

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

Pegada de carbono dos dispositivos inalatórios dosimetrados de gás pressurizado (pMDI) no Brasil e em Porto Alegre: impactos e alternativas

Paola Flávia Simoes, Thamires Pereira Braga da Silva, Enrique Falceto de Barros, Karina Pavão Patrício, Rafaela Brugalli Zandavalli

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.8393>

Submetido em: 2024-04-05

Postado em: 2024-04-26 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

Autores e ORCID IDs:

1. Paola Flámia Simões. <https://orcid.org/0009-0003-7603-3212>
2. Thamires Pereira Braga da Silva <https://orcid.org/0009-0005-8151-8761>
3. Enrique Falceto de Barros <https://orcid.org/0000-0002-2367-7001>
4. Karina Pavão Patrício <https://orcid.org/0000-0003-2112-5956>
5. Rafaela Brugalli Zandavalli <https://orcid.org/0000-0002-3636-5808>

Afiliações institucionais:

1. Gerência de Atenção Primária à Saúde do Grupo Hospitalar Conceição (GHC); Av. Francisco Trein, 596 - Bairro Cristo Redentor, Porto Alegre, Brasil; (51) 3357-2000; (51) 3357-2820; paola.flamia@gmail.com CEP: 91350200
2. Gerência de Atenção Primária à Saúde do Grupo Hospitalar Conceição (GHC); Av. Francisco Trein, 596 - Bairro Cristo Redentor, Porto Alegre, Brasil; (51) 3357-2000; (51) 3357-2820; thamiresbraga@gmail.com. CEP: 91350200
3. Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Rua Ramiro Barcelos, 2600 (Sala 634, 6º andar) – Santa Cecília, Porto Alegre/RS; tel 51 3308 2971; enriquefbarros@gmail.com
4. Departamento de Saúde Pública da Faculdade de Medicina de Botucatu Unesp; Av. Prof. Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n - UNESP - Campus de Botucatu - Botucatu/SP - CEP 18618687; (14) 38801347; karina.pavao@unesp.br
Doutorado em Saúde Ambiental pela USP, profa. Dra. Depto de saúde Pública da faculdade de medicina de Botucatu - UNESP, rua joao borioli10 - cep 18610270 - botucatu - sp
5. Gerência de Atenção Primária à Saúde do Grupo Hospitalar Conceição (GHC); Av. Francisco

Trein, 596 - Bairro Cristo Redentor, Porto Alegre, Brasil; (51) 3357-2000;

rafaelazandavalli@gmail.com

Título Português: Pegada de carbono dos dispositivos inalatórios dosimetrados de gás pressurizado (pMDI) no Brasil e em Porto Alegre: impactos e alternativas.

Título Inglês: Carbon footprint of pressurized gas metered dose inhalers (pMDI) in Brazil and Porto Alegre: impacts and alternatives.

Título Espanhol: La huella de carbono de los dispositivos inhaladores dosificados de gas presurizado (pMDI) en Brasil y en Porto Alegre: impactos y alternativas.

RESUMO

Objetivo: Calcular a pegada de carbono dos inaladores do tipo gás pressurizado dosimetrado para controle de asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), dispensados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil e em Porto Alegre (RS), no ano de 2019. Método: Dados de dispensação de salbutamol e beclometasona pela rede SUS e Farmácia Popular do Brasil em 2019 foram obtidos mediante solicitação ao Ministério da Saúde. As dispensações foram multiplicadas pela pegada de carbono proporcional de cada dispositivo. Resultados: A prescrição de pMDI resultou entre 24.889.141 e 60.878.728 toneladas de CO₂-eq liberados na atmosfera no Brasil (como percorrer 23 a 57 milhões de vezes a distância norte a sul do Brasil com carro comum a gasolina); e entre 459.830 e 1.151.008 toneladas de CO₂-eq na cidade de Porto Alegre. Conclusão: O estudo mostrou a enorme quantidade de GEEs emitida associada aos dispositivos inalatórios do tipo pMDI no SUS. A troca por DPIs ou SMIs em situações adequadas evitaria grande dano ambiental, e ao mesmo tempo benefício clínico aos pacientes,

pois trata-se da primeira escolha atual preconizada pelas diretrizes clínicas para o tratamento de asma e DPOC, promovendo a saúde pública e, ao mesmo tempo, a saúde planetária.

PALAVRAS CHAVES:

Asma; Beclometasona; Albuterol; Pegada de Carbono; Mudança Climática

ABSTRACT

Objective: To calculate the carbon footprint of metered-dose inhalers (MDIs) used for asthma and chronic obstructive pulmonary disease (COPD) management, distributed by the Brazilian National Health Service (SUS) in Brazil and in the city of Porto Alegre (RS), Brazil, in the year 2019. Method: Data regarding the dispensation of salbutamol and beclomethasone were obtained upon request from the Ministry of Health. The dispensations were multiplied by the proportional carbon footprint of each device. Results: The prescription of MDIs resulted in between 24,889,141 and 60,878,728 tons of CO₂-eq released into the atmosphere in Brazil (equivalent to traveling 23 to 57 million times the north-to-south distance of Brazil in a standard gasoline car); and between 459,830 and 1,151,008 tons of CO₂-eq in the city of Porto Alegre. Conclusion: The study demonstrated the substantial amount of GHG emissions associated with MDI devices in the SUS. The substitution with DPIs or SMIs in appropriate situations would prevent significant environmental harm, while also providing clinical benefits to patients, as they are currently the first-line choice recommended by clinical guidelines for the treatment of asthma and COPD, promoting both public health and planetary health.

KEY WORDS: Asthma; Beclomethasone; Albuterol; Carbon Footprint; Climate Change

RESUMO EM ESPANHOL

Objetivo: Calcular la huella de carbono de los inhaladores dosificados (IDM) para el manejo del asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), distribuidos por el Sistema Único de Salud (SUS) de Brasil y en Porto Alegre (RS), Brasil, en el año 2019. Método: Los

datos sobre la dispensación de salbutamol y beclometasona por la red SUS y la Farmácia Popular do Brasil en 2019 se obtuvieron a petición del Ministerio de Salud. Las dispensaciones se multiplicaron por la huella de carbono proporcional de cada dispositivo. Resultados: La prescripción de IDM resultó en entre 24.889.141 y 60.878.728 toneladas de CO₂-eq liberadas en la atmósfera en Brasil (equivalente a recorrer de 23 a 57 millones de veces la distancia de norte a sur de Brasil en un coche de gasolina estándar); y entre 459.830 y 1.151.008 toneladas de CO₂-eq en la ciudad de Porto Alegre. Conclusión: El estudio demostró la cantidad sustancial de emisiones de GEI asociadas con dispositivos IDM en el SUS. La sustitución por DPIs o SMIIs en situaciones apropiadas evitaría un daño ambiental significativo, al mismo tiempo que proporcionaría beneficios clínicos a los pacientes, ya que actualmente son la primera opción recomendada por las guías clínicas para el tratamiento del asma y la EPOC, promoviendo tanto la salud pública como la salud planetaria.

PALAVRAS CHAVES EM ESPANHOL: Asma; Beclometasona; Albuterol; Huella de Carbono; Cambio Climático

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas (MC) são consideradas a maior ameaça e, conseqüentemente, maior oportunidade à saúde pública do século XXI (COSTELLO et al, 2009; WATTS et al, 2015). Elas são decorrentes da crescente emissão antrópica de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (BARROS 2019; STEFFEN et al, 2015; PORTNER et al, 2022; ROMANELLO et al, 2022). Este efeito vem impactando na humanidade de diversas maneiras, incluindo através do aumento de eventos extremos, como ondas de calor, secas, queimadas, enchentes e ciclones, os quais intensificam as desigualdades socioambientais e iniquidades em saúde (PORTNER et al, 2022).

