

## **XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS**

### **MUDACLIMA: PLATAFORMA WEB-GIS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

*Leonardo Laipelt dos Santos<sup>1</sup>; Júlia Brusso Rossi<sup>2</sup>; Ayan Fleischmann<sup>3</sup> & Anderson Ruhoff<sup>4</sup>*

**RESUMO-** Estudos recentes referentes ao aquecimento global vêm preocupando a sociedade científica, devido, principalmente, ao aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> e aumento médio nas temperaturas globais. Como forma de disponibilizar informações relacionadas a mudanças climáticas, elaborou-se a plataforma WebGIS denominada de MudaClima. O objetivo consiste em apresentar, de forma simples e educativa, noções básicas para compreensão dessa temática, utilizando em sua fase inicial informações provenientes do banco de dados de séries históricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para análise de tendências de temperatura e precipitação. Dados de CO<sub>2</sub> foram obtidos a partir de produtos de sensoriamento remoto do sensor AIRS, acoplado ao satélite AQUA. Os resultados são apresentados para o Brasil e de acordo com a estrutura final confeccionada para a plataforma. Por fim, destaca-se a importância de uma ferramenta educacional para a população, como também a manutenção e seu aprimoramento buscando uma melhor experiência para o usuário.

**ABSTRACT** – Recent researches about global warming have been worrying the scientific community, mainly due to the increase of CO<sub>2</sub> levels and the increase in global average temperatures. To provide information about climate change, the MudaClima WebGIS was developed. The main goal is to demonstrate, in a simple and educational way, useful information to understand this topic, using, in this first approach, data from the INMET historical series for analysis of temperature and precipitation trends. CO<sub>2</sub> data were obtained from remote sensing products of the AIRS sensor from AQUA satellite. Results are presented to Brazil and according to the final structure prepared for the website. Finally, the importance of an educational tool for society, as well as the maintenance and its improvement, is significant for a better experience for the user.

**Palavras-Chave** – Plataforma online, Mudanças Climáticas, Educação Ambiental.

---

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [leolaipelt@gmail.com](mailto:leolaipelt@gmail.com)

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [julia.rossi@ufrgs.br](mailto:julia.rossi@ufrgs.br)

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [ayan.fleischmann@gmail.com](mailto:ayan.fleischmann@gmail.com)

4) Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS. Email: [andersonruhoff@gmail.com](mailto:andersonruhoff@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

De acordo com o mais recente relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), as mudanças climáticas que vêm sendo intensificadas pelas ações antrópicas podem ocasionar um aumento dos níveis dos mares, destruição de habitats naturais, diminuição nas calotas polares, intensificação de tempestades, além de grandes impactos econômico na sociedade mundial. É fato que, nos últimos anos, grande parte dos países firmaram o compromisso para diminuição nas emissões de gases do efeito estufa (GEE), através do Acordo de Paris, para evitar que o aumento médio global na temperatura em relação a níveis pré-industriais seja inferior a 2°C. Contudo, recentes pesquisas já admitem que tal meta não será suficiente para evitar mudanças drásticas no clima, sendo indicado novas medidas no contexto do desenvolvimento sustentável dos países para manter os níveis inferiores a 1,5°C (Betts and McNeall 2018; Xu, Chen, and Zhang 2019; Madakumbura et al. 2019).

No Brasil, grande parte das emissões de GEE são provenientes das mudanças da cobertura da terra através das queimadas de áreas naturais, principalmente da floresta Amazônia (Oliveira et al. 2017), para o cultivo de *commodities* agrícolas. Além disso, os grandes centros urbanos brasileiros apresentam problemas ambientais relacionados às altas concentrações de gases poluentes provenientes das queimas de combustíveis fósseis de veículos à motor, contudo, a falta de uma rede de monitoramento contínuo de poluição atmosférica e sistemas de alertas (Silva e Vieira 2017; IEMA 2014) consistindo em um sério risco à saúde pública.

