

"Análise da precipitação das regiões edafoclimáticas (RECs) brasileiras para aplicação de defensivos na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)"

João Victor Ferreira (1)*, Cristina Magalhães Ribas dos Santos (2)

(1) Acadêmico do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

(2) Professora Doutora, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

*Autor correspondente – E-mail: jooaaoovitor16@gmail.com

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas de maior expressividade no Brasil, posicionando o país como primeiro no ranking de produção mundial na safra 2022/23. Devido a tamanha importância da oleaginosa a Embrapa dividiu o território brasileiro em Macrorregiões Sojícolas (MRSs) e Regiões Edafoclimáticas (RECs) para indicar cultivares e avaliar valores de cultivo e uso. Como regimes pluviométricos podem prejudicar a aplicação de defensivos agrícolas, o presente estudo objetivou avaliar as regiões dos principais municípios produtores, ou “praças”, de acordo com os dados históricos de 30 anos de precipitação na safra. Os dados foram coletados do Nasa Power e obtidos através do pacote estatístico R EnvyRtype, o qual regionalizou o país em diferentes Regiões de Precipitação (REPs). No total foram 6 REPs para as 63 praças. O número de aplicações variou de 2,5 a 4 nos sete estados brasileiros mais relevantes para a soja de acordo com o modelo adaptado de Del Ponte et al (2006) para aplicação de fungicidas. A precipitação média acumulada da safra nas REPs teve relação positiva com o modelo de aplicação. O maior número de variáveis analisadas irá aumentar a confiabilidade dos dados quando objetivar a regionalização para aplicação de defensivos.

Palavras-chave: Soja; Precipitação; Defensivos agrícolas; Estatística.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most significant crops in Brazil, positioning the country as the top global producer in the 2022/23 harvest season. Due to the immense importance of this oilseed, Embrapa has divided the Brazilian territory into Soybean Macroregions (MRSs) and Edaphoclimatic Regions (RECs) to indicate cultivars and assess cultivation and usage values. As rainfall patterns can affect the application of agricultural pesticides, the present study aimed to evaluate the regions of the main producing municipalities, or "praças," based on 30 years of historical precipitation data during the harvest season. The data were collected from NASA Power and obtained through the statistical package R EnvyRtype, which regionalized the country into different Precipitation Regions (REPs). In total, there were 6 REPs for the 63 praças. The number of applications ranged from 2.5 to 4 in the seven most relevant Brazilian states for soybean production, according to the adapted model by Del Ponte et al (2006) for

fungicide application. The accumulated average precipitation in the REPs showed a positive relationship with the application model. The increased number of variables analyzed will enhance the reliability of the data when aiming for regionalization in pesticide application.

Key words: Soybean; Precipitation; Agricultural Pesticides; Statistics.

INTRODUÇÃO

Como uma das culturas mais relevantes no Brasil temos a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sendo responsável por 44,1 milhões de hectares na safra 22/23 (ANDA, 2023) e correspondendo a 62,3% das exportações do setor agrícola brasileiro em 2022 (SECEX, 2023). Segundo a Agroconsult, apenas na safra 22/23, a produção de soja do Brasil foi de 157,3 milhões de toneladas, resultando em aproximadamente 42% do total produzido mundialmente (USDA, 2023). A sólida expansão da cultura permitiu um aumento da participação agropecuária no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o PIB da agropecuária alcançou 6,8% em 2022, abaixo dos 7,4% registrados em 2021. Quando analisado o período entre 2013 e 2022, a taxa de crescimento anual composto (CAGR) do PIB da agropecuária foi de 19,6%, em média um aumento de 2% ao ano, versus 2,6% do PIB total, mostrando equivalência em crescimento, dando suporte e evidenciando forte peso na economia do país.

Uma característica importante da cultura é a sua capacidade de gerar subprodutos. O farelo e o óleo de soja são exemplos de *commodities* altamente demandadas ou utilizadas por países como a Índia, China e Estados Unidos, onde o farelo é usado principalmente para a ração animal, como bovinos, suínos e aves, e o óleo para o setor energético, através dos biocombustíveis, ou para o consumo humano (BENDINELLI, 2014). No ano de 2022, o Brasil exportou 20,3 milhões de toneladas de farelo de soja e 2,5 milhões de toneladas de óleo de soja, o que corresponde a cerca de 18% da produção do grão na safra 21/22. Para se ter uma noção, estes mesmos números para a safra 11/12 somavam 16 milhões de toneladas, aproximadamente 30% a menos (ABIOVE, 2023).

Deste modo, à medida que ocorre o aumento da demanda por países importadores como a China e outros em desenvolvimento e a forte valorização dos preços internacionais, bem como a crescente modernização de práticas sustentáveis como as ESGs (*Environmental, Social and Government*), que fomentam o aumento da produção de óleo de soja para biocombustíveis, a expansão da área e o aumento de produção e exportação fortalecerá países que investem na cultura (CUNHA, 2015).

