

ENTRE A CIÊNCIA E A ECONOMIA: O PAPEL DAS CIÊNCIAS DO CLIMA PARA A CRIAÇÃO DOS NOVOS INSTRUMENTOS FINANCEIROS DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Fernando Molnar Castro¹

Resumo: A barbárie climática promovida pelo capitalismo obrigou governos e empresas a buscarem soluções criativas que permitam lidar com as consequências das mudanças climáticas. O mercado financeiro, então, passou a exercer um papel de destaque neste processo, pois conseguiu se apropriar da pauta de adaptação às mudanças climáticas, e, assim, criou uma série de instrumentos financeiros que prometem ajudar desde grandes indústrias até pequenos agricultores a se adaptarem ao clima adverso. Isto só foi possível graças aos avanços nas ciências do clima, que promoveram a decomposição do sistema climático ao mesmo tempo em que forneceram gigantescos bancos de dados climatológicos para o setor financeiro. Este artigo, então, discutirá como a história recente dos modelos climáticos possibilitou a criação e complexificação de instrumentos financeiros para adaptação às mudanças climáticas.

Palavras-chave: IPCC; financeirização; história; modelos climáticos; marxismo

BETWEEN SCIENCE AND ECONOMY: THE ROLE OF CLIMATE SCIENCE TO THE DEVELOPMENT OF NEW FINANCIAL INSTRUMENTS TO CLIMATE CHANGE ADAPTATION

Abstract: The climate barbarism promoted by capitalism has forced governments and companies to seek creative solutions that allow them to deal with the consequences of climate change. The financial market, then, began to play a prominent role in this process, as it managed to appropriate the agenda for climate change adaptation and thus created a series of financial instruments with the promise to help large industries and small farmers adapt to adverse weather. This was only possible thanks to advances in climate science, which promoted the decomposition of the climate system while providing huge climate databases for the financial system. This article will then discuss how the recent history of climate models has enabled the creation and complexification of financial instruments for climate change adaptation.

Keywords: IPCC; financialization; history; climate models; marxism

INTRODUÇÃO

Em 2023 nós testemunhamos o que seria o mês de julho com as maiores temperaturas já registradas², que rapidamente foi superado pelas temperaturas de

¹ Mestrando em Geografia Humana pela USP (SP). Email: fernando.molnar.castro@usp.br

agosto³, e, depois, com setembro batendo as maiores anomalias⁴. Ao mesmo tempo, as temperaturas do Atlântico Norte também bateram recordes, ficando 1,36°C acima da média⁵. Em casos raríssimos, alguns estudos também se lembraram que o clima poderia afetar a vida de pessoas reais, concretas, e até projetaram cenários para mostrar como seria o possível genocídio causado pela barbárie capitalista do clima⁶.

Enquanto o mundo ardia diante deste cenário estarrecedor, no dia 26 de abril de 2023, em uma audiência na Casa Branca, o senador Republicano Ron Johnson apresentou um estudo mostrando como os EUA e, principalmente o estado que ele representa, o Wisconsin, seriam beneficiados com o aumento da temperatura média global por conta da diminuição das mortes causadas pelas ondas de frio extremo, o que possibilitaria seu estado economizar com investimentos em políticas de adaptação às mudanças climáticas⁷.

O último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) - publicado justamente poucos meses antes da nada surpreendente fala do senador republicano (IPCC, 2023) - mostrou, de fato, um cenário preocupante: as zonas temperadas até poderão ter certos benefícios com o aumento da temperatura média global, principalmente por conta do aumento de terras agricultáveis, enquanto as zonas tropicais sofrerão os maiores impactos, por conta da intensificação dos processos de desertificação, da redução de áreas agricultáveis e da disponibilidade de água.