Anualmente, o *The Lancet Countdown* divulga o dados de 44 indicadores sobre os impactos das MC para a saúde, resultado de estudos de mais de 120 cientistas em todo o

mundo (ROMANELLO, 2022). Dentre as doenças que estão relacionadas às MC, pode-se citar o aumento das doenças transmitidas pela água, vetores e outras zoonoses (como dengue e malária), doenças crônicas não transmissíveis, estresse por calor, desnutrição, obesidade, doenças crônicas não transmissíveis, e diversas doenças mentais (PORTNER et al, 2022; ROMANELLO et al, 2022; MYERS, 2017). Esses e outros dados demonstram a resposta atrasada e inconsistente dos países, fornecendo “um imperativo claro para uma ação acelerada que coloque a saúde das pessoas e do planeta acima de outras agendas” (ROMANELLO et al, 2022).

Embora os serviços de saúde assistam a população que adoce frente aos impactos das MC, paradoxalmente, eles estão relacionados ao agravamento desse cenário através do impacto ambiental e grande pegada de carbono (PC) por eles gerado. Se juntassem todos os sistemas de saúde do mundo como se fossem um país, eles ocupariam a quinta posição mundial na emissão de GEE, tendo em vista que são responsáveis por 4,4% do total de emissões do mundo (KARLINER et al, 2019), sendo equivalente a 514 usinas de carvão (US EPA, 2016). Além disso, o sistema de saúde tem um importante papel de ser um exemplo para a sociedade (KARKINER et al, 2019).

Os medicamentos fazem parte da PC dos serviços de saúde, de forma que o maior componente da PC dos profissionais médicos que atuam na atenção primária à saúde (APS) é a sua prescrição. A maior contribuição isolada está associada aos broncodilatadores e corticoides inalatórios (CI) na forma de dispositivos dosimetrados de gás pressurizado (sigla em inglês, pMDI), utilizados no tratamento da asma e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Esses são amplamente disponíveis no Sistema Único de Saúde (SUS), tanto nas Farmácias Populares como nas farmácias das Unidades Básicas de Saúde/Estratégia da Saúde da Família (BRITISH MEDICAL ASSOCIATION, 2019; NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH CARE EXCELLENCE, 2022; NATIONAL HEALTH SERVICE, 2020). Na Inglaterra, por exemplo, os inaladores tipo pMDI são responsáveis por 3% da pegada de

carbono total do sistema de saúde (NATIONAL HEALTH SERVICE, 2020; WALPOLE et al, 2021). Eles são dotados de altíssimo potencial de aquecimento global (PAG) e são utilizados em uma proporção que poderia ser otimizada, sendo portanto um ponto crítico (RASHEED et al, 2021).

Os pMDIs possuem em sua composição um gás propelente com PAG cerca de 1.300 (mil e trezentas) vezes maior que o mais amplamente conhecido GEE dióxido de carbono (CO₂). Esse GEE chama-se norflurano (HFA-134a), sendo ele da família dos hidrofluoralcenos (HFA), subtipos de gases fluorados (gases F). Para exemplificar, 100 jatos de salbutamol pMDI são o equivalente a dirigir um carro por aproximadamente 290 km, em termos de GEEs (BODKIN, 2019).

Os gases F foram introduzidos nos dispositivos inalatórios (DI) e no mercado no intuito de substituir os gases CFC, depletors da camada de ozônio. O Protocolo de Montreal em 1986 banuiu o gás CFC. Em 2016, porém, foi adicionada uma emenda a esse protocolo: a “emenda Kigali”, que estimula as nações em reduzir 85% das emissões de gases F entre 2019 e 2036 para países desenvolvidos e 80% entre 2024 e 2045 para países em desenvolvimento. Mundialmente, se todos os países atingissem as metas de redução dos gases F, isso reduziria o aumento da temperatura em todo o globo em 0,5°C durante esse século, substancialmente reduzindo os impactos das MC (ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE, 2018). Existem alternativas aos pMDIs: os dispositivos de cápsulas inalantes de pó seco (DPIs) e dispositivos de névoa suave (SMI). Ambos não possuem gás propelente e são por isso mais sustentáveis, no entanto são os menos prescritos.

Apesar da perspectiva de que não é possível pensar em saúde humana desconsiderando a saúde do planeta do qual os humanos dependem para viver³, seria um problema para os profissionais de saúde optarem pela prescrição de um medicamento mais sustentável caso esse não fosse a opção que oferecesse maior benefício clínico. No entanto, a atualização mais recente da principal diretriz para o tratamento da asma GINA (sigla do inglês

para Iniciativa Global para a Asma) (GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA, 2022) salienta como primeira linha de tratamento medicações que são disponíveis em DPIs, como o formoterol + budesonida (*step 1* na asma), reduzindo hospitalizações e exacerbações graves da doença e sendo benéfica, portanto, para os pacientes e para o planeta (WILKINSON, 2019). Ainda, os tratamentos mais recomendados para a DPOC, como os beta-agonistas de longa duração (LABAs) e anti-muscarínicos de longa duração (LAMAs), são igualmente disponíveis na forma de DPIs (GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2020).

Para construir um sistema de saúde mais sustentável e saudável, o primeiro passo é identificar de onde estão vindo as emissões de GEEs e quantificá-las (TAYLOR; MACKIE, 2017). No entanto, no Brasil, são escassos dados na literatura para quantificar este impacto ambiental relacionado à saúde. Quando os custos ambientais, de saúde e econômicos relacionados aos medicamentos não são bem conhecidos e quantificados, pode ser difícil em termos de políticas públicas decidir quais medicamentos oferecem melhor custo-benefício para a população, sendo os melhores a serem incluídos na cesta de medicamentos fornecidos pelo SUS. Além disso, atualmente é fundamental que se incorpore os conceitos do ESG (práticas sociais, sustentáveis e de governança) pelas instituições a fim de promover saúde (PACTO GLOBAL REDE BRASIL ODS)

A Organização das Nações Unidas (ONU) preocupa-se com a crise climática e clama pela rápida transformação das sociedades (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022). Ao mesmo tempo, mais de dois terços da força de trabalho global em saúde assinou uma carta aberta - 45 milhões de médicos e profissionais de saúde em todo o mundo -, alertando os líderes nacionais e internacionais da Conferência das Partes (COP) sobre a necessidade de intensificar a planos de ação climática. Os profissionais de saúde afirmaram que eles já enfrentam os danos à saúde causados pelas MC nos atendimentos à

população, e, portanto, advogam pela ação climática (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2002~WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

Esta pesquisa tem como objetivo estimar a PC de inaladores para asma e para DPOC do tipo inaladores de gás pressurizado dosimetrado (sigla em inglês pMDI) dispensados pela Farmácia Popular e pelo SUS como um todo (excetuando a Farmácia Popular) no Brasil e, especificamente, em Porto Alegre (POA - RS), no ano de 2019.

MÉTODOS

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo ecológico. O local do estudo foi escolhido por conveniência. O ano de 2019 foi escolhido por ser o ano imediatamente anterior à pandemia do COVID-19, portanto, ano em que a prescrição de medicamentos para asma e DPOC ocorreu de forma usual.

Como amostra, foi utilizada a quantidade total de sulfato de salbutamol e dipropionato de beclometasona tipo pMDI com dispensação registrada na rede SUS como um todo e pela Farmácia Popular, no Brasil e em POA, no ano de 2019.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Nossa Senhora da Conceição - Grupo Hospitalar Conceição sob o número 70361623.5.0000.5530.

Cálculo da pegada de carbono estimada

A PC dos DIs foi calculada multiplicando-se o peso do GEE pelo seu PAG [medida da capacidade de aquecimento de um gás em relação ao dióxido de carbono(CO₂)]. O resultado foi dado em CO₂ equivalente (CO₂-eq), que é um termo usado para estimar a quantidade de massa de CO₂ que seria necessária para causar o mesmo aquecimento, em um período de tempo, que aquele GEE em questão. Emissão CO₂-equivalente é uma escala

comum para comparar as emissões de diferentes GEEs, mas não implica a equivalência da mudança climática correspondente, já que isto leva em conta também o tempo em que o gás permanece na atmosfera (CO₂ e HFA permanecem por tempos diferentes, mas ambos por alguns séculos) (ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE, 2018; MASSON-DELMOTTE, 2019). Por exemplo, sabe-se que o PAG do HFA-134a é 1.300, o que significa que 1 tonelada de HFA134a aquece 1.300 vezes mais a atmosfera do que a mesma 1 tonelada de CO₂ aqueceria. O tempo de vida desse gás na atmosfera é de 14 anos, logo, esse calor ficaria aprisionado na atmosfera por um período de 14 anos (MERTZ et al, 2005).

