



Universidade de Brasília - UnB

Maratona de Inovação Covidas UnB

QUITOLIGHT
Proteção contra o invisível

Autor: Equipe Nice

Brasília, DF

30 de junho de 2020



Equipe Nice

QUITOLIGHT

Proteção contra o invisível

Proposta de solução para fase de recuperação da pandemia da COVID - 19 submetida à Maratona de Inovação Covidas UnB.

Universidade de Brasília - UnB

Brasília, DF
30 de junho de 2020

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Justificativa do projeto	5
2	OBJETIVO	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivos específicos	9
3	SOLUÇÃO PROPOSTA	10
3.1	Incorporação de QUI aos filtros HEPA	10
3.2	Adaptação da solução ao equipamento de ar condicionado	10
3.3	Ensaio de robustez do filtro modificado	13
3.4	Ensaio microbiológicos	13
3.5	Teste de funcionamento	13
4	ESTIMATIVA DE CUSTO	14
4.1	Custos para implementação de sistema de desinfecção com luz UV	14
4.2	Custos para a produção do filtro com QUI	14
4.3	Custos para instalação dos sistemas	14
4.4	Custos totais	14
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
	REFERÊNCIAS	17

1 Introdução

1.1 Contextualização

O ato da reitoria nº 0392/2020 suspendeu todas as atividades acadêmicas presenciais da Universidade de Brasília (UnB) desde o dia 11 de março de 2020 como medida de contenção dos avanços da pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2). Aproximadamente 54 mil pessoas (alunos, professores e servidores) (1), foram afetados com esta medida, a UnB manteve apenas atividades administrativas essenciais e laboratórios que desempenham atividades voltadas para o enfrentamento da COVID-19.

O calendário acadêmico está suspenso desde o dia 23 de março de 2020, sem data prevista para uma retomada das atividades que seja na modalidade de ensino a distância (EaD) ou presencial. Entretanto, o Comitê Gestor do Plano de Contingência da COVID-19 da UnB (COES) tem realizado ações para planejar o retorno das atividades de forma segura para os membros da comunidade acadêmica.

Vislumbrando a retomada às atividades presenciais da Universidade faz-se necessário ter uma atenção holística da utilização de todos os ambientes físicos que a compõem. De acordo com o Decanato de Pesquisa e Inovação (DPI), a UnB possui 686 laboratórios, 67 núcleos, 31 centros de pesquisa e 46 infraestruturas de apoio (como bibliotecas, biotérios, usinas, fábricas, viveiros, museus, coleções e outros)[citar o documento do DPI], que desempenham atividades de ensino pesquisa e extensão nos quatro campi: o campus principal Darcy Ribeiro, a Faculdade de Ceilândia (FCE), a Faculdade do Gama (FGA) e a Faculdade de Planaltina (FUP).

Alguns desses ambiente realizam atividades de alta complexidade que demandam recursos especiais para o seu funcionamento, como é o caso da climatização do local. Esses espaços não podem ser ventilados naturalmente pois possuem equipamentos e/ou materiais que não podem ficar expostos a variações de temperatura ou umidade, então para garantir a integridade das atividades esses laboratórios contam com ar condicionado.

Os laboratórios localizados no Instituto de Ciências Biológicas (IB) possuem, em grande parte, a necessidade de climatização. Alguns contêm equipamentos sensíveis, como Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), que custa aproximadamente 300 mil dólares e necessita de resfriamento constante do gerador de elétrons; outros possuem câmaras frias e salas estéreis para a preservação de matéria orgânica e o crescimento de culturas.

No Instituto de Química (IQ), a Central Analítica do Instituto (CAIQ) (2) comporta laboratórios multiusuários que atendem a comunidade acadêmica e também o público externo, assim como instituições parceiras, como o Instituto de Criminalística da

Polícia Federal (INC/DPF) em análises para laudos forenses. A CAIQ possui instrumentos como o Espectrômetro de Ressonância Magnética (RMN) e Espectrômetro de Massas (MS), que possuem alto custo de aquisição (em torno de 600 mil dólares) e dependem de temperatura de 20 °C para o funcionamento e manutenção da vida útil do equipamento. A climatização também está atrelada ao conforto térmico dos usuários do ambiente uma vez que os equipamentos podem atingir altas temperaturas (40 °C ou superiores), o que promove um aquecimento geral do local desencadeando em um desconforto térmico para o recurso humano ali presente.