É impressionante ver como o conhecimento sobre as mudanças climáticas foi aprofundado desde a publicação do primeiro relatório do IPCC, em 1990. Se hoje se discute como o aumento da temperatura pode alterar a disponibilidade de nutrientes dos alimentos básicos, e os novos supercomputadores permitem que os modelos climáticos tenham uma resolução de até 10km (IPCC, 2023, p. 215), no primeiro relatório (FAR, na sigla em inglês) do IPCC os modelos climáticos possuíam resolução de 500km, e utilizavam em seus cálculos placas oceânicas sem movimentação e com apenas 50m de profundidade (Meehl, 2023). Sendo assim, se foram tantos os avanços nos conhecimentos da física e da química das mudanças climáticas, o que poderia explicar, então, a incapacidade em lidar de modo efetivo com as consequências desta barbárie?

Acontece que essas melhorias nos modelos e projeções climáticas não aconteceram por mera curiosidade, vontade ou genialidade dos cientistas, como pretendem alguns historiadores da ciência (Weart, 2008). O avanço nas ciências do clima pode ser atribuído como resposta às demandas políticas e econômicas, pois ambas precisam conhecer os possíveis impactos das mudanças climáticas com o maior grau de detalhes possíveis (Sohn-Rethel, 2021). Foi isto que permitiu ao senador republicano falar as atrocidades mencionadas acima, da mesma forma que também permitiu o mercado financeiro capturar os debates sobre adaptação às mudanças climáticas.

² Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/julho-foi-o-mes-mais-quente-da-historia-recente-e-quebrou-recordes-de-temperaturas/>

³ Disponível em: https://www.weather.gov/ict/event_2023AugHeat

⁴ Disponível em: <https://wmo.int/media/news/september-smashes-monthly-temperature-record-record-margin>

⁵ Disponível em: <https://climate.copernicus.eu/record-breaking-north-atlantic-ocean-temperatures-contribute-extreme-marine-heatwaves>

⁶ Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/variacoes-de-temperaturas-podem-provocar-5-milhoes-de-mortes-por-ano/>

⁷ Disponível em: <https://epic.uchicago.edu/news/ron-johnson-says-climate-change-is-beneficial/>

ENTRE A CIÊNCIA E A ECONOMIA

Parece ser unânime na literatura especializada que 1997 foi o ano mais importante para entender como o mercado financeiro começou a criar os instrumentos para adaptação às mudanças climáticas (Randalls, 2006; Weagley, 2014; Bracking, 2019). Randalls (2006) alega que isto foi possível graças ao ambiente ideológico criado após a publicação do segundo relatório (SAR, na sigla em inglês) do IPCC (1996). Já para Bracking (2019) estes instrumentos foram apenas mais uma etapa de uma longa série de dispositivos que visavam a financeirização do clima. Enquanto para Weagley (2014) os derivativos climáticos surgiram da genialidade de alguns investidores, em uma época em que qualquer banco de dados poderia facilmente ser transformado em derivativo⁸.

Discussões relacionando as mudanças climáticas com as finanças, contudo, apareceram já no primeiro relatório (FAR, na sigla em inglês) do IPCC. Apesar de ainda incipiente, o FAR discutiu apenas como países desenvolvidos precisariam coordenar esforços para garantir a cooperação internacional e a transferência tecnológica, enquanto aos países em desenvolvimento era proposto aumentarem seus impostos para garantir financiamentos necessários às áreas prioritárias.

A partir da publicação do SAR começam a ser discutidos os riscos dos eventos extremos para as finanças. Foi também neste relatório que as noções de mitigação e adaptação passaram a ser adotadas, fazendo com que as discussões sobre os possíveis impactos econômicos e as questões financeiras gravitassem em torno dessas duas noções

Com esta maior compreensão sobre a dinâmica dos eventos extremos e seus impactos para o mercado, foi possível a criação de instrumentos conhecidos como títulos de catástrofe. Esses títulos são ressecuritizações criados por seguradoras que desejavam transferir os riscos associados aos eventos extremos (Johnson, 2014). Algumas seguradoras conseguiram correlacionar suas perdas aos eventos extremos: em dias de chuvas extremas, por exemplo, as seguradoras podem ter seus lucros reduzidos por conta de enchentes, já que precisariam pagar enormes quantias em prêmios aos seus segurados. Com os títulos de catástrofe essas seguradoras podem transferir esses riscos a outros agentes que queiram especular sobre a possibilidade de ocorrência de eventos extremos.

