Dataset Reports 3:1 (2024)
ISSN 2965-1182

REVIEW ARTICLE

DATASET REPORTS

Terceiro Polo: desafios climáticos e consequências globais

Third Pole: climate challenges and global consequences

José Lopes Vazquez [a*]

[a] Administrador e Consultor Autônomo, 13026-137, Campinas, São Paulo, Brasil.

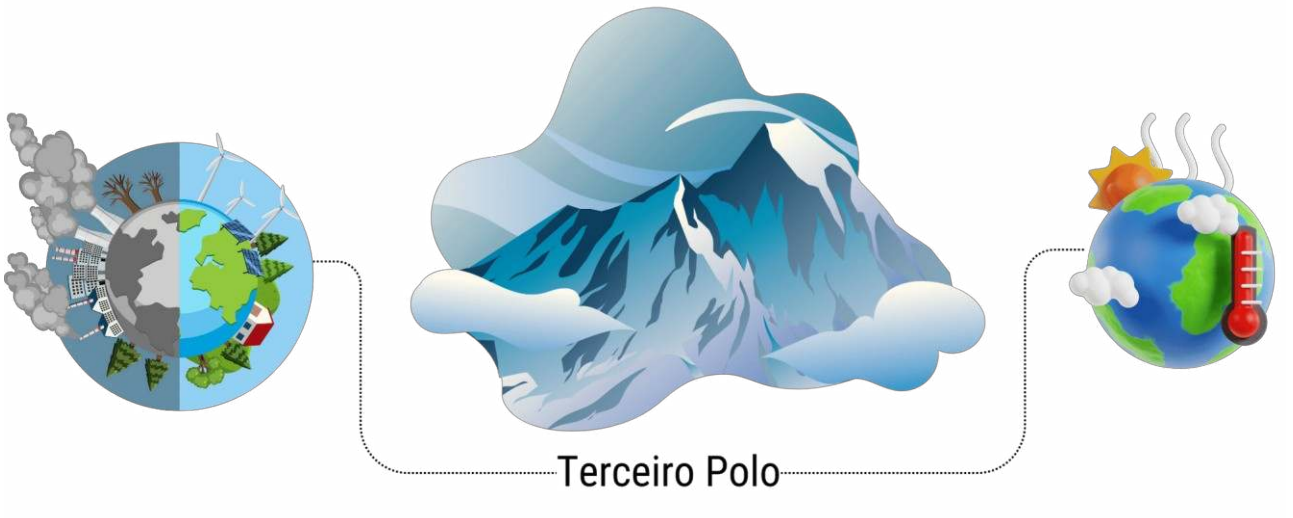
Resumo
Este artigo investiga a região do Terceiro Polo, que compreende as cadeias montanhosas do Hindu Kush-Himalaia (HKH), uma área crucial para o abastecimento de água de grande parte da Ásia. A área abriga mais de 50 mil geleiras, a maior concentração de gelo fora dos polos, e desempenha um papel vital na regulação hídrica de importantes rios asiáticos, como o Ganges, Yangtze e Mekong, que abastecem cerca de 1,9 bilhão de pessoas. No entanto, o aumento das temperaturas, combinado com a poluição atmosférica, está acelerando o derretimento dessas geleiras, com projeções de que mais de 60% do volume de gelo possa ser perdido até o final do século. Esse fenômeno aumenta o risco de inundações causadas por rupturas de lagos glaciais e ameaça a segurança hídrica na Ásia, exacerbando tensões regionais entre países que compartilham as bacias hidrográficas. Conclui-se que, mesmo com esforços globais para limitar o aquecimento, as mudanças climáticas continuarão a gerar perdas significativas no volume de gelo, impactando diretamente a estabilidade hídrica e climática até o fim do século.

Palavras-chave: Geleiras. Aquecimento global. Hindu Kush-Himalaia. Derretimento. Recursos hídricos. Mudanças climáticas. Terceiro Polo.