Entre as fontes de informações referentes a mudanças climáticas, destaca-se a existência de plataformas WebGIS (*Web Geographical Information System*) as quais apresentam produtos SIG através da web. No Brasil, diversos órgãos públicos utilizam tais plataformas para disponibilizar informações, como é o caso do HIDROWEB (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>) da Agência Nacional de Água (ANA), do SIOUT RS (<http://www.siout.rs.gov.br/>) da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (SEMA) e do SIGMINE (<http://sigmine.dnrm.gov.br/>) do Departamento Nacional de Pesquisas Minerais (DNPM). Em relação a mudanças climáticas, projetos como MapBiomass (<http://mapbiomas.org>) e SEEG Brasil (<http://seeg.eco.br/>), ambas iniciativas do grupo Observatório do Clima, são referências no país. Apesar disso, poucas são as iniciativas de WebGIS voltadas às questões climáticas, e menos ainda com abordagem conscientizadora.

Nesse contexto, a sociedade como um todo possui papel fundamental na adoção de medidas favoráveis ao meio ambiente, além do desenvolvimento da conscientização em relação a assuntos referentes a sustentabilidade. A plataforma MudaClima surge com a finalidade de trazer um material educativo sobre mudanças climáticas ao alcance geral da população, buscando a conscientização a respeito da preservação do meio ambiente.

## METODOLOGIA

O webGIS MudaClima (<http://mudaclima.com.br/>) apresenta as informações em forma de textos, imagens e gráficos interativos. Ícones de acesso ilustrativos foram utilizados para orientar o usuário na seleção das páginas ao navegar pelo site. Para organização dos tópicos apresentados, optou-se por uma divisão em cinco abas principais: sobre (o site), mapas, saiba mais, dúvidas e contato. A Figura 1 mostra a esquematização com as subdivisões das páginas na plataforma.

As páginas incluídas em “sobre” trazem uma descrição sobre a plataforma, a aquisição de dados e organização dos mapas, além da história por trás da criação do site. A aba “mapas” conta com a apresentação de mapas interativos de parâmetros relacionados às mudanças climáticas. A compreensão das informações apresentadas em ambos os mapas se encontra na seção “saiba mais” com textos informativos referentes aos principais pontos sobre mudanças climáticas, destinando a seção “dúvidas” a perguntas cotidianamente difundidas sobre acontecimentos climáticos atuais. Por fim, foi adicionada uma aba “contato”, para outras dúvidas ou sugestões podem ser enviadas.

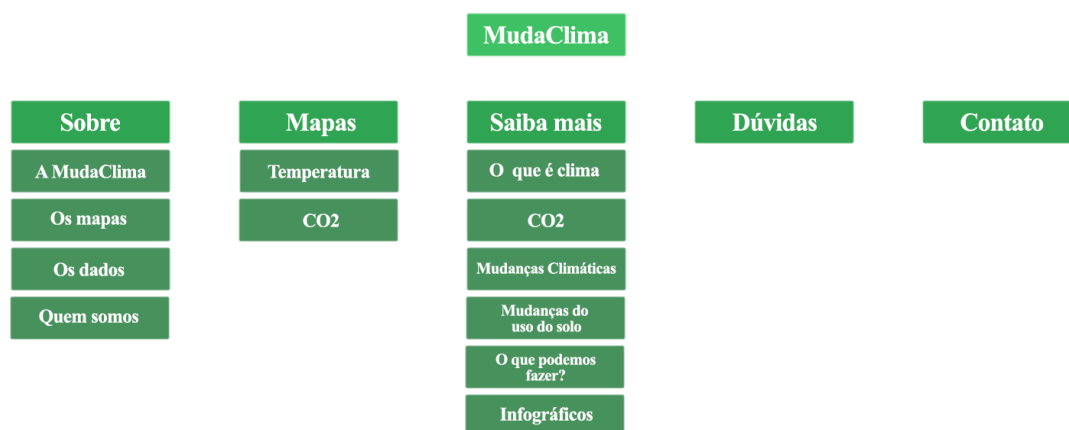


Figura 1 - Esquematização da estrutura da plataforma.