Além dos laboratórios, ambientes como o Secretaria de Tecnologia da Informação (STI) e salas de aula com pouca circulação de ar também necessitam de temperatura controlada para funcionamento. Um outro ponto a ser destacado é que alguns laboratórios de ensino e auditórios da UnB não possuem sistema de ventilação e são altamente dependentes de aparelhos condicionadores de ar. O auditório da FGA por exemplo possui 240 lugares e tem ao menos três horários por dia com sua lotação superior a 80%. Nesse campus, algumas disciplinas só podem ser ofertadas neste local por ser o único ambiente que possui capacidade de receber o número de alunos. Assim, o ar neste ambiente necessita indispensavelmente de tratamento para seu funcionamento e até mesmo para que os próprios trabalhadores da manutenção e limpeza consigam realizar suas atividades de maneira segura. Além do auditório existem ainda salas de aula com capacidade de 130 alunos que possuem sistema de ar condicionado.

Os laboratórios da UnB supracitados mantiveram o seu funcionamento durante todo o período de quarentena realizado no Distrito Federal (DF). As equipes foram reduzidas para minimizar os riscos de contaminação e viabilizar a execução de atividade essenciais nesses ambientes. Muitas pesquisas estão em andamento visando o enfrentamento da pandemia e devido ao aumento do financiamento dessas atividades o número de pessoas nesses locais tende a aumentar. Esses pesquisadores e os servidores, portanto, estão expostos continuamente a um ambiente propício a disseminação viral devido a escassa circulação de ar (3).

A propagação viral é potencializada em ambiente fechado por favorecer a permanência de partículas contaminantes nas superfícies e no ar. Em ambientes climatizados por ar condicionado o problema pode ser ainda maior. Existem diversos tipos de ar condicionado como os de janela, split, portátil e duto ou central. Nos locais que possuem climatização com ar condicionado central é possível que seja feita a renovação do ar. Porém os modelos mais comuns são do tipo split, pois são mais versáteis e possuem um bom custo benefício. Nesse caso não ocorre renovação, o ar é apenas recirculado e resfriado dentro do ambiente. Ademais, é sabido que a limpeza e manutenção do equipamento são de extrema importância para manter a qualidade do ar do ambiente, caso contrário o filtro utilizado pode ser uma importante fonte de proliferação de agente microbiológicos

responsáveis por infecções respiratórias e pneumonias (4).

Os filtros de ar empregados nos ares condicionados convencionais são membranas de poros controlados capazes de reter em sua superfície, pelo mecanismo de adsorção, as partículas indesejáveis presentes no ar. Dessa forma, estes dispositivos auxiliam na melhoria da qualidade do ar circulante em ambientes fechados. Para o período da pandemia, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), baseado em recomendações de entidades estrangeiras como a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), recomendou a troca dos filtros comuns por filtros do tipo HEPA (*High Efficiency Particulate Arrestance*). Estes filtros possuem eficiência mínima de 99,97% e são capazes de reter partículas de $0,3\ \mu\text{m}$. Além disso a Anvisa também recomendou utilização de equipamento de proteção individual (EPI's) durante a manutenção do equipamento e descarte adequado dos filtros substituídos (??).

Diante do exposto, observa-se a importância dos ambientes climatizados por ar condicionado nas atividades exercidas pela UnB. Entretanto ressalta-se também o risco envolvido no uso desse equipamento bem como a o risco de contaminação envolvido na manutenção do mesmo. A solução de proposta nesse documento visa minimizar os riscos da propagação do vírus neutralizando os agentes contaminantes do filtro do ar condicionado.

1.2 Justificativa do projeto

O patógeno SARS-CoV-2 é responsável pelo agravamento de uma das doenças respiratórias mais letais registradas em 2020, a Síndrome Respiratória Aguda Grave, que possui uma elevada taxa de transmissibilidade. Estudos apontam pelo menos três principais vias de transmissão desse vírus, que são elas: i) inalação direta de gotículas respiratórias dispersas no ar (tosse ou espirro de pacientes contaminados); (ii) contato com superfícies ou objetos contaminados e, iii) transmissão de aerossóis (bio-aerossóis) em espaços confinados (5).

Pesquisas recentes indicaram alta correlação entre presença de MP no ar e a maior incidência de número de infectados na população da China (6). Os autores pontuaram que o aumento dessa taxa de disseminação viral pode estar associado a presença de RNA (ácido ribonucleico) viral associado a MP, principal poluente do ar, que é capaz de permanecer na atmosfera por tempo superior as gotículas respiratórias. Por ser de fácil penetração no trato respiratório, o MP é potencializa a contaminação pela propagação do vírus no ar (6).

