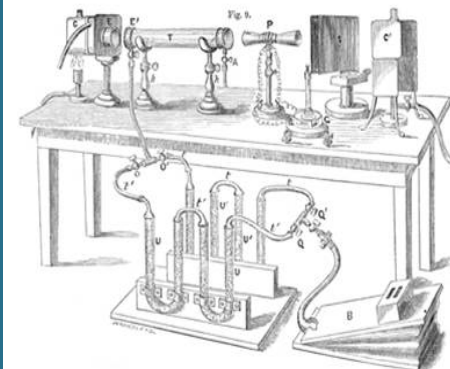


Origens da produção científica sobre as mudanças climáticas

OBSERVA ÁGUA CLIMA RS



SINOPSE • Abril de 2023



Jean-Pierre Perraudin, agricultor na vila de Lourtier, nos Alpes suíços, contou em 1815 a um engenheiro do serviço público sua teoria, baseada em anos de pastoreio, que as rochas de granito, no topo de montanhas, eram remanescentes de grandes geleiras do passado.

A ideia recebeu divulgação e foi rechaçada, tanto por teólogos, para quem as rochas eram prova do dilúvio bíblico, como por cientistas, que na época dispunham de limitados recursos tecnológicos.

Porém, a proposta foi assimilada pelo pesquisador Louis Agassiz e integrada em sua teoria de uma Era do Gelo, divulgada em 1837, segundo a qual geleiras cobriram a Europa no passado. Inicialmente enfrentou a incredulidade pública, mas acabou sendo aceita e contribuiu para a criação da Paleoclimatologia.

Cientistas passaram a buscar entender e explicar as variações climáticas na história, as razões pelas quais imensas geleiras se formaram no hemisfério norte ao longo de milênios e depois desapareceram, deixando apenas vestígios na paisagem.

Nesse período, o cientista francês Joseph Fourier publicou artigo, em 1824, no qual demonstrou teoricamente que, pela distância ao Sol, a Terra deveria ser mais fria, portanto, um fator isolante na atmosfera devia contribuir para manter a temperatura constante do planeta.

Essa ideia foi aprofundada anos mais tarde como resultante das pesquisas de Claude Pouillet, que propôs teoricamente que o vapor de água e o dióxido de carbono na atmosfera podem reter calor da irradiação solar, fenômeno denominado Efeito Estufa.

Qual é o problema de pesquisa?



https://nsidc.org/data/glacier_photo/

O pioneirismo da Sra. Foote 1856

382 *On the Heat in the Sun's Rays.*
ART. XXXI.—*Circumstances affecting the Heat of the Sun's Rays;*
by EUNICE FOOTE.
(Read before the American Association, August 25d, 1856.)

My investigations have had for their object to determine the different circumstances that affect the thermal action of the rays of light that proceed from the sun.
Several results have been obtained.
First. The action increases with the density of the air, and is diminished as it becomes more rarified.
The experiments were made with an air-pump and two cylindrical receivers of the same size, about four inches in diameter and thirty in length. In each were placed two thermometers, and the air was exhausted from one and condensed in the other. After both had acquired the same temperature they were placed in the sun, side by side, and while the action of the sun's rays rose to 110° in the condensed tube, it attained only 88° in the other. I had no means at hand of measuring the degree of condensation or rarefaction.
The observations taken once in two or three minutes, were as follows:

Exhausted Tube.		Condensed Tube.	
In shade.	In sun.	In shade.	In sun.
75	80	75	80
76	82	78	95
80	82	80	100
83	85	82	105
84	88	85	110



<https://www.ngenespanol.com/ecologia/>

A pesquisadora norte-americana Eunice Newton Foote é considerada pioneira em determinar experimentalmente os condicionantes do aquecimento da atmosfera.

Nos anos 1830, ela frequentou escola de ensino médio que oferecia, além da sala de aula, a inovação do aprendizado em laboratórios de química e botânica. Criada em meio ao debate dos movimentos sociais em New York, a Sra. Foote foi uma intelectual com múltiplas áreas de interesse.

Trabalhava como pesquisadora autônoma, em um laboratório em sua casa, a primeira mulher a publicar artigos científicos pela Associação Americana para o Progreso da Ciência e registrou diversas patentes de seus inventos.