As apresentações das informações na plataforma possuem uma abordagem visual agradável e intuitiva. Inicialmente, dois parâmetros relacionados às mudanças climáticas foram confeccionados para exibição: Temperatura do ar e CO<sub>2</sub> (Figura 2). Visando um alcance nacional, os produtos foram adquiridos em todas as capitais do país com dados válidos para a análise.

A temperatura foi selecionada como parâmetro principal, visto que o aumento em seus valores com o passar dos anos é um indicativo dos efeitos das mudanças climáticas. Como um dos principais gases de efeito estufa, intensificando o aquecimento global, o CO<sub>2</sub> foi o segundo parâmetro escolhido para ser representado. A mudança climática antropogênica é impulsionada principalmente pelas emissões de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2005), respondendo por 78% do aumento nas emissões de GEE entre 1970 e 2010 (IPCC, 2014).

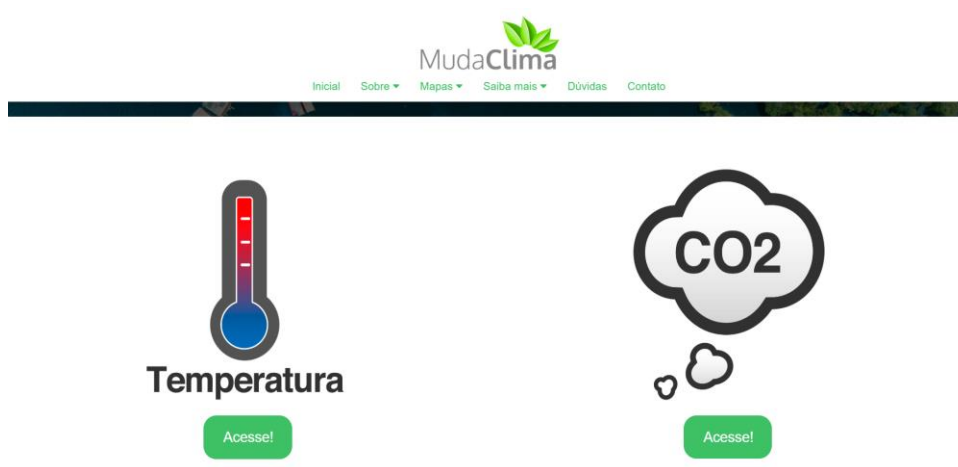


Figura 2 - Ícones de acesso aos mapas de temperatura e CO2 no site.

Os dados de temperatura foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponível pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com informações provenientes de estações meteorológicas convencionais. Prevaleceu no critério de seleção das estações representantes de cada capital (Tabela 1) a presença de ao menos 30 anos de informações de dados diários de temperatura, quando possível, além de sua representatividade em relação ao ambiente urbano. Ainda, os dados obtidos através do BDMEP são: Temperaturas médias, Temperaturas máximas e Temperaturas mínimas.

Para representação de tais informações, determinou-se as médias anuais e as máximas e mínimas detectadas em cada ano pelas estações entre 1961-2018. Além disso, as informações sobre anomalias climáticas são apresentadas de forma conjunta, utilizando dados médios anuais de temperatura, complementando com dados médios de precipitações também provenientes do BDMEP. As anomalias são valores que divergem da média história observada e são determinadas utilizando 30 anos de dados da série histórica. Em casos de estações que apresentaram longos períodos de informações faltantes, não houve sua apresentação.

Tabela 1- Estações utilizadas para a determinação das tendências de temperatura e precipitação.