A cultura da soja se desenvolve de acordo com a região onde está inserida. Isso acontece devido à planta depender de parâmetros climáticos como temperatura,

fotoperíodo e regime hídrico para se desenvolver. A água disponível afeta diretamente o potencial de rendimento de grãos da lavoura, a regulação térmica da planta e a uniformidade de população (NEUMAIER, 2020). Caso haja excesso hídrico nos estádios fenológicos iniciais a fotossíntese pode ser prejudicada, resultando em mau desenvolvimento de raízes e fixação de nitrogênio (SILVA et al, 2013), podendo haver quebra no crescimento da planta (SANTOS, 2005). Caso haja o mesmo fenômeno na colheita a qualidade do grão será afetada (DE FÁTIMA MARIANO, 2010). Em movimento contrário, quando não chove no momento da emergência da planta ou no enchimento do grão a soja será prejudicada na altura total, número de vagens, número de grãos e peso de grãos, afetando sua produtividade (GAVA et al, 2015).

Ainda sobre variáveis climáticas, podemos perceber que a cada ano elas estão saindo de um padrão. Como exemplo disso observamos o aquecimento sob a superfície dos oceanos, o qual desempenha um papel importante na promoção dos eventos El Niño e La Niña. Durante um evento El Niño, o aquecimento da região central e leste do Pacífico Equatorial desencadeia alterações nas correntes oceânicas e nos padrões de vento, afetando os sistemas climáticos globais. Essas mudanças têm impactos significativos em diferentes partes do mundo, e podem afetar as chuvas e as temperaturas do país (NOAA, 2021).

Cheng et al (2022) mostram que os cinco anos mais quentes das temperaturas oceânicas desde 1955 foram 2021, 2020, 2019, 2017 e 2018, respectivamente. Cavalcanti et al (2014) mostram que o aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial durante o El Niño resulta em alterações na distribuição de chuvas no Brasil, com tendência a um aumento da precipitação na região nordeste e uma diminuição no sul do país, podendo afetar também as regiões centro oeste e sudeste, levando a secas e estiagens.

A cultura da soja tem um cenário de doenças que vem se alterando nos últimos anos, conforme o aumento da severidade tanto na parte aérea como de solo. Devido a este motivo, são estimadas perdas anuais de produção por volta de 15% a 20%, podendo chegar 100% dependendo da situação (ITO, 2013; SILVA et al, 2019). Essas fitopatologias envolvem o aumento de custos no controle devido ao aumento de aplicações com defensivos agrícolas, além das perdas na qualidade da planta, impedindo o máximo potencial produtivo. Então, o controle eficiente dependerá do manejo cultural quanto à práticas físicas e químicas, no momento certo e de forma adequada.

As doenças de maior incidência e severidade da soja são a Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), Antracnose (*Colletotrichum dematium*) e o Oídio (*Microsphaera diffusa*) (ITO, 2013; SILVA et al, 2019). Já como insetos pragas, temos exemplos de lagartas do gênero *Spodoptera spp.*, Percevejos e a Mosca Branca (*Bemisia tabaci*) (VASCONCELLOS et al, 2023). Ademais, perdas por plantas daninhas como a Buva (*Conyza bonariensis*) e o Capim-amargoso (*Digitaria insularis*) também são relevantes, reduzindo de 20 a 30% o potencial na lavoura (POLLES, 2020).

Assim sendo, a aplicação de defensivos é necessária para que as perdas sejam reduzidas e a qualidade do grão não seja perdida. Desta maneira, um dos fatores primordiais para a qualidade da aplicação é a relação direta com a precipitação local, pois caso a aplicação foliar seja feita pouco antes de haver chuva, ou até mesmo após, mas sem respeitar o intervalo mínimo do produto, não será feita a absorção do mesmo pela planta, e este será perdido no solo. Caso seja feita aplicação terrestre com as mesmas ocorrências, o produto tende a ser lixiviado pelo solo e sair da zona de absorção (ADEGAS; GAZZIERO, 2020).

De acordo com o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), para uma linhagem de soja ser registrada como cultivar ela precisa ser testada em pelo menos um local, durante dois anos agrícolas, em cada região edafoclimática. Então com o objetivo de estabelecer protocolos para a avaliação do Valor de Cultivo e Uso (VCU), bem como realizar a indicação de cultivares de soja, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) regionalizou o país em diferentes Macrorregiões Sojícolas (MRSs) e Regiões Edafoclimáticas (RECs), levando em consideração latitude (fotoperíodo/temperatura), regime de chuvas, altitude (temperatura) e tipo de solo do país (KASTER; FARIAS, 2012).

Como as RECs e MRSs tem a finalidade de indicar as cultivares para o melhor ambiente possível de acordo com cada município, diferentes estratégias poderão ser traçadas por produtores e pesquisadores para fazerem estimativas de culturas paralelas a soja, que também dependem de seu desenvolvimento, como as chamadas culturas de segunda safra. Ao analisar a janela de plantio ideal é possível estimar início e término da do regime de chuvas, isto é, da distribuição da água, informação primordial para evitar possíveis prejuízos quanto à produtividade agrícola (MACIEL; ASSUNÇÃO, 2017).