Naquela época, cientistas buscavam explicar a razão pela qual a temperatura média no pico de montanhas é menor que nos vales, apesar de estarem mais próximos do sol.

Em 1856, Foote publicou os resultados de experimentos que analisavam o efeito dos raios solares atravessando diversos gases. Demonstrou que níveis elevados de dióxido de carbono (CO₂) e vapor de água em um cilindro absorvem mais o calor, e demoram mais tempo para resfriar.

Em suas conclusões registrou o potencial do aquecimento global mediante elevação dos níveis de CO₂ na atmosfera. Sua obra foi redescoberta somente em 2011.

A fama e o renome de Tyndall 1859

"Assim, a atmosfera admite a entrada do calor solar; mas desacelera sua saída, e o resultado é uma tendência a acumular calor na superfície do planeta."

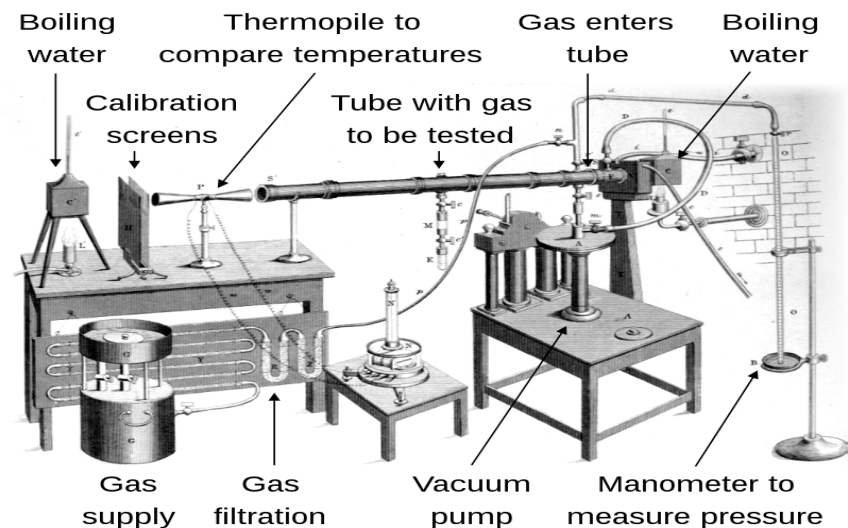
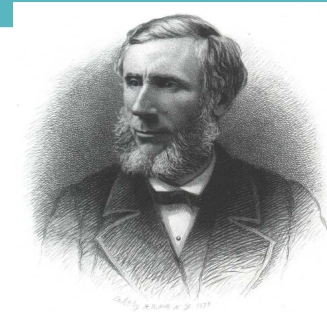
Nascido na Irlanda, durante o boom da construção de ferrovias John Hutchyns Tyndall teve carreira de sucesso em empresa de topografia na Inglaterra, nos anos 1840.

Após o mestrado em física na Alemanha, Tyndall se tornou professor universitário em Londres e conquistou reputação acadêmica pela pesquisa em diamagnetismo.

Nos anos 1850/60, praticava montanhismo nos Alpes, tanto pelo esporte, como iniciou pesquisas sobre o movimento de geleiras. Participou dos debates acadêmicos sobre formação e derretimento de geleiras, entre outros com Agassiz.

Em 1859, apresentou na Academia Real de Ciências, em Londres, experimento demonstrando que o ar contendo níveis mais elevados de CO₂ bloqueia a emissão da radiação infravermelha para o espaço, aquecendo a atmosfera. Sua fonte de calor era a radiação de um cubo de cobre contendo água fervente.

Ele confirmou que mudanças futuras na quantidade de vapor d'água ou dióxido de carbono na atmosfera poderiam alterar o clima, e sua diversificada produção científica contribuiu para seu renome internacional.