Estações (OMM)	Cidades	Estados	Estações (OMM)	Cidades	Estados
92915	Rio Branco	Acre	83842	Curitiba	Paraná
82994	Maceió	Alagoas	82900	Recife	Pernambuco
82098	Macapá	Amapá	82578	Teresina	Piauí
82331	Manaus	Amazonas	83743	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro
83229	Salvador	Bahia	82598	Natal	Rio Grande do Norte
82397	Fortaleza	Ceará	83967	Porto Alegre	Rio Grande do Sul
83377	Brasília	Distrito Federal	82024	Boa Vista	Roraima
83648	Vitória	Espírito Santo	83897	Florianópolis	Santa Catarina
83423	Goiânia	Goiás	83781	São Paulo	São Paulo
82280	São Luís	Maranhão	83096	Aracaju	Sergipe
83361	Cuiabá	Mato Grosso	83033	Palmas	Tocantins
83587	Belo Horizonte	Minas Gerais	Sem dados	Porto Velho	Rondônia
82191	Belém	Pará	Sem dados	Campo Grande	Mato Grosso do Sul
82798	João Pessoa	Paraíba			

Em relação a dados de CO<sub>2</sub>, considerando a inexistência de um banco de dados acessível e consistente com informações desse poluente para todos os estados do Brasil, optou-se por representar o seu aumento na atmosfera através de sensoriamento remoto. As imagens utilizadas são provenientes do sensor AIRS (*The Atmospheric Infrared Sounder*) acoplado no satélite AQUA da NASA, sendo o mais longo sensor de níveis de CO<sub>2</sub> disponível atualmente. Extraíu-se os valores dos pixels correspondentes a localidade das capitais, apresentando-os em uma série temporal mensal entre 2002-2017, período que coincide com os de disponibilidade das informações.

Em ambos os casos as informações são apresentadas através de gráficos interativos, demonstrando o seu comportamento temporal nas capitais brasileiras, e permitindo o seu *download*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na página inicial da plataforma foi disponibilizado ícones de acesso rápido aos principais tópicos de interesse segundo os autores do site. A Figura 3 mostra a representação parcial da página principal do site, na seção “saiba mais”, onde se apresentam os ícones de “o que é clima”, “CO<sub>2</sub>”, “mudanças climáticas” e “o que podemos fazer?”.



Figura 3 - Visualização parcial da página inicial do site MudaClima (seção “saiba mais”).

O conteúdo educativo trazido em forma de textos explicativos no site procura sanar dúvidas de diferentes tópicos do assunto mudanças climáticas. Para isso, utilizou-se de explicações desde a diferença de clima e tempo, do impacto do CO<sub>2</sub> na temperatura, do significado das mudanças climáticas e impactos ambientais ligados a elas. Inclusive, foi elaborada uma seção trazendo medidas simples do que cada um pode fazer para reduzir sua influência no aumento da temperatura média do planeta, como indicada na Figura 3 pelo ícone “o que podemos fazer?”.

Na Figura 4 são apresentados mapas do Brasil com ícones de acesso aos gráficos de temperatura e CO<sub>2</sub>, para cada capital do país.