Para uma análise mais integral da PC de um produto, além de avaliar a quantidade de GEE presentes nele e seu respectivo PAG, poderiam ser avaliadas todas as emissões consequentes da sua cadeia de produção (CO₂ eliminado pela indústria ao produzi-lo e transportá-lo até os consumidores finais). No entanto, a análise considerando todo o ciclo de produção do produto é complexa e foge do escopo deste estudo. Portanto, nesse trabalho foi analisada a PC referente unicamente ao GEE presente nos DI tipo pMDI, calculando o CO₂-eq.

O peso do gás HFA-134a nos DI pode variar conforme o laboratório e conforme sua composição contendo ou não álcool, mas ambas informações não são disponíveis publicamente pelos diferentes laboratórios que alimentam o SUS. Assim, foi necessário explorar a literatura para descobrir a quantidade (peso) média de gás HFA-134a em cada DI, e, portanto, estimar a sua PC. Por meio de estudos que consideraram os DI cheios e vazios in vitro para estimar a quantidade (peso) do gás HFA-134^a (SELLERS, 2017), sabe-se comparativamente que dispositivos que contém álcool necessitam de menor quantidade de gás propelente HFA-134a (são considerados do tipo baixo volume- 6.68–8.5g), e dispositivos sem álcool por consequência possuem maior quantidade de HFA-134a (dispositivos de alto volume - 17.32–19.8g), possuindo os últimos uma maior PC (WILKINSON, 2019). A

estimativa da PC dos dispositivos (tanto de alto volume - sem álcool, como de baixo volume - com álcool) foi realizada multiplicando o peso do gás HFA134a pelo seu PAG, publicado no quinto relatório do IPCC.

Aquisição dos dados de dispensação dos medicamentos

Dados sobre a quantidade de dispositivos de sulfato de salbutamol e dipropionato de beclometasona dispensados na rede SUS (Farmácia Popular e SUS como um todo), no Brasil e em POA, no ano de 2019, foram requeridos através da plataforma integrada de ouvidoria e acesso à informação do governo federal (portal Fala.BR (CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO, 2023), conforme previsto na Lei de Transparência de Dados. As informações referentes às dispensações da Farmácia Popular foram disponibilizadas no dia 23 de maio de 2022 pela Coordenação do Programa Farmácia Popular do Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos e pela Coordenação-Geral de Assistência Farmacêutica Básica (CGAFB/DAF/SCTIE/MS), ambas coordenações vinculadas ao Ministério da Saúde/ Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos/ Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde.

No dia 12 de agosto de 2022, foram disponibilizados os dados referentes às dispensações da rede “SUS como um todo” no Brasil e em POA no ano de 2019. Os dados foram extraídos por esses órgãos da Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica (BNAFAR) e fornecidos às pesquisadoras, apresentados nos Materiais Suplementares (Anexo A e B). Considera-se dados de dispensação “no SUS como um todo” as dispensações registradas que ocorrem majoritariamente no âmbito das farmácias do SUS que assistem a APS, com exceção dos medicamentos da Farmácia Popular, podendo haver subestimação dos registros por parte de alguns municípios.

Análise dos dados

Os dados fornecidos pelo MS se referiam ao total de dispensações de DI de cada medicamento (salbutamol 100mcg; beclometasona 250mcg; beclometasona 200 mcg e beclometasona 50mcg), não especificando de qual laboratório nem se são de alto ou de baixo volume.

Foi somada a quantidade total de dispensação de salbutamol e beclometasona pelo SUS e Farmácia Popular no Brasil e em POA (RS) separadamente. Para estimar a PC dos pMDIs de salbutamol no Brasil e em POA, primeiramente foi multiplicada a PC de cada dispositivo de salbutamol de alto volume pela quantidade total de dispensação de salbutamol pelo SUS como um todo e Farmácia Popular no Brasil, e separadamente em POA; secundariamente foi multiplicada a PC de cada dispositivo de salbutamol de baixo volume pela mesma quantidade total de dispensação de salbutamol, considerando, alternativamente à hipótese do cálculo anterior, que todas as dispensações de salbutamol fossem do subtipo baixo volume. O mesmo foi realizado para beclometasona. As variadas apresentações de beclometasona (50mcg, 200 mcg e 250mcg) se referem a diferentes quantidades de medicamento no dispositivo, não a quantidade de HFA-134a, logo, para cálculo da PC podem ser somados como iguais. Após isso, foi somada a PC dos frascos de salbutamol e beclometasona considerando hipoteticamente que fossem todos de alto volume, tendo como resultado a PC das dispensações de pMDIs caso todos fossem de alto volume e, sequencialmente foi somada a PC dos frascos de salbutamol e beclometasona considerando todos de baixo volume. Do intervalo entre esses valores origina-se o dado buscado no presente estudo: a PC dos DI do tipo pMDI fornecidos pelo SUS e pela Farmácia Popular no Brasil e em POA no ano de 2019.

Cálculo de equivalências da pegada de carbono

Para calcular as equivalências das pegadas de carbono dos DI utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona) no Brasil de baixo

e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa (a), de emissão de CO₂ (b), de evitação de emissão de gases de efeito estufa (c) e sequestro de carbono (d) foi utilizada a calculadora on-line estadunidense (United States Environmental Protection Agency , 2023). As medidas da calculadora foram adaptadas para as equivalentes utilizadas no Brasil (ex: milhas para quilômetros) e, para calcular a distância dos pontos mais extremos de Norte (Cabraí) a Sul (Chuí), foi considerada a distância em linha reta, que é 4.378,41 km.

RESULTADOS

Foram realizados discriminadamente os cálculos de quantidades de unidades e suas referentes pegadas de carbono de acordo com a medicação (Salbutamol ou Beclometasona), o local geográfico, a farmácia de dispensação e considerando como se todas fossem de alto ou médio volume de HFA-134a. Percebe-se que a maior dispensação ocorre na Farmácia Popular e referente à medicação Salbutamol, que, conseqüentemente, tem a maior PC comparativamente à Beclometasona, tanto no Brasil como em POA, proporcionalmente (Tabela 1).

Tabela 1. Soma das quantidades dispensadas de Salbutamol 100mcg e Beclometasona (50mcg, 200mcg, 250mcg e 400mcg aerossol pMDI) pela Farmácia Popular e pelo SUS em 2019 no Brasil e em Porto Alegre

	Local	Dispensação	Quantidade e de Frascos (unidades)	Total - Quantidade e de Frascos (unidades)	Pegada de Carbono - todos baixo volume** (kg de	Pegada de Carbono - todos alto volume* (kg de CO ₂ eq)

					CO2eq)	
Salbutamol aerossol (pMDI)	Brasil	Farmácia Popular	1.662.341.600	1.662.895.271	16.628.952.710	46.561.067.588
		SUS	553.671			
	Porto Alegre	Farmácia Popular	33.069.800	33.184.567	331.845.670	929.167.876
		SUS	114.767			
Beclometasona aerossol (pMDI)	Brasil	Farmácia Popular	549.249.500	550.679.243	8.260.188.645	14.317.660.318
		SUS	1.429.743			
	Porto Alegre	Farmácia Popular	8.492.800	8.532.307	127.984.605	221.839.982
		SUS	39.507			

* Alto volume para Salbutamol = 28 kg de CO2-eq/inhalador. Alto volume para Beclometasona = 26 kg CO2-eq/inhalador.