https://en.wikipedia.org/wiki/John_Tyndall

O enfoque interdisciplinar de Arrhenius 1896

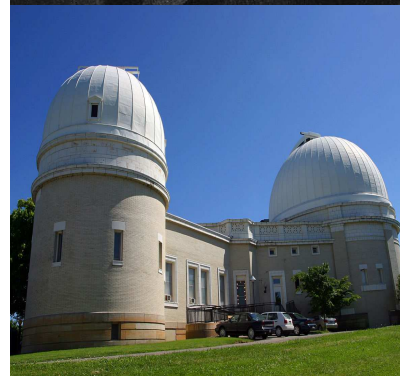
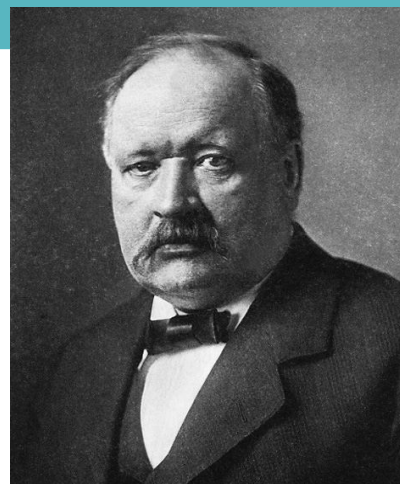
O físico sueco Svante August Arrhenius teve uma carreira acadêmica nas fronteiras entre a química e a física, contribuindo com pesquisas em áreas diversas como meteorologia, climatologia e astronomia.

Em 1903, recebeu o Prêmio Nobel em Química por sua tese de doutorado que originalmente recebeu nota baixa pelos professores da banca que não compreendiam os conceitos utilizados.

Ao desenvolver uma teoria para explicar a Era do Gelo, Arrhenius publicou artigo, em 1896, no qual projetou o impacto do acúmulo de CO₂ na atmosfera sobre as geleiras da Europa.

Utilizou os dados gerados por pesquisadores do observatório astronômico de Allegheny, nos EUA, acerca da temperatura de superfície da lua para calcular, manualmente, os índices de radiação infravermelha capturados pela atmosfera terrestre.

Alertou que a emissão de gases de efeito estufa decorrentes da industrialização europeia poderia causar maior concentração de CO₂ na atmosfera e previu a possibilidade do aquecimento global pela queima de carvão mineral para a crescente geração de energia.



THE
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN
PHILOSOPHICAL MAGAZINE
AND
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

APRIL 1896.

XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS*.

I. *Introduction: Observations of Langley on Atmospheric Absorption.*

A GREAT deal has been written on the influence of the absorption of the atmosphere upon the climate. Tyndall † in particular has pointed out the enormous importance of this question. To him it was chiefly the diurnal and annual variations of the temperature that were lessened by this circumstance. Another side of the question, that has long attracted the attention of physicists, is this: Is the mean temperature of the ground in any way influenced by the presence of heat-absorbing gases in the atmosphere? Fourier ‡ maintained that the atmosphere acts like the glass of a hot-house, because it lets through the light rays of the sun but retains the dark rays from the ground. This idea was elaborated by Pouillet §; and Langley was by some of his researches led to the view, that "the temperature of the earth under direct sunshine, even though our atmosphere were present as now, would probably fall to -200° C., if that atmosphere did not possess the quality of selective

* Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11th December, 1895. Communicated by the Author.

† "Heat as Mode of Motion," 2nd ed., p. 493 (Lond., 1865).

‡ *Mém. de l'Ac. R. d. Sci. de l'Inst. de France*, t. vii. 1827.

§ *Comptes rendus*, t. vii. p. 41 (1838).

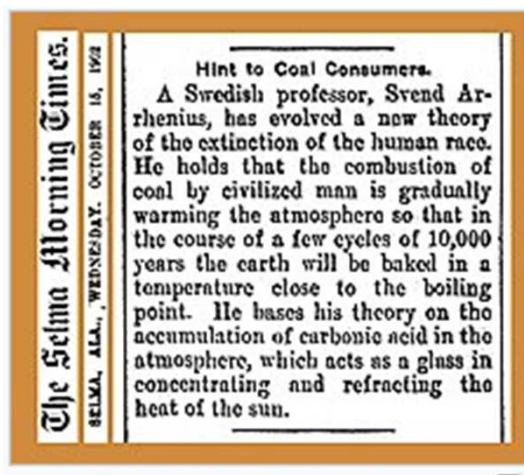
Phil. Mag. S. 5. Vol. 41. No. 251. April 1896. S

https://pt.wikipedia.org/wiki/Svante_Arrhenius

Alertas sobre a mudança climática junto à opinião pública (tradução livre)

