshidi *et al.*, 2020). Na presente pesquisa *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli* foram isolados com maior frequência, 43,86%, n=172, 19,12% e 13%, respectivamente (Figura 2). Cavalheiro e Kozusny-Andreani (2021) avaliaram presença de microrganismos viáveis potencialmente patogênicos em bioaerossóis de uma Unidade de Terapia Intensiva de um hospital de médio porte. Os resultados obtidos evidenciaram a presença de leveduras das espécies *Candida albicans* e *Candida* spp e bactérias Gram-positivas

Staphylococcus aureus, *S. epidermidis* e *Micrococcus* spp, Gram-negativas *Escherichia coli* e *Klebsiella* spp. Na presente pesquisa foram isoladas bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* e Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativa*, *Micrococcus* sp e *Bacillus* sp. *Staphylococcus aureus* apresentou maior porcentagem de isolamentos e foi identificado em todas as amostras (Tabela 1, Figura 2). A presença destes microrganismos em unidade de tratamento intensivo de pacientes afetados por COVID-19 pode ocasionar coinfeções nestes enfermos, o que certamente agravava os casos de SARS-Cov-2. Nos hospitais, *Staphylococcus aureus* e o *Streptococcus pyogenes* são um problema de saúde pública global. Essas duas espécies são patógenos comuns em ambiente nosocomial e podem causar infecções invasivas graves (Gizaw *et al.* 2016). A potencial transmissão por aerossol da Síndrome Respiratória Aguda Grave Cov-2 é uma preocupação global, assim como de bactérias e de fungos patogênicos. O equipamento de proteção individual de precaução e as medidas preventivas são universalmente obrigatórias para procedimentos médicos considerados geradores de aerossol. A implementação destas medidas tem grande impacto na prestação de cuidados de saúde. Atualmente, há uma falta de evidências quantitativas sobre o número e o tamanho das partículas transportadas pelo ar produzidas durante os procedimentos de geração de aerossol para informar as avaliações de risco (Brown *et al.*, 2021). A qualidade microbiológica do ar é um critério importante para fornecer um ambiente interno saudável. A identificação precoce e a mitigação de poluentes podem prevenir danos. Uma vez que as principais fontes de bioaerossóis transportados para o ar interior, são materiais de construção, a ventilação, as pessoas e suas atividades. As medidas regulares de controle do ar são cruciais para reduzir a disseminação de partículas biológicas em hospitais. Assim, a avaliação dos bioaerossóis fornecem informações úteis para profissionais de saúde e engenheiros para minimizar o risco de patógenos microbiológicos no ambiente hospitalar interno (Božić *et al.*, 2019; Sivagnanasundaram *et al.*, 2019).

CONCLUSÃO

Pela metodologia utilizada e pelos resultados obtidos pode concluir-se que:

- Foram isoladas bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae* e Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativa*, *Micrococcus* sp e *Bacillus* sp,
- *Staphylococcus aureus* apresentou maior porcentagem de isolamentos (43,86%), seguido por *Klebsiella pneumoniae* (19,12%) e *Escherichia coli* (13%). *Bacillus* sp, *Micrococcus* sp e *Staphylococcus coagulase negativa* foram identificados em 9,66%, 8,0% e 6,36% dos isolados, respectivamente.
- Há necessidade de implementação de políticas e estratégias proativas para monitorar a qualidade do ar hospitalar em zonas sensíveis, bem como em outras áreas dos hospitais.

