



TRINTA ANOS DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA PARA TODOS OS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

Carlos Benjamim **Pazzianotto**¹; Fernando Antônio Macena da **Silva**²; Marcos Corrêa **Neves**³;
Alfredo José Barreto **Luiz**⁴

Nº 22402

RESUMO – O Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) é baseado em tecnologia desenvolvida pela Embrapa, considerada uma das mais importantes contribuições para balizar atividades de seguro e de crédito rural atreladas à Política Agrícola Nacional. Na base dessa tecnologia está o cálculo do Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) pelas culturas, que só pode ser calculado a partir da disponibilidade de uma longa série de dados diários de precipitação por município. Atualmente, a série histórica utilizada no ZARC está restrita até 2013 e necessita de atualização. Dados do Banco Central do Brasil sobre processos de crédito e seguro apontam que o maior número de contratos se concentra no Rio Grande do Sul (RS), relacionados à cultura da soja, e que o maior número de sinistros é devido à seca. O presente trabalho se dedicou a criar uma série histórica de dados diários de precipitação, para cada município do RS, de 1991 a 2020, reunindo todos os dados disponíveis. Nós utilizamos dados de: 79 municípios que possuíam estações da Agência Nacional de Águas (ANA); de 74 municípios que possuíam dados de estações, tanto da ANA, quanto do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e de 344 municípios que só possuíam estimativas a partir de dados do satélite meteorológico TRMM. Foi aplicada imputação de valores quando não eram existentes medidas para determinadas datas e locais. Ao final, foi gerada uma base definitiva, sem dados faltantes, de quase 5,5 milhões de registros, que pode ser utilizada para diversos fins.

Palavras-chaves: Zoneamento climático, séries temporais climáticas, imputação de dados faltantes, agrometeorologia, seguro agrícola.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Campus Capivari-SP; carlos.pazzianotto@aluno.ifsp.edu.br

2 Pesquisador na Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

3 Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

4 Orientador: Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; alfredo.luiz@embrapa.br



THIRTY YEARS OF DAILY PRECIPITATION DATA FOR ALL MUNICIPALITIES IN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT – *The National Program for Agricultural Zoning of Climate Risk (ZARC) is based on technology developed by Embrapa, considered one of the most important contributions to guide insurance and rural credit activities linked to the National Agricultural Policy. At the base of this technology is the calculation of the Water Needs Satisfaction Index (ISNA) by crops, which can only be calculated from the availability of a long series of daily rainfall data by municipality. Currently, the historical series used in ZARC is restricted to 2013 and needs updating. Data from the Central Bank of Brazil on credit and insurance processes indicate that the largest number of contracts is concentrated in Rio Grande do Sul (RS), related to soybean cultivation, and that the largest number of claims is due to drought. The present work was dedicated to creating a historical series of daily precipitation data, for each municipality in RS, from 1991 to 2020, gathering all available data. We used data from: 79 municipalities that had National Water Agency (ANA) stations; 74 municipalities that had data from stations, both from ANA and from the National Institute of Meteorology (INMET); and 344 municipalities that only had estimates based on data from the TRMM meteorological satellite. Value imputation was applied when there were no measurements for certain dates and places. In the end, a definitive base was generated, with no missing data, of almost 5.5 million records, which can be used for various purposes.*

Keywords: Climatic zoning, climatic time series, imputation of missing data, agrometeorology, agricultural insurance.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade de elevado risco e significativas incertezas. Segundo Abreu *et al.* (2015), o Brasil perde anualmente mais de R\$ 11 bilhões devido aos riscos extremos, o que corresponde a 1% do PIB Agrícola. Tais riscos envolvem ocorrências sanitárias, oscilações do mercado e, principalmente, a instabilidade climática. Dentre os fatores de risco inerentes à produção agrícola, o clima continua a ser aquele de mais difícil controle, que mais limita o alcance de máximas produtividades pelas culturas (FARIAS, 2011) e que, em algumas situações, pode conduzir a perdas de safra, com importantes impactos regionais e nacionais. No ano agrícola 2021/2022, por exemplo,