1902 The Selma Morning Times/EUA

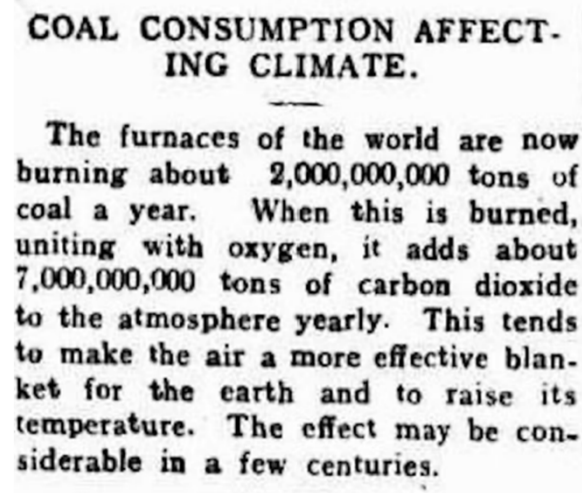
“Dica para consumidores de carvão. O professor sueco Svend Arrhenius desenvolveu nova teoria sobre a extinção da humanidade. Ele afirma que a queima do carvão mineral pelo homem civilizado está gradualmente aquecendo a atmosfera de modo que ao longo de algo como 10.000 anos a Terra estará sendo aquecida a uma temperatura perto do ponto de fervura de água. Sua teoria está baseada no acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera, que age como se fosse uma lupa concentrando e distribuindo o calor do sol.”



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Svante_Arrhenius

1912 The Braidwood Dispatch and Mining Journal/Nova Zelândia

“Consumo de carvão impactando no clima. As caldeiras do mundo estão queimando cerca de 2.000.000.000 toneladas de carvão mineral ao ano. Essa combustão se reduz com o oxigênio e adiciona anualmente 7.000.000.000 de toneladas de dióxido de carbono à atmosfera. Isso tende a tornar o ar um cobertor sobre a Terra e elevar a temperatura. O efeito deve ser impactante em poucos séculos.”



Fonte: ASHCROFT (2022)

Efeito Callendar 1938: a mudança climática já está ocorrendo

Guy Stewart Callendar nasceu no Canadá, em família inglesa, o pai era professor universitário em física.

A família retornou para Londres e Callendar formou-se em engenharia mecânica, em 1922, trabalhando em pesquisas sobre baterias e combustíveis para aeronaves.

Estudava climatologia como passatempo e publicou, em 1938, estudo no qual correlacionava informações de 147 estações meteorológicas em todo o mundo, iniciando em 1810, com dados publicados pelo Museu Smithsonian, dos EUA. Estimou o volume de gases de efeito estufa emitidos para a atmosfera em 4,3 milhões toneladas/ano.

Seus resultados registravam o aquecimento do globo em $0,3^{\circ}\text{C}$ nos 50 anos prévios, hoje conhecido como Efeito Callendar. A ideia foi inicialmente rechaçada pela opinião pública e Callendar teve que se defender e justificar na imprensa até falecer, em 1964.

Foi a primeira demonstração de base científica que o aquecimento global está ocorrendo. Com base em cálculos feitos manualmente, Callendar projetou com precisão o aumento da temperatura média que vivemos hoje em dia e destacou os impactos pela concentração de CO_2 na atmosfera.

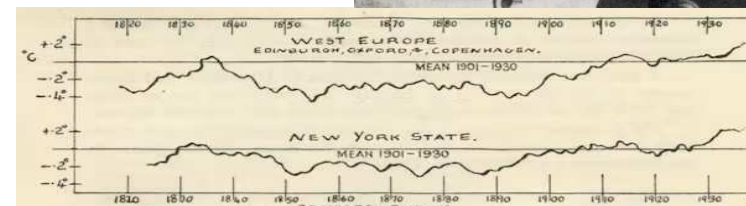


FIG. 3.—The most reliable long period temperature records. Twenty-year moving departures from the mean, 1901-1930.