Deste modo, caso ocorresse algum evento extremo as seguradoras estariam protegidas, pois receberiam um pagamento que ajudaria a diminuir (ou amortizar) suas perdas (Nowak; Romaniuk, 2013). Porém, caso o evento extremo não ocorresse, as seguradoras precisariam pagar aos agentes que especularam sobre o título de catástrofe. Acontece que o risco de perdas significativas, mesmo com os pagamentos aos agentes especuladores, é menor do que as possíveis perdas com o pagamento dos seguros após os eventos extremos. Aos poucos, porém, diversas outras empresas perceberam como os eventos extremos podem interferir em suas taxas de lucro.

Apesar do SAR falar apenas em como os eventos extremos poderiam afetar o mercado financeiro, seus modelos climáticos e, principalmente, a quantidade de dados climatológicos disponibilizados permitiram que outros setores da economia criassem seus próprios suas próprias projeções de redução na taxa de lucro.

⁸ É importante lembrar que em 1997 também foram criados os diferentes tipos de mercados de carbono, que não discutirei aqui não apenas por serem instrumentos financeiros com foco na mitigação das mudanças climáticas, mas também por que já existem discussões muito boas sobre o assunto

O verão de 1997 também é apontado pela literatura especializada como o marco de criação dos derivativos climáticos (Randalls, 2010), quando as temperaturas abaixo do normal por causa do forte *El-Niño* derrubaram o preço da energia, e causaram prejuízos à *Aquilla Energy*. No inverno do mesmo ano, as previsões numéricas do tempo indicavam que as temperaturas cairiam drasticamente, o que aumentaria o preço da energia. Porém, para evitar os riscos de uma nova previsão do tempo errada e de um possível inverno anômalo, a *Aquilla Energy* preferiu transferir esses riscos para a *Koch Industries*⁹, que poderia especular sobre as possíveis temperaturas do inverno, e talvez até economizar com a energia que consumiria. O acordo era relativamente simples: o preço da energia produzida pela *Aquilla* seria previamente estipulado conforme o acumulado das temperaturas médias diárias durante o inverno; assim, caso as temperaturas médias ficassem abaixo do normal, a *Aquilla* venderia a energia por um preço maior, mas caso contrário, o preço seria menor do que o do mercado. Desta forma, a *Aquilla* não arriscaria suas receitas futuras com as incertezas das previsões numéricas do tempo, do mesmo modo que a *Koch* garantiria uma certa previsibilidade de sua receita por conta do preço da energia previamente estipulado.

Este primeiro contrato de balcão de derivativo climático negociado entre a *Aquilla Energy* e a *Koch Industrie*, serviu como base para que dois anos depois, em 1999, a *Enron* começasse a vender contratos padronizados na Bolsa de Valores de Chicago (CME, na sigla em inglês). Sim, a *Enron*, a mesma empresa que em 2001 entraria em falência após uma fraude resultante justamente da forma como contabilizava suas receitas futuras nos balanços atuais.

Os contratos de derivativos climáticos apresentados pela *Enron* eram baseados em dados de temperatura, utilizados para a construção de índices conhecidos como *heating degree-days* (HDD) e *cooling degree-days* (CDD). Estes contratos padronizados (assim como qualquer outro instrumento financeiro padronizado) seguiam normas rígidas estipuladas pelo livro de regras da CME¹⁰, e informavam os seguintes itens (Alexandridis; Zapranis, 2013):

- A variável subjacente, ou o índice climático no qual o contrato seria baseado, ou seja, se eram em HDD ou CDD;
- O local no qual os dados de temperatura seriam coletados: os contratos foram inicialmente oferecidos apenas em 10 cidades dos EUA, e definiam também quais estações meteorológicas seriam utilizadas para a coleta dos dados em cada cidade, informando o código de identificação individual da Organização Meteorológica Mundial (WMO, na sigla em inglês) da estação;
- O período de vigência dos contratos, podendo ser mensal ou para uma estação inteira (verão ou inverno);
- A recompensa a ser paga pelo contrato, inclusive com o valor máximo a ser pago;
- O tipo de contrato: se seriam negociados como opção ou futuro.