as perdas na agricultura do Sul do País foram ainda mais elevadas devido aos eventos climáticos extremos que assolaram a região (MENDES, 2021). Essas condições adversas reduzem total ou parcialmente a produção agrícola e causam prejuízos de ordem econômica e social no meio rural, além de comprometer o abastecimento alimentar das áreas urbanas do país (DO RIO *et al.*, 2016). O Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), baseado em tecnologia desenvolvida pela Embrapa e parceiros (institutos e empresas estaduais de pesquisa e universidades) se tornou, desde 1996, um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura ao ser adotado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e aplicado junto aos produtores rurais, agentes financeiros e demais usuários. Para fazer jus ao Proagro, ao Proagro Mais e à subvenção federal ao prêmio do seguro rural, o produtor deve observar as recomendações geradas por essa tecnologia (GUIA, 2017). Desse modo, são evidentes os avanços alcançados pelo ZARC (MINITTI, 2020). No entanto, a base de dados agrometeorológicos que é atualmente usada para os cálculos do risco climático está desatualizada, não contemplando dados posteriores ao ano de 2013. Além disso, para os cálculos do índice utilizado pelo ZARC é necessário que se tenha uma série histórica longa e completa de dados diários para cada um dos municípios do Brasil. O fato é que o Brasil ainda não possui uma rede de estações meteorológicas com cobertura homogênea do território nacional, para disponibilizar séries históricas longas, contínuas e confiáveis para suprir as necessidades dos estudos de probabilidade de ocorrência de fenômenos climáticos potencialmente prejudiciais à produtividade agrícola. O uso de múltiplas fontes de dados, assim com sua integração com dados de satélites e a possibilidade de imputação de dados faltantes pode vir a representar uma alternativa para suprir a demanda de dados para o ZARC. Nesse contexto, o principal objetivo dessa pesquisa é demonstrar a possibilidade de criação de uma base de dados com trinta anos de precipitação pluviométrica diária para cada um dos 497 municípios do estado do Rio Grande do Sul (RS).

É preciso esclarecer que a escolha da variável precipitação e do estado do RS se deu após consulta ao banco de dados do Banco Central do Brasil (BCB) sobre sinistros agrícolas (<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/proagro>). A partir dos dados de quantidade e valor das adesões e sinistros, no período de janeiro/2013 a dezembro/2021, foi identificado que o RS é o estado com maior número de contratos, que cobrem maior área de cultivo e também com maior valor de sinistros amparados pelo sistema. Na mesma base de dados e cobrindo o mesmo período, de 2013 a 2021, a cultura com maior número e valor de contratos é a soja, cujo complexo agroindustrial é o principal exportador de produtos agropecuários do país (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014), e a causa de sinistro mais frequente é a seca (relacionada com a insuficiente precipitação pluviométrica).



2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no trabalho foram obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA), junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e junto a Embrapa Agricultura Digital pelo site Agri tempo. A ANA mantém informações sobre estações fluviométricas e pluviométricas que podem ser acessadas pelo portal Hidroweb (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2021). O portal permite acesso a dados da "Rede Hidrometeorológica Nacional" que é composta de 4.641 pontos de monitoramento no país, entre os quais, 1874 são de estações que monitoram parâmetros fluviais e 2.767 armazenam dados pluviométricos.

Utilizou-se ainda o software QGIS juntamente com o *plugin ANA Data Acquisition* desenvolvido pelo grupo de pesquisa Hidrologia de Grande Escala (HGE), do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O *plugin* permite transferências customizadas dos dados das estações pluviométricas da ANA (PETRY *et al.*, 2021).

O INMET mantém informações sobre estações pluviométricas automáticas e convencionais. Os dados das estações automáticas foram obtidos de uma página que permite acesso a dados meteorológicos de estações desde o ano 2000 até os dias atuais (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL, 2021). Os arquivos são agrupados por ano. Observou-se que a inclusão de novas estações se deu parceladamente ao longo do tempo, dessa forma, no ano 2000 haviam 4 estações e no ano de 2020 haviam 554 estações em todo o país. Para o estado do Rio Grande do Sul, em 2020 haviam 44 estações instaladas em 44 municípios. Além dos dados das estações automáticas, também foram baixados os dados de 29 estações convencionais, correspondentes a 29 municípios no estado, neste caso obtidos do banco de dados (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL, 2022). Os dados advindos do INMET para as estações automáticas variam com início em datas variadas do ano 2000 até 31/dez/2020. Para as estações convencionais do INMET foram obtidas informações do dia 01/jan/1991 a 31/dez/2020.