REFERÊNCIAS

- Asadi S, A. Wexler S, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. (2019). Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci. Rep.* 9 (1):2348.
- Bhangar S, Adams RI, Pasut W, Huffman JA, Arens EA, Taylor JW, Bruns TD, Nazaroff WW.(2015). Chamber bioaerosol study: Human emissions of size-resolved fluorescent biological aerosol particles. *Indoor Air.* 26:193–206.
- Bowers RM, Mccubbin IB, Hallar AG, Fierer N. (2012). Seasonal variability in airborne bacterial communities at a high-elevation site. *Atmos Environ.* 50:41–49.
- Božić J, Ilić P, Ilić S. (2019). Indoor air quality in the hospital: the influence of heating, ventilating and conditioning systems. *Braz Arch Biol Technol.* 62.
- Brown J, Gregson FKA, Shrimpton A, Cook TM, Bzdek BR, Reid JP, Pickering AE.(2021). A quantitative evaluation of aerosol generation during tracheal intubation and extubation. *Anaesthesia.* 76(2):174-181.
- Cavaleiro, TOS, Kozusny-Andreani DI. 2021. Avaliação dos microrganismos viáveis potencialmente patogênicos em bioaerossóis em uma Unidade de Terapia Intensiva. *Rev Contexto Saúde.* 21(3):256-270.
- El-Sharkawy MF, Noweir MEH. 2014. Indoor air quality levels in a University Hospital in the Eastern Province of Saudi Arabia. *J Fam Community Med.* 21(1):39-47
- Fowler RA, Guest CB, Lapinsky SE, Stephen E Lapinsky, William J Sibbald, Marie Louie, Patrick Tang, Andrew E Simor, Thomas E Stewart. 2004. Transmission of severe acute respiratory syndrome during intubation and mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 169(11):1198-1202.
- Gandolfi I, Bertolini V, Ambrosini R, Bestetti G, Franzetti A. (2013). Unravelling the bacterial diversity in the atmosphere. *Appl Microbiol Biotechnol.* 97 (11):4727–4736.
- Gizaw Z, Gebrehiwot M, Yenew C (2016): High bacterial load of indoor air in hospital wards: the case of University of Gondar teaching hospital, Northwest Ethiopia. *Multidiscip Respir Med.* 11:24-29.
- Hospodsky D, Yamamoto N, Nazaroff WW, Miller D, Gorthala S, Peccia J. (2014). Characterizing airborne fungal and bacterial concentrations and emission rates in six occupied children's classrooms. *Indoor Air.* 25: 641–652.
- Jamshidi A, Rezaei S, Naghmachi M, Ansari G. (2020) Concentration and Diversity of Bioaerosols in Indoor Air of Imam Sajjad Hospital in Yasuj. *Armaghan Danesh.* 24(6 (137):1153-1164.
- Kalwasińska A, Burkowska A, Wilk I. (2012). Microbial air contamination in indoor environment of a university library. *Ann Agric Environ Med.* 9(1):25-29.
- Lindsley WG, Green BJ, Blachere FM, Martin SB, Law BF, Jensen PA, Schafer MP. (2017). Sampling and characterization of bioaerosols. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th Edition.
- Marchand G, Duchaine C, Lavoie J, Veillette M, Cloutier Y.(2016). Bacteria emitted in ambient air during bronchoscopy - a risk to health care workers?. *Am. J Infect Control.* 44(12):1634-1638.
- Mirhoseini SH, Nikaeen M, Khanahmad H, Hassanzadeh A. (2016). Occurrence of airborne vancomycin-and gentamicin-resistant bacteria in various hospital wards in Isfahan, Iran *Adv Biomed Res.* 5(1):1-6.
- Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, Mengersen K, Corbett S, Chao CYH, Li Y, Katoshevski D. (2009). Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J Aerosol Sci.* 40 (3):256–269.
- Noorimotlagh Z, Jaafarzadeh N, Martínez SS, Mirzaee SA. (2020). A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 Virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment. *Environ Res.* 193:110612.
- Park D-U, Yeom J-K, Lee WJ, Lee K-M (2013). Assessment of the levels of airborne bacteria, gram-negative bacteria, and fungi in hospital lobbies. *Int J Environ Res Public Health.* 10:541-555.
- Shammi M, Rahman MM, Tareq SM (2021) Distribution of bioaerosols in association with particulate matter: a review on emerging public health threat in Asian megacities. *Front Environ Sci.* 9:698215.
- Saadoun I, Tayyar IA, Elnasser Z. (2008): Concentrations of airborne fungal contaminations in the medical surgery operation theaters (OT) of different hospitals in northern Jordan. *Jordan J Biol Sci.* 1:181-184
- Sivagnanasundaram MP, Amarasekara RWK, Madegedara R MD, Ekanayake A, Magana-Arachchi DN. (2019). Assessment of Airborne Bacterial and Fungal Communities in Selected Areas of Teaching Hospital, Kandy, Sri Lanka. *BioMed Res. Int.* 2019:11-22, Article ID 7393926.
- Teixeira B, Andreani Junior R, Pinheiro JHPA, Kozusny-Andreani DI. 2020. Avaliação de fungos em bioaerossóis em ambiente de um hospital de médio porte do Noroeste Paulista. *Rev. Saúde Meio Ambiente.* 11(2):200-216.
- Tolabi, Z., Alimohammadi M, Hassanvand MS. (2019). The investigation of type and concentration of bio-aerosols in the air of surgical rooms: A case study in Shariati hospital, Karaj. *MethodsX.* 6:641-650.
- Valdez-Castillo M, Arriaga S. (2021). Response of bioaerosol cells to photocatalytic inactivation with ZnO and TiO₂ impregnated onto perlite and poraver carriers. *Front Environ Sci Eng.* 15 (3):1–13.
- Verde SC, Almeida SM, Matos J, Guerreiro D, Meneses M, Faria T, Botelho D, Santos M, Viegas C. (2015). Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. *Res Microbiol.* 166:557-563.
- WHO-World Health Organization. Prevention of Hospital-Acquired Infections: A Practical Guide, World Health Organization; Department of Communicable Disease, surveillance and Response, 2nd edition, 2002.
- Winn-Junior WC, Allen SD, Janda WM. (2012). *Koneman, diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido.* 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan.