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) do Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) levanta a porcentagem de risco da cultura em cada decêndio do ano em relação às diferentes variáveis de clima, solo e temperatura para cada município brasileiro. Visto que a soja é uma cultura cultivada por todo o território, adaptada para diferentes GMRs, as diferentes MRSs e RECs estabeleceram os riscos para cada unidade produtiva do país.

As MRSs e RECs da Embrapa foram atualizadas pela última vez através da “terceira aproximação” por Kaster e Farias em 2012. Uma vez que os fenômenos climáticos aparentam estar mais recorrentes, o presente estudo objetivou analisar a precipitação média de duas regiões produtoras relevantes para a cultura, ou seja, sul e centro oeste do Brasil, e regionalizá-las conforme o regime pluviométrico, a fim de determinar se ocorrem modificações em relação à regionalização pela EMBRAPA, buscando determinar maior segurança em relação à decisão de aplicação de defensivo na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Ao todo são contabilizadas cinco MRSs e vinte RECs distintas pela metodologia da Embrapa. Segundo a Figura 1, a MRS 1 corresponde ao estado do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), além do sul e leste do Paraná (PR) e sul de São Paulo (SP). A MRS 2 compreende o oeste e norte do PR, oeste, centro e sudoeste de SP e sul do Mato Grosso do Sul (MS). Na MRS 3 está o norte do MS e SP, sul e leste de Goiás (GO), bem como o sudoeste e noroeste de Minas Gerais (MG). Já a MRS 4 é composta pelo sul do Tocantins (TO), oeste da Bahia (BA), oeste e noroeste do GO, leste de Rondônia (RO) e o estado do Mato Grosso (MT) inteiro, exceto sudoeste e noroeste. Por fim, a MRS 5 tem o noroeste do Amapá (AP), centro e leste do Pará (PA), leste do TO, sul e nordeste do Maranhão (MA) e sul do Piauí (PI) (KASTER; FARIAS, 2012). Assim, todas as regiões com expressividade na cultura da soja foram contempladas.

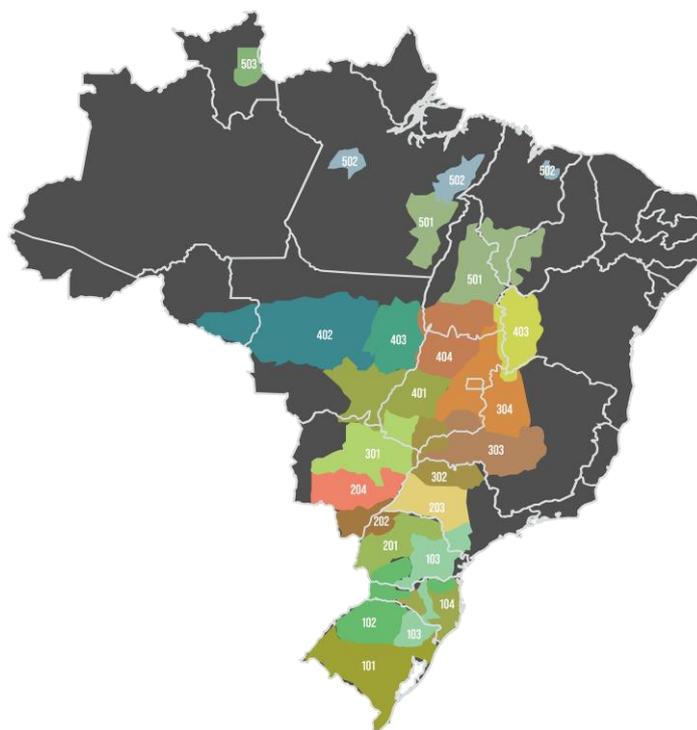


Figura 1. MRSs e RECs da soja (Embrapa, 2012).

Como podemos perceber, a mesma REC pode abranger regiões muito distintas em relação às características climáticas. Por exemplo, de acordo com a divisão da Embrapa, o médio-norte do MT teria a mesma característica climática do leste de RO, ou ainda o nordeste de GO teria a mesma característica da região central de MG. Então, para solucionar este impasse foi auferido todos os principais municípios produtores de soja do Brasil e analisado cada um isoladamente de acordo com os dados de precipitação. Os dados do município representativo de cada região foram obtidos pela empresa de consultoria agrícola Agroconsult (2023). Cada município em questão será aqui chamado de “praça”. Ao todo, para as regiões agrícolas da soja do Brasil, foram contabilizadas um total de sessenta e três praças.

Entre as variáveis utilizadas pela Embrapa para fazer a divisão temos a temperatura, regime pluviométrico e o tipo de solo do país. Porém, como o presente estudo objetivou analisar somente a distribuição da precipitação brasileira, isolamos essa variável através do modelo estatístico de Costa Neto et. al (2021), o qual visa a divisão por mega ambientes de acordo com as características de regime pluviométrico semelhantes utilizando a função “*get_wheater*” do pacote R *EnvRtype*. O *EnvRtype* baixa e processa dados meteorológicos do “*Prediction of Worldwide Energy Resources*”, da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos (NASA, na sigla em inglês) chamado de *Nasa Power* (YUE et al, 2022).

