

DANÇA DA CHUVA: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE PRECIPITAÇÃO

OSEIAS DE SOUZA PEREIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL

LEONARDO AMBROSIO DIAS PLATH

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR

BENILSON BORINELLI

Introdução

Desde rituais ancestrais como a "dança da chuva" (ALENCAR, 1865), a intervenção no clima reaparece em formas tecnológicas: semeadura de nuvens e geoengenharia. Injeta-se núcleos de condensação (iodeto de prata, gelo seco, higroscópicos) para induzir precipitação, com aplicações em reservatórios, neve e supressão de granizo. A eficácia é controversa (sinal/ruído, escala, replicabilidade) e há desafios de justiça hídrica e governança. Esta revisão sintetiza evidências recentes, avalia metodologias e compara agentes nucleantes.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Problema de pesquisa: a eficácia da semeadura de nuvens é incerta devido à variabilidade natural, limitações de escala, baixa replicabilidade e heterogeneidade metodológica, além da ausência de comparações sistemáticas entre agentes nucleantes e da integração deficitária das dimensões socioambientais e regulatórias, o que impede recomendações de política pública. Objetivo: realizar revisão sistemática que sintetize evidências empíricas e de modelagem (últimos cinco anos), avalie metodologias e compare resultados por agente nucleante e contexto climático.

Fundamentação Teórica

O controle hídrico desloca-se do plano ritualístico para as relações de poder do ciclo hidrossocial (Tanika et al., 2023). Nesse contexto, a semeadura de nuvens emerge como intervenção humana para induzir chuva (Gomes & Reis, 2021), com Estados, corporações e universidades protagonizando avanços para gerir recursos atmosféricos. No entanto, tais esforços negligenciam dimensões socioambientais e regulatórias cruciais (Corry & Kornbech, 2021), tornando a implementação controversa e demandando rigorosa avaliação de eficácia, riscos e impactos distributivos (Herman & Sovacool, 2024).

Metodologia

Revisão sistemática seguindo o protocolo de Costa, Fontanelle e Zoltowski e checklist PRISMA. Busca no Portal CAPES (pt/en: cloud seeding, cloud condensation, seeding, semeadura de nuvens, geoengineering) em título, resumo e palavras-chave; incluídos só artigos peer-reviewed em pt, en e es Recuperados 184 registros; 119 incluídos após triagem. Seleção e extração independentes em duplicata, discordâncias resolvidas por consenso. Qualidade adaptada; síntese narrativa por heterogeneidade. Limitações: única base e exclusão da literatura cinzenta, atenuadas por dupla extração e estratificação.

Análise e Discussão dos Resultados

Dos 119 estudos, predominam modelagens acopladas a operações experimentais; ensaios longos e randomizados são raros, limitando atribuições causais. O iodeto de prata é o agente mais usado; higroscópicos e gelo seco aparecem em casos controlados. Relatos indicam incrementos locais de chuva em condições favoráveis, mas magnitude e replicabilidade variam por região e regime atmosférico. Agendas (China, EUA, EAU, Índia) divergem. Eficácia é condicional: promissora, porém incerta. Recomenda-se séries mais longas, observação in situ, protocolos mais rigorosos e integração socioambiental e governos.

Considerações Finais

Revisão mostra que semeadura de nuvens é empregada para aumentar precipitação, incrementar neve em bacias, atenuar granizo e reduzir nevoeiros; sua eficácia depende de janelas meteorológicas e parâmetros microfísicos. Estudos combinam modelagem (WRF, LES) e observações (radares, ceilômetros, pluviômetros), mas a heterogeneidade metodológica limita generalizações. Faltam ensaios longos, integração modelagem-observação, comparações diretas entre agentes e avaliação de externalidades. Recomenda-se protocolos padronizados, monitoramento e governança transparente e maior participação pública local.

Referências

COSTA, A. B.; et al. Como escrever um artigo de revisão sistemática. [s.n.], 2020 CORRY, O.;KORNBECH, N. Geoengineering: a new arena of international politics. In: CHANDLER, D. et al.(ed.).International Relations in the Anthropocene. 2021 HERMAN, K. S.; SOVACOOOL, B. K. Applying the multi-level perspective to climate geoengineering. Energy Research & Social Science, v. 115, 2024 GOMES, M. F.; REIS, E. S. Indução de chuvas: desregulação e conflitos de interesse. PIXELS, v. 3, n. 1, Jun. 2021 TANIKA, L. et al. Who or what makes rainfall? Relational and instrumental paradigms.COES.V. 63, 2023

Palavras Chave

Semeadura de nuvens, Geoengenharia, Gestão Hídrica

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecemos ao Professor Benilson Borinelli, cujo apoio e expertise foram essenciais para o desenvolvimento deste artigo. Agradecemos também à Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) pelo ambiente acadêmico de excelência. Esperamos que este artigo seja um passo adiante nas discussões sobre intervenção climática e governança, dentro do XXVII ENGEMA.