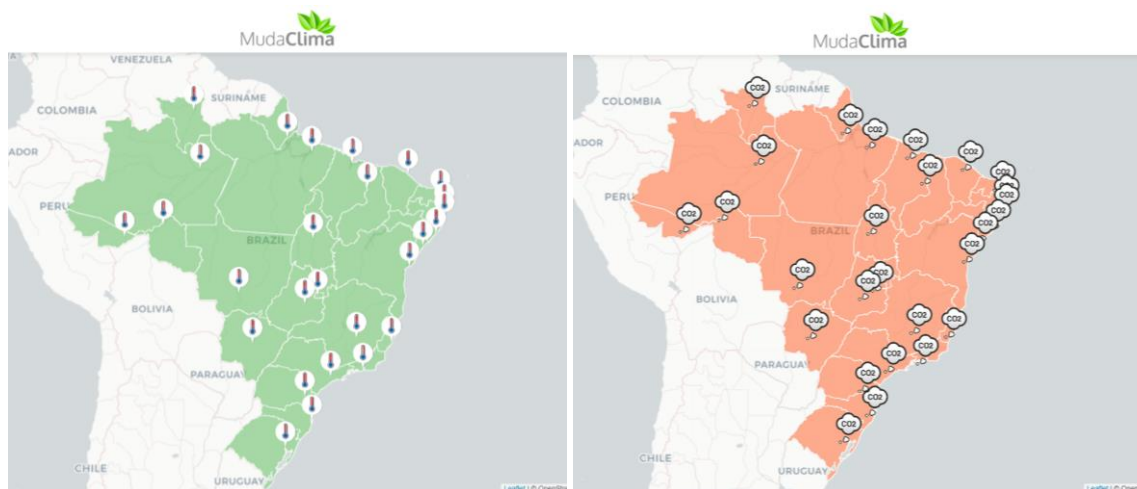


Figura 4- Mapa para obtenção dos dados de temperatura (esquerda) e CO<sub>2</sub> (direita) por capital no Brasil.

Em todas as capitais do país foram verificados aumentos na temperatura média local no período de 1961 a 2018, resultado semelhante encontrado por Salviano *et al.* (2016) que apresentou as tendências na temperatura para o mesmo período em relação aos meses do ano.

A curva para temperatura média anual (em °C) para a cidade de Curitiba, Paraná, no respectivo período é apresentada na Figura 5. Informações complementares sobre as cidades, disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no portal (<https://cidades.ibge.gov.br/>), foram utilizadas para ilustrar a página.

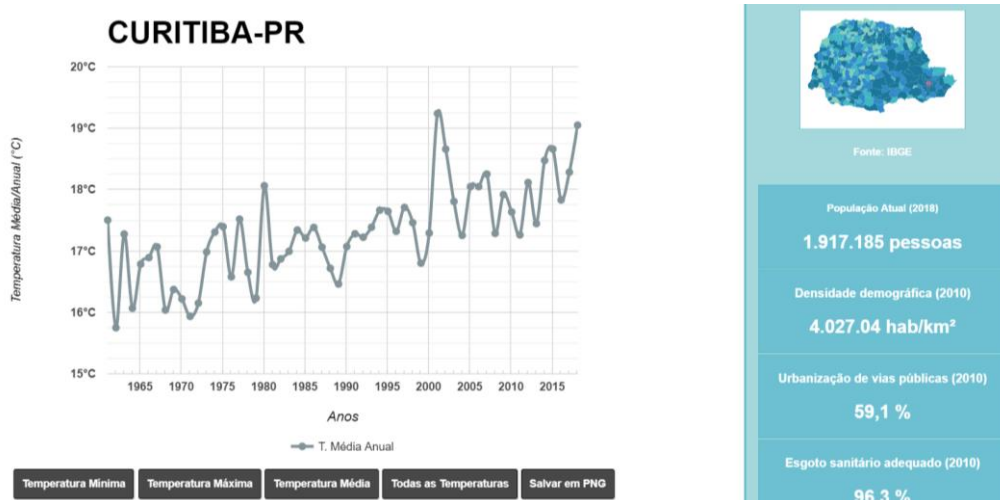


Figura 5 - Curva de temperatura média anual (em °C) na cidade de Curitiba (PR) para o período de 1961 a 2018, e a direita informações adicionais do último censo do IBGE sobre a capital.

De forma a exibir uma visão ampla das alterações na temperatura para o período de interesse, as anomalias de temperaturas e precipitação foram apresentadas através de gráficos de barra, como mostra a Figura 6, que também ilustra os resultados da cidade de Curitiba.