Abstract
This article investigates the Third Pole region, which encompasses the mountain ranges of the Hindu Kush-Himalayas (HKH), a crucial area for water supply across much of Asia. The area contains over 50,000 glaciers, the largest concentration of ice outside the poles, playing a vital role in regulating key Asian rivers such as the Ganges, Yangtze, and Mekong, which provide water to approximately 1.9 billion people. However, rising temperatures, combined with atmospheric pollution, are accelerating glacier melt, with projections that more than 60% of the ice volume could be lost by the end of the century. This phenomenon increases the risk of glacial lake outburst floods and threatens water security in Asia, exacerbating regional tensions between countries sharing the river basins. The article concludes that even with global efforts to limit warming, climate change will continue to cause significant ice volume losses, impacting water and climate stability by the end of the century.

Keywords: Glaciers. Global warming. Hindu Kush-Himalaya. Melting. Water resources. Climate change. Third Pole.

Graphical Abstract



*Corresponding author: José L. Vazquez. E-mail address: vazquez@vazquez.com.br
Submitted: 23 October 2024; Accepted: 13 November 2024; Published: 13 November 2024.
© The Author(s) 2024. Open Access (CC BY 4.0).

ROYALDATASET

1. Introdução

O Terceiro Polo, também conhecido como Hindu Kush-Himalaia (HKH), é uma vasta região montanhosa localizada no centro da Ásia, cobrindo partes do Afeganistão, Paquistão, China, Índia e Nepal. Esta área abriga a maior concentração de gelo fora das regiões polares, contendo mais de 50 mil geleiras que desempenham um papel crucial no fornecimento de água para cerca de 1,9 bilhão de pessoas (Wester et al., 2019). A região é frequentemente chamada de "caixa d'água da Ásia", já que os rios alimentados por suas geleiras são essenciais para algumas das mais importantes bacias hidrográficas do mundo, como o Ganges, Yangtze, Amarelo e Mekong (BBC News, 2021).

As mudanças climáticas globais estão acelerando o derretimento das geleiras no Terceiro Polo, ameaçando diretamente a segurança hídrica de milhões de pessoas. Estudos indicam que o aquecimento nesta região é amplificado, com uma taxa de aumento da temperatura superior à média global, o que resulta na rápida degradação das geleiras. Essa amplificação do aquecimento afeta tanto o Ártico quanto o Terceiro Polo, contribuindo para impactos climáticos globais significativos, especialmente no ciclo hidrológico (You et al., 2021).

Além de ser uma fonte vital de água para bilhões de pessoas, o Terceiro Polo também influencia a regulação climática global. Yao et al. (2022) discutem a importância estratégica dessa região não só para a Ásia, mas também para o clima global, destacando o papel crucial das geleiras em refletir a radiação solar e manter o equilíbrio térmico da Terra. No entanto, com o derretimento acelerado, esse equilíbrio está sendo alterado, resultando em impactos desastrosos para o clima e os ecossistemas globais.

As pesquisas indicam que a região do Terceiro Polo, que inclui o Planalto Tibetano, é crítica para a estabilidade climática global, mas enfrenta grandes desafios com o aumento da poluição atmosférica e suas consequências para o derretimento das geleiras (Kang et al., 2019). Essas pressões ambientais, combinadas com as alterações climáticas, podem levar a um declínio significativo no volume de gelo até o final deste século, ameaçando o fornecimento de água e aumentando a frequência de desastres naturais, como inundações e deslizamentos de terra (Zhang et al., 2015).

2. Metodologia

Este artigo é baseado em uma revisão de literatura focada nas mudanças climáticas e no derretimento das geleiras do Terceiro Polo, utilizando o Google Scholar como principal fonte de pesquisa acadêmica, além de sites de agências de notícias importantes como a BBC, History Channel Brasil, e Público. Foram revisados estudos publicados entre 2000 e 2024, abrangendo temas relacionados ao Terceiro Polo como o impacto do aquecimento global nas regiões montanhosas, o comportamento das geleiras, e os efeitos socioeconômicos resultantes da perda de massa de gelo.