Algumas estações presentes nas bases de dados, especialmente as automáticas da ANA e do INMET, possuíam uma pequena quantidade de informações válidas. Para superar essa limitação, somente foi incluída a estação quando da validade de 2/3 dos valores no período avaliado. Dos 10.958 dias do período de 01/jan/1991 a 31/dez/2020, resultado de 22 anos de 365 dias e 8 anos de 366 (bissexto), 2/3 de valores válidos significam ao menos 7.305 dias com valores que podem ser aproveitados.

A partir da página do Agri tempo (AGRITEMPO, 2022), mantida pela Embrapa Agricultura Digital, foram coletados dados estimados a partir de produtos gerados pelo satélite do sistema TRMM - *Tropical Rainfall Measuring Mission* da Nasa (<http://trmm.gsfc.nasa.gov>). Os dados TRMM foram

obtidos para os municípios que não possuíam estações da ANA ou do INMET e iniciam-se na data 01/mar/2000, tendo sido coletados até 31/dez/2020.

A organização dos dados foi realizada através da preparação de dois arquivos para cada fonte de dados. Assim, um arquivo continha os dados de precipitações e outro armazenava os dados da localidade, conforme ilustrado na Figura 1. Foi incluída a informação sobre Latitude, Longitude e Altitude dos municípios para possível utilização futura em interpolações ou análises de influência da posição sobre a precipitação.

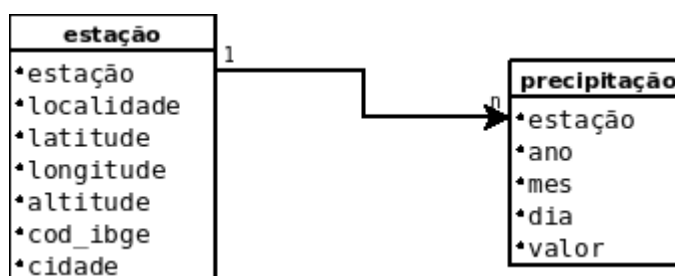


Figura 1: Organização dos dados.

Os arquivos oriundos de cada fonte, no formato 'csv', com dados separados por ponto e vírgula, foram lidos no programa SAS e reunidos num único arquivo. Posteriormente, para os municípios com mais de uma série de dados, foi obtida a média por dia, mês e ano, para que ao final, a base de dados oferecesse um único valor diário por município. O programa SAS também foi utilizado para fazer uma análise exploratória dos dados com vistas a futuras melhorias na imputação de dados (SAS, 2013).

Como nem todos os municípios tinham a série de dados completa para o período de interesse, nesse trabalho, para efeito inicial de propor um método simples, os dados dos dias faltantes foram imputados com a média daquele dia, naquele município, corrigida pela média daquele dia naquele ano entre todos os municípios com dados. Os dados foram calculados conforme especifica a Equação 1.

$$\hat{P}_{ijkl} = \frac{\left(\frac{\sum_{l=1}^n P_{ijkl}}{n} \right) * \left(\frac{\sum_{i=1}^m P_{ijkl}}{m} \right)}{\left(\frac{\sum_{l=1}^n \sum_{i=1}^m P_{ijkl}}{n * m} \right)} \quad (1)$$

Onde \hat{P}_{ijkl} é o valor estimado e P_{ijkl} é o valor observado de precipitação pluviométrica no município i , no dia j , no mês k e no ano l ; n é o número de anos em que há dados para o dia j e mês k no município i ; e m é o número de municípios em que há dados para o dia j e mês k no ano l .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos dados da ANA, foram utilizadas as observações obtidas de 177 estações presentes em 128 municípios. Os dados obtidos de estações automáticas do INMET pertencem a 44 municípios e os provenientes de estações convencionais somam mais 25 municípios. Do Agritempo foram obtidos dados oriundos do sistema TRMM de 380 municípios.