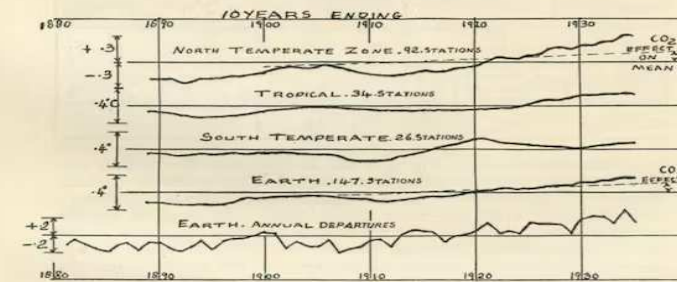
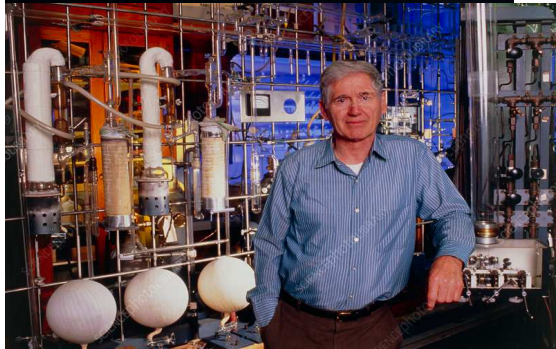


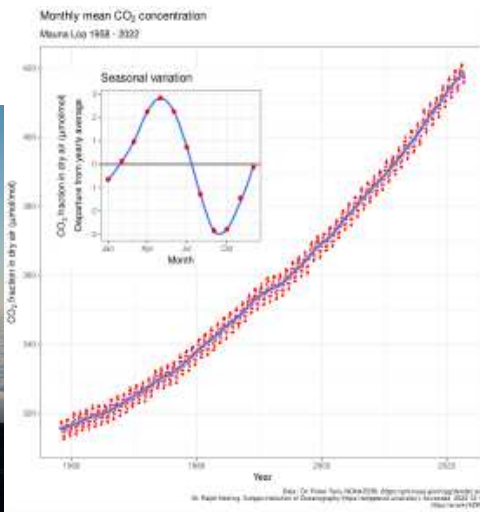
FIG. 4.—Temperature variations of the zones and of the earth. Ten-year moving departures from the mean, 1901-1930. $^{\circ}\text{C}$

Fonte: DEE (2022)

A Curva de Keeling 1958



<https://education.nationalgeographic.org/resource/mauna-loa-observatory/>



O cientista norte-americano Charles David Keeling completou seu doutorado em química, em 1953. Como tinha interesse especial pela geologia não seguiu os colegas que foram trabalhar na indústria petroquímica, pois foi contratado no recém-criado laboratório de geoquímica da Universidade da Califórnia. Em 1968, foi nomeado professor em oceanografia.

Em 1958, inspirado nos cálculos de Arrhenius e Callendar, desenvolveu equipamento automatizado para medir a concentração diária de CO₂ na atmosfera. Uma bolsa de pesquisa possibilitou instalar o equipamento em um observatório astronômico que estava em construção em local sem poluição, 3.000 metros acima do nível do mar, na ilha Mauna Loa, no Haváí.

Publicou os resultados, a partir de 1961, demonstrando alta correlação entre os níveis de CO₂ e as estações do ano, bem como a contínua elevação da concentração de CO₂ na atmosfera. Em 1963, a Fundação de Ciências dos EUA publicou alerta para os impactos da elevação de CO₂ na atmosfera.

Este constitui o mais longo experimento de coleta de dados sobre CO₂ no mundo, conhecido como a Curva de Keeling. A concentração estimada para o ano de 1750 era de 280 partes por milhão (ppm) de CO₂ na atmosfera, em 1958, Keeling mediu 350 ppm e, em 2022, a concentração chegou a 421 ppm.