Dados de qualidade do ar do DF sugerem alta concentração de material particulado (MP) em várias regiões principalmente nas regiões próximas às cidades de Taguatinga e Sobradinho (7), que são próximas aos Campi Darcy Ribeiro, FCE e FUP. Tal índice acentua ainda mais o potencial de contaminação pelo coronavírus por meio das vias aéreas,

principalmente em ambientes fechados devido à baixa taxa de renovação de fluxo de ar (6). As vias de transmissão supracitadas demonstram a grande importância de se estabelecer estratégias que possam conter a disseminação viral pelo ar, auxiliando expressivamente na contenção da transmissão (8).

O uso de filtros de ar com maior capacidade de filtração já é considerado pela Anvisa uma forma de melhorar a qualidade do ar nos ambientes climatizados. Porém todos filtros possuem um nível máximo de performance adsorptiva de substâncias, que em determinada concentração atinge o nível máximo de saturação dos poros ligantes. Com isso formam-se reservatórios de micro-organismos que podem gerar consequências graves, visto que os poluentes e outros materiais podem potencializar ainda mais o crescimento dos agentes de maneira local, que podem deteriorar o filtro, diminuir a eficiência de filtração e/ou contribuir, em casos mais graves, com a disseminação de partículas ainda mais perigosas e concentradas para o ambiente externo (8) (4).

Os filtros comerciais com ação antimicrobiana utilizam nanopartículas de prata e titânio como mecanismo esterilizante. Apesar da eficácia destes agentes, eles elevam o custo do produto e são classificados como metais tóxicos, prejudiciais à saúde humana (8). Como alternativa sustentável pesquisadores apontam que os polímeros naturais, como a proteína da soja, gelatina e a quitosana (QUI) podem ser materiais muito promissores para produção de filtros de ar sendo uma tecnologia altamente inovadora e sustentável (8).

Com relação a QUI, por ter uma atividade antiviral reconhecida, esse polissacarídeo pode ser eficiente para a esterilização do COVID-19 em filtros de ar (9) (8) (10). Esse composto é encontrado em conchas de crustáceos e possui uma estrutura química carregada positivamente, capaz de induzir a desorganização da membrana celular dos micro-organismos destruindo o patógeno. Além disso, a QUI pode-se ligar por interações quelantes a metais pesados e também por troca eletrostática a íons poluentes presentes no MP do ar, garantindo uma vantagem acessória, que a torna um excelente precursor para a fabricação de filtros em aplicações ambientais.

Desai e colaboradores estudaram e atestaram a eficiência de uma fibra produzida com QUI para exterminar micro-organismos e eliminar diversos metais da água e do ar. Foram constatadas reduções de até 10 vezes na concentração de *Escherichia coli* em estudos de bancada com eficiência de filtração maior que 55% para a maioria dos compostos estudados.

Na UnB as nanopartículas de QUI estão sendo aplicadas no respirador VESTA. A VESTA foi desenvolvida no Projeto Égide, criado para desenvolver EPIs para profissionais de saúde que estão na linha de frente do combate ao coronavírus. O objetivo da nanotecnologia nesse dispositivo é potencializar a filtração da máscara modelo N95 recomendada para uso dos profissionais de saúde (??). Ensaios não-clínicos estão sendo realizados para

comparar a efetividade da VESTA com a N95. Finalizada esta etapa, o produto seguirá para a fase ensaios clínicos.

Um outro projeto da UnB voltado ao uso das tecnologias para proteção dos profissionais de saúde é o SELENE. Desenvolvido em conjunto pelo Instituto de Física (IF) e pela Faculdade de Tecnologia (FT), o equipamento foi desenvolvido para esterilizar as máscaras N95, EPI escasso e essencial para os profissionais da saúde do DF. O protótipo funciona com uma estrutura de emissão de luz UV-C (254 nm) com potencial germicida e possui gavetas que permitem a inserção e retirada das máscaras, que são descontaminadas de maneira eficiente e econômica (11). O projeto foi baseado em protocolo consolidado na Universidade de Nebraska, nos Estados Unidos.