⁹ Curiosamente, a Koch Industrie, a empresa que tentou lucrar com instrumentos financeiros de adaptação às mudanças climáticas, é também a empresa que mais financia *think tanks* de extrema direita que promovem o negacionismo climático (Doreian; Mrvar, 2022)

¹⁰ Como a CME continua oferecendo contratos de temperatura, é possível acessar os capítulos que estipulam as normas deste tipo de derivativo. Os capítulos 403 até 412A discorrem especificamente³ sobre o funcionamento dos diferentes tipos de derivativos de temperatura. Para acessá-los basta acessar o *link*: <https://www.cmegroup.com/rulebook/CME/>

Os HDD são contratos que tomam como base as temperaturas abaixo de 65°F, já os CDD utilizam em seus cálculos as temperaturas superiores à 65°F. Assim, em um dia com temperatura média de 55°F, por exemplo, o contrato de derivativo climático teria 10 unidades de HDD, calculados através da diferença entre a temperatura base do índice subjacente escolhido no contrato e a temperatura média do dia calculada com os dados climatológicos coletados em uma estação meteorológica também estipulada no contrato. Finalmente, as unidades de HDD são multiplicadas pelo período de validade do contrato, ou seja, as unidades de HDD são multiplicadas pelos dias em que o contrato permaneceu ativo, e, posteriormente, pelo preço de cada unidade de HDD.

Para o período de verão são negociados contratos do tipo CDD, que utilizam como índice subjacente as temperaturas acima de 65°F. Caso a temperatura média fosse de 75°F, por exemplo, a empresa que comprou contratos deste tipo receberia pelas 10 unidades de CDD, calculados da mesma forma como os HDD.

Estes contratos padronizados foram inicialmente vendidos tomando como base 10 cidades dos EUA, e qualquer empresa localizada em alguma destas cidades, e que conseguisse correlacionar as variações em suas taxas de lucro com a variabilidade da temperatura, poderia comprá-los diretamente na CME.

A expansão do mercado de derivativos climáticos ocorreu paralelamente à publicação do terceiro relatório (TAR, na sigla em inglês) do IPCC (2001). Uma das inovações implementadas no TAR foi o uso simultâneo de dois *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP), o que permitiu o aumento no número de modelos climáticos: o CMIP1 rodou 21 modelos de 9 países, enquanto o CMIP2 produziu 18 modelos de 8 países (Meehl, 2023).

O uso simultâneo dos CMIP foi justificado também pela proposta do Grupo de Trabalho 2 (WG2, na sigla em inglês), responsável por estudar os impactos das mudanças climáticas. O WG2 verificou que os maiores impactos na sociedade eram decorrentes dos eventos extremos, e não do clima médio, como era até então estudado em maior profundidade pelo Grupo de Trabalho 1 (WG1, na sigla em inglês). Por conta disto, o WG2 propôs que o WG1 aumentasse a quantidade de modelos que tratassem dos eventos extremos. Percebe-se, então, que as melhorias nos modelos climáticos foram decorrentes dos interesses da economia política, desejosa de conhecer detalhadamente as consequências das mudanças climáticas para saber como poderia proceder.

Este aumento de modelos resultou na expansão do mercado de derivativos climáticos. A CME, logo após a publicação do TAR, iniciou a venda de contratos padronizados de derivativos para cidades da Alemanha, Espanha, Holanda, Inglaterra, Itália, Suécia, Austrália e Canadá. Após a publicação do quarto relatório (AR4, na sigla em inglês) do IPCC (2007), ocorreu uma nova expansão do mercado, com o início das vendas de derivativos para cidades da Noruega, República Checa, França e Japão. O mais impressionante, contudo, foi o aumento da oferta de contratos para novas cidades nos EUA, chegando a um total de 49 cidades atendidas pela CME.