Alguns municípios possuem dados de mais de uma fonte e, nesse caso, foram calculadas as médias. Apenas um município tinha 6 estações, outros quatro contavam com 5 estações, em oito municípios estavam localizadas 4 estações, dez municípios apareciam com 3 estações e por fim, 24 municípios tinham dados de duas estações. A distribuição das estações, conforme a fonte dos dados, pode ser conferida na Figura 2.

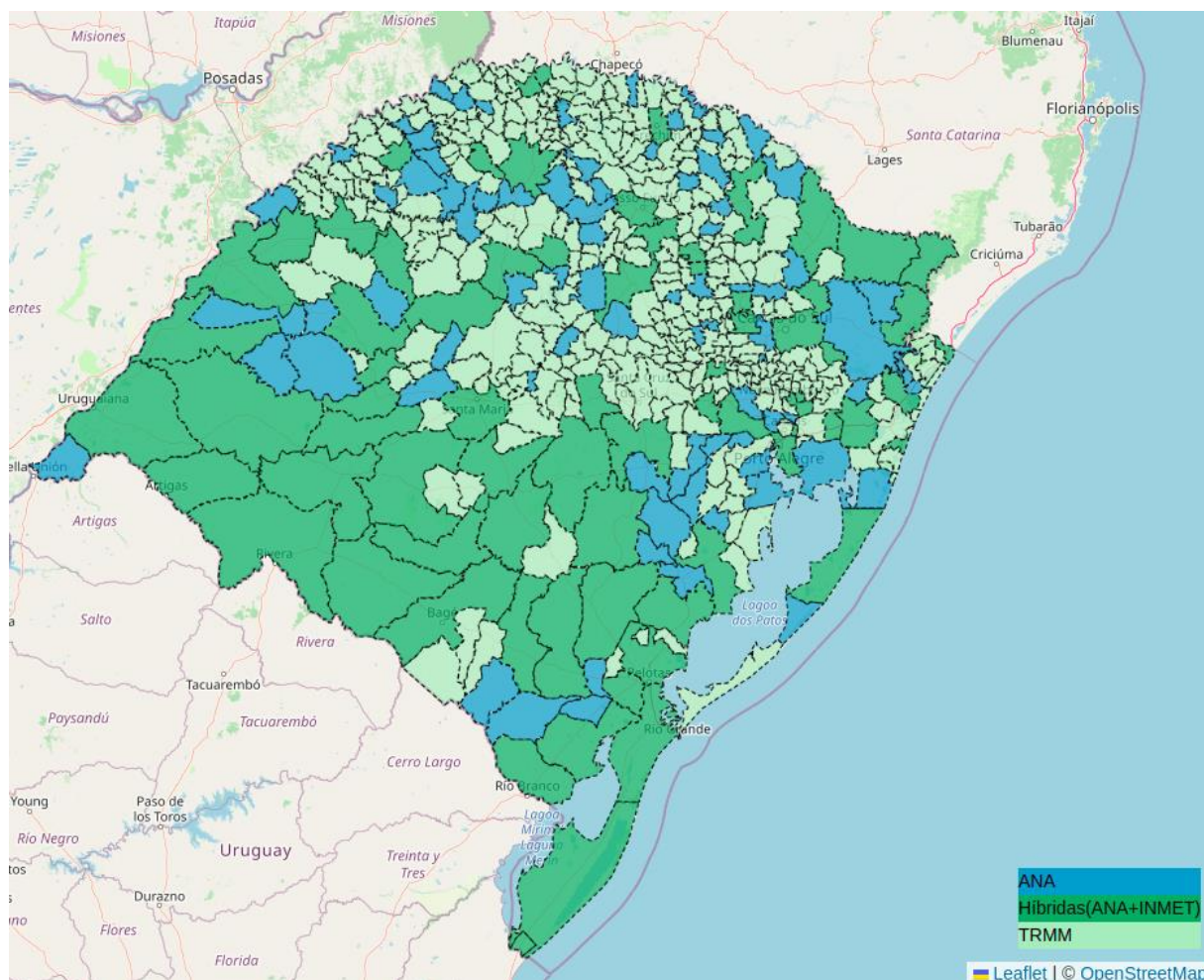


Figura 2. Distribuição das estações de medição de pluviosidade nos municípios do RS.