No trabalho desenvolvido por (12) o potencial germicida da luz UV é apresentado como medida de boas práticas de biossegurança para descontaminação de laboratórios de microbiologia e parasitologia. Em um outro estudo, a radiação UV mostrou eficiência na eliminação de aerossóis quando utilizada por um período de 15 minutos (13).

Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi construído um protótipo que utiliza a luz UV com o objetivo de desinfetar o ar do ambiente possivelmente contaminado pelo coronavírus. O dispositivo suga o ar para dentro do aparelho onde está localizada a lâmpada UV responsável pela ação germicida (14). O projeto está em fase de validação, passando por testes de validação da eficiência.

Em decorrência dos resultados promissores envolvendo o uso da QUI como no processo de filtragem e inativação de agentes virais bem como na ação germicida que a luz UV proporciona, esse trabalho corrobora a utilização dessas tecnologias de forma combinada e abre os horizontes para aplicações mais específicas. A QUI, é um insumo barato e a sua inserção nos dispositivos pode ser realizada de forma simples, por meio da síntese dos filmes ou membranas porosas sobre a superfície dos filtros comerciais (15) (16). O uso de LEDs (Diodos Emissores de Luz) capaz de emitir radiação UVC possibilita a adequação dessa tecnologia em diversas aplicações (17).

Face ao exposto acima, verifica-se a importância de se estabelecer um sistema de filtração mais eficiente para os equipamentos de ar condicionado de forma a viabilizar o uso de ambientes que necessitam de climatização, minimizando os riscos de propagação do vírus causador da COVID-19. A estratégia proposta é o uso de filtros HEPA incorporados com QUI, aliada com emissão de radiação UV emitida por LEDs que contribuirá de maneira efetiva para esterilizar os filtros de forma contínua e local, contribuindo não só para a eliminação do coronavírus mas também para neutralização dos mais diversos micro-organismos que são também exterminados com esses fótons, a saber, fungos, bactérias e outros vírus. Esta solução apresenta-se como uma alternativa simples, sustentável e adaptável a equipamentos do tipo split.

Além da relevância científica e social deste projeto, um aspecto de adicional a ser destacado é a característica interdisciplinar da aplicação, da qual foi acordada uma parceria com o Laboratório AQQUA do IQ, tendo como colaboradora a professora Dra. Ana Cristi Basile Dias, e também com a CAIQ para realização das possíveis análises químicas sugeridas; o que consolida o estudo contributivo da Universidade aproveitando as potencialidades dos diversos institutos.

2 Objetivo

2.1 Objetivo Geral

Em linhas gerais, este projeto visa adaptar a um ar condicionado do tipo split um filtro antiviral impregnado de nanopartículas de quitosana (QUI) e adicionar um sistema emissor de radiação ultravioleta (UV). A QUI é um biopolímero natural com capacidade de inativar vírus respiratórios (9), que é o caso do COVID-19. Já a radiação UV extermina o vírus de maneira efetiva por meio da destruição do seu RNA (18). Dessa forma, a junção desses dois ativos em filtros garante dupla eficácia de esterilização, evitando a propagação de partículas virais em ambientes fechados, necessariamente dependentes de temperatura controlada (climatizados ou refrigerados), como é o caso dos laboratórios de ensaios clínicos, de informática, laboratórios de instrumentação analítica, biotérios, dentre outros presentes nos Campi da Universidade de Brasília – UnB.

2.2 Objetivos específicos

O objetivo principal deste plano de trabalho está acondicionado ao cumprimento das seguintes metas específicas:

- Inserção de nanopartículas de QUI em filtros comerciais do tipo HEPA;
- Avaliar a robustez do filtro frente a faixa de temperatura, umidade e fluxo de ar inerentes a operação do equipamento de ar condicionado;
- Comparar a efetividade dos filtros com QUI com os filtros comerciais sem o composto;
- Avaliar a interação da radiação UV com o filtro proposto por meios de ensaios espectroscópicos;
- Realizar estudos microbiológicos;
- Simular funcionamento em escala laboratorial com avaliação da qualidade do ar;
- Aplicar a solução em um ambiente da UnB.

3 Solução Proposta

3.1 Incorporação de QUI aos filtros HEPA

Para incorporação da QUI nos filtros comerciais do tipo HEPA serão estudadas primeiramente as concentrações ideais para a formação dos filmes finos de QUI, baseada nos estudos de (15) (16) (19). A QUI será purificada por meio de tratamento com ácido acético 1% em água. Serão testadas as formações de géis-filme de QUI nas concentrações de 3, 10, 15, 20 e 50 g L⁻¹ em meio aquoso agitando-se vigorosamente a solução aquosa por 1 h. Após esse período as soluções serão vertidas em placas de vidro ativadas previamente com solução ácido sulfúrico, de modo a deixar a superfície com capacidade ligante a QUI. As soluções serão submetidas a secagem por meio de uma capela de fluxo laminar por 6 h.