Para cada praça correspondente foi feito o levantamento da precipitação média mensal, de acordo com a precipitação mensal nos últimos trinta anos, isto é, de janeiro de 1991 a janeiro de 2021. Assim, foi possível utilizar de um modelo estatístico para separar as regiões. Para conseguir utilizar o modelo foi necessária a coleta da latitude e longitude de cada uma das sessenta e três praças, através do *software* Google Earth. Com os dados coletados, foi possível fazer a divisão de acordo com a precipitação.

Segundo a Conab (2023) os seis estados com maior produção de soja na safra 20/21 foram, respectivamente, MT, RS, PR, GO, MS e MG. Então, a fim de analisar os principais responsáveis pela produção brasileira, foi levado na análise das divisões em mega ambientes essas unidades federativas. Além deles, também foi considerado as praças do estado de SC, Chapecó, Mafra, Lauro Muller e Campos Novos. Essa decisão foi tomada pela relevância do setor de sementes, onde vemos que aproximadamente 14% da área de soja do estado é destinada a sementes e que, levando em conta toda a área destinada para sementes, a soja ocupa 67%. Elas são caracterizadas por serem de alta qualidade, além de servirem de demanda para outros estados grande produtores, como MT e PR, visto o superávit para demandas internas (DA SILVA et al, 2022).

Como a safra da soja acontece em períodos diferentes para cada estado, devido ao vazio sanitário da cultura estabelecido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022), as praças foram divididas em relação a precipitação na safra de soja. Para definir o intervalo de tempo exato a ser coletado para análise e divisão posterior, foi considerado para o ciclo da soja a soma do momento em que o vazio sanitário acaba com mais 140 dias, isto é, considerando uma soja de ciclo “tardio” (AMORIM et al, 2011) para abranger as possibilidades de ciclos menores dentro do período. Assim, após coletar os dados do pacote R *EnvyRtype* foi feito a divisão do ciclo com base na portaria SAP/MAPA N° 1.092, de 27 de junho de 2022. As praças foram definidas com a precipitação da safra dos seguintes períodos:

- 11 de set. a 29 de jan. para o estado do PR e para Vilhena (RO);
- 16 de set. a 3 de fev. para os estados do MT, MS, SP, além de Santana do Araguaia (PA) e Porto Velho (RO);
- 21 de set. a 08 de fev. para SC;
- 25 de set. a 12 de fev. para GO;

- 30 de set. a 17 de fev. para Uruçuí (PI);
- 1 de out. a 20 de fev. para Balsas (MA), estados da BA, TO, MG e o DF;
- 11 de out. a 28 de fev. para o estado do RS;
- 1 de nov. a 21 de mar. para Teresina (PI);
- 5 de nov. a 25 de mar. para Paragominas (PA);
- 16 de nov. a 4 de abr. para Santarém (PA);
- 1 de dez. a 20 de abr. para Açailândia (MA);
- 1 de mar. a 20 de jul. para Macapá (AP);

O número de aplicações de fungicida é um bom indicativo para o número total de aplicações durante o ciclo da soja, uma vez que os produtores rurais procuram otimizar o rendimento operacional de sua lavoura e a tecnologia de aplicação na mesma, preparando o que será aplicado com a mistura de diferentes ingredientes ativos de produtos químicos, como fungicidas junto aos inseticidas, visando a diminuição dos custos de produção (BERNARDES, 2019).

Foi adaptado, então, um modelo de alerta de aplicação de fungicidas sugerido por Del ponte et al (2006) que procura estimar a severidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e, portanto, o momento certo de aplicação, com base em dados de precipitação diários dos últimos dez anos. A equação a seguir é utilizada para estimar a Severidade (SEV) da *P. pachyrhizi*, levando em consideração a Precipitação dos últimos 15 dias (P) e o Número de dias com precipitação acima de 0,5 mm nos últimos 15 dias (N):

- $SEV = -2,1433 + 0,1811 * P + 1,2865 * N$

O alerta de aplicação é enviado pela primeira vez quando a SEV é maior ou igual a 40, enviado pela segunda vez quando a SEV é maior ou igual a 35, e enviado a terceira vez em diante se a SEV for igual ou maior que 30. Entre cada aplicação são aguardados 14 dias para levar o alerta em consideração, tempo este estimado segundo o produto ZIPPER®, indicado contra *P. pachyrhizi*, como intervalo entre uma aplicação e outra (AGROFIT, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando o pacote R EnvyRType podemos fazer a regionalização por precipitação. Conforme a figura 2 observamos que a análise estatística do trabalho resultou em um mapa com diferentes regiões de precipitação quando comparados com as MRSs e RECs da Embrapa. Isso aconteceu, pois, as variáveis que a Embrapa leva em consideração não isolam a precipitação. Visto que o objetivo foi analisar as regiões de acordo com a confiabilidade para aplicação de defensivos agrícolas, os resultados podem ser comparados e analisados.