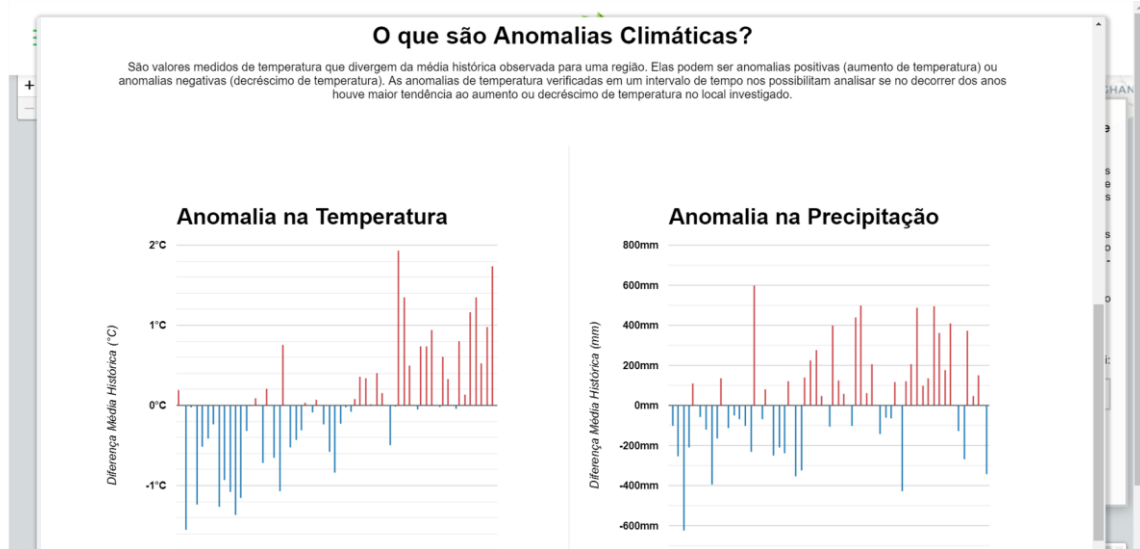


Figura 6 - Relação de Anomalias de temperaturas e Anomalias de precipitação para a cidade de Curitiba (PR) no período de 1961 a 2018.

A partir do mapa de CO<sub>2</sub>, ao clicar no ícone de alguma capital, é gerado um gráfico de aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera em função dos anos. A Figura 7, por exemplo, mostra o mapa de CO<sub>2</sub> para dados obtidos da cidade de Recife, Pernambuco. A curva do gráfico apresenta ao usuário o aumento nas emissões de CO<sub>2</sub> no período analisado, uma tendência perceptível em todas as capitais.