Logo após, a absorção molecular no UV desses filmes será testada por ensaios de espectroscopia no UV, infravermelho e isotermas de sorção de N₂ que serão conduzidas no laboratório do IQ para se conhecer as informações porosimétricas do material. Após delimitar o tamanho de poro adequado e concentração ideal de QUI, os filtros comerciais serão submetidos a mesma modificação química com solução de ácido sulfúrico e a solução de QUI será dispensada no filtro pelo método *casting* com controle da permeabilidade da solução. Caso seja necessário, a inserção de monômeros de suporte será realizada para garantir que a QUI não lixivie com a implementação do fluxo de ar (19). O sistema será submetido a secagem em uma capela de fluxo laminar por período de tempo que deve ser estudado.

3.2 Adaptação da solução ao equipamento de ar condicionado

O aparelho de ar condicionado escolhido para adaptação da solução proposta nesse projeto é apresentado na Fig.1.

Para melhor exemplificar a proposta foi realizada a modelagem de um ar-condicionado feito no software CATIA. O modelo reproduzido foi o Midea Elite frio split 30.000 BTUS - 220 V. Foi selecionado um modelo com potência de refrigeração para uma área aproximada de 35 m², como salas de aula. A Fig. 2 mostra a unidade evaporadora (parte que fica no interior do ambiente). É pela abertura da evaporadora que o ar quente é recebido e depois de finalizado o processo de troca de calor é devolvido resfriado ao ambiente.

O filtro com filme contendo quitosana deve substituir o filtro original do ar condicionado de acordo com o procedimento estabelecido pela marca fabricante.



Figura 1 – O aparelho de ar condicionado do tipo split escolhido para adaptação da solução.



Figura 2 – Unidade evaporadora do ar condicionado split escolhido modelada no software CATIA.

Para melhor acomodação dentro da evaporadora é proposta a utilização de uma fita de LED UV apresentada na Fig. 3, que possui dimensões reduzidas quando comparada as lâmpadas germicidas comuns, por ser maleável se ajusta facilmente na superfície de apoio e a fixação é feita por fita dupla face.

A fita deve ser posicionada nas duas faces do filtro para melhor efetividade na eliminação dos agentes contaminantes, Fig. 4. A quantidade de fitas depende de ensaios para avaliar a incidência luminosa dos LEDs de forma a otimizar a área irradiada pela luz. A alimentação das fitas pode ser feita diretamente na rede elétrica com o uso de uma



Figura 3 – Fita de LED UV a ser utilizada para desinfecção do filtro do ar condicionado.

fonte de alimentação de 5 V ou por meio de uma porta USB (*Universal Serial Bus*). O uso da porta USB ainda facilita a integração dos LEDs a sistemas de automação que possibilitam o seu acionamento remoto.

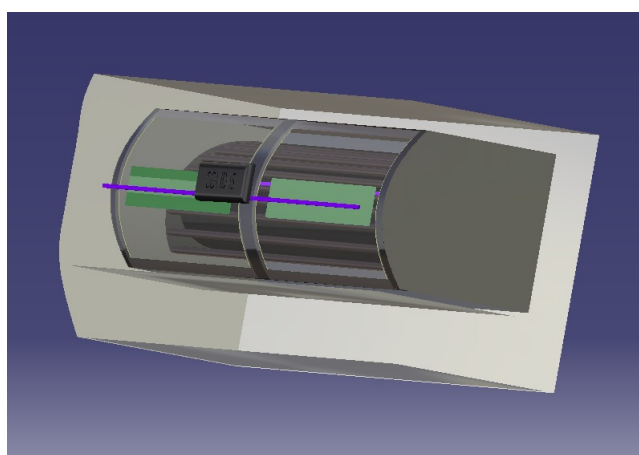


Figura 4 – Vista lateral do posicionamento dos LEDs.