Este maior detalhamento dos impactos dos eventos extremos nas cidades também possibilitou a criação de novos tipos de contratos de derivativos, baseados no acúmulo de neve e na velocidade dos ventos de furacões. Finalmente, os contratos baseados na precipitação acumulada só foram criados em 2010, ou seja, após o AR4 (IPCC, 2007) publicar os resultados do CMIP3 com os modelos de circulação geral atmosfera-oceano, revelando em detalhes nunca vistos até então a influência dos oceanos para o clima (Meehl, 2023).

Contraditoriamente, como foi possível perceber até aqui, a maior expansão do mercado de derivativos climáticos ocorreu justamente após a crise dos *subprimes* (Harvey, 2014). Isto pode ser explicado pelo movimento de um capital ocioso em busca de novas oportunidades de valorização, proporcionadas, no caso aqui discutido, pelo maior desenvolvimento das ciências do clima. Acontece que após a publicação do quinto relatório (AR5, na sigla em inglês) do IPCC (2014), a CME começou a encerrar centenas de contratos de derivativos climáticos. Em um único anúncio aos seus clientes, compartilhado no dia oito de junho de 2015, a CME comunicou que encerraria a comércio de 1050 tipos diferentes de derivativos climáticos¹¹.

Antecipando uma possível queda nas vendas de derivativos climáticos, o Banco Mundial lançou uma cartilha (World Bank, 2011) mostrando como estes instrumentos foram implementados em países da América Latina e África como um novo tipo de seguro agrícola, que passou a ser chamado de seguro de índice climático. Esses seguros foram criados como programas pilotos pelo Banco Mundial e recebiam pesados subsídios dos governos locais, mas foram totalmente planejados por empresas europeias do setor financeiro, como a *Allianz* e a *Swiss Credit*.

Curiosamente, se antes os derivativos climáticos eram instrumentos simples de serem calculados, pois eram baseados apenas em dados de temperatura média, ou precipitação ou neve acumulados ou, ainda, a velocidade média dos ventos, agora, na forma de seguro de índice climático, quando vendidos diretamente para pequenos e médios agricultores, estes instrumentos se tornaram difíceis de serem calculados por conta de envolverem uma complexa relação entre diversas variáveis climáticas, dados de sensoriamento remoto, geomorfológicos e pedológicos.

Resta saber, agora, como a publicação do quinto relatório do IPCC (2014) pode ter influenciado esta transformação dos derivativos em seguros de índices climáticos. Como bem comenta Meehl (2023), a publicação dos resultados do CMIP5 foram uma verdadeira mudança de paradigma, pois aprofundaram ainda mais o conhecimento sobre a física e a química do sistema climático ao incorporarem os *Atmosphere-Ocean General Circulation Models* (AOGCM) e os *Earth System Models* (esm). Os AOGCM utilizaram modelos acoplados com componentes atmosféricos, do oceano, terra e gelo oceânico. Já os novos ESM modelaram os ciclos do carbono para estudo de longo prazo dos *feedbacks* e mitigação com interações químicas e de aerossóis.

Assim, o nível de detalhamento dos novos modelos pode ter sido a grande influência para a CME ter encerrado a venda de milhares de derivativos climáticos, pois os contratos já não atendiam as necessidades tão específicas do mercado. Ao mesmo tempo, foi esta mesma complexidade dos modelos que também possibilitou que seguros de índices climáticos passassem a ser vendidos a pequenos e médios agricultores como uma falsa estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

CONCLUSÃO

Mike Davis, em seu maravilhoso artigo *Who Will Build the Ark?* (2010), demonstra a irracionalidade de se discutir mecanismos de adaptação às mudanças

¹¹ É possível acessar o comunicado em: <https://www.cmegroup.com/tools-information/lookups/advisories/clearing/Chadv15-158.html>

climáticas subsumidos à lógica do mercado financeiro. A crítica certa do autor visava, obviamente, as novas discussões de planejamento urbano. Para ele, o tempo de circulação necessário para a realização dos instrumentos financeiros de adaptação às mudanças climáticas são incompatíveis com projeto de planejamento urbano mais humanizados, que poderiam atender as reais necessidades sociais impostas pela barbárie capitalista do clima.