Apesar de se fazer uma busca intensiva, não foi possível obter dados para seis municípios: Cachoeirinha, Chuí, Maquiné, Pinto Bandeira, Taquarí e Veranópolis. Entretanto, Cachoeirinha é vizinha muito próxima de Canoas, Porto Alegre e Gravataí, todas com estações. Chuí é muito próxima de Santa Vitória do Palmar, que, dada a sua localização, é seu único município brasileiro vizinho. Maquiné fica entre Terra de Areia e Osório. Taquarí é vizinha muito próxima de General Câmara e de Tabaí. Enquanto que Veranópolis é ladeada por Vila Flores, Cotiporã e Nova Roma do Sul. Quando se diz aqui que são próximos, assume-se que os dados obtidos do satélite TRMM correspondem a um pixel de aproximadamente 25 km x 25 km e que esses municípios, de sede a sede, estão distantes de 10 km a 20 km apenas. Ou seja, os dados do TRMM cobrem uma área que pode conter mais de um município. Assim, para esses seis municípios, foi atribuído o valor médio entre os vizinhos mais próximos citados e considerados como cobertos por dados do TRMM.

Para subsidiar futuros estudos que melhorem a imputação de dados, foi realizada uma primeira análise com intuito de relacionar os dados de chuva à posição geográfica de cada município. Foram utilizados os dados da ANA, por serem realmente medidos e não estimados como os do TRMM e por formarem um conjunto mais amplo de municípios que os dados do INMET. A análise realizada foi bem simples e buscou ajustar um modelo de regressão linear entre os dados de chuva diária média e as coordenadas de latitude e longitude, assim como a altitude da estação fornecedora dos dados. A longitude não se mostrou uma causa de variação significativa e por isso foi removida do modelo. Ao final, conforme pode ser observado na Figura 3, o modelo ajustado apenas em função da latitude e da altitude se mostrou altamente significativo e resultou em um coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) de 0,5914. Os parâmetros do modelo indicam que a quantidade de chuva aumenta com a latitude e diminui com a altitude no conjunto estudado. Apesar de preliminar, essa informação pode ser utilizada em futuras aplicações que busquem estimar com mais precisão os dados para dia e locais em que não estejam disponíveis valores obtidos por medição.