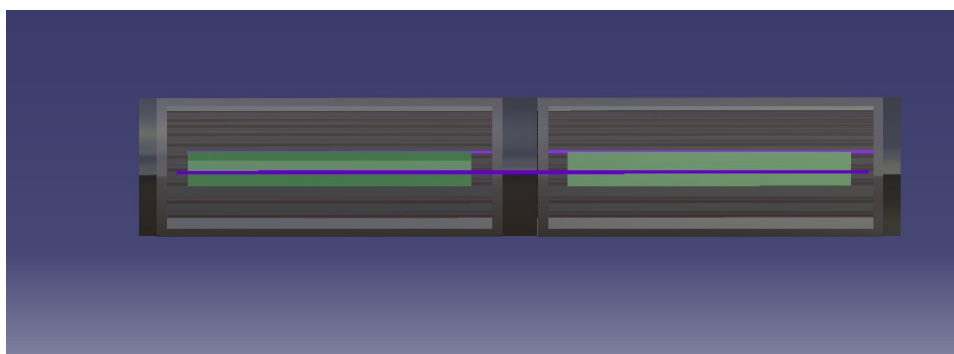


Figura 5 – Vista frontal da reguladora com a fita de LED posicionada em frente ao filtro.

3.3 Ensaios de robustez do filtro modificado

Serão conduzidos ensaios de temperatura de trabalho, umidade, e condições climáticas por meio de simulações em bancada das situações e avaliação da integridade do filme por meio de estudos espectroscópicos, de porosimetria e microscopia ótica. A interação do filtro modificado com radiação UV será testada em bancada e os mesmos ensaios empregados para avaliar a robustez do material serão realizados. Ensaios de elasticidade, resistência mecânica e outros dados adicionais do material serão produzidos à medida da necessidade pelo laboratório de Materiais da FGA.

3.4 Ensaios microbiológicos

Os ensaios microbiológicos serão conduzidos para avaliar o desenvolvimento microorganismos nos filtros modificados com as variáveis climáticas do ambiente externo dos ares condicionados. Amostras dos filtros serão submetidas a ensaios de cultura para se verificar a respeito da taxa de formação de bactérias, fungos ou vírus. Parcerias futuras podem ser firmadas para realização desses ensaios no IB.

3.5 Teste de funcionamento

Após a conclusão dos ensaios laboratoriais que comprovem a eficácia da solução, propõe-se a instalação em um ambiente real para avaliação da qualidade do ar ambiente e funcionamento do dispositivo com a nova configuração.

4 Estimativa de Custo

As estimativas de custo apresentadas nessa seção são referentes a construção da solução para um equipamento de ar condicionado.

4.1 Custos para implementação de sistema de desinfecção com luz UV

Item	Valor unitário (metro/unidade)	Quantidade	Total para um sistema
Fita LED UV-C	R\$ 91,17	2	R\$ 182,34
Fonte de Alimentação 5 V - USB	R\$ 29,99	1	R\$ 29,99
Total			R\$ 212,33

4.2 Custos para para a produção do filtro com QUI

Item	Valor (kg/unid.)	Massa por filtro (kg)/unid.	Valor/um filtro
Chitosan	R\$ 75,00	0,02	R\$ 1,50
Ácido acético	R\$ 37,31	0,01	R\$ 0,37
Ácido sulfúrico	R\$ 60,00	0,002	R\$ 0,12
Horas analista	R\$ 16,00	2	R\$ 32,00
Filtro Hepa	R\$ 72,22	1	R\$ 72,22
Total			R\$ 106,21

4.3 Custos para instalação dos sistemas

Item	Valor	Valor/um filtro
Instalação do Filtro	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Instalação da Fita de LED UV	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Total		R\$ 100,00

4.4 Custos totais

	Valor
Filme QUI + Filtro HEPA	R\$ 116,21
Fita UV + Fonte	R\$ 212,33
Troca Filtro + Instalação UV	R\$ 100,00
Total	R\$ 428,54

5 Considerações Finais

A solução proposta pela equipe Nice nessa maratona teve como objetivo atender uma demanda da Universidade de Brasília no processo de retomada das atividades presenciais. O produto desenvolvido faz uso de tecnologias que possuem literatura ampla sobre sua eficiência e ainda despontam no cenário da pandemia da COVID-19 como soluções de fácil implementação e custo acessível.

O sistema, proposto inicialmente para os ambientes da UnB, pode facilmente ser implementado em outras áreas da sociedade que possuem o mesmo tipo de equipamento de ar condicionado.