Ao rastrear a origem desta estratégia mercadológica, Davis atribuiu toda a culpa aos ideólogos neoliberais William Nordhaus e Robert Mendelsohn. Para estes distintos economistas, os cenários do IPCC são muito imprecisos para o mercado, principalmente em se tratando de investimentos públicos para a adaptação às mudanças climáticas, pois o capital necessário para construir estruturas adaptadas ao cenário de um possível aumento de temperatura de 1,5°C pode ser desperdiçado caso o cenário de 2, 3 ou 4°C se confirme, e vice-versa.

Assim, a proposta dos laureados economistas é que os países centrais invistam em instrumentos financeiros para aumentar suas rendas, enquanto esperam que os países periféricos consigam capital o suficiente para que construam seus próprios mecanismos de adaptação às mudanças climáticas.

Ao promover análises cada vez mais detalhadas do sistema climático, as ciências do clima acabam fornecendo, mesmo que indiretamente, as armas necessárias para a promoção das ideologias de Nordhaus e Mendelsohn. É o que foi possível verificar na fala do senador republicano mencionado no início deste breve artigo, quando defende que o governo estadunidense não desperdice dinheiro com estruturas adaptadas para lidar com a nova realidade climática, pois seu estado natal não sofreria com isto.

Enquanto o senador defendia tais ideias abomináveis, o mercado financeiro, na figura da CME, acabou se encarregando em investir em instrumentos financeiros cada vez mais complexos para atender as demandas de algumas empresas do Norte global, ao mesmo tempo em que, após o colapso do mercado de derivativos climáticos, pôde desenvolver seguros ainda mais complexos para expropriar pequenos e médios agricultores da América Latina e África.

Michael Greenstone, um dos autores do estudo citado pelo senador republicano, acompanhou sua fala com espanto. Aparentava estar incrédulo com a situação e, principalmente, com a leitura feita de seu trabalho em plena audiência pública. Este espanto, contudo, deveria ser questionado conjuntamente com o modo como as ciências do clima tem promovido a decomposição do sistema climático em seus mínimos detalhes: assim como Greestone forneceu os argumentos para que um senador negasse investimentos em adaptação às mudanças climáticas, pesquisas puramente quantitativas e positivistas também forneceram os meios para que o mercado financeiro capturasse o debate sobre adaptação às mudanças climáticas. Contudo, como Marcuse comentou, o cientista deve ser responsabilizado pelos usos que a sociedade faz de seu trabalho, pois

o cientista já não é o pesquisador dissociado e isolado, mas se tornou o esteio das políticas e das instituições estabelecidas. Na medida em que a economia se torna um sistema tecnológico, a ciência se transforma num fator decisivo nos processos econômicos da sociedade. [...] A ciência literalmente abastece a economia. Na medida em que a ciência é parte da base da sociedade ela se torna um poder material, uma força política e econômica, e todo cientista individual é uma parte desse poder. Assim como o cientista depende do governo e da indústria para o financiamento de sua pesquisa,

também o governo e a indústria dependem do cientista (Marcuse, 2009, p. 163).

REFERÊNCIAS

ALEXANDRIDIS, A. K.; ZAPRANIS, A. **Weather derivatives: modeling and pricing weather-related risk**. New York, NY: Springer, 2013.

BRACKING, S. Financialisation, Climate Finance, and the Calculative Challenges of Managing Environmental Change. **Antipode**, [s. l.], v. 51, n. 3, p. 709–729, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/anti.12510>. Acesso em: 10 mar. 2022.