3. Resultados e Discussão

3.1 O que é o Terceiro Polo

O Terceiro Polo refere-se à vasta região montanhosa do Hindu Kush-Himalaia (HKH), incluindo o Planalto Tibetano e outras áreas adjacentes, que abrigam a terceira maior reserva de gelo do mundo, logo após as regiões polares. Com mais de 50 mil geleiras (BBC News, 2021), o Terceiro Polo desempenha um papel crucial no equilíbrio ambiental da Ásia e do planeta. Suas geleiras abastecem grandes rios asiáticos, como o Ganges, Mekong, Yangtze e Indo, essenciais para a sobrevivência de cerca de 1,9 bilhão de pessoas que vivem nas regiões ao longo dessas bacias hidrográficas (Yao et al., 2022). Essas águas glaciais não são apenas vitais para o consumo humano, mas também sustentam a agricultura, que é uma fonte de subsistência para milhões de famílias, e a geração de energia hidrelétrica, indispensável para a economia e infraestrutura dos países asiáticos.

Além de ser uma importante reserva de água, o Terceiro Polo é conhecido por seu impacto no clima global, sendo altamente sensível às mudanças climáticas, que afetam diretamente o derretimento de suas geleiras. Estudos indicam que o aumento das temperaturas globais está causando uma "amplificação do aquecimento" sobre esta área, semelhante ao que ocorre na região do Ártico (You et al., 2021). Esse processo se traduz em um derretimento acelerado das geleiras, o que não apenas compromete o fornecimento de água para vastas regiões da Ásia, mas também gera um efeito dominó, afetando o clima, os ecossistemas locais e até a estabilidade política e econômica de áreas adjacentes.

Segundo o History Channel (2019), o derretimento do Terceiro Polo pode ter consequências catastróficas para as comunidades a jusante, uma vez que o volume de água disponível ao longo do ano passaria a flutuar de forma extrema, com enchentes na estação de degelo e secas durante outras épocas. Essas variações severas poderiam sobrecarregar as infraestruturas de controle hídrico e causar crises humanitárias e econômicas nas regiões que dependem dos rios alimentados pelas geleiras do Terceiro Polo.

3.2 Quão rápido as geleiras do Terceiro Polo estão derretendo?

Nas últimas décadas, o derretimento das geleiras do Terceiro Polo tem se acelerado consideravelmente, acompanhando as tendências de aquecimento global observadas em outras regiões de gelo. Estudos mostram que a região do Terceiro Polo tem perdido uma média de 16,3 gigatoneladas de gelo por ano desde o início dos anos 2000 (Wester et al., 2019), e a taxa de perda de massa glacial vem aumentando a cada década. O aquecimento na região do Terceiro Polo é amplificado devido à altitude e à refletância das superfícies de neve e gelo, o que intensifica o derretimento das geleiras e gera consequências ambientais severas.

Projeções de longo prazo indicam que, dependendo do nível de emissões de gases de efeito estufa nos próximos anos, o Terceiro Polo poderá perder até 60% de seu volume de gelo até o final do século XXI (Zhang et al., 2015; Zheng et al., 2021). Se as emissões globais continuarem altas, é provável que grande parte das geleiras da região desapareça, levando a um colapso nos fluxos de água dos principais rios da Ásia, impactando a agricultura, a geração de energia e o abastecimento de água potável para bilhões de pessoas.

Além das projeções climáticas, a influência de fatores locais, como poluentes atmosféricos e partículas de poeira, também contribui para o derretimento. A deposição de carbono negro, por exemplo, tem um impacto significativo no aumento da absorção de calor pelas superfícies de neve e gelo, acelerando ainda mais o degelo (You et al., 2021). Essas partículas, emitidas em grande parte pela queima de combustíveis fósseis e por atividades industriais nas proximidades, aceleram o aquecimento na região, evidenciando a necessidade urgente de mitigação não apenas do aquecimento global, mas também dos poluentes regionais que exacerbam o problema.

3.3 Por que o derretimento acelerou?

O acelerado derretimento das geleiras do Terceiro Polo pode ser atribuído a uma combinação de fatores climáticos e ambientais complexos. Em primeiro lugar, a região é altamente vulnerável ao aquecimento global, pois as áreas de alta altitude experimentam o fenômeno da amplificação do aquecimento. Esse efeito faz com que as temperaturas aumentem de maneira mais intensa nessas regiões em comparação com a média global (You et al., 2021). Como resultado, a elevação da temperatura está acelerando o processo de fusão das geleiras e reduzindo a estabilidade de suas estruturas de gelo.