** Baixo volume para Salbutamol = 10 kg de CO2-eq/inhalador. Baixo volume para Beclometasona = 15 kg de CO2-eq/inhalador

A prescrição de inaladores pMDI no âmbito do SUS em 2019 resultou em emissões de CO2-eq situadas entre 24.889.141 e 60.878.728 toneladas em todo o território brasileiro

(**Tabela 2**; valores levando em consideração se todos os dispositivos fossem de baixo ou alto volume), o que equivale a percorrer de 23 a 57 milhões de vezes a distância entre o extremo norte e sul do Brasil em um veículo a gasolina convencional, dentre outras comparações com medidas de emissão ou de sumidouro de carbono (**Figura 1 - Tabela Suplementar Anexo C**).

Tabela 2. Resultado final da Pegada de Carbono estimada dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona) dispensados pela Farmácia Popular e rede SUS no Brasil e em Porto Alegre em 2019

	Pegada de Carbono - todos baixo volume** (kg de CO₂eq)	Pegada de Carbono - todos alto volume* (kg de CO₂eq)
Brasil	24.889.141.355	60.878.727.906
Porto Alegre	459.830.275	1.151.007.858
* Alto volume para Salbutamol = 28 kg de CO ₂ -eq/inalador. Alto volume para Beclometasona = 26 kg CO ₂ -eq/inalador.		
** Baixo volume para Salbutamol = 10 kg de CO ₂ -eq/inalador. Baixo volume para Beclometasona = 15 kg de CO ₂ -eq/inalador		

Figura 1. Infográfico: equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona), no Brasil, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.



Pegada de carbono de dispositivos inalatórios para ASMA e DPOC

distribuídos pelo SUS e Farmácia Popular no **Brasil** durante o ano de 2019



365 DIAS

DISPENSANDO
**SALBUTAMOL E
BECLOMETASONA**
EQUIVALE* A ...



... **EM EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA**



411 mi a 1 bi

de mudas de árvores
cultivadas durante
10 anos



12 a 29 mi

de hectares de
florestas dos EUA
em 1 ano

... **EM CARBONO SEQUESTRADO**



10 a 25 bi

litros de gasolina consumida



12 a 30 bi

quilos de carvão mineral queimado

... **EM EMISSÕES DE CO2**



943 mi a 2 bi

de lâmpadas incandescentes
troçadas por LED



6 a 16 mil

de turbinas eólicas
funcionando por um ano

... **EM EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EVITADAS**

* Calculadora estadunidense. Os valores apresentados em um intervalo correspondem ao cálculo realizado se todos os dispositivos inalatórios fossem de baixo ou alto volume:

Baixo volume

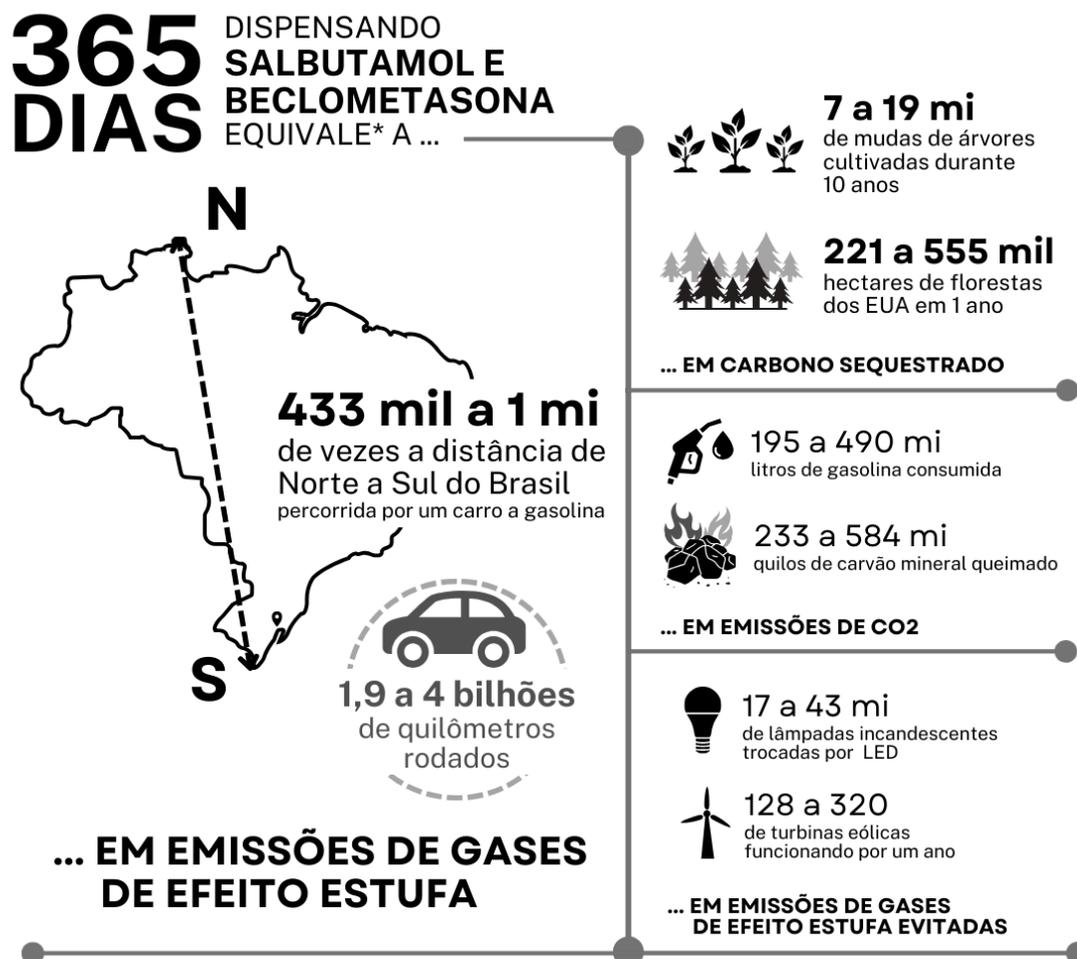
10 kg de CO₂-eq/inalador (Salbutamol) +
15 kg de CO₂-eq/inalador (Beclometasona)

Alto volume

28 kg de CO₂-eq/inalador (Salbutamol) +
26 kg CO₂-eq/inalador (Beclometasona)

Além disso, em POA, a prescrição desses dispositivos resultou em emissões entre 459.830 e 1.151.008 toneladas (**Tabela 2**), correspondendo a percorrer a distância entre o norte e sul do Brasil entre 433 mil e 1 milhão de vezes com um veículo a gasolina convencional (**Figura 2 - Tabela Suplementar Anexo C**).

Figura 2. Infográfico: equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona), em Porto Alegre, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.



* Calculadora estadunidense. Os valores apresentados em um intervalo correspondem ao cálculo realizado se todos os dispositivos inalatórios fossem de baixo ou alto volume:

Baixo volume
10 kg de CO₂-eq/inalador (Salbutamol) +
15 kg de CO₂-eq/inalador (Beclometasona)

Alto volume
28 kg de CO₂-eq/inalador (Salbutamol) +
26 kg CO₂-eq/inalador (Beclometasona)

DISCUSSÃO

A prescrição de pMDI para o tratamento de patologias respiratórias como asma e DPOC no SUS em 2019 resultou em aproximadamente 152-359 quilotoneladas (kt) de CO₂eq liberados na atmosfera em todo o Brasil e 4,03-9,97 kt CO₂eq em POA especificamente. Esse valor reflete um padrão de prescrição relacionado ao uso salbutamol (disponível no SUS na forma de pMDI), como tratamento de primeira escolha para alívio rápido dos sintomas/resgate e beclometasona como primeira opção para o tratamento de manutenção (também mais disponível no SUS na forma de pMDI).