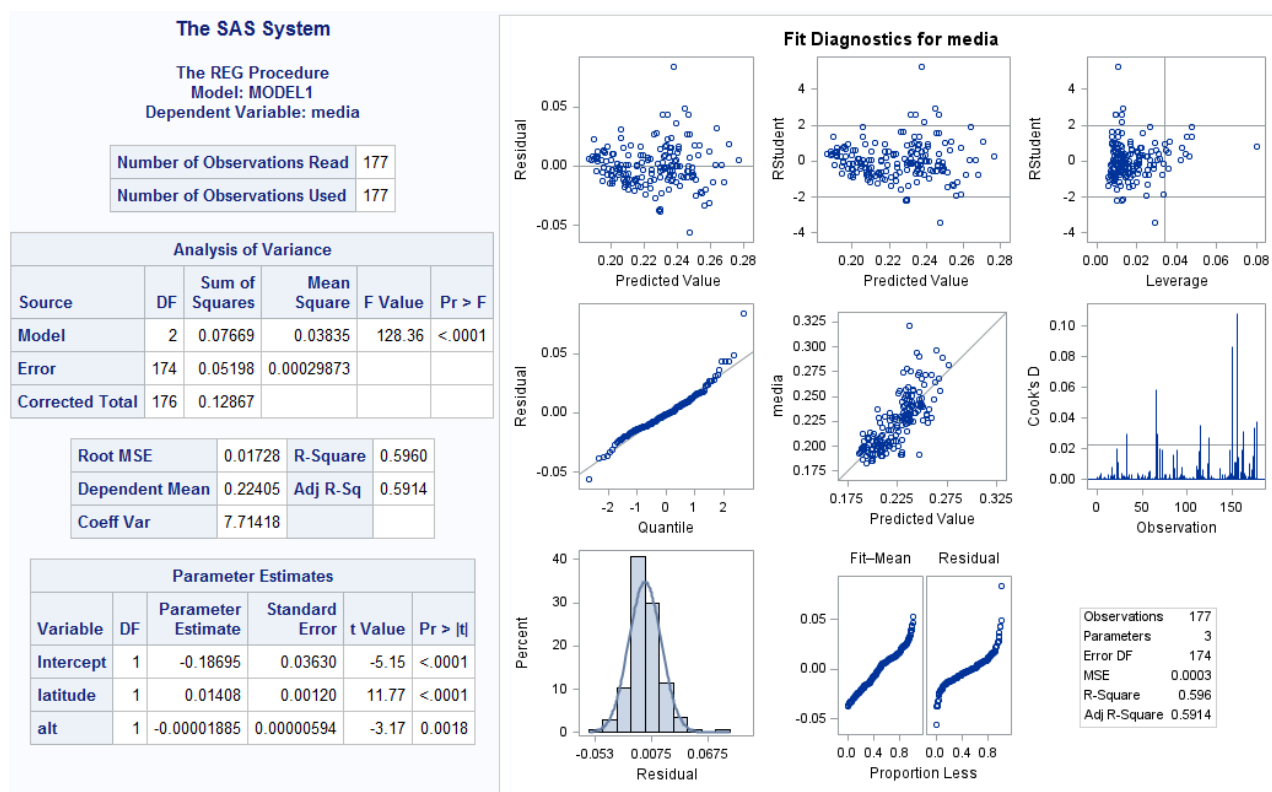


Figura 3. Ajuste do modelo de regressão linear da pluviosidade diária, medida nas estações da ANA, como função da latitude e da altitude de 177 municípios do RS.

4. CONCLUSÃO

Os dados estimados a partir de observação por satélites orbitais ainda são fundamentais para que se possa preencher a lacuna de informação para a grande maioria dos municípios gaúchos.

Foi possível integrar dados provenientes de estações da ANA, do INMET e do satélite TRMM para a obtenção de séries climáticas diária longas (30 anos) para os 497 municípios do estado do Rio Grande do Sul.

O modelo obtido para estimar a chuva diária média em função da latitude e altitude se mostrou promissor para uso futuro no sentido de aprimorar a imputação de dados faltantes.



5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBIC, pela bolsa concedida; à Embrapa Meio Ambiente, pelo apoio e estrutura; e aos revisores anônimos que contribuíram para o aprimoramento do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ABREU, K.; LOPES, M. A.; RAISER, M. Prefácio. *In: Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil: caminhos para uma visão integrada*. Banco Mundial, Brasília, 2015. 76p.

AHO, A. V.; KERNIGHAN, B. W.; WEINBERGER, P. J. **The AWK programming language**. Pearson, 1988. 224p. SEM CITAÇÃO

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidroweb**: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb>>. Acesso em: 26 nov. 2021.

AGRITEMPO. **Agritempo**: sistema de monitoramento agrometeorológico. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=RS>>. Acesso em: 12 jun. 2022.

DO RIO, A. *et al.* Alternative sowing dates as a mitigation measure to reduce climate change impacts on soybean yields in southern Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 36, p. 3664-3672, 2016.

FARIAS, J. R. B. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. *In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR (MERCOSOJA)*, 5., 2011, Rosario. **Anais...** 2011. 4p.

GUIA de seguros rurais e Proagro. Curitiba: Sistema FAEP/SENAR-PR, 2017. 24 p. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br/guia-de-seguros-rurais-e-proagro/>. Acesso em 17 jul. 2022.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70p. (Embrapa Soja. Documentos, 349)

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL. **Histórico de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 16 dez. 2021.

MENDES, C. **Soja dos extremos: lavouras 2021/22 acumulam perdas por falta ou excesso de chuvas em partes do BR**. Notícias agrícolas, 2021. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/?page=25>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

MINITTI, A. F. **Relatório de avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2020. 57 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 170)

PETRY, I; JARDIM, P.; FAN, F. M. **Manual de aplicação plugin ANA Data Acquisition V 1.0**. Manual Técnico, HGE, IPH, UFRGS. Disponível em: <<https://drive.google.com/drive/folders/1WbAvyZkn8E7e7viBlumlbm7VfFJHGhZf>>. Acesso em: 29 set. 2021.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT® 9.4 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013.