Além disso, a poluição atmosférica desempenha um papel crucial nesse fenômeno. Em particular, partículas de carbono negro e outros poluentes se depositam nas superfícies das geleiras, escurecendo o gelo e intensificando a absorção de calor. Esse aumento na absorção de energia solar acelera ainda mais o derretimento (Kang et al., 2019). De fato, o carbono negro, que é um subproduto da queima de combustíveis fósseis e de biomassa, tem sido identificado como um dos fatores críticos de aquecimento local, especialmente em regiões montanhosas como o Terceiro Polo.

Esses fatores de aquecimento são exacerbados pelas mudanças nos padrões de precipitação e pela redução da neve sazonal. Com a diminuição do albedo, ou refletividade da superfície, e o aumento das chuvas em vez de neve, o equilíbrio hídrico local é impactado, afetando a retenção de água e acelerando o degelo. Segundo estudos, essas alterações são particularmente intensas no Himalaia e no Planalto Tibetano, onde o impacto das mudanças climáticas na dinâmica das geleiras é especialmente evidente (You et al., 2021; Kang et al., 2019).

3.4 Por que a perda de gelo pode afetar mais de um bilhão de pessoas?

A perda de gelo no Terceiro Polo apresenta uma ameaça significativa ao abastecimento hídrico de grande parte da Ásia, afetando diretamente cerca de 1,9 bilhão de pessoas que dependem dos rios originados nessa região. Os sistemas fluviais que nascem das geleiras do Terceiro Polo, como o Ganges, Mekong, Indo, Brahmaputra e Yangtze, são fundamentais para diversas atividades, incluindo irrigação agrícola, abastecimento de água potável e geração de energia hidrelétrica (Shukla & Sen, 2021).

À medida que as geleiras continuam a derreter, esses rios podem experimentar mudanças drásticas em suas vazões, especialmente durante as secas sazonais, quando o derretimento do gelo serve como uma fonte crucial de água. A falta de armazenamento natural de água congelada nas geleiras pode resultar em uma redução da disponibilidade de água para a agricultura, comprometendo a produção de alimentos em regiões já vulneráveis e aumentando o risco de insegurança hídrica e alimentar em larga escala (Zheng et al., 2021).

Além disso, o derretimento acelerado contribui para a formação de lagos glaciais, corpos d'água que se acumulam nas depressões deixadas pelas geleiras em retirada. Esses lagos glaciais representam um risco significativo de inundações repentinas, conhecidas como *GLOFs* (Glacial Lake Outburst Floods), que ocorrem quando as barragens naturais de gelo ou morainas que contêm esses lagos se rompem. As inundações resultantes podem devastar vilarejos, destruir terras agrícolas e causar deslocamentos em massa de populações, além de impactar infraestruturas essenciais, como estradas e pontes (Zheng et al., 2021).

Combinados, esses fatores mostram como o derretimento das geleiras do Terceiro Polo pode ter impactos em cascata, desencadeando crises de água e segurança alimentar e aumentando a vulnerabilidade social em uma das regiões mais populosas e economicamente dependentes da Ásia (Público, 2020).

3.5 Como as geleiras podem ser protegidas?

Proteger as geleiras do Terceiro Polo é um desafio complexo que exige ações globais coordenadas e políticas locais robustas para enfrentar tanto as causas quanto os impactos do aquecimento global. A principal estratégia envolve a redução das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), uma medida essencial para limitar o aumento da temperatura média global e, consequentemente, mitigar o derretimento glacial. Estudos apontam que uma redução significativa nas emissões poderia desacelerar o aumento das temperaturas nas regiões de alta altitude, onde o aquecimento ocorre em uma taxa mais rápida que a média global (Kweku et al., 2018).

Outra medida importante é o controle da poluição atmosférica, especialmente no que diz respeito à deposição de carbono negro, um poluente gerado pela queima incompleta de combustíveis fósseis e biomassa. Quando depositado na superfície das geleiras, o carbono negro escurece o gelo, aumentando a absorção de calor e acelerando o derretimento. Reduzir a emissão dessas partículas, por meio de políticas de energia limpa e transição para combustíveis menos poluentes, poderia diminuir significativamente o aquecimento local e retardar a perda de massa das geleiras (Mikhaylov et al., 2020).

Além das ações de mitigação, a adaptação às mudanças climáticas é crucial para lidar com os impactos inevitáveis da perda de gelo. Isso inclui o monitoramento das bacias hidrográficas que dependem do derretimento glacial, permitindo uma melhor gestão dos recursos hídricos e a implementação de práticas sustentáveis na agricultura e nas comunidades locais. Programas de adaptação podem incluir a construção de infraestrutura resistente a inundações, como barragens e canais, e o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de água para compensar as variações sazonais na vazão dos rios alimentados pelas geleiras (Kweku et al., 2018).

3.6 Quais as causas do aquecimento global?

O aquecimento global é causado principalmente pela intensificação do efeito estufa, um fenômeno natural que mantém a temperatura da Terra dentro de uma faixa que sustenta a vida. Contudo, as atividades humanas têm amplificado esse fenômeno, resultando em um aumento progressivo da temperatura global. Os principais responsáveis por esse aumento são os gases de efeito estufa, que incluem o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e os gases fluorados. A principal origem dessas emissões é a queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, que são usados para gerar eletricidade, transporte e processos industriais (Kweku et al., 2018).

Além disso, o desmatamento também contribui significativamente para a intensificação do aquecimento global. As árvores absorvem CO_2 durante a fotossíntese, e sua remoção libera esse gás de volta à atmosfera, exacerbando o efeito estufa. A agricultura, especialmente as práticas de cultivo de arroz e o uso de fertilizantes nitrogenados, também é uma fonte significativa de emissão de gases como o metano e o óxido nitroso, que têm um potencial de aquecimento muito maior do que o CO_2 (Siqueira Neto et al., 2011).

Essa combinação de fontes antropogênicas de emissão resulta no aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, intensificando o efeito estufa e aquecendo o clima global. Como resultado, temos observado uma série de mudanças climáticas, incluindo a aceleração do derretimento de geleiras, o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos (Kweku et al., 2018).

3.7 O que é o efeito estufa?

O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial para a vida na Terra. Ele ocorre quando a radiação solar aquece a superfície do planeta, e parte dessa energia é reemitida na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa na atmosfera, como o CO_2, metano (CH_4) e vapor d'água, absorvem e retêm parte dessa radiação infravermelha, impedindo que ela escape de volta para o espaço. Isso mantém a temperatura média da Terra em torno de 15°C, o que é ideal para sustentar a vida (Kweku et al., 2018).

No entanto, as atividades humanas têm intensificado esse fenômeno. Aumentos nas emissões de gases de efeito estufa, como o CO_2 devido à queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, ampliam o efeito estufa natural, o que leva a um aumento anormal da temperatura global. Este processo tem gerado um aquecimento rápido e sem precedentes, alterando padrões climáticos e ecológicos ao redor do mundo (Mikhaylov et al., 2020).

3.8 Qual a relação do efeito estufa com o aquecimento global?

O aquecimento global é uma consequência direta da intensificação do efeito estufa. A emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa pela atividade humana tem levado ao aumento da concentração desses gases na atmosfera, como o CO_2, que é o mais prevalente, e outros como metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Essa maior concentração de gases resulta na retenção de mais calor na Terra, elevando a temperatura média global. A amplificação do efeito estufa é um dos principais motores das mudanças climáticas que estamos observando (Mikhaylov et al., 2020).

Além disso, essa intensificação tem um impacto especialmente grave em regiões sensíveis, como o Terceiro Polo, que abrange as áreas glaciais do Himalaia e do Tibete. O aumento da temperatura global tem provocado o derretimento acelerado das geleiras na região, o que não só contribui para o aumento do nível do mar, mas também afeta o abastecimento de água para bilhões de pessoas que dependem dessas fontes de água doce (You et al., 2021; Zhang et al., 2015).

Esse processo de aquecimento desigual também é mais pronunciado nas regiões polares e de alta montanha, como o Ártico e o Terceiro Polo, onde as temperaturas estão subindo a um ritmo mais rápido do que a média global. Isso agrava os impactos em ecossistemas frágeis e populações humanas que vivem nessas regiões (Kang et al., 2019).

3.9 Consequências do efeito estufa

As consequências da intensificação do efeito estufa são vastas e abrangem diversos aspectos ambientais, sociais e econômicos. O aumento da temperatura global está levando a uma série de fenômenos climáticos extremos, incluindo ondas de calor, secas prolongadas, inundações e tempestades mais intensas. Essas mudanças afetam diretamente a biodiversidade, com muitas espécies sendo forçadas a migrar ou a se adaptar rapidamente às novas condições climáticas (Zhang et al., 2015).

O derretimento das calotas polares e das geleiras, como as encontradas no Terceiro Polo, é uma das consequências mais dramáticas do aquecimento global. As geleiras da região do Himalaia e do Tibete, por exemplo, estão encolhendo a uma taxa alarmante, o que não só contribui para a elevação do nível do mar, mas também afeta diretamente os ecossistemas locais e o abastecimento de água para centenas de milhões de pessoas que dependem desses corpos de gelo (BBC News, 2021; Zheng et al., 2021). Além disso, a perda de geleiras pode aumentar a frequência e a intensidade de inundações, como as causadas pelo rompimento de lagos glaciares (Shukla & Sen, 2021).

Essas mudanças também afetam os padrões de precipitação, causando secas em algumas regiões e chuvas intensas em outras, o que pode levar à escassez de alimentos, mudanças nos padrões agrícolas e maiores desafios para a segurança alimentar (ClimaInfo, 2022).

3.10 Como evitar o efeito estufa?

A principal estratégia para mitigar o aquecimento global e reduzir a intensificação do efeito estufa é diminuir as emissões de gases de efeito estufa. Isso pode ser alcançado através da transição para fontes de energia renováveis, como a energia solar e eólica, que não emitem CO_2 durante sua produção. A adoção de práticas agrícolas sustentáveis, como a redução do uso de fertilizantes nitrogenados e a promoção de sistemas agroflorestais, também pode ajudar a diminuir as emissões de metano e óxido nitroso (Siqueira Neto et al., 2011; Kweku et al., 2018).

Além disso, políticas públicas eficazes são cruciais para reduzir as emissões em escala global. A implementação de acordos internacionais, como o Acordo de Paris, visa limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, comprometendo os países a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa e a adotar estratégias de mitigação e adaptação (Kweku et al., 2018). Essas políticas devem ser complementadas por ações locais, como a promoção do uso de transporte sustentável, a restauração de ecossistemas e a redução do desmatamento, que têm um impacto direto na redução da concentração de CO_2 na atmosfera.

4. Desafios para o Terceiro Polo

O Terceiro Polo enfrenta uma série de desafios que ameaçam sua sustentabilidade e o bem-estar de cerca de 1,9 bilhão de pessoas que dependem de seus recursos hídricos. O aquecimento acelerado nas regiões de alta altitude, intensificado pela poluição atmosférica, resulta no derretimento rápido das geleiras, o que compromete o fornecimento de água para grandes rios asiáticos e aumenta o risco de escassez hídrica. Além disso, a crescente formação de lagos glaciais eleva a probabilidade de inundações catastróficas, colocando em risco as populações e a infraestrutura da região.

Outro desafio significativo é a necessidade de políticas eficazes que reduzam a emissão de gases de efeito estufa e controlem a poluição local, em especial as partículas de carbono negro, que intensificam o aquecimento das geleiras. A implementação de medidas sustentáveis e a promoção de acordos climáticos abrangentes são fundamentais, mas requerem cooperação e comprometimento de várias nações que compartilham o Terceiro Polo. Esses fatores, somados à crescente demanda por recursos hídricos na Ásia, criam um cenário de incertezas para o futuro.

5. Conclusão

O derretimento acelerado das geleiras do Terceiro Polo representa um dos maiores desafios ambientais e hídricos do século XXI. A região do HKH, que abastece alguns dos maiores rios da Ásia, está enfrentando uma rápida degradação de suas geleiras devido ao aumento das temperaturas globais e à poluição atmosférica. A preservação do Terceiro Polo é de extrema importância não apenas para a segurança hídrica da Ásia, mas também para a estabilidade climática global. Esta região montanhosa, que funciona como um verdadeiro "termômetro" das mudanças climáticas, reflete os impactos da degradação ambiental de forma intensificada. A perda acelerada de suas geleiras implica consequências de longo alcance, que podem desestabilizar ecossistemas e afetar milhões de pessoas. Para o futuro, é essencial que os países da região, juntamente com a comunidade internacional, avancem em iniciativas conjuntas de mitigação e adaptação, com foco na redução das emissões de poluentes e no fortalecimento de políticas climáticas. Com esses esforços, é possível promover um equilíbrio que assegure a preservação das geleiras e o abastecimento de água para as próximas gerações, ajudando a mitigar os riscos globais das mudanças climáticas.

Contribuições dos Autores

J.L.V.: Curadoria de Dados, Redação - Preparação do Rascunho Original; Revisão e Edição. O autor leu e aprovou o manuscrito final.

Conflitos de Interesses

O autor declara que não tem interesses conflitantes.

Referências

BBC News. (2021). O que é o Terceiro Polo, que corre o risco de derreter e afetar mais de 1 bi de pessoas. *BBC*. Por Alejandra Martins. BBC News Mundo. Publicado em 27 de janeiro de 2021. Acesso em 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-55712045>.

History Channel Brasil. (2019). O que é o Terceiro Polo e por que seu derretimento será catastrófico. *History Channel*. Publicado em 11 de outubro de 2019. Acesso em 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.canalhistory.com.br/historia-geral/o-que-e-o-terceiro-polo-e-por-que-seu-derretimento-sera-catastrofico>.

ClimaInfo. (2022). Degelo no Himalaia ameaça “terceiro polo” e intensifica tensões regionais. *ClimaInfo*. Publicado em 10 de novembro de 2022. Acesso em 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2022/11/09/degelo-no-himalaia-ameaca-terceiro-polo-e-intensifica-tensoes-regionais/>.

Kang, S., Zhang, Q., Qian, Y., Ji, Z., Li, C., Cong, Z., ... & Qin, D. (2019). Linking atmospheric pollution to cryospheric change in the Third Pole region: Current progress and future prospects. *National Science Review, 6*(4), 796-809. https://doi.org/10.1093/nsr/nwz031

Kweku, D. W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K. A., Danso, K. B., Oti-Mensah, E. A., ... & Adormaa, B. B. (2018). Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming. *Journal of Scientific Research and Reports, 17*(6), 1-9. https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/39630

Público. (2020). O fim do Terceiro Pólo: Na China, os glaciares estão a derreter. *Público*. Publicado em 16 de novembro de 2020. Reuters. Acesso em 11 de novembro de 2024. Disponível em:<https://www.publico.pt/2020/11/16/p3/noticia/fim-terceiro-polo-china-glaciares-estao-derreter-1939126>.

Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. *Entrepreneurship and Sustainability Issues, 7*(4), 2897-2913. https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(21)

Siqueira Neto, M., Piccolo, M. D. C., Costa Junior, C., Cerri, C. C., & Bernoux, M. (2011). Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35*, 63-76. https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100006

Shukla, T., & Sen, I. S. (2021). Preparing for floods on the Third Pole. *Science, 372*(6539), 232-234. https://doi.org/10.1126/science.abh3558

Wester, P., Mishra, A., Mukherji, A., & Shrestha, A. B. (Eds.). (2019). *The Hindu Kush Himalaya Assessment*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1

Yao, T., Thompson, L., Chen, D., & Piao, S. (2022). Reflections and future strategies for Third Pole Environment. *Nature Reviews Earth & Environment, 3*(10), 608-610. https://doi.org/10.1038/s43017-022-00342-4

You, Q., Cai, Z., Pepin, N., Chen, D., Ahrens, B., Jiang, Z., ... & Zhang, Y. (2021). Warming amplification over the Arctic Pole and Third Pole: Trends, mechanisms and consequences. *Earth-Science Reviews, 217*, 103625. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103625

Zhang, G., Yao, T., Xie, H., Wang, W., & Yang, W. (2015). An inventory of glacial lakes in the Third Pole region and their changes in response to global warming. *Global and Planetary Change, 131*, 148-157. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.05.013

Zheng, G., Allen, S. K., Bao, A., Ballesteros-Cánovas, J. A., Huss, M., Zhang, G., ... & Stoffel, M. (2021). Increasing risk of glacial lake outburst floods from future Third Pole deglaciation. *Nature Climate Change, 11*(5), 411-417. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01028-3