No tocante à experiência de outros países em relação ao tema, percebe-se que as emissões são com frequência evitáveis substituindo para dispositivos menos poluentes. Comparando a proporção de prescrição de pMDIs na Inglaterra (70%) em relação à Suécia (13%), estima-se que caso a Inglaterra adotasse o padrão de prescrição sueco (dando preferência aos DPIs sempre que adequado ao paciente), evitaria-se a emissão de 422 kg CO₂-eq por paciente por ano (JANSON et al, 200). Comparativamente, a ação individual de trocar um pDMI por um DPI poderia evitar que 150 a 400 kg CO₂-eq fossem despejados na atmosfera ao ano, o que seria o equivalente ambientalmente a esse indivíduo passar a ter o hábito de reciclar, adotando coleta seletiva ou cortar o consumo de carne vermelha em sua vida durante o tempo de tratamento (WYNES, NICHOLAS, 2017).

Ainda, o sistema de saúde inglês (NHS) teve a meta de que até 2022 pelo menos 50% dos inaladores prescritos fossem de baixo potencial de aquecimento global (ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE, 2017), a fim de zerar as emissões do NHS até 2045 (UK PUBLIC GENERAL ACTS, 2022). Uma liga de instituições de saúde os seguiu no comprometimento pela busca da “emissões zero” no Brasil por meio do Projeto Hospitais Saudáveis e da Rede Global de Saúde Sem Dano. Sete instituições de saúde aderiram ao desafio, tendo como meta reduzir as emissões de GEE em 50% até 2030 e zerar as emissões até 205 (HOSPITAIS SAUDÁVEIS, 2023, SAUDE SEM DANO, 2023).

O custo é uma preocupação em relação ao tema, visto que os DPI são mais caros comparados aos pMDI. No entanto, há questões importantes a serem consideradas: além do preço do medicamento, para uma análise de custo-efetividade adequada devem ser considerados outros aspectos como aproveitamento/desperdício da medicação relacionado à técnica inalatória, capacidade do tratamento de reduzir internações hospitalares (que possuem custos nitidamente elevados ao sistema de saúde e ao paciente) e impactos das MC na economia a longo prazo, sendo importante um olhar ampliado dentro da saúde pública (WILKINSON et al, 2019). Estudos demonstram que 65 a 72% dos pacientes cometem erros ao usar os inaladores, e, em 30 a 32% dos casos, esses erros são significativos a ponto de prejudicar a efetividade do tratamento (SANSNIS, GICH e PEDERSEN, 2016). Comparando a taxa de erros na técnica inalatória entre diferentes dispositivos, 96% dos pacientes conseguem realizar os passos corretamente no uso de DPIs contra apenas 24% do grupo Pmdi (VAN DER PALEN e al, 1995).

Alguns problemas são identificados quanto ao uso dos pMDI: a técnica inalatória requer coordenação da ativação da liberação do medicamento com concomitante inspiração lenta e prolongada, e alguns pacientes não inalam por tempo suficiente após a ativação do dispositivo, o que leva a deposição orofaríngea do fármaco e resulta em administração ineficiente da medicação. Além disso, aqueles contendo corticoide inalatório (CI) propiciam proliferação de fungos e candidíase oral. Estima-se que, na maioria dos pacientes, apenas cerca de 10% da dose chegue aos pulmões, enquanto 80% permanecem na orofaringe, embora isso varie dependendo do dispositivo de preparação e aplicação (PICKERING et al, 2000).

Além disso, nos pMDIs mais comuns e dispensados pelo SUS, não é possível visualizar no dispositivo quantas doses ainda restam, podendo fazer com que alguns pacientes continuem usando o dispositivo apesar de não haver mais medicamento ou então descartarem o inalador com doses remanescentes inutilizadas, gerando desperdício (RICKARD, 2006; WILKINSON et al, 2019). Um estudo encontrou um dado alarmante que revelou que 40% dos

pacientes acreditam estar usando sua medicação para asma quando estão na verdade ativando um frasco pMDI vazio, sendo algo muito relevante para a saúde (CONNER and BUCK, 2013). No que concerne aos DPIs, vale ressaltar que é necessária capacidade pulmonar para gerar fluxo inspiratório adequado, o que pode ser difícil para crianças pequenas, muitos idosos ou pacientes com distúrbio de força, limitando seu uso nesses grupos (IWANAGA et al, 2019; LAVORINI, FONTANA, USMANI, 2014). Entretanto, a problemática existente nos pMDIs referente a necessidade de coordenar a inspiração com a ativação manual do dispositivo em tempo sincronizado é excluída, visto que a própria inspiração é o mecanismo de ativação (LAUVE, DOLOVICH, 2014).

Pensando no ESG, em relação ao pilar social associado ao financeiro, tem-se o “custo social do carbono” (CSC), medido em dólar por tonelada de carbono, que é uma estimativa dos danos monetários associados com o aumento nas emissões de carbono em um ano. Análise da agência americana responsável pelo assunto estimou aproximadamente uma média 25,8 dólares/tonelada de carbono para o ano de 2019 (INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, UNITED STATES GOVERNMENT., 2010). Segundo relatório ONU, cada dólar investido em restauração cria até US\$ 30 em benefícios econômicos (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2021) . Ou seja, deve-se levar em consideração o CSC na análise de custos também durante a escolha dos medicamentos dispensados pelo SUS.

Ainda em relação ao custo, tem-se outro pilar do ESG: a governança corporativa, na qual as instituições devem adotar uma abordagem sustentável na sua gestão, considerando os impactos ambientais e sociais de suas operações, além de garantir a transparência e a responsabilidade na gestão corporativa (PACTO GLOBAL REDE BRASIL, 2023). Cientes disso, os ingleses calcularam os custos da troca de 10% das prescrições de pMDIs por prescrições de DPIs e encontraram que, se a troca for realizada por DPIs dos laboratórios mais comumente comercializados no momento do estudo, para cada 10% de pMDIs trocados por

DPIs os custos aumentariam para 12.7 milhões de libras por ano. No entanto, se a troca for realizada optando pelos DPIs dos laboratórios mais baratos do mercado, haveria uma diminuição de custos de 8.2 milhões de libras (WILKINSON et al, 2019).

Em relação à asma, a opção terapêutica de Salbutamol e/ou Beclometasona (pMDI) deixou de ser primeira escolha de tratamento desde 2020, quando o GINA apontou, baseado em achados científicos com adequado nível de evidência, para um avanço no tratamento em direção a melhores resultados nos indicadores de saúde da asma. Dentre as opções de primeiro *step* para a asma, o uso de formoterol-budesonida (disponível na forma de DPI) é a opção mais recomendada e preferida pela atual diretriz, ao invés de depender apenas de medicações em pMDI. Essa recomendação surgiu do observado benefício clínico com o seu uso: redução de hospitalizações e exacerbações graves de asma com necessidade de uso de corticóides orais (GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA, 2021). Em relação à DPOC, o tratamento tanto de manutenção e de prevenção quanto para alívio rápido é baseado nos beta-agonistas e antimuscarínicos de longa ação (LABAs e LAMAs respectivamente), que são disponíveis amplamente na forma de DPIs e alguns em SMI (GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2020).

O DPI formoterol+budesonida e umeclidínio + vilanterol e o SMI olodaterol + tiotrópio estão disponíveis pelo SUS em Farmácias de Medicamentos Especiais de alguns estados do Brasil, como a do Rio Grande do Sul, para os CIDs de asma (somente formoterol+budesonida) e DPOC (todos medicamentos supracitados), mediante apresentação de laudos e exames, processo que exige maior trabalho burocrático do prescritor. Em um contexto como o da APS no SUS, em que o profissional precisa lidar com a pressão de gerenciar o tempo de consultas, esse processo envia a escolha preferencial do prescritor, sendo uma perspectiva prática de vital importância.

Este estudo tem algumas limitações. Primeiramente, a quantidade de HFA-134a presente nos DI não é um dado publicamente disponível nas bulas das medicações, existindo o

risco de variar conforme o laboratório. Para sua estimativa, foram utilizados dados da literatura inglesa (SELLERS, 2017; AKERHURST, TAYLOR and WYATT, 1997; BRAMBILLA, JOHNSON, LEWIS, 2-14; BROWN, JONE and MARTIN, 2005; THOMPSON, 2005). É importante reiterar, portanto, que o resultado será uma estimativa, visto que o SUS dispensa medicamentos de diferentes laboratórios e, portanto, pode haver pequenas diferenças em sua fórmula e quantidade de gás no produto final.