Neste novo modelo foi possível fazer uma nova divisão quanto aos mega ambientes. As divisões foram feitas de acordo com o grau de similaridade entre praças, sendo a cor vermelha a maior similaridade e a cor azul a de menor. No total foram seis regiões climaticamente semelhantes de acordo com a precipitação. A Região de Precipitação (REP) 1 ficou dividida no sul, serra, planalto e na região das missões do RS, oeste de SC, além do estado do PR. Já a REP 2 abrangeu o litoral de RS e SC, planalto e norte de SC, bem como o sul, sudoeste e leste de SP, sul e oeste do MS, sudoeste do MT, sudoeste da BA e sul do PI. A REP 3 ficou constituída pelo centro, norte e litoral de SP, sul de GO, norte do MS e norte do PI. A REP 4 ficou definida como o centro sul e noroeste de MG, oeste norte de GO, sul e norte de TO, sudoeste do PA, DF, além do leste e centro oeste do MT. A REP 5 é composta pelo triângulo mineiro, sudeste e nordeste do MT, oeste de RO, sudeste do PA, centro de TO, leste de GO, oeste norte da BA e sul do MA. Por fim, a REP 6 compõe-se pelo estado do Amapá (AP), leste de RO, nordeste do PA e norte do MA.

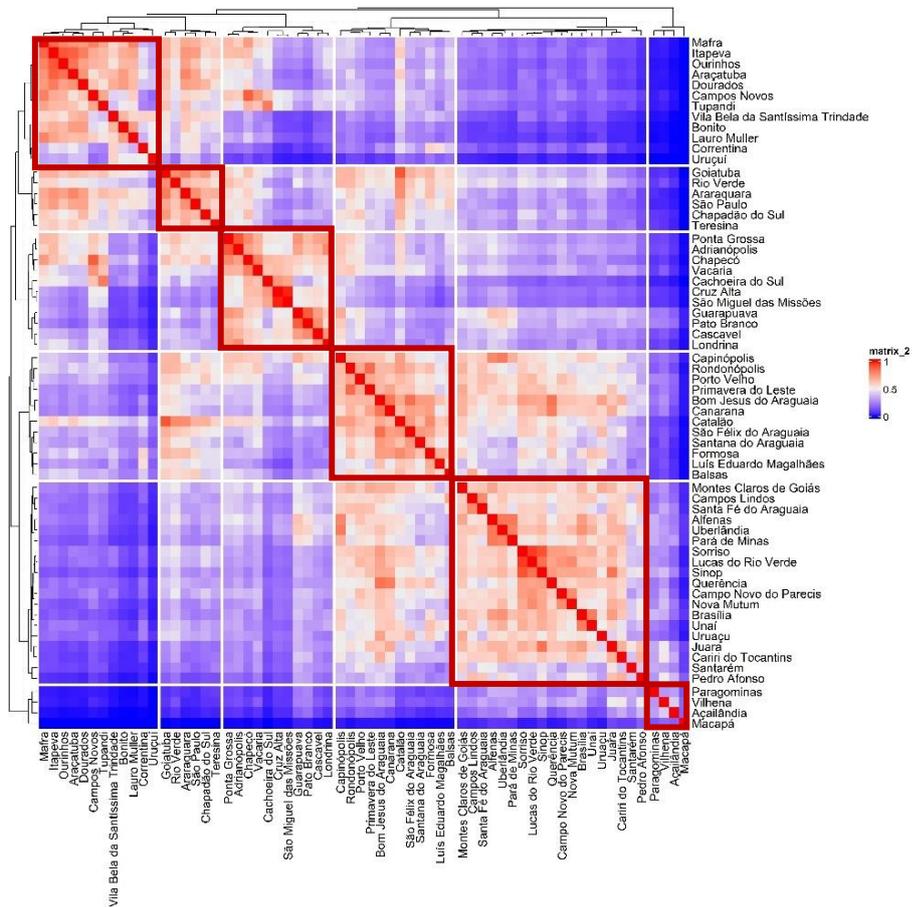


Figura 2. Mapa regionalizado pela precipitação (*Pacote R EnvyRtype*).

Mesmo considerando somente sete estados para fazer a análise, a divisão teve de ser feita somando todas as sessenta e três praças, dos dezesseis estados, pois assim é possível entender a nível Brasil como estão os mega ambientes e com uma granulometria observar aqueles de interesse. Além disso, quanto maior o número de praças e maior o

período temporal analisado, os dados de precipitação mensal do Nasa Power terão maior confiabilidade, pois o erro estatístico do programa em relação a precipitação acumulada, evidenciado por Yue et al (2022), ocorrerá em igual valor sobre todas, superestimando-as e mantendo a maior confiabilidade da divisão.