O negacionismo por empresas de petróleo e gás

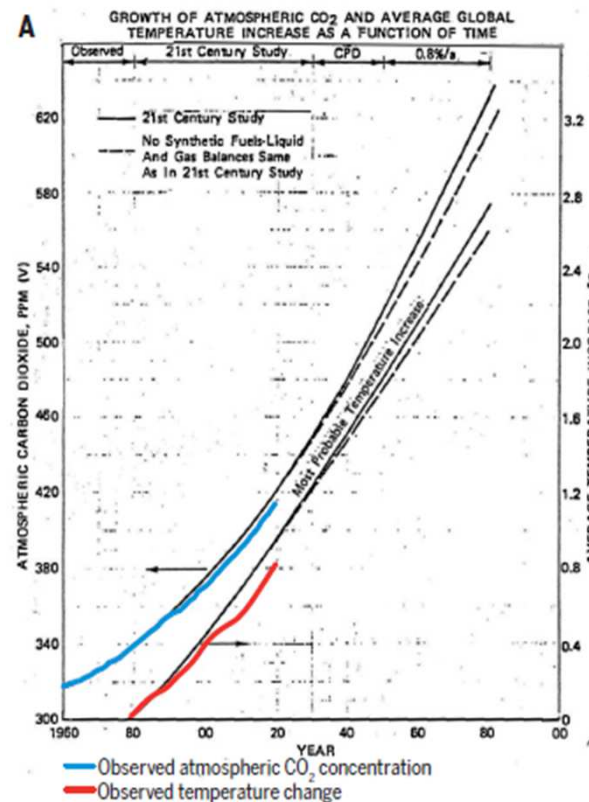


Em 1989, grandes empresas do petróleo e de automóveis norte-americanas criaram uma nova organização, a Global Climate Coalition, como o objetivo de questionar na mídia, e com lobby político, a ciência da mudança climática. A organização teve sucesso em influenciar a opinião pública, p.ex. o governo retirou o país do protocolo de Kyoto.

Mas, a reação pelas organizações da sociedade civil e da academia foi de tal ordem que a organização acabou sendo fechada em 2001.

Promotores e jornalistas investigativos ingressaram na justiça para ter acesso aos arquivos das empresas de petróleo e gás. Em 2015, a organização de jornalismo ambientalista Inside Climate News teve acesso, e publicou, os arquivos da petroleira Exxon.

Os relatórios internos da empresa previram as mudanças climáticas com alto grau de precisão desde os anos 1970, e reconheciam que entre as principais causas estavam as emissões de combustíveis fósseis.



Linhas pretas: projeções por pesquisadores da Exxon
Linha azul: concentração real de CO₂ na atmosfera
Linha vermelha: aumento real da temperatura global
Fonte: SUPRAN et al., 2023

Referências

ASHCROFT, Linden. *For 110 years, climate change has been in the news*. Are we finally ready to listen? 15 ago. 2022. Disponível em: <https://theconversation.com>. Acesso em: 3 abr. 2023.

DEE, Sylvia. *A mild-mannered biker triggered a huge debate over humans' role in climate change*, in the early 20th century. 21 fev. 2022. Disponível em: <https://theconversation.com>. Acesso em: 3 abr. 2023.

HAWKINS, Ed. *A brief history of early climate science*. 23 ago. 2010. Disponível em: www.climate-lab-book.ac.uk Acesso em: 31 mar. 2023.

NOBRE, C.; REID, J.; VEIGA, A. *Fundamentos científicos das mudanças climáticas*. São José dos Campos: INPE, 2012.

ORTIZ, Joseph; JACKSON, Roland. Understanding Eunice Foote's 1856 experiments: heat absorption by atmospheric gases. *Royal Society Notes and Records*, London: Royal Society, v. 76. n. 1, p. 67–84, mar. 2022. doi:10.1098/rsnr.2020.0031

SUPRAN, G.; RAHMSTORF, S.; ORESKES, N. Assessing ExxonMobil's global warming projections. *Science*, v. 379, n. 153, jan. 2023. doi:10.1126/science.abk0063

A rede de pesquisadores LatinoAdapta coordenada pela Universidad da la República Uruguay/UNESCO propôs, em 2019, a formação de Observatórios Locais Climáticos para Informação e Ação Territorial com os seguintes objetivos: i) orientar políticas e ações, por meio do desenvolvimento e sistematização de um corpo de conhecimentos para facilitar a cooperação e colaboração entre a academia, tomadores de decisão e atores territoriais de diversos setores; ii) monitorar e avaliar os impactos das mudanças climáticas no território; iii) facilitar a transferência de conhecimento e a capacitação entre organizações, tomadores de decisão e atores territoriais; iv) servir como um centro para a integração de informações e conhecimentos confiáveis, de qualidade, disponíveis e acessíveis ao público; v) monitorar e avaliar a implementação e eficácia das ações de adaptação.

Publicação produzida pelo **OBSERVATORIO DE INOVAÇÃO EM ÁGUA E CLIMA NO RS (OBSERVA ÁGUA CLIMA RS)**, núcleo do Observatório do Desenvolvimento Regional (OBSERVA DR), coordenado pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, da Universidade de Santa Cruz do Sul. Imagens em *Creative Common*.

Visite nosso site: observadr.org.br/portal/observa-aqua-e-clima/