DAVIS, M. Who Will Build the Ark?. **New Left Review**, [s. l.], v. 61, p. 29–46, 2010. Disponível em: <https://irows.ucr.edu/cd/courses/10/reader/New%20Left%20Review%20-%20Mike%20Davis%20-%20Who%20Will%20Build%20the%20Ark.htm>. Acesso em: 12 nov. 2022.

DOREIAN, P.; MRVAR, A. The Koch Brothers and the climate change denial social movement. *In*: TINDALL, D.; STODDART, M. C. J.; DUNLAP, R. E. (org.). **Handbook of Anti-Environmentalism**. [S. l.]: Edward Elgar Publishing, 2022. Disponível em: <https://www.elgaronline.com/view/edcoll/9781839100215/9781839100215.00022.xml>. Acesso em: 31 mar. 2024.

HARVEY, D. **O enigma do capital e as crises do capitalismo**. São Paulo: Boitempo, 2014.

IPCC (org.). **Climate change, 1995: impacts, adaptations, and mitigation of climate change: scientific-technical analyses: contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge [England]; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1996.

IPCC (org.). **Climate change 2001: the scientific basis: contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2001.

IPCC (org.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2007.

IPCC (org.). **Climate change 2013: the physical science basis**. New York: Cambridge university press, 2014.

IPCC. **Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. [S. l.]: Cambridge University Press, 2023. Disponível em:

<https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009157896/type/book>. Acesso em: 25 mar. 2024.

JOHNSON, L. Geographies of Securitized Catastrophe Risk and the Implications of Climate Change. **Economic Geography**, [s. l.], v. 90, n. 2, p. 155–185, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/ecge.12048>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MARCUSE, H. A responsabilidade da ciência. **Scientiae Studia**, [s. l.], v. 7, p. 159–164, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/ss/a/D9dDCGXsSK45s6KtWrWVDwH/?lang=pt>. Acesso em: 8 mar. 2022.

MEEHL, G. A. The Role of the IPCC in Climate Science. *In*: OXFORD RESEARCH ENCYCLOPEDIA OF CLIMATE SCIENCE. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://oxfordre.com/climatescience/display/10.1093/acrefore/9780190228620.001.0001/acrefore-9780190228620-e-933>. Acesso em: 14 mar. 2024.

NOWAK, P.; ROMANIUK, M. Pricing and simulations of catastrophe bonds. **Insurance: Mathematics and Economics**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 18–28, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167668712001345>. Acesso em: 23 jul. 2023.

RANDALLS, S. C. **Firms finance and the weather: the UK weather derivatives market**. 2006. 338 f. Tese (PhD in School of Geography, Earth and Environmental Sciences) - University of Birmingham, Birmingham, 2006. Disponível em: <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/327/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

RANDALLS, S. Weather profits: Weather derivatives and the commercialization of meteorology. **Social Studies of Science**, [s. l.], v. 40, n. 5, p. 705–730, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0306312710378448>. Acesso em: 26 dez. 2022.

SOHN-RETHEL, A. **Intellectual and manual labour: a critique of epistemology**. Leiden ; Boston: Brill, 2021. (Historical materialism book series, v. volume 224).

WEAGLEY, D. R. **Essays on the Weather Derivatives Market**. 2014. 138 f. Tese (Doutorado em Business Administration) - University of Michigan, Ann Arbor, 2014. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2027.42/108993>. Acesso em: 17 mar. 2022.

WEART, S. R. **The discovery of global warming**. Rev. and expanded eded. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 2008. (New histories of science, technology, and medicine).

WORLD BANK. **Weather Index Insurance for Agriculture: Guidance for Development Practitioners**. Washington, DC: [s. n.], 2011. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/9e12d03d-c090-5f1b-9aa0-4a9fc0665471>.

Agradeço à FAPESP pela bolsa concedida (processo número 2022/07420-4) para a realização da pesquisa.