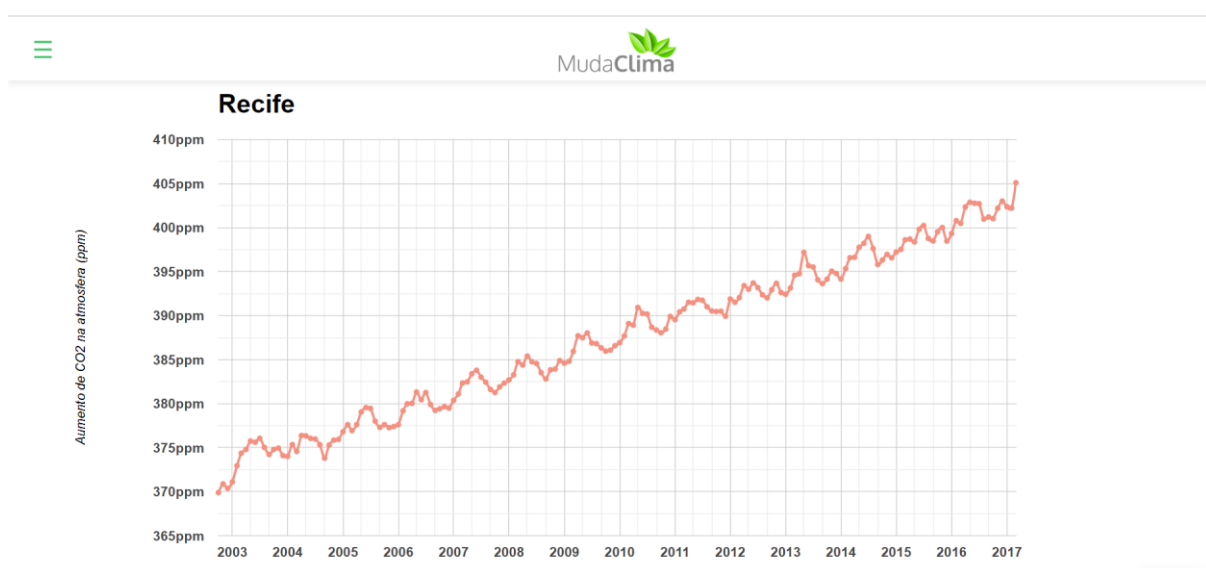


Figura 7 - Mapa de aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera (em ppm) para a cidade de Recife (PE).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato de existirem diversas pesquisas voltadas a compreender e analisar as mudanças climáticas do planeta expõe uma necessidade de divulgação dessas informações para a sociedade. Assim, a elaboração dessa plataforma visa, de forma simples e embasada em pesquisas científicas, a conscientizar sobre as alterações climáticas, buscando a sensibilização do usuário.

Por fim, o projeto de webGIS MudaClima pretende dar continuidade a seus objetivos, com estudos em andamento de novas informações a serem acrescentadas ao site. Entre elas, pretende-se adicionar diferentes modelos de projeções apresentados pelo IPCC para diferentes cenários de variabilidade como, por exemplo, de temperatura e precipitações, além de apresentar projeções de alterações em vazões dos principais rios do Brasil a partir de modelagem hidrológica.

## REFERÊNCIAS

- BETTS, RICHARD A, E DOUG MCNEALL. (2018). "How Much CO<sub>2</sub> at 1.5 °C and 2 °C?"  
Nature Climate Change 8 (7): 546–548. doi:10.1038/s41558-018-0199-5.
- FIGUEIREDO SALVIANO, MARCOS, JULIANO GROppo, e GIAMPAOLO QUEIROZ  
PELLEGRINO. (2016). "Análise de Tendências Em Dados de Precipitação e Temperatura No  
Brasil." Revista Brasileira de Meteorologia 31: 64–73. doi:10.1590/0102-778620150003.
- IEMA – INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. "1º Diagnóstico da rede de  
monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2014".
- IPCC. (2018). "Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming  
of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in  
the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable  
development, and efforts to eradicate poverty "[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner,  
D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S.  
Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, Maycock, M. Tignor,  
and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- IPCC. (2005): "Carbon Dioxide Capture and Storage" [Bert Metz, Ogunlade Davidson, Heleen de  
Coninck, Manuela Loos and Leo Meyer (eds.)] Cambridge University Press, UK. pp 431.  
Disponível em: Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road,  
Cambridge.
- IPCC, (2014): "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and  
III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Core  
Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- MADAKUMBURA, GAVIN D, HYUNGJUN KIM, NOBUYUKI UTSUMI, HIDEO  
SHIOGAMA, ERICH M FISCHER, ØYVIND SELAND, JOHN F SCINOCCA, DANIEL M



- MITCHELL, YUKIKO HIRABAYASHI, AND TAIKAN OKI. (2019). “Event-to-Event Intensification of the Hydrologic Cycle from 1.5 °C to a 2 °C Warmer World.” *Scientific Reports* 9 (1): 3483. doi:10.1038/s41598-019-39936-2.
- OLIVEIRA, T.S., V.S. FILHO ANDRADE, V.M. ROCHA, AND J.S. MENEZES. (2017). “*The Impacts of Deforestation and Burning of Anthropogenic Climate of the Brazilian Amazon : A Review*” 2: 157–181.
- SILVA, ALEXANDRE FERNANDO DA, AND CARLOS ALEXANDE VIEIRA. (2017). “*Aspectos Da Poluição Atmosférica : Uma Reflexão Sobre a Qualidade Do Ar Nas Cidades Brasileiras Aspects of Air Pollution : A Reflection about Air Quality in Brazilian Cities.*” *Ciência e Sustentabilidade* 3 (1): 166–189.
- XU, LEI, NENGCHENG CHEN, AND XIANG ZHANG. (2019). “*Global Drought Trends under 1.5 and 2 °C Warming.*” *International Journal of Climatology* 39 (4): 2375–2385. doi:10.1002/joc.5958.