Referências

- 1 DPO.UNB.BR/IMAGES/PHOCADOWNLOAD/UNBEMNUMEROS/ANUARIOESTATISTICO 2019. <<http://dpo.unb.br/images/phocadownload/unbemnumeros/anuarioestatistico/AnuarioEstatistico2019.pdf>>. (Accessed on 06/30/2020). Citado na página 3.
- 2 CAIQ - Sobre. 2020. <<http://caiq.unb.br/sobre-a-caiq>>. (Accessed on 06/29/2020). Citado na página 3.
- 3 CARTER, L. J. et al. *Assay techniques and test development for COVID-19 diagnosis*. [S.l.]: ACS Publications, 2020. Citado na página 4.
- 4 CARTAXO, E. F. et al. Aspectos de contaminação biológica em filtros de condicionadores de ar instalados em domicílios da cidade de manaus-am. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 12, n. 2, p. 202–211, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 6.
- 5 LU, R. et al. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The Lancet*, Elsevier, v. 395, n. 10224, p. 565–574, 2020. Citado na página 5.
- 6 XU, H. et al. Possible environmental effects on the spread of covid-19 in china. *Science of The Total Environment*, Elsevier, p. 139211, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 6.
- 7 FERNANDES, F. M. d. C. et al. Relationship between climatic factors and air quality with tuberculosis in the federal district, brazil, 2003-2012. *Brazilian Journal of Infectious Diseases*, SciELO Brasil, v. 21, n. 4, p. 369–375, 2017. Citado na página 5.
- 8 SOUZANDEH, H. et al. Towards sustainable and multifunctional air-filters: A review on biopolymer-based filtration materials. *Polymer Reviews*, Taylor & Francis, v. 59, n. 4, p. 651–686, 2019. Citado na página 6.
- 9 GESTAL, M. C.; JOHNSON, H. M.; HARVILL, E. T. Immunomodulation as a novel strategy for prevention and treatment of bordetella spp. infections. *Frontiers in Immunology*, Frontiers, v. 10, p. 2869, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 9.
- 10 DESAI, K. et al. Nanofibrous chitosan non-wovens for filtration applications. *Polymer*, Elsevier, v. 50, n. 15, p. 3661–3669, 2009. Citado na página 6.
- 11 SIMON, M. *UnB Ciência - Projetos da UnB trabalham em tecnologias para proteção dos profissionais de saúde*. 2020. <<https://www.unbciencia.unb.br/biologicas/643-projetos-unb-trabalham-em-tecnologias-para-protecao-dos-profissionais-de-saude>>. (Accessed on 06/30/2020). Citado na página 7.
- 12 SANGIONI, L. A. et al. Princípios de biossegurança aplicados aos laboratórios de ensino universitário de microbiologia e parasitologia. *Ciência Rural*, SciELO Brasil, v. 43, n. 1, p. 91–99, 2013. Citado na página 7.
- 13 UEKI, S. Y. M. et al. Cabine de segurança biológica: efeito da luz ultravioleta nas micobactérias. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, Instituto Adolfo Lutz, v. 65, n. 3, p. 222–224, 2006. Citado na página 7.

- 14 UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais - Pesquisadores fazem testes com protótipo que desinfecta o ar contaminado pelo coronavírus. 2020. <<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/pesquisadores-fazem-testes-com-prototipo-que-desinfecta-o-ar-contaminado-pelo-coronavirus>>. (Accessed on 06/30/2020). Citado na página 7.
- 15 SILVA, M. et al. Caracterização de filmes à base de quitosana. In: *XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Campinas, Anais*. [S.l.: s.n.], 2015. v. 1, p. 1710–1715. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 10.
- 16 ASSIS, O. B. et al. Caracterização estrutural e da capacidade de absorção de água em filmes finos de quitosana processados em diversas concentrações. *Polímeros*, SciELO Brasil, v. 13, n. 4, p. 223–228, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 10.
- 17 GREEN, A. et al. Inactivation of escherichia coli, listeria and salmonella by single and multiple wavelength ultraviolet-light emitting diodes. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Elsevier, v. 47, p. 353–361, 2018. Citado na página 7.
- 18 NORTON, B. Towards disease-averting built environments. Citado na página 9.
- 19 BRAGA, L. R. et al. Evaluation of the antimicrobial, antioxidant and physicochemical properties of poly (vinyl chloride) films containing quercetin and silver nanoparticles. *Lwt*, Elsevier, v. 101, p. 491–498, 2019. Citado na página 10.