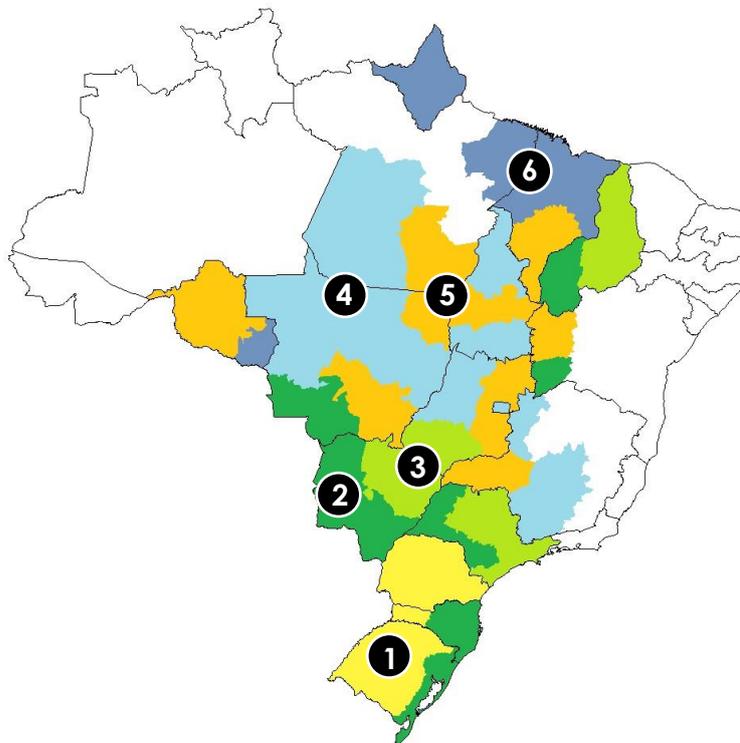


Figura 3. Mapa regionalizado pela precipitação – REPs (Autoria própria).

Para cada um desses estados foram divididas as praças representativas e denominadas suas respectivas regiões, a fim de facilitar a nomenclatura. Além disso, também foi calculado através do Nasa Power a precipitação acumulada na safra, levando em consideração o histórico de 30 anos de dados.

Depois de analisar somente os sete estados que serão interpretados neste trabalho, chegamos às divisões e resultados apresentados na Tabela 1. Como o intuito foi de comparar somente a variação da precipitação no ciclo da soja, todas as REPs tiveram safra total de 140 dias, período considerado para a safra de soja após o fim do vazio sanitário.

Tabela 1. Precipitação acumulada por safra em série anual e em 30 anos, por REP, Unidade Federativa (UF), Região e Praça.

REP	UF	Região	Praça	30 anos (mm)	Média por ano (mm)
1	PR	Centro	Guarapuava	22.269,81	824,81
1	PR	Norte	Londrina	20.871,14	773,01
1	PR	Oeste	Cascavel	21.239,51	786,65
1	PR	Litoral	Adrianópolis	20.014,39	741,27
1	PR	Sudeste	Ponta Grossa	19.674,30	728,68
1	PR	Sudoeste	Pato Branco	22.695,02	840,56
1	RS	Missões	São Miguel das Missões	20.991,78	777,47

1	RS	Planalto	Cruz Alta	20.890,65	773,73
1	RS	Serra	Vacaria	20.228,71	749,21
1	RS	Sul	Cachoeira do Sul	18.445,17	683,15
1	SC	Oeste	Chapecó	23.221,43	860,05
2	MS	Pantanal	Bonito	17.486,79	647,66
2	MS	Sul	Dourados	19.284,78	714,25
2	RS	Litoral	Tupandi	17.270,22	639,64
2	SC	Litoral	Lauro Muller	17.573,23	650,86
2	SC	Norte	Mafra	20.195,73	747,99
2	SC	Planalto	Campos Novos	21.754,14	805,71
2	MT	Oeste Sul	Vila Bela da S. T.	18.438,47	682,91
3	GO	Sudeste	Goiatuba	22.104,22	818,67
3	GO	Sudoeste	Rio Verde	23.278,40	862,16
3	MS	Norte	Chapadão do Sul	22.509,78	833,70
4	GO	Noroeste	Montes Claros de Goiás	27.067,72	1.002,51
4	GO	Norte	Uruaçu	26.853,15	994,56
4	MG	Centro	Pará de Minas	25.146,88	931,37
4	MG	Noroeste	Unai	23.621,88	874,88
4	MG	Sul	Alfenas	24.365,90	902,44
4	MT	Leste Sul	Querência	26.556,04	983,56
4	MT	Médio Norte	Lucas do Rio Verde	26.863,46	994,94
4	MT	Médio Norte Norte	Sorriso	26.693,02	988,63
4	MT	Médio Norte Sul	Nova Mutum	28.524,16	1.056,45
4	MT	Norte	Sinop	28.165,75	1.043,18
4	MT	Oeste Centro	Campo Novo do Parecis	26.828,26	993,64
4	MT	Oeste Norte	Juara	29.203,82	1.081,62
5	MG	Triângulo	Capinópolis	22.699,66	840,73
5	GO	Leste Norte	Formosa	23.542,31	871,94
5	GO	Leste Sul	Catalão	23.491,91	870,07
5	MT	Centro	Primavera do Leste	26.049,24	964,79
5	MT	Leste Norte	Bom Jesus do Araguaia	26.009,51	963,32
5	MT	Leste Norte Norte	São Félix do Araguaia	24.240,48	897,80
5	MT	Leste Sul Sul	Canarana	25.938,01	960,67
5	MT	Sudeste	Rondonópolis	24.546,60	909,13

Quando notamos isoladamente os maiores estados produtores da oleaginosa, juntamente com SC, vemos também similaridades climáticas a respeito da precipitação. Conforme a Figura 4 nota-se que a REP 6 não se encaixa pelos estados de relevância brasileira para a produção de soja, sendo excluída da divisão dos mega ambientes. Os estados retirados da análise são TO, AP e PA.

Utilizando um histórico de dez anos do Nasa Power constatou-se também o número de aplicação por safra considerando a época de plantio e ciclo adequados para cada as regiões analisadas, de acordo com o modelo adaptado de Del Ponte et al. (2006). É importante ressaltar que o número estimado de aplicações foi regionalizado pela safra de soja de cada região segundo a portaria SAP/MAPA Nº 1.092, de 27 de junho de 2022 e com 140 dias totais de ciclo.

Os valores relacionados a safras com quebra de produção foram retirados para não interferirem no resultado para aplicações. Os dados de safras com perdas de produção foram retirados do Quadro de Oferta e Demanda de Grãos da Conab (2023).

Tabela 2. Número de alertas de aplicação de fungicidas segundo modelo adaptado de Del Ponte et al (2006) por safra.

REP	Região	Praça	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23
1	Oeste SC	Chapecó	3	0	3	3	4	5	4	3	0	- ¹	0
1	Sudeste PR	Ponta Grossa	4	0	3	3	2	4	2	0	0	- ¹	7
1	Norte PR	Londrina	2	3	4	7	1	3	1	2	1	- ¹	2
1	Sudoeste PR	Pato Branco	0	1	0	5	4	2	1	0	1	- ¹	1
1	Centro PR	Guarapuava	3	0	0	5	3	5	2	0	1	- ¹	6
1	Oeste PR	Cascavel	1	0	0	4	0	3	2	3	2	- ¹	0
1	Litoral PR	Adrianópolis	3	0	0	5	3	5	2	0	1	- ¹	6
1	Planalto RS	Cruz Alta	3	0	2	4	5	1	1	- ¹	0	- ¹	- ¹
1	Sul RS	Cachoeira do Sul	0	3	0	2	1	0	2	- ¹	1	- ¹	- ¹
1	Serra RS	Vacaria	0	0	0	0	3	0	0	- ¹	0	- ¹	3
1	Missões RS	São Miguel das Missões	0	0	3	5	5	1	0	- ¹	0	- ¹	- ¹
2	Norte SC	Mafra	0	2	2	5	1	3	0	0	1	- ¹	7
2	Planalto SC	Campos Novos	2	2	3	4	2	1	0	0	1	- ¹	3
2	Litoral SC	Lauro Muller	2	1	0	0	2	1	4	0	3	- ¹	6
2	Sul MS	Dourados	0	0	0	2	0	2	0	0	0	- ¹	2
2	Pantanal MS	Bonito	0	0	0	4	0	0	0	0	2	- ¹	0
2	Litoral RS	Tupandi	1	1	0	0	4	1	0	- ¹	0	- ¹	1
2	Sudoeste MT	Vila Bela da S. T.	0	3	0	1	3	0	4	0	1	5	3
3	Norte MS	Chapadão do Sul	1	0	1	5	2	2	4	1	0	5	2
3	Sudoeste GO	Rio Verde	3	0	3	3	4	5	4	3	0	3	4
3	Sudeste GO	Goiatuba	3	0	3	3	4	5	4	3	0	3	4
4	Norte GO	Uruaçu	3	2	4	3	6	5	2	0	0	5	5
4	Noroeste GO	Montes Claros de Goiás	3	2	4	3	6	5	2	0	0	5	5
4	Noroeste MG	Unaí	2	2	3	2	4	4	3	3	1	4	6
4	Centro MG	Pará de Minas	1	0	1	5	2	2	4	1	0	5	2
4	Sul MG	Alfenas	1	0	1	5	2	2	4	1	0	5	2
4	Leste MT	Querência	3	2	4	3	6	5	2	0	0	5	5
4	Médio Norte MT	Sorriso	0	2	2	2	2	5	4	0	0	5	2
4	Oeste MT	Campo Novo do Parecis	0	3	0	1	3	0	4	0	1	5	3
4	Triângulo MG	Capinópolis	3	2	3	3	3	4	3	6	0	3	4
5	Leste GO	Catalão	3	5	4	5	3	4	1	5	1	6	6
5	Centro MT	Primavera do Leste	5	3	4	0	0	4	2	0	0	5	3
5	Sudeste MT	Rondonópolis	5	3	4	0	0	4	2	0	0	5	3

¹Quebras de safra

Após isso, foram aproximados os valores da média das últimas dez safras e um valor efetivamente adotado, que leva em consideração não só um valor empírico para

base de comparação como também o número de maior frequência que aparece na amostra, bem como as características locais de aplicação para cada praça brasileira, de acordo com dados fornecidos pela empresa de consultoria agrícola Agroconsult (2023). Realizou-se, assim, uma dispersão a partir dos dois conjuntos de dados para se obter uma equação representativa, expressa na Figura 3. A equação foi usada para chegar em um número aproximado de aplicações efetivamente feitas. A fórmula R^2 que estima a confiabilidade dos dados, indo de 0 a 1, onde 1 é o mais e 0 o menos confiável, trouxe um valor de 0,7017. O resultado obtido de acordo com o modelo está expresso na figura 4.

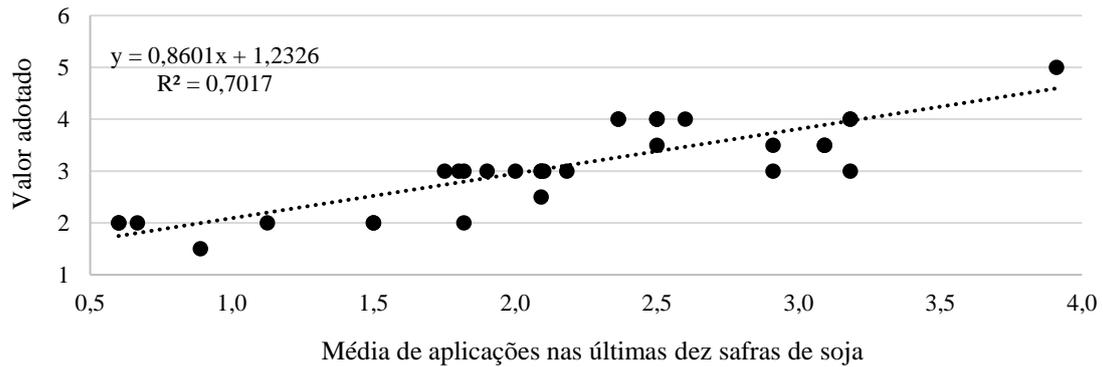


Figura 3. Gráfico de dispersão utilizando média dos valores das últimas dez safras e o valor adotado para aplicação.

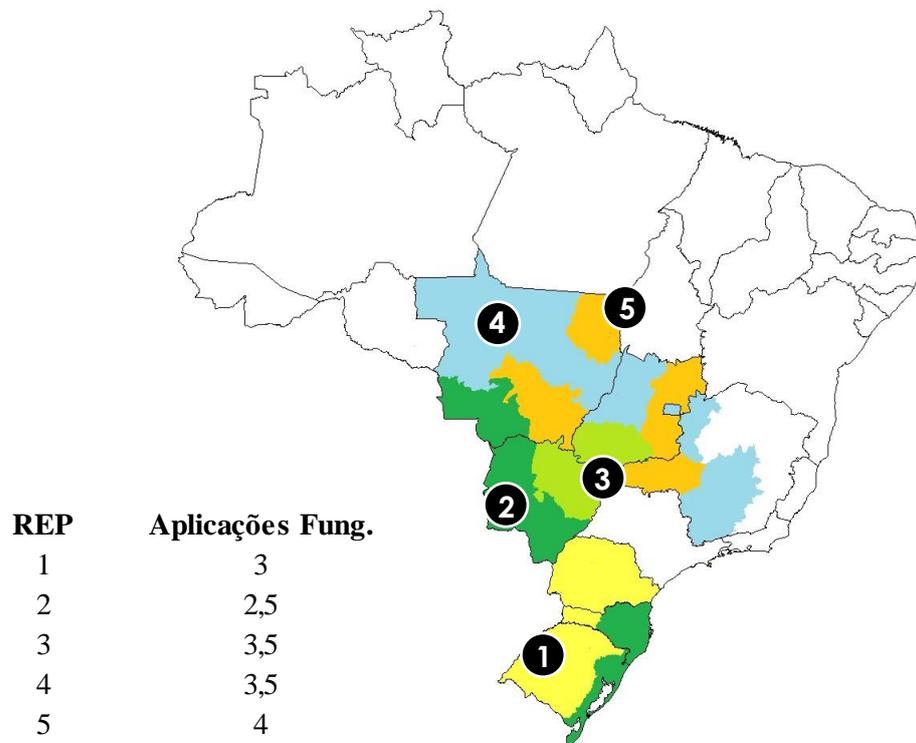


Figura 4. Mapa regionalizado por número de aplicação de fungicidas segundo modelo adaptado de Del Ponte et al (2006). (Autoria própria).

O número de aplicações variou de duas e meia a quatro, sendo o maior número de aplicações na REP 5. É importante levar em consideração que este número carece de maiores informações e dados para aumentar a confiabilidade, visto que o número de aplicações é estimado segundo o alerta para ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). Contudo, De Oliveira e Dalchiavon (2019) mostraram que o número de aplicações contra fungos no médio norte do MT foi de três, estando próximo do número de aplicações da região proposta segundo o modelo de adaptado de Del Ponte et al (2006). Ou seja, o modelo tem certa aderência quanto à aplicação fúