

**Análise da produção científica internacional sobre mudanças climáticas e poluição do ar**  
**Analysis of international scientific production on climate change and air pollution**  
**Análisis de la producción científica internacional sobre cambio climático y**  
**contaminación del aire**

Recebido: 09/09/2020 | Revisado: 15/09/2020 | Aceito: 19/09/2020 | Publicado: 21/09/2020

**Marcos Macri Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9446-4727>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [macri.ccjs@gmail.com](mailto:macri.ccjs@gmail.com)

**Poliana Maria da Silva Valdevino Esteves**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-6606>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [poliana.ufcg@gmail.com](mailto:poliana.ufcg@gmail.com)

**Sandra Regina Dantas Baía**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0777-176X>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [sandra\\_reginabaia@hotmail.com](mailto:sandra_reginabaia@hotmail.com)

**Nadege da Silva Dantas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1523-4884>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [nadege.dantas@gmail.com](mailto:nadege.dantas@gmail.com)

**Viviane Farias Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: [flordeformosur@gmail.com](mailto:flordeformosur@gmail.com)

**Resumo**

Muito se tem escrito sobre as mudanças climáticas e os efeitos causados no meio ambiente pelas atividades antrópicas. As pesquisas relacionadas ao tema aumentam rapidamente e estão presentes nas redes de busca de conteúdo em um nível relevante, visto ser essa uma temática relevante desde a década de 70. Nesse contexto, esta pesquisa foi realizada objetivando-se avaliar o avanço das pesquisas científicas no decorrer dos anos sobre os temas mudanças

climáticas e poluição do ar baseado em publicações sobre os temas no banco de dados da Web of Science, selecionando um amplo histórico científico-acadêmico internacional, no período de 49 anos (1971 a 2020) – seguindo os seguintes critérios: áreas da web, publicações – revistas/periódicos, país, ocorrência, autores e termos. Com as informações foi possível gerar um mapeamento em que se torna visível a amplitude do tema nas publicações das últimas décadas no mundo. O Brasil não se destaca entre os países que mais publicam sobre o tema. O aumento da produção acadêmica tem sido preponderantemente observado em autores de outros países, como os Estados Unidos, China, Inglaterra, Itália, Alemanha, entre outros. O auge de publicações foi registrado no ano de 2018, ocorrendo decréscimo em 2019 e 2020, podendo observar a abrangência do tema associado às preocupações relativas aos problemas mundiais causados ao meio ambiente, além dos danos socioeconômicos. A maior ocorrência em citações demonstra que há uma interligação colaborativa entre grupos de autores que pesquisam com elevada frequência a temática, promovendo difusão de informações e conhecimento.

**Palavras-chave:** Alterações climáticas; Contaminação atmosférica; Análise sistemática; Rede de cooperação; Dano ambiental.

### **Abstract**

Much has been written about climate change and the effects caused by human activities on the environment. Researches related to the topic increases rapidly and is present in content search networks at a relevant level, since this has been a relevant theme since the 1970's. In this context, this research was carried out with the aim of evaluating the progress of scientific research in the over the years on the themes of climate change and air pollution based on publications on the topics in the database of the Web of Science, selecting a broad scientific-international academic history, in the period of 49 years (1971 to 2020) - following the following criteria: web areas, publications - journals / periodicals, country, occurrence, authors and terms. With the information, it was possible to generate a mapping in which the breadth of theme is visible in publications the last decades in the world. Brazil does not stand out among the countries that most publish on the subject. The increase in academic production has been predominantly observed in authors from other countries, such as the United States, China, England, Italy, Germany, among others. The peak of publications was registered in the year 2018, with a decrease in 2019 and 2020, being able to observe the scope of the theme associated with concerns related to global problems caused to the environment, in addition to socioeconomic damage. The greater occurrence in citations demonstrates that there is a

collaborative interconnection between groups of authors who frequently research the topic, promoting the dissemination of information and knowledge.

**Keywords:** Climate change; Atmospheric contamination; Systematic analysis; Cooperation network; Environmental damage.

## Resumen

Mucho se ha escrito sobre el cambio climático y los efectos causados por las actividades humanas en el medio ambiente. La investigación relacionada con el tema crece rápidamente y está presente en las redes de búsqueda de contenido a un nivel relevante, ya que este ha sido un tema relevante desde la década de 1970. En este contexto, esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el avance de la investigación científica en el a lo largo de los años sobre los temas de cambio climático y contaminación del aire a partir de publicaciones sobre los temas en la base de datos de la Web of Science, seleccionando una amplia historia científico-académica internacional, en el período de 49 años (1971 a 2020) - siguiendo los siguientes criterios: áreas web, publicaciones - revistas / publicaciones periódicas, país, ocurrencia, autores y términos. Con la información se logró generar un mapeo en el que la amplitud del tema se hace visible en las publicaciones de las últimas décadas en el mundo. Brasil no se destaca entre los países que más publican sobre el tema. El aumento de la producción académica se ha observado predominantemente en autores de otros países, como Estados Unidos, China, Inglaterra, Italia, Alemania, entre otros. El pico de publicaciones se registró en el año 2018, con una disminución en 2019 y 2020, pudiendo observar el alcance de la temática asociada a preocupaciones relacionadas con problemas globales ocasionados al medio ambiente, además del daño socioeconómico. La mayor ocurrencia en las citas demuestra que existe una interconexión colaborativa entre grupos de autores que frecuentemente investigan el tema, promoviendo la difusión de información y conocimiento.

**Palabras clave:** Cambio climático; Contaminación atmosférica; Análisis sistemático; Red de cooperación; Daño ambiental.

## 1. Introdução

O tema tem gerado grande preocupação mundial e vem sendo debatido por vários pesquisadores, desde os que se preocupam com as ciências sociais e da natureza como por acadêmicos de várias outras esferas. É notório que as variações climáticas têm causado grande impacto no planeta e ocasionado o surgimento do degelo polar, o aumento do nível dos oceanos,

aquecimento do planeta, desertificação, perda da biodiversidade, tempestades, granizo, frentes frias extremas, alteração dos ecossistemas, entre outros, gerando transtornos que afetam toda a sociedade (Santos, 2012).

O modelo de desenvolvimento socioeconômico empregado desde as primeiras formas industriais utiliza os recursos da natureza de forma pouco ou quase nada sustentável, impactando inconseqüentemente o ecossistema e afetando a vida humana (Petta & Ojeda, 2003). Um dos principais efeitos das mudanças climáticas é a elevação da temperatura do planeta pela concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), causando o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera que é estudado por cientistas desde a segunda metade do século XIX, como verificado nas investigações de Arrhenius, na segunda metade do século XIX (Conti, 2005).

Os gases de efeito estufa (GEE) são importantes para o planeta, pois é um processo natural que permite a preservação da vida, mantendo a radiação solar refletida na terra em equilíbrio, tornando o planeta habitável (UNFCCC, 2008). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) das Nações Unidas, o ano de 2013 foi o mais significativo em relação às evidências observadas sobre as alterações ocorridas no clima mundial, destacando uma acentuada elevação das temperaturas, entre 0,3 °C e 0,6 °C no último século (IPCC, 2014).

Para Lovelock (2010) a problemática das mudanças climáticas é catastrófica e os efeitos visíveis dificilmente poderão ser revertidos, tornando-se insuportáveis mesmo antes de 2050. Para o autor, as previsões para o aumento médio da temperatura são ainda mais complexas do que a comunidade científica diz, estimando um aumento da média da temperatura global de 6° até o fim do século. Por causa das preocupações ambientais, surge a perspectiva de buscar soluções para minimizar as mudanças climáticas e a poluição do ar através de veículos com emissão zero, como relatam Wang et al. (2020), entre outras tecnologias consideradas limpas.

De acordo com Annenberg et al. (2018), nas áreas urbanas a pressão ambiental em relação a qualidade do ar é devido ao crescimento de veículos, infraestrutura e diminuição de áreas verdes, já que o uso de combustíveis fósseis e o setor de transporte são os que contribuem significativamente para reduzir a qualidade do ar. As atividades antrópicas são as maiores responsáveis pelas variações climáticas nas últimas décadas e o aumento das emissões de GEE através do desmatamento, da queima de combustíveis fósseis, das queimadas e do uso inadequado do solo (MMA, 2020).

Diversos pesquisadores publicam anualmente inovações das suas pesquisas sobre as variações climáticas, sendo o conhecimento científico o suporte para a elaboração de vários

relatórios para o debate sobre a mitigação climáticas (IPCC, 2014). Nessa conjuntura a pesquisa bibliométrica possibilita analisar o panorama de desenvolvimento científico tendo aplicabilidade em discussões, salientando teorias e métodos contribuindo para a disseminação do conhecimento (Lenine & Mörschbacher, 2020). O maior banco de dados utilizados neste tipo de pesquisa é o Web of Science com universo extenso de dados de pesquisas internacionais e conhecido como fonte de dados bibliométricos confiáveis no meio acadêmico, segundo Tennant (2020).

Nesse contexto este trabalho teve como objetivo avaliar o avanço das pesquisas científicas no decorrer dos anos sobre os temas mudanças climáticas e poluição do ar baseado em publicações sobre os temas.

## **2. Metodologia**

Esta pesquisa é uma revisão sistemática, fundamentada na avaliação de redes e de conteúdo, considerada os artigos principais, de acordo com seu nível de relevância. Freitas e Paiva (2018) afirmam que este tipo de estudo mapeia uma área de conhecimento científico. Abreu et al. (2020) relatam que este tipo de metodologia auxilia a classificar e destacar as produções científicas mais significativas. Pesquisas utilizando a revisão sistemática utilizando o banco de dados Web of Science foi realizado por Aires e Pimenta (2020) estudando as práticas ambientais realizadas em laboratório. E metodologia similar foram abordados por Pablos e Feitosa (2020) buscando especificar a evolução em softwares para acessibilidade, sendo notório a magnitude desta forma metodológica e do banco de dados.

Para a realização da pesquisa foi definido a temática principal “Mudanças Climáticas”. Em seguida, executou-se uma análise das publicações em três índices de citações de periódicos da base de dados Web of Science Core Collection - Wos (v.5.34), interligados a área de estudo, sendo: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Social Sciences Citation Index (SSCI) e Emerging Sources Citation Index (ESCI). Na pesquisa foram utilizando os seguintes termos, no título em inglês: climate change, climatic change e climatic changes.

Os artigos publicados abrangem o período de 1971 a 2020, ampliando o resultado e possibilitando avaliar o crescimento com o passar dos anos sobre pesquisas voltadas a mudanças climáticas e poluição do ar.

Foram mapeadas as informações obtidas, verificando-se as seguintes variáveis: publicações no decorrer dos anos; publicações por áreas da Web of Science; publicações por organizações; publicações por periódicos/revistas; publicações por países, redes de

coocorrência de organizações, de autores, de países, de termos e de termos (overlay). Esta avaliação foi realizada através da ferramenta disponível na Web of Science, Clarivate Analytics (Wos, 2020).

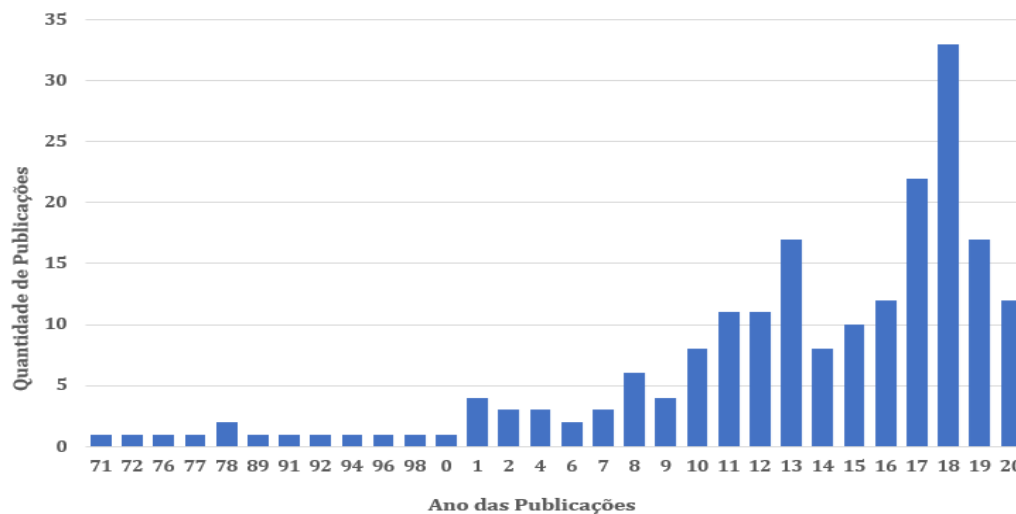
As relevâncias das publicações foram realizadas por meio do ‘cit. Score’ de acordo com seu Fator H (H-Index) para identificar a autoria no âmbito da temática, por meio do uso do software VOSviewer version 1.6.12, sendo realizados mapas bibliométricos (Waltman & Eck, 2019). Sobre H-index, observa-se que um pesquisador possui Fator H se seu Np (número de publicações) tiver um mínimo de h citações, cada um deles, e, os demais estudos, tiverem menos ou iguais citações cada um (Hirsch, 2005).

De acordo com Tang e Hu (2018) determinar o índice-H, ou o fator H é fundamental como forma de reconhecer pesquisadores em ascensão e auxilia nos financiamentos das pesquisas. Hu et al. (2020) relatam sobre a importância deste fator H devido sua praticidade em sobre a qualidade e quantidade em relação aos artigos publicados, sendo evidenciado e bastante utilizados pelos cientometristas.

### **3. Resultados e Discussão**

Na Figura 1, observa-se a evolução temporal dos artigos publicados sobre a temática pesquisada. A partir do ano 2000 os artigos publicados relacionados a mudanças climáticas eram escassos, além disso, há uma irregularidade na quantidade de publicações, sendo o ano de 2018 com mais de 30 publicações, valor superior quando comparado aos outros anos. Nos anos seguintes esperava-se que este quantitativo se mantivesse, contudo, houve redução expressiva com menos de 20 publicações anuais.

**Figura 1.** Quantidade de publicações internacionais sobre mudanças climáticas de 1971 até 2020.



Fonte: Autores (2020).

O artigo mais antigo sobre mudanças climáticas, na base de dados Web of Science, no ano de 1971, intitulado de “AIR POLLUTION AND CLIMATIC CHANGE”, do autor Lovelock (1971), faz uma análise sobre a temperatura média mundial e a concentração de dióxido de carbono na atmosfera e afirma que o aumento da poluição do ar é proveniente do aumento da queima de combustível com emissão de gases que reduz a incidência da luz solar, com acréscimos na quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, resultando na elevação da temperatura global. Dessa maneira é evidente a significância deste estudo sobre a poluição e sua relação com as variações climáticas. Resultados diferentes foram obtidos por Freitas e Paiva (2018), buscando produção científica internacional brasileira, constataram que a produção mais antiga nesta mesma temática foi no ano de 2007, com total de 23 publicações no ano de 2017, com declínio em 2018, com apenas 2 artigos publicados.

Com o decorrer do tempo, verifica-se a significância sobre as mudanças climáticas em nível global, sendo uma representação da preocupação de organizações governamentais, ou não, com o meio ambiente e os impactos negativos que já vêm provocando danos ambientais, sociais e econômicos. As áreas que possuem quantitativo de publicações na base Web of Science, notam-se que mais de 100 artigos foram publicados na Environmental Sciences e 47 na área de Meteorology Atmospheric Sciences, e o menor número foi constatado na Multidisciplinary Sciences (Figura 2). Vale ressaltar que uma publicação pode estar incluída em mais de uma área. Todas as áreas abordadas abrangem a área ambiental, sendo as mudanças climáticas resultados de diversos fatores de degradação ambiental.

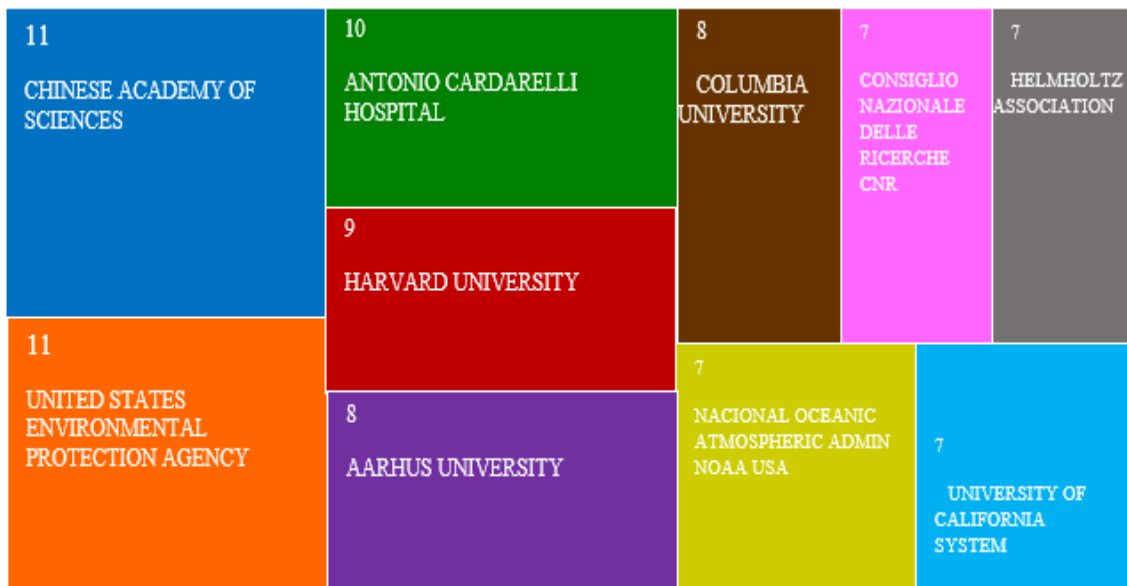
**Figura 2.** Publicações de artigos sobre mudanças climáticas por áreas da *Web of Science*.



Fonte: Autores (2020).

As organizações Chinese Academy of Sciences e a United States Environmental Protection Agency tem número relevante de publicações de artigos sobre mudanças climáticas, entre as 10 organizações destacadas na Figura 3, nas quais totalizam cerca de 85 publicações.

**Figura 3.** Números de publicações de artigos sobre mudanças climáticas por organizações.



Fonte: Autores (2020).

Observa-se na Figura 4 o periódico Climatic Change com 14 publicações, enquanto os periódicos com menor publicação são Environment Internacional e Environmental Science and

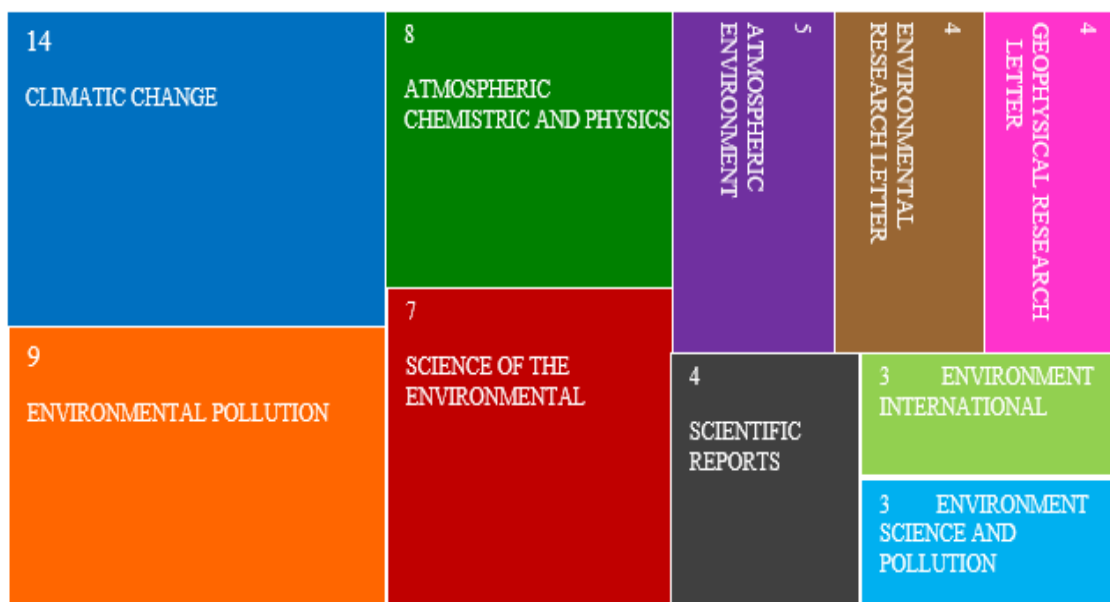


Pollution Research, com 3 artigos. É notório que existe necessidade de mais pesquisas que mostrem como as mudanças climáticas afetam o meio ambiente.

O periódico Climatic Change é interdisciplinar com assuntos pertinentes à variabilidade e mudanças climáticas com fator de impacto de 4,13 em 2019 e média dos 5 anos com fator de impacto de 5,99. O Environmental Pollution é um periódico que publica artigos de elevada qualidade sobre poluição ambiental e seus efeitos no meio ambiente e na saúde, com fator de impacto de 6,79.

Avaliando periódicos com publicações brasileiras sobre mudanças climáticas, Freitas e Paiva (2018) constataram 74 artigos publicados no total em 21 periódicos, em que 47,3% estão no Journal of Cleaner Production. Apesar de haver diversas pesquisas e trabalhos na área, publicados em periódicos internacionais e nacionais, não foi verificado nenhum periódico brasileiro no ranking dos 10 periódicos com quantidade expressiva de publicações.

**Figura 4.** Números de publicações sobre mudanças climáticas por Fonte (Periódico/Revista).

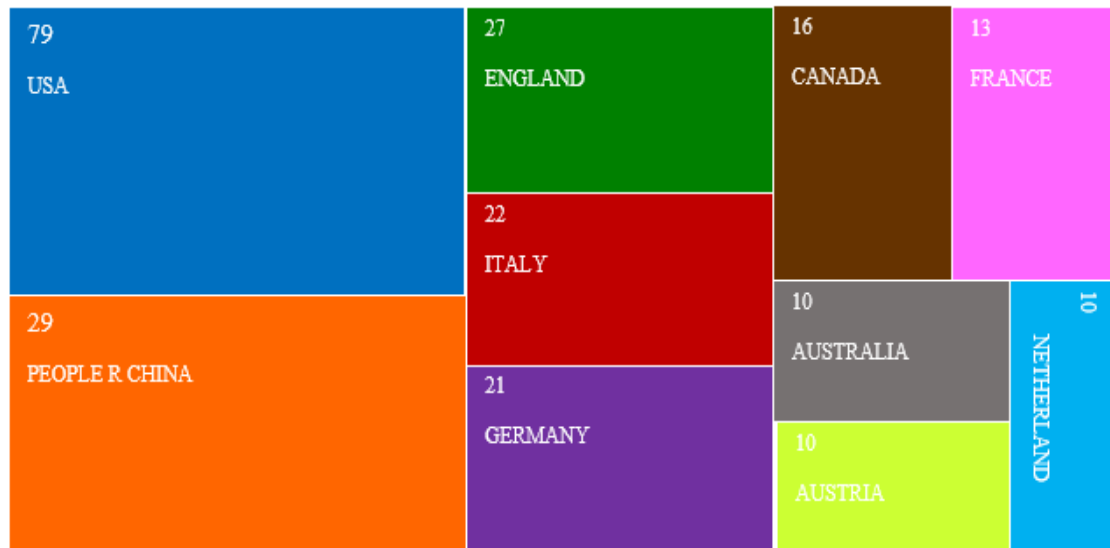


Fonte: Autores (2020).

Na Figura 5 evidencia-se 10 países com quantia de publicações sobre mudanças climáticas, entre os quais, destacam-se os Estados Unidos, com valor superior, de 65,8% em relação à Inglaterra e 87,3% em relação à Austrália, Áustria e Holanda. Apenas 4 países têm valores superiores a 20 publicações e seus valores são inferiores a 20 artigos. A China é o segundo país com porção notável superior em duas publicações, comparado à Inglaterra e com menos 63,3% em publicação, confrontando-se com os Estado Unidos da América (EUA).

O Brasil não está incluído entre os 10 países com valor expressivo de publicações, apesar de ser um país vulnerável em relação a variações climáticas no setor de agricultura e de energia, já que é dependente de hidrelétricas para produção de energia elétrica, segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2016).

**Figura 5.** Publicações sobre mudanças climáticas por país.



Fonte: Autores (2020).

A partir dos dados consolidados, investigou-se a composição das referências, utilizando-se o Fator H (H-index), com a finalidade de concluir sobre o impacto das obras identificadas dentro do campo de estudo delimitado pela temática (Quadro 1).

**Quadro 1.** Publicações acadêmicas sobre mudanças climáticas e poluição do ar com maiores impactos na comunidade científica.

Título	Primeiro Autor	Título da Fonte	Ano	Citações
<i>Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers</i>	Anderson, P. K.	<i>Trends In Ecology &amp; Evolution</i>	2004	762
<i>Ambient air pollution, climate change, and</i>	Kan, Haidong	<i>Environment International</i>	2012	358

<b>Título</b>	<b>Primeiro Autor</b>	<b>Título da Fonte</b>	<b>Ano</b>	<b>Citações</b>
<i>population health in China</i>				
<i>Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives</i>	Ramanathan, V.	<i>Atmospheric Environment</i>	2009	340
<i>Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: implications of global climate change</i>	Sokolova, Inna M.	<i>Climate Research</i>	2008	238
<i>Global premature mortality due to anthropogenic outdoor air pollution and the contribution of past climate change</i>	Silva, Raquel A.	<i>Environmental Research Letters</i>	2013	228
<i>Urban Air Pollution and Climate Change as Environmental Risk Factors of Respiratory Allergy: An Update</i>	D'Amato, G.	<i>Journal Of Investigational Allergology And Clinical Immunology</i>	2010	210
<i>Integrated effects of air pollution and climate change on forests: A northern hemisphere perspective</i>	Bytnerowicz, Andrzej	<i>Environmental Pollution</i>	2007	195
<i>Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States</i>	Mickley, L. J.	<i>Geophysical Research Letters</i>	2004	162
<i>Threat to future global food security from</i>	Tai, Amos P. K.	<i>Nature Climate Change</i>	2014	152

<b>Título</b>	<b>Primeiro Autor</b>	<b>Título da Fonte</b>	<b>Ano</b>	<b>Citações</b>
<i>climate change and ozone air pollution</i>				
<i>Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma</i>	D'Amato, G.	<i>European Respiratory Journal</i>	2002	151
<i>Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation</i>	Harlan, Sharon L.	<i>Current Opinion In Environmental Sustainability</i>	2011	138
<i>Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane</i>	Fiore, A. M.	<i>Geophysical Research Letters</i>	2002	137
<i>The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy</i>	D'Amato, G.	<i>Respiratory Medicine</i>	2001	117
<i>Understanding the recent trend of haze pollution in eastern China: roles of climate change</i>	Wang, Hui-Jun.	<i>Atmospheric Chemistry And Physics</i>	2016	106
<i>Potential Impact of Climate Change on Air Pollution-Related Human Health Effects</i>	Tagaris, Efthimios.	<i>Environmental Science &amp; Technology</i>	2009	100
<i>Impacts of climate change on surface ozone and intercontinental ozone</i>	Doherty, R. M.	<i>Journal Of Geophysical Research- Atmospheres</i>	2013	96

<b>Título</b>	<b>Primeiro Autor</b>	<b>Título da Fonte</b>	<b>Ano</b>	<b>Citações</b>
<i>pollution: A multi-model study</i>				
<i>Pollution, habitat loss, fishing, and climate change as critical threats to penguins</i>	Trathan, Phil N.	<i>Conservation Biology</i>	2015	78
<i>Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, Mexico City, and New York City</i>	Cifuentes, L.	<i>Environmental Health Perspectives</i>	2001	78
<i>An integrated assessment of climate change, air pollution, and energy security policy</i>	Bollen, Johannes.	<i>Energy Policy</i>	2010	74
<i>Forests under climate change and air pollution: Gaps in understanding and future directions for research</i>	Matyssek, R.	<i>Environmental Pollution</i>	2012	73

Fonte: Autores (2020).

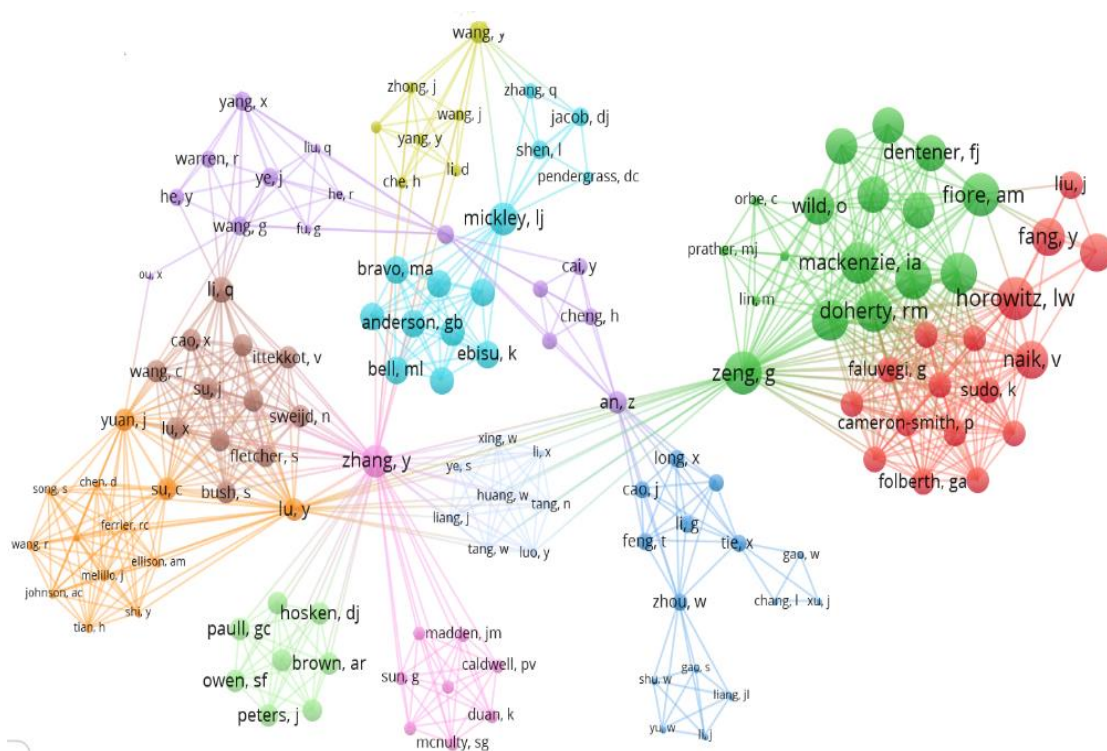
A temática em estudo possui um H-index igual a 45. Tais publicações de impacto se encontram mencionadas no Quadro 1, ranqueadas em ordem de escore de citações. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers é a publicação de maior impacto, com 762 citações e foi publicada em 2004, no Trends In Ecology & Evolution. Dentre as 10 listadas, a mais antiga é Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma, de 2002 e a mais recente é Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution, de 2014. D'Amato possui duas

publicações nesse grupo de maior destaque. Em suma, as publicações se concentram em estudar e discutir as relações da poluição e das mudanças climáticas entre si e os efeitos para o planeta e, por consequência, para a saúde da população mundial (Quadro 1).

Para aprofundar a análise sobre as publicações, considerando diversas possibilidades de relações de cooperação, utilizou-se o software VOSVIEWER para elaborar redes de conglomerados. Para os dados de parâmetros, utilizaram-se as variáveis mencionadas na seção de métodos deste estudo. Dessa maneira, é possível observar e concluir de que maneira o campo em estudo tem sido desenvolvido desde sua origem. A interação dos pesquisadores é importante para que se tornem produtivos, ampliando os estudos, como afirmam Savic et al. (2017), assim como parcerias elevam a movimentação de informações e partilha de tecnologias, e difusão de conhecimento, como relatam Franco e Farias (2019).

A rede de coocorrência de autores refere-se às pequenas redes interligadas a outras redes maiores, observando a ligação de grupo de autores que trabalham com a área de mudanças climáticas e seus contribuintes coautores, possibilitando a frequência, a ocorrência e as relações entre os autores, bem como possíveis colaborações podem ser relacionadas (Figura 6).

**Figura 6.** Rede de coocorrência de autores que publicaram sobre mudanças climáticas e poluição do ar.



Fonte: Autores (2020).

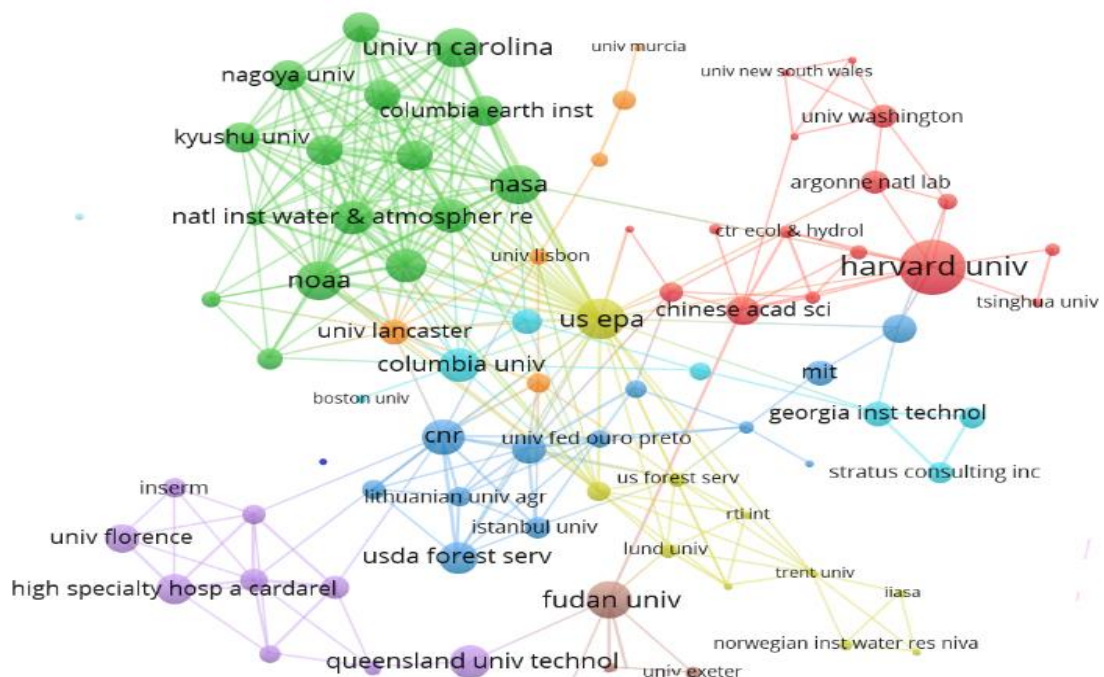


Identificam-se 12 clusters agrupados com cores diferentes em que foi possível verificar os grupos de autores (152 autores, no total) e suas relações. Os clusters que se evidenciam são os de cores verde e vermelha (cada um com 17 autores), com somatório de 34 nós e sendo estes os autores mais recorrentes, ou seja, com mais publicações, Figura 6.

No cluster vermelho, Horowitz é o principal expoente (com 3 publicações) e no verde, Zeng é o que mais se destaca, com 4 publicações. Em termos de citações, os dois autores também apresentam maior frequência. É importante observar a configuração do cluster azul, essencialmente formado por autores chineses e cuja média de publicações é mais recente que os clusters mencionados anteriormente. Com relação à coocorrência de organizações nas publicações investigadas (Figura 7).

A rede configurada é composta por 97 organizações que se dividem em 18 conglomerados de cooperação. O primeiro cluster de destaque (em vermelho) tem como expoentes a Harvard University e a Chinese Academy of Sciences, ambos com 8 e 10 publicações. Todavia, em termos de impacto, observado a partir da quantidade de citações, a Harvard University tem publicações com maior quantidade de menções. Isso se deve, em parte, à contemporaneidade das publicações da Chinese Academy of Sciences, sendo estas mais recentes (em média, publicações de 2017).

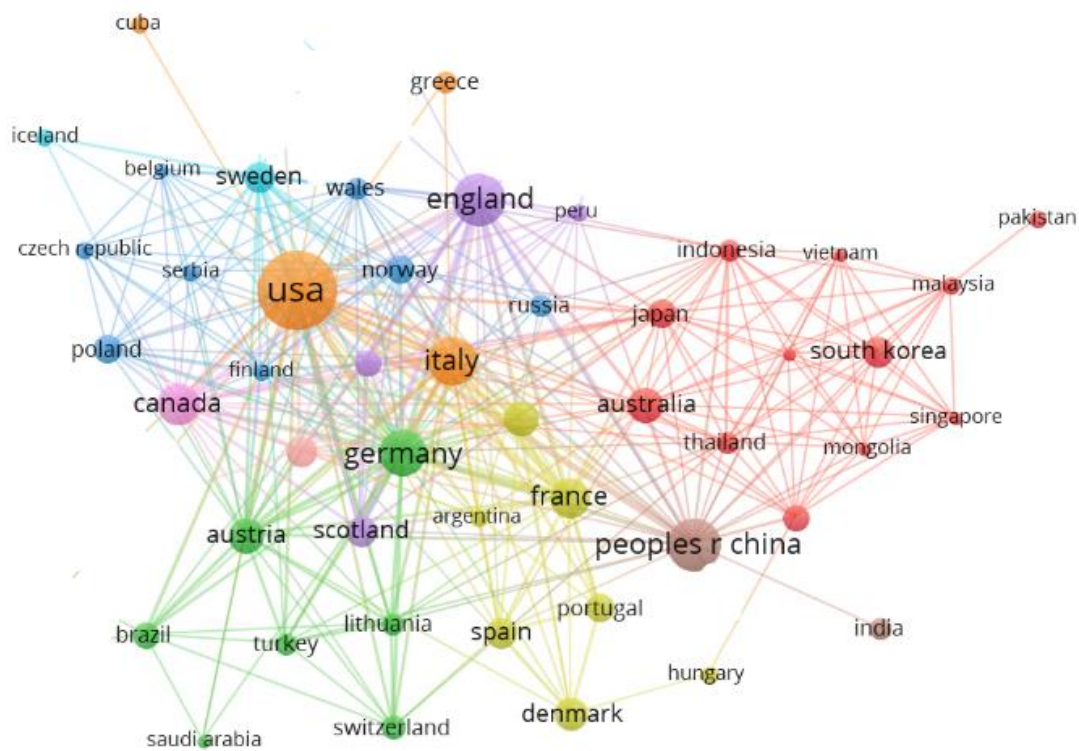
**Figura 7.** Rede de coocorrência de organizações publicaram sobre mudanças climáticas e poluição do ar.



Fonte: Autores (2020).

O segundo conglomerado de destaque (em verde) tem como organizações de maior impacto a Nasa (total de 531 citações) e a University of North Carolina (total de 511 citações). Sendo a única organização brasileira a participar da composição do conglomerado, a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) está localizada no terceiro maior cluster da rede (em azul), formado por 12 organizações, dentre as quais, o renomado Massachusetts Institute of Technology (MIT). A partir dessas observações, é adequado complementar a análise, observando-se a cooperação entre países nas publicações investigadas (Figura 8).

**Figura 8.** Rede de cocorrência de países que publicaram sobre mudanças climáticas e poluição do ar.



Fonte: Autores (2020).

Na Figura 8, constata-se que 62 países formam 14 clusters de cooperação. EUA, China, Inglaterra e Alemanha, respectivamente, possuem mais publicações e cada um é destaque em um dos clusters da rede. EUA e Inglaterra possuem os documentos mais mencionados, em termos de citações.

Todavia, o conglomerado de maior destaque da rede (em vermelho) possui 12 países, sendo composto por Coreia do Sul, Austrália e Japão (por exemplo), essencialmente, países



asiáticos e da Oceania. O Brasil participa do conglomerado verde, o segundo de maior destaque na rede e “liderado” pela Alemanha.

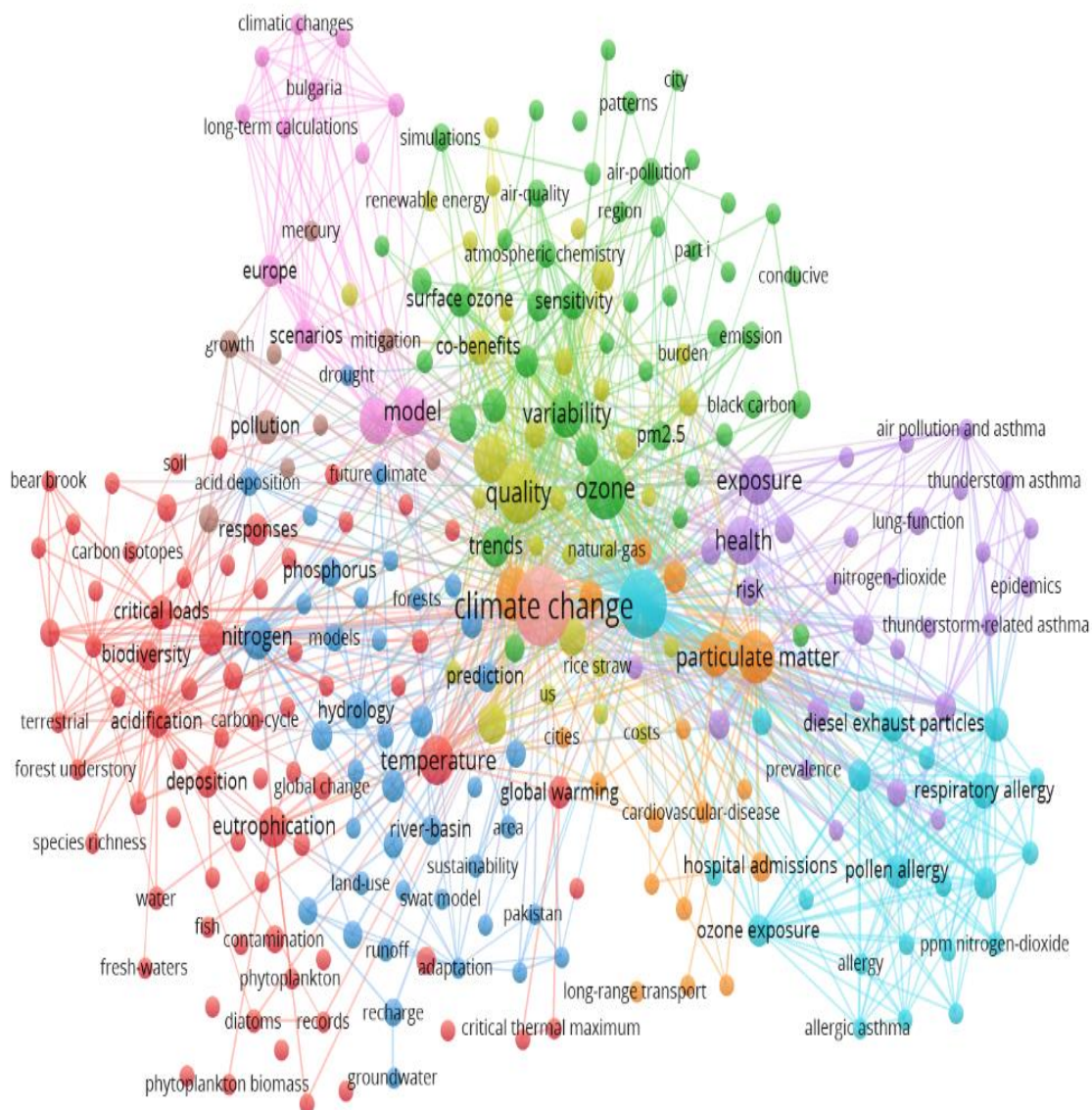
É oportuno analisar com que frequência, de que maneira e quais as relações entre os termos/temas abordados nas publicações localizadas nesta pesquisa. Ao visualizar o mapeamento de relações e consequente clusterização dos temas, (Figura 9), pode-se concluir sobre campos e subcampos que se delimitam, ao passar do tempo, em torno da temática em estudo. Os termos são representados por círculos nos quais o tamanho está relacionado com o quantitativo de vezes que ocorreu (Ang et al., 2019).

De maneira geral, 287 termos foram mencionados, ao menos, duas vezes nos títulos das publicações investigadas, compondo 10 clusters de temas. Para se ter uma ideia mais clara da amplitude da temática geral, os dez temas mais mencionados nas publicações são “mudança climática”, “poluição do ar”, “qualidade”, “ozônio”, “Estados Unidos da América”, “material particulado”, “exposição”, “saúde” e “modelo”. Conforme se observa no mapa de ocorrência de termos, apesar da delimitação dos temas em clusters, é recorrente a pouca clareza no limite destes, indicando que, apesar de comporem conglomerados específicos, vários temas são relacionados e trabalhados em sub-campos diversos, Figura 9.

Isso pode ser constatado, também, observando os termos mais centralizados, que estão vinculados a conglomerados diversos, assim como nas extremidades do mapa é possível identificar os temas mais específicos e que estão mais claramente se mantendo dentro dos clusters. Quanto aos clusters mais destacados, Figura 9, o primeiro (em vermelho, no mapa) tem a temperatura como termo mais mencionado. Fazem parte desse conglomerado, ainda, e com ênfase, a eutrofização, as cargas críticas, a deposição de nitrogênio e a acidificação. O segundo cluster de maior destaque (em verde, no mapa) tem como termo central o ozônio.

Complementam o subcampo a variabilidade, as tendências, o ozônio troposférico e o ozônio de superfície. Por fim, o terceiro conglomerado de maior destaque (em azul, no mapa) tem como termo central o nitrogênio. Acompanham esse tema, em grau de importância, a hidrologia, a administração, a (ferramenta) SWAT e a qualidade da água. Apesar da amplitude dos temas centrais de cada cluster, é possível observar com clareza a dinâmica de estudo que se formou em cada um dos sub-campos identificados. Por sua vez, na Figura 10, uma análise temporal complementar pode indicar a tendência de estudo dentro do campo geral.

**Figura 9.** Rede de ocorrência de termos sobre mudanças climáticas e poluição do ar.

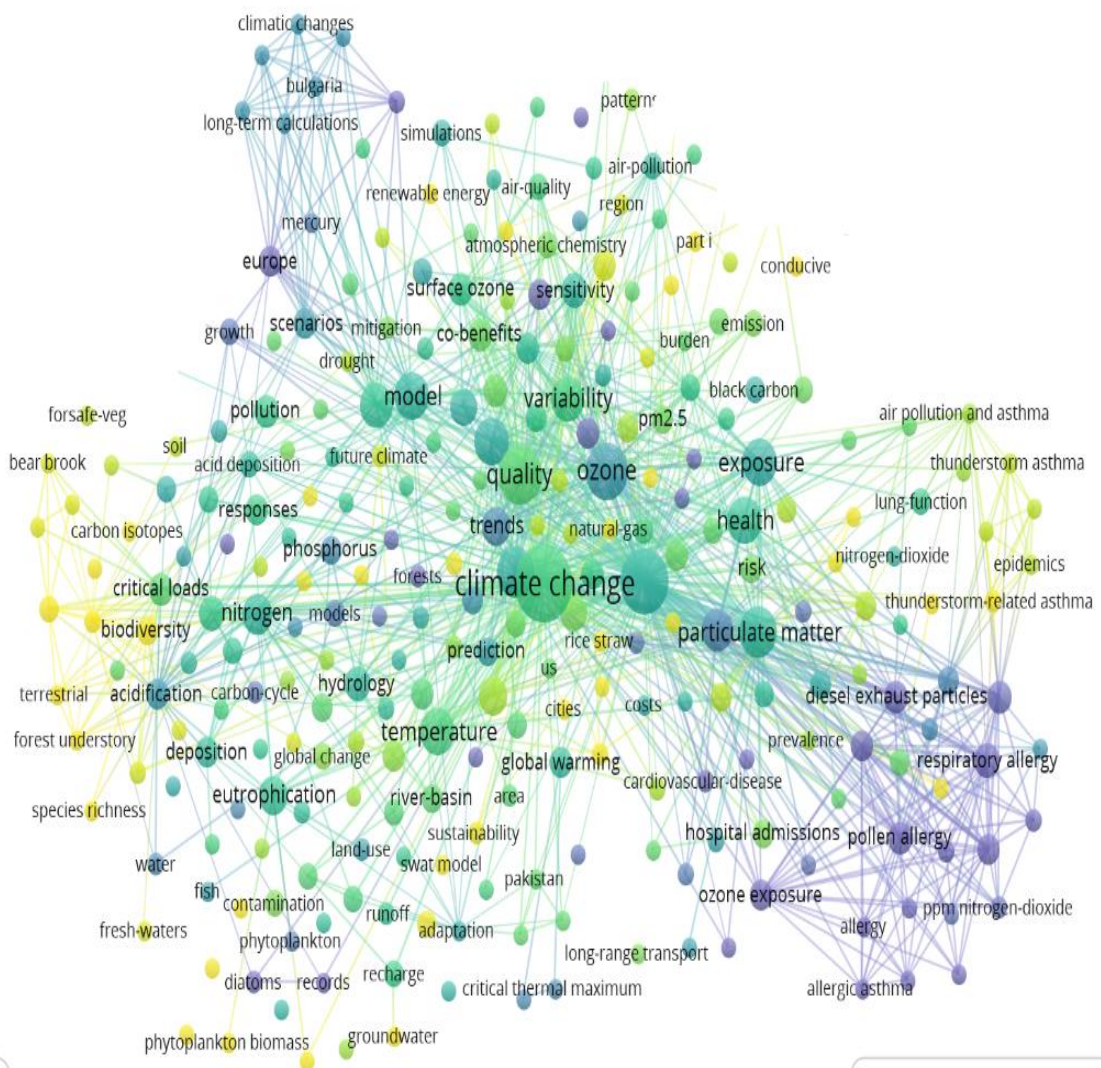


Fonte: Autores (2020).

Observa-se na Figura 10 que, quanto mais próximo da cor violeta (na figura), mais antiga (em termos de média) é a composição do cluster, assim como, quanto mais próximo do amarelo, mais recente é. É possível concluir que o subcampo de estudo menos recente é centrado na alergia respiratória, alergia a pólen, pólen de grama e poluição urbana do ar. Por outro lado, o sub-campo com temáticas mais recentes é centrado na biodiversidade, na deposição ácida e na deposição atmosférica de nitrogênio.

Nota-se que em função da quantidade elevada de temas com média intermediária na escala temporal, os termos comuns nas pesquisas ainda estão ativos, o que indica o seu não esgotamento e continuidade de desenvolvimento de estudos, Figura 10.

**Figura 10.** Rede de ocorrência de termos (overlay) sobre mudanças climáticas e poluição do ar.



Fonte: Autores (2020).

#### 4. Considerações Finais

Durante as últimas décadas, a abordagem sobre mudanças climáticas e poluição tem se tornado crescente no meio acadêmico. A pesquisa mostrou que, em 2018, o quantitativo de publicações de artigos internacionais relacionados ao tema “mudanças climáticas” e “poluição do ar” atingiu o nível mais alto, contudo, houve diminuição nos anos posteriores, mesmo sendo um problema muito debatido na atualidade.

A China e os Estados Unidos são os países que lideram o número de publicações em relação ao tema da pesquisa, isso faz com que haja interligação entre grupos de cientistas e



estudiosos, tornando o assunto bastante difundido. As informações disponíveis têm se tornado uma ferramenta imprescindível no processo informativo da sociedade como um todo, e faz com que o debate se torne mais presente em todos os níveis da sociedade.

Ainda se faz necessário que pesquisas científicas sejam contínuas, progressivas e gerem conscientização ambiental por parte da população, no intuito de que sejam realizadas medidas mitigadoras e que amenizem as modificações no clima, onde o homem é o principal causador.

Devido a importância da temática esperava-se um crescimento expressivo na quantidade de artigos científicos publicados a nível internacional, notando-se que há necessidade de incentivo de instituições públicas e privadas através de investimentos em pesquisas científicas.

Através das redes de coocorrência de países, autores, termos e organizações detecta-se os pesquisadores com capacidade de contribuir em futuras pesquisas e parcerias, assim como as instituições podem utilizar como forma de articulação para incrementar a parceria entre os profissionais e as organizações.

## Referências

Abreu, A. M., Sátiro, G., Litre, G., Santos, L., Oliveira, J.E., Soares, D., & Ávila, K (2020). A interface entre saúde, mudanças climáticas e uso do solo no Brasil: uma análise da evolução da produção científica internacional entre 1990 e 2019. *Saúde e Sociedade*, 29. Doi:10.1590/s0104-12902020180866

Aires, C. F., & Pimenta, H. C. D. (2020). Práticas ambientais em laboratórios químicos universitários: uma revisão sistemática de literatura. *Research, Society and Development*, 9(8). Doi: 0.33448/rsd-v9i8.5490.

Anderson, P. K., Cunningham, A. A., Patel, N. G., Morales, F. J., Epstein, P. R., & Daszak, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in ecology & evolution*, 19(10), 535–544. Doi:10.1016/j.tree.2004.07.021

Anenberg S. C., Henze D. K., Tinney, V., Kinney, P. L., Raich, W., Fann, N., Malley, C. S., Roman, H., Lamsal, L., Duncan, B., Martin, R.V., van Donkelaar, A., Brauer, M., Doherty, R., Jonson, J.E., Davila, Y., Sudo, K., & Kuylentierna, J. C. (2018). Estimates of the global burden

of ambient PM<sub>2.5</sub>, ozone, and NO<sub>2</sub> on asthma incidence and emergency room visits. *Environ Health Perspect*, 126,107004-1-14. Doi:10.1289/EHP3766.

Ang, W. L., Mohammad, A. W., Johnson, D., & Hilal, N. (2019). Forward osmosis research trends in desalination and wastewater treatment: A review of research trends over the past decade. *Journal of Water Process Engineering*, 31,100886. Doi:10.1016/j.jwpe.2019.100886

Bogdan, E. A. (2020). Como uma pandemia mortal purificou o ar: narrativas e práticas que ligam o COVID-19 à poluição do ar e às mudanças climáticas. *Space and Culture*, 23 (3), 293-300.

Bollen, J., Hers, S., & Van der Zwaan, B. (2010) An integrated assessment of climate change, air pollution, and energy security policy. *Energy Policy*, 38 (8), 4021–4030. Doi:10.1016/j.enpol.2010.03.026.

Bytnerowicz, A., Omasa, K., & Paoletti, E. (2007). Integrated effects of air pollution and climate change on forests: a northern hemisphere perspective. *Environmental pollution*, 147( 3), 438–445. Doi:10.1016/j.envpol.2006.08.028.

Cifuentes, L., Borja-Aburto, V. H., Gouveia, N., Thurston, G., & Davis, D. L. (2001) Assessing the Health Benefits of Urban Air Pollution Reductions Associated with Climate Change Mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, Mexico City, and New York City. *Environmental Health Perspectives*, 109, 419. Doi:10.2307/3434790.

Conti, J.B. (2011). Considerações sobre as mudanças climáticas globais. *Revista do Departamento de Geografia*, 16, 70-75.

D'amato, G., Liccardi, G., D'amato, M., & Cazzola, M. (2002). Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *The European respiratory journal*, 20(3), 763–776. Doi:10.1183/09031936.02.00401402.

D'amato, G., Liccardi, G., D'amato, M., & Cazzola, M. (2001) The role of outdoor air pollution and climatic changes on the rising trends in respiratory allergy. *Respiratory medicine*, 95(7), 606–611. Doi:10.1053/rmed.2001.1112.

D'amato, G., Pawankar, R., Vitale, C., Lanza, M., Molino, A., Stanziola, A., Sanduzzi, A., Vatrella, A., & D'amato, M. (2016). Climate Change and Air Pollution: Effects on Respiratory Allergy. *Allergy, asthma & immunology research*, 8(5), 391–395. Doi:10.4168/air.2016.8.5.391.

Doherty, R. M., Wild, O., Shindell, D. T., Zeng, G., Mackenzie, I. A., Collins, W. J., Fiore, A. M., Stevenson, D. S., Dentener, F. J., Schultz, M. G., Hess, P., Derwent, R. G., & Keating, T. J. (2013). Impacts of climate change on surface ozone and intercontinental ozone pollution: A multi-model study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(9), 3744–3763. Doi:10.1002/jgrd.50266.

EPE – Empresa de pesquisa energética. (2016). Balanço Energético Nacional, 2016. Retrieved from [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)

Fiore, A. M., Jacob, D. J., Field, B. D., Streets, D. G., Fernandes, S. D., & Jang, C. (2002). Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane. *Geophysical Research Letters*, 29(19), 25-1-25-4. Doi:10.1029/2002GL015601.

Franco, N. M. G., & Faria, L. I. L. (2019). Colaboração científica intraorganizacional: análise das redes por coocorrência de palavras-chave. *Em questão*, 25(1),87-100.

Freitas, A. R. P., & Paiva, L. E. B. (2018). Revisão da produção científica internacional acerca das mudanças climáticas. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 12(3), 95-113.

Harlan, S. L., & Ruddell, D. M. (2011). Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 126–134. Doi:10.1016/j.cosust.2011.01.001.

Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individuals scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(46), 16569–16572. Doi:10.1073/pnas.0507655102.

Hu, G., Wang, L., Ni, R., & Liu, W. (2020). Qual índice h? Uma exploração na Web of Science. *Scientometrics*, 1-9.

Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC. (2014). Climate change 2014: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/index.htm>.

Sokolova, I. M., & Lannig, G. (2008). Interactive effects of metal pollution and temperature on metabolism in aquatic ectotherms: implications of global climate change. *Climate Research*, 37(2-3), 181–201. Doi:10.3354/cr00764.

Kan, H., Chen, R., & Tong, S. (2012). Ambient air pollution, climate change, and population health in China. *Environment international*, 42, 10–19. Doi:10.1016/j.envint.2011.03.003.

Lenine, E., & Mörschbacher, M. (2020). Pesquisa bibliométrica e hierarquias do conhecimento em Ciência Política. *Revista Brasileira de Ciência Política*, (31), 123-160. Doi:10.1590/0103-335220203104

Lovelock, J. E. (1971). Poluição do ar e mudanças climáticas. *Atmospheric Environment*, 5 (6), 403-411.

Matyssek, R., Wieser, G., Calfapietra, C., Vries, W., Dizengremel, P., Ernst, D., Jolivet, Y., Mikkelsen, T. N., Mohren, G. M. J., Le Thiec, D., Tuovinen, J-P, Weatherall, A., & Paoletti, E. (2012) Forests under climate change and air pollution: gaps in understanding and future directions for research. *Environmental pollution*, 160(1), 57–65. Doi:10.1016/j.envpol.2011.07.007.

Mickley, L. J. (2004). Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States. *Geophysical Research Letters*, 31(24). Doi:10.1029/2004GL021216

Ministério do Meio Ambiente, MMA. (2020). Efeito Estufa e Aquecimento Global. Retrieved from <https://www.mma.gov.br>

Pablos, F. D. Y., & Feitosa, M. D. (2020). Acessibilidade em métodos ágeis: uma revisão sistemática da literatura. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9 (3), e133932419. Doi:10.33448/rsd-v9i3.2419

Petta, N. L., & Ojeda, E. A. (2003). História: uma abordagem integrada. Volume único. São Paulo: Moderna. (Coleção Base).

Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43(1), 37–50. Doi:10.1016/j.atmosenv.2008.09.063.

Santos, F. D. (2012). Alterações globais: os desafios e os riscos presentes e futuros. 1.ed.- Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos, 214p.

Savić, M., Ivanović, M., & Surla, B. D. (2017). Analysis of intra-institutional research collaboration: a case of a Serbian faculty of sciences. *Scientometrics, Dordrecht*, 110(1), 195-216.

Silva, R. A., West, J. J., Lamarque, J., Shindell, D.T., Collins, W.J., Faluvegi, G., Folberth, G. A., Horowitz, L. W., Nagashima, T., Naik, V.i, Rumbold, S. T., Sudo, K., Takemura, T., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Doherty, R. M., Josse, B., Mackenzie, I.A., Stevenson, David S., & Zeng, Guang. (2017). Future global mortality from changes in air pollution attributable to climate change. *Nature climate change*, 7(9), 647–651. Doi:10.1038/NCLIMATE3354.

Tagaris, E., Liao, K., DeLucia, A. J., Deck, L., Amar, P., & Russell, A. G. (2009). Potential impact of climate change on air pollution-related human health effects. *Environmental science & technology*, 43(13), 4979–4988. Doi:10.1021/es803650w.

Tai, A. P. K., Martin, M. V., & Heald, C. L. (2014). Threat to future global food security from climate change and ozone air pollution. *Nature Climate Change*, 4(9), 817–821. Doi:10.1038/NCLIMATE2317.



Tang, L., & Hu, G. (2018). Evaluation woes: Metrics beat bias. *Nature*, 559(7714), 331. Doi:10.1038/d41586-018-05751-4

Tennant, J. (2020). Web of Science and Scopus are not global databases of knowledge. *SorcArXiv Paper*. Doi:10.31235/osf.io/qhvgr

Trathan, P. N., García-Borboroglu, P., Boersma, D., Bost, C., Crawford, R. J. M., Crossin, G. T., Cuthbert, R. J., Dann, P., Davis, L. S., La Puente, S., Ellenberg, U., Lynch, H. J., Mattern, T., Pütz, K., Seddon, P., Trivelpiece, W., & Wienecke, B. (2015) Pollution, habitat loss, fishing, and climate change as critical threats to penguins. *Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology*, 29(1), 31–41. Doi:10.1111/cobi.12349.

United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC (2008). Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount. *Working Papers*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/46476387\\_Kyoto\\_Protocol\\_Reference\\_Manual\\_on\\_Accounting\\_of\\_Emissions\\_and\\_Assigned\\_Amount](https://www.researchgate.net/publication/46476387_Kyoto_Protocol_Reference_Manual_on_Accounting_of_Emissions_and_Assigned_Amount)

Waltman, L., & van Eck, N. J. (2019). Normalização de campo de indicadores cientiométricos. *Manual Springer de indicadores de ciência e tecnologia*. 281-300.

Wang, H., & Chen, H. (2016). Understanding the recent trend of haze pollution in eastern China: roles of climate change. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16 (6), 4205–4211. Doi:10.5194/acp-16-4205-2016.

Wang, W., Saari, R. K., Bachmann, C., & Mukherjee, U. (2020). Estimating transboundary economic damages from climate change and air pollution for subnational incentives for green on-road freight. *Transportation Research Part D*,82. Doi:10.1016/j.trd.2020.102325

Wen, Y., Schoups, G., & Van de Giesen, N. (2017). Organic pollution of rivers: Combined threats of urbanization, livestock farming and global climate change. *Scientific reports*, 7, 43289, 2017. Doi:10.1038/srep43289

Web of Science Core Collection - Wos. (2020). Web of Science- Coleção principal. Retrieved from [https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com\\_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81](https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81)

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Marcos Macri Oliveira – 30%

Poliana Maria da Silva V. Esteves – 15%

Sandra Regina Dantas Baía – 15%

Nadege da Silva Dantas– 10%

Viviane Farias Silva– 30%