Além disso, os dados de dispensação obtidos “no SUS como um todo” pelo BNAFAR, o qual exclui as dispensações da Farmácia Popular, são majoritariamente de dispensação na APS. No entanto, a depender da organização e gestão locais, não é possível excluir que alguns locais contabilizem os dados dispensados em UPAS ou hospitais. Vale frisar que durante exacerbações agudas severas de asma e DPOC no cenário de urgência e emergência, o uso de broncodilatadores de curta ação como resgate (disponíveis como salbutamol pMDI) é o mais estudado e se faz adequado. Além disso, nem todos os municípios transmitem seus dados ao BNAFAR, o que leva a uma subestimação do número de dispensações. É sabido que as dispensações referentes a Farmácia Popular correspondem a prescrições do nível ambulatorial.

Secundariamente, para o cálculo da PC, multiplicou-se a quantidade do gás propelente pelo seu PAG. Não foi calculado a PC total dos medicamentos, que contabiliza a energia consumida para sua fabricação e transporte. Logo o dado apresentado aqui pode ser considerado significativamente subestimado, apesar de que se houvesse a troca para DPI ou SMI, a PC de sua fabricação e transporte provavelmente se equivaleria. Esperamos que, identificada a lacuna da ausência desses dados no cenário brasileiro, esse estudo incentive novas pesquisas.

CONCLUSÃO

O presente trabalho calculou de forma inédita que o SUS, no Brasil, é responsável por emitir aproximadamente entre 24.889.141 e 60.878.728 toneladas de CO₂eq de gases do efeito estufa na atmosfera a cada ano por meio da dispensação de DI do tipo pMDI prescritos pelos profissionais médicos. Em POA (RS), ocorre a emissão de 459.830 a 1.151.008 toneladas de CO₂eq por ano.

As evidências mais atualizadas apontam que adotar a prescrição de LABA-CI em DPIs para asma e LABA ou LAMA isolado ou em associação em DPI ou SMIs para DPOC apresenta uma sinergia de benéficas. Esta troca nos casos indicados evitaria um grande dano ambiental, e, ao mesmo tempo, traria facilidade posológica (menos desperdício de medicamentos) e benefícios clínicos para os pacientes, uma vez que é a primeira escolha atual preconizada pelas diretrizes clínicas para o tratamento de asma e de DPOC. Com isso, possibilita melhor controle de doenças e evita idas à emergência e internações hospitalares (GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2020; GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA, 2021; GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE, 2020), impactando em redução de custos quando se analisa de uma forma ampliada (WILKINSON et al, 2019; INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, UNITED STATES GOVERNMENT, 2010).

As MC irão, conforme estima a Organização Mundial da Saúde (OMS), causar 250 mil mortes por ano entre 2030 e 2050 (WORD HEALTH ORGANIZATION, 2022). Profissionais da saúde não devem esquivar-se dessa questão (WILKINSON et al, 2019) e devem receber treinamento para tal em sua formação (WORLD HEALTH ORGANIZATION - CIVIL SOCIETY WORKING GROUP TO ADVANCE ACTION ON HEALTH AND CLIMATE CHANGE, 2022). Na busca por saídas e respostas, são urgentes as recomendações para elaborar um comitê de desenvolvimento sustentável para o SUS e sistema complementar, de forma que estejam alinhados com a política de redução dos impactos ambientais negativos

do sistema de saúde e custos associados da OMS. Reduzir a emissão de GEE pelo sistema de saúde significa, especialmente, estar mais próximo de alcançar sua meta principal: melhorar a saúde da população e entregar cuidado de qualidade hoje e no futuro, promovendo a saúde pública e a saúde planetária.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES:

P. Flávia contribuiu para a concepção, desenho do projeto, aquisição, análise e interpretação dos dados, redação do artigo e aprovou a versão final.

T. P. B. Silva contribuiu para a concepção, desenho do projeto, aquisição, análise e interpretação dos dados, redação do artigo e aprovou a versão final.

E.F Barros contribuiu para a concepção, desenho do estudo, análise e interpretação dos dados, revisão crítica relevante do conteúdo intelectual e aprovou a versão final.

K. P. Patrício contribuiu para a concepção, desenho do estudo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica relevante do conteúdo intelectual e aprovou a versão final.

R. B. Zandavalli contribuiu para a concepção, desenho do estudo, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica relevante do conteúdo intelectual e aprovou a versão final.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

P. Flávia contributed to the conception, project design, acquisition, analysis and interpretation of data, article writing, and approved the final version.

T. P. B. Silva contributed to the conception, project design, acquisition, analysis and interpretation of data, article writing, and approved the final version.

E.F Barros contributed to the conception, study design, analysis and interpretation of data, relevant critical review of intellectual content, and approved the final version.

K. P. Patrício contributed to the conception, study design, analysis and interpretation of data, article writing, relevant critical review of intellectual content, and approved the final version.

R. B. Zandavalli contributed to the conception, study design, analysis and interpretation of data, article writing, relevant critical review of intellectual content, and approved the final version.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores certificam por meio deste que o trabalho relatado neste manuscrito não recebeu apoio financeiro de nenhuma empresa farmacêutica ou outra fonte comercial, exceto conforme descrito abaixo. Além disso, nenhum parente de primeiro grau dos autores possui interesse financeiro especial no assunto discutido neste manuscrito.

CONFLICT OF INTEREST

The authors hereby certify that the work reported in this manuscript has not received financial support from any pharmaceutical company or other commercial source, except as described below. Additionally, no first-degree relative of the authors has any special financial interest in the subject matter discussed in this manuscript.

Lista de Abreviaturas

Anti-muscarínicos de Longa Duração (LAMAs); Atenção Primária à Saúde (APS);
Beta-agonistas de Longa Duração (LABAs); CO₂ equivalente (CO₂-eq); Corticoide
Inalatório (CI); Custo Social do Carbono (CSC); Dióxido de Carbono (CO₂); Dispositivos
Inalatórios (DI); Dispositivos de Cápsulas Inalantes de Pó Seco (sigla em inglês, DPIs);
Dispositivos de Névoa Suave (sigla em inglês, SMI); Dispositivos Dosimetrados de Gás
Pressurizado (sigla em inglês, pMDI); Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC); ESG
(do inglês, Environmental, Social and Governance, que são práticas sociais, sustentáveis e de
governança); GINA (sigla do inglês *Global Initiative for Asthma*, Iniciativa Global para a
Asma); Hidrofluoralcano (HFA); Mudanças Climáticas (MC); Norflurano (HFA-134a);
Organização Mundial da Saúde (OMS); Organização das Nações Unidas (ONU); Pegada de
Carbono (PC); Porto Alegre (POA); Potencial de Aquecimento Global (PAG); Sistema Único
de Saúde (SUS).

REFERÊNCIAS

AKEHURST, R.A.; TAYLOR, A.J.; WYATT, D.A. Aerosol formulations containing Propellant 134a and fluticasone propionate. **United States patent** US 5658549A, 1997.

BARROS EF. Saúde planetária: Um novo campo de estudos nas Ciências da Vida? [dissertação]. Porto Alegre: Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2019.

BODKIN, H. Asthma inhalers as bad for the environment as 180-mile car journey, health chiefs say. *The Telegraph*. 2019. Disponível em: <https://www.telegraph.co.uk/news/2019/04/08/asthma-inhalers-bad-environment-180-mile-car-journey-health/>

BRAMBILLA, G.; JOHNSON, R.; LEWIS, D.A. Aerosol inhalation device. **United States patent** US 2014/0060531 A1 . 6 Março 2014.

BRITISH MEDICAL ASSOCIATION. **Sustainable and environmentally friendly general practice report**. 2019. Disponível em: <https://www.bma.org.uk/advice-and-support/gp-practices/gp-premises/sustainable-and-environmentally-friendly-general-practice-report> Acesso: 11 Dezembro 2023.

BROWN, M.B.; JONES, S.A.; MARTIN, G.P. Metered dose inhalation preparations of therapeutic drugs. World Intellectual Property Organization (Patent Cooperation Treaty) WO 2005055985A1. 23 Junho 2005.

CONNER, J.B.; BUCK, P.O. Improving Asthma Management: The Case for Mandatory Inclusion of Dose Counters on All Rescue Bronchodilators. **Journal of Asthma**.

50(6):658–63. 2013. Disponível em:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/02770903.2013.789056>

CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. Fala.BR - **Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação**.Brasil.gov.br. Disponível em: <https://falabr.cgu.gov.br/web/home>
Acesso:12 Dezembro 2023.

COSTELLO, A.; ABBAS. M.; ALLEN, A.; BALL, S.; BELL, S.; BELLAMY, R. et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission. **Lancet**. 373(9676):1693–733, 2009;

ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE. **UK Progress on reducing F-gas Emissions Fifth Report of Session 2017-19** Report, together with formal minutes relating to the report. 25 Abril 2018. Disponível em:
<https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmenvaud/469/469.pdf>. Acesso:12 Dezembro 2023

GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA. **Global Strategy for Asthma Management and Prevention** (2022 update). Disponível em:
<https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2022/07/GINA-Main-Report-2022-FINAL-22-07-01-WMS.pdf> Acesso:12 Dezembro 2023.

GLOBAL INITIATIVE FOR ASTHMA. **Global Strategy for Asthma Management and Prevention, 2021**. Acesso: 12 Dezembro 2023. Disponível em:
<https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2023/04/GINA-Main-Report-2021-V2-WMSA.pdf>

GLOBAL INITIATIVE FOR CHRONIC OBSTRUCTIVE LUNG DISEASE. **Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (2020 report)**. Disponível em:
https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/12/GOLD-2020-FINAL-ver1.2-03Dec19_WM

V.pdf. Acesso:12 Dezembro 2023.

PROJETO HOSPITAIS SAUDÁVEIS. **Desafio à saúde pelo clima**; c2022-2023..

Disponível em: <https://www.hospitaissaudaveis.org/DesafioClima>. Acesso:12 Dezembro 2023

INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON, UNITED STATES GOVERNMENT. **Technical Support Document: Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis**. Under Executive Order 12866. Fevereiro 2010. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-12/documents/scc_tsd_2010.pdf Acesso:12 Dezembro 2023.

IWANAGA, T.; TOHDA, Y.; NAKAMURA, S.; SUGA, Y. The Respimat® Soft Mist Inhaler: Implications of Drug Delivery Characteristics for Patients. **Clin Drug Investig.**;39(11):1021–30, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s40261-019-00835-z>

JANSON, C.; HENDERSON, R.; LÖFDAHL, M.; HEDBERG, M.; SHARMA, R.; WILKINSON, A.J.K. Carbon footprint impact of the choice of inhalers for asthma and COPD. **Thorax**: 75(1):82–4, 2020. Disponível em: <https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2019-213744>

KARLINER, J.; SLOTTERBACK, S.; BOYD, R.; ASHBY, B; STEELE, K.; et al. **Health care's climate footprint: how the health sector contributes to the global climate crisis and opportunities for action**. Health Care Without Harm Climate-smart health care series Green Paper Number One Produced in collaboration with Arup. Setembro 2019.

LAUBE, B.L.; DOLOVICH, M.B. Aerosols and Aerosol Drug Delivery Systems. In Middleton's Allergy: **Principles and Practice**: Eighth Edition. Vol. 1-2, Elsevier Inc.. p. 1066-1082, 2014.

LAVORINI, F.; FONTANA, G.A.; USMANI, O.S. New Inhaler Devices - The Good, the Bad and the Ugly. **Respiration**. 88(1):3–15. 2014; Disponível em: <https://www.karger.com/Article/FullText/363390>

MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P., PÖRTNER, H.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P.R., et al. IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. 2019. 616 p.

MERTZ, B.; KUIJPERS, L.; SOLOMON, S.; ANDERSEN, S.O.; DAVIDSON, O.; PONS, J., et al. **IPCC/TEAP 2005: Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System**. Cambridge (UK): Cambridge University Press; 2005. 478 p.

MYERS, S.S. Planetary health: protecting human health on a rapidly changing planet. **The Lancet**: 390(10114):2860–823, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673617328465>

NATIONAL HEALTH SERVICE. **Delivering a “Net Zero” National Health Service. 2020.** Disponível em: <https://www.england.nhs.uk/greenernhs/wp-content/uploads/sites/51/2020/10/delivering-a-net-zero-national-health-service.pdf> Acesso:11 Dezembro 2023

NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH CARE EXCELLENCE; BRITISH THORACIC SOCIETY; HEALTHCARE IMPROVEMENT SCOTLAND. Asthma inhalers and climate change. ISBN 978-1-4731-4750-8, 2022.. Disponível em: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng80/resources/inhalers-for-asthma-patient-decision-aid-pdf-6727144573> Acesso:11 Dezembro 2023

PACTO GLOBAL REDE BRASIL. ODS & Empresas: ESG.Acesso:12 Dezembro 2023.

Disponível em: <https://pactoglobal.org.br/pg/esg>

PICKERING, H.; PITCAIRN, G.R.; HIRST, P.H.; BACON, P.R.; NEWMAN, S.P.; AFFRIME, M.B., et al. Regional Lung Deposition of a Technetium 99m-Labeled Formulation of Mometasone Furoate Administered by Hydrofluoroalkane 227 Metered-Dose Inhaler. [S. l.: s. n.], 22(12):1483-93. 2000

PÖRTNER, H.; ROBERTS, D.C.; POLOCZANSKA, E.S.; MINTENBECK, K.; TIGNOR, M.; ALEGRÍA, A. et al. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

RASHEED, F.N.; BADDLEY, J.; PRABHAKARAN, P.; DE BARROS, E.F.; REDDY, K.S.; VIANNA, N.A. et al. Decarbonising healthcare in low and middle income countries: potential pathways to net zero emissions. **BMJ**.10 375:n1284. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8576604/> Novembro 2021;

RICKARD, K. A. Not running on empty [4]. [S. l.]: American College of Allergy, **Asthma and Immunology**: 97(4):558-9, 2006.

ROMANELLO, M.; DI NAPOLI, C.; DRUMMOND, P.; GREEN, C.; KENNARD, H.; LAMPARD, P. et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. **Lancet**: 400(10363):1619–54, 2022.

SANCHIS, J.; GICH, I.; PEDERSEN, S. Systematic Review of Errors in Inhaler Use. **CHEST**: 150(2):394–406, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369216475719>

SAÚDE SEM DANO. Encontro Global | **Organizações de saúde de todo o mundo se unem para traçar o caminho para a ação climática**. Disponível em:

<https://saudesemdano.org/encontro-global> Acesso:12 Dezembro 2023

SELLERS, W.F.S. Asthma pressurised metered dose inhaler performance: propellant effect studies in delivery systems. **Allergy Asthma Clin Immunol.** 13(1):30, 2017. Disponível em: <http://aacijournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13223-017-0202-0>

STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTRÖM, J.; CORNELL, S.E.; FETZER, I.; BENNETT, E.M. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science:** 13, 347(6223):1259855, 2015. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>

TAYLOR, T.; MACKIE, P. Carbon footprinting in health systems: one small step towards planetary health. **Lancet Planetary Health:** 1(9):e357–8. 2017.

THOMPSON, J.A. Process for the production and screening of materials for use in pharmaceutical aerosol formulations. **European patent** EP 1 588 698 A2, 2005.

UK PUBLIC GENERAL ACTS. **Health and Care Act 2022.** c.32; PART 1; NHS England; Section 9.. Disponível em: <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2022/31/contents/enacted> Acesso:12 Dezembro 2023

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME Becoming #GenerationRestoration: **Ecosystem restoration for people, nature and climate.** (2021). Nairobi. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/ecosystem-restoration-people-nature-climate> Acesso:12 Dezembro 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Emissions Gap Report 2022:** The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi: UNEP; 2022. 101 p. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022> Acesso:12 Dezembro 2023.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Greenhouse Gas Equivalencies Calculator, Energy and the Environment**, 2023.. Disponível em: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator> Acesso:12 Dezembro 2023

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Understanding Global Warming Potentials**. Publicado em 12 de janeiro de 2016Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>. Acesso:11 Dezembro 2023.

VAN DER PALEN, J.; KLEIN, J.J.; KERKHOFF, A.H.; VAN HERWAARDEN, C.L. Evaluation of the effectiveness of four different inhalers in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**: 50(11):1183–7, 1995. Disponível em: <https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thx.50.11.1183>

WALPOLE, S.C.; SMITH, K.; MCELVANEY, J.; TAYLOR, J.; DOE, S.; TEDD, H. An investigation into hospital prescribers' knowledge and confidence to provide high-quality, sustainable respiratory care. **Future Health**: 8(2):e272–6. 2021.

WATTS, N.; ADGER, W.N.; AGNOLUCCI, P.; BLACKSTOCK, J.; BYASS, P.; CAI, W. et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. **Lancet**.;386(10006):1861-1914, 2015

WILKINSON, A.; HILLMAN, T.; HOPKINSON, N.S.; JANSON, C.; SMITH, J.; WOODCOCK, A.A. Our patients and our planet—holistic considerations for inhaler choice. **The Lancet Respiratory Medicine**: 7(3):e11, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213260019300359>

WILKINSON, A.J.K.; BRAGGINS, R.; STEINBACH, I.; SMITH, J. Costs of switching to low global warming potential inhalers. An economic and carbon footprint analysis of NHS

prescription data in England. **BMJ Open**: 9(10):e028763, 2019. Disponível em:
<https://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2018-028763>

WORLD HEALTH ORGANIZATION - Civil Society Working Group to advance action on Health and Climate Change. A Call for Strengthening Climate Change Education for All Health Professionals. **An Open Letter to Universities and All Education Stakeholders**; 2022..Disponível em:
<https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2022/06/Curriculum-letter.pdf>
Acesso:12 Dezembro 2023

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action**. Geneva: WHO; 2021. 71 p. Disponível em:
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240036727> Acesso:12 Dezembro 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health topics: Fact sheets: Climate change**; 2023..Disponível em:
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> Acesso:12 Dezembro 2023

WYNES, S.; NICHOLAS, K.A. The climate mitigation gap: education and government recommendations miss the most effective individual actions. **Environ Res Lett**. 1o Julho 12(7):074024, 2017. Disponível em:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa7541>

Materiais Suplementares

Anexo A. Quantidade de unidades farmacotécnicas dispensadas pelo programa Farmácia Popular em Porto Alegre e no Brasil, 2019.

Medicamento	Quantidade de unidades dispensadas (frascos) - Porto Alegre	Quantidade de unidades dispensadas (frascos)- Brasil	Ano
Dipropionato de Beclometasona 200 mcg (pMDI)	2.319.000	188.804.900	2019

Dipropionato de Beclometasona 200 mcg - (CÁPSULAS)	27.240	3.214.200	2019
Dipropionato de Beclometasona 250 mcg(pMDI)	4.466.400	251.158.200	2019
Dipropionato de Beclometasona 50 mcg(pMDI)	1.707.400	109.286.400	2019
Sulfato de Salbutamol 100 mcg (pMDI)	33.069.800	1.662.341.600	2019
Sulfato de Salbutamol 5mg	1.360	791.910	2019

Fonte: As informações acima foram disponibilizadas pela Coordenação do Programa Farmácia Popular do Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos estratégicos (solicitação via Portal FalaBr 10.06.2022)

Anexo B. Quantidade de sulfato de salbutamol e dipropionato de beclometasona dispensados na rede SUS, no Brasil e em Porto Alegre, no ano de 2019

Medicamento	Quantidade dispensada no Brasil	Quantidade dispensada em Porto Alegre	Ano
Sulfato de salbutamol frasco 100 microgramas/ dose - aerossol 200 doses/frasco	553.671 frascos	114.767 frascos	2019
Sulfato de salbutamol 5 mg/mL solução para	2.237 ampolas	Sem registro	2019

nebulização 10mL			
Sulfato de salbutamol 0,5mg/mL solução injetável 1mL	342.416 ampolas	Sem registro	2019
Dipropionato de beclometasona 50 microgramas/dose aerossol	1.287.359 frascos	6.231 frascos	2019
Dipropionato de beclometasona 200 microgramas/dose	71.467 cápsulas 4.835 frascos	Sem registro	2019
Dipropionato de beclometasona 250 microgramas/dose aerossol	137.197 frascos	33.276 frascos	2019
Dipropionato de beclometasona 400 microgramas/dose	18.453 cápsulas 352 frascos	Sem registro	2019

Fonte: Os dados foram extraídos da Base Nacional de Dados de Ações e Serviços da Assistência Farmacêutica (BNAFAR) após solicitação de esclarecimentos e revisão dos dados através do Portal Falabr em 13.11.22.

Anexo C. Equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona), no Brasil, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.

24.889.141.355 a 60.878.727.906 kg de CO₂eq emitidos pelos dispositivos inalatórios Salbutamol e Beclometasona dispensados pela Farmácia Popular e rede SUS no Brasil em 2019 equivalem:	
às emissões de gases de efeito estufa de:	102.683.435.423 a 251.163.221.599 quilômetros rodados por um veículo comum de passageiros movido a gasolina (23.452.220 a 57.364.025 vezes a distância percorrida do ponto mais ao Norte até o ponto mais ao Sul do Brasil*)
às emissões de CO ₂ de:	10.601.513.332 a 25.931.253.968 litros de gasolina consumida
	12.645.999.801 a 30.932.058.684 quilogramas de carvão

	mineral queimado
às emissões de gases de efeito estufa evitadas por:	943.323.659 a 2.307.365.430 lâmpadas incandescentes trocadas por LEDs
	6.921 a 16.928 turbinas eólicas funcionando por um ano
ao carbono sequestrado por:	411.544.092 a 1.006.635.000 mudas de árvores cultivadas durante 10 anos
	12.011.370/ 29.379.756 hectares de florestas dos EUA em um ano

* A distância dos pontos mais extremos de Norte (Cabraí) a Sul (Chuí) em linha reta é de 4.378,41 km.

Anexo D. Equivalências das pegadas de carbono dos dispositivos inalatórios utilizados para o tratamento da Asma e DPOC do tipo pMDI (Salbutamol e Beclometasona), em Porto Alegre, de baixo e alto volume, respectivamente, em relação à quantidade de emissões de gases de efeito estufa, de emissão de CO₂, de evitação de emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono.

459.830.275 a 1.151.007.858 kg de CO₂eq emitidos pelos dispositivos inalatórios Salbutamol e Beclometasona dispensados pela Farmácia Popular e rede SUS em Porto Alegre em 2019 equivalem:	
às emissões de gases de efeito estufa de:	1.897.090.449 a 4.748.634.731 quilômetros rodados por um veículo comum de passageiros movido a gasolina (433.282 a 1.084.557 vezes a distância percorrida do ponto mais ao Norte até o ponto mais ao Sul do Brasil*)
às emissões de CO ₂ de:	195.864.401 a 490.271.037 litros de gasolina consumida

	233.636.568 a 584.819.096 quilogramas de carvão mineral queimado
às emissões de gases de efeito estufa evitadas por:	17.428.033 a 43.624.363 lâmpadas incandescentes trocadas por LEDs
	128 a 320 turbinas eólicas funcionando por um ano
ao carbono sequestrado por:	7.603.333 a 19.032.014 mudas de árvores cultivadas durante 10 anos
	221.911 a 555.470 hectares de florestas dos EUA em um ano

* A distância dos pontos mais extremos de Norte (Cabraí) a Sul (Chuí) em linha reta é de 4.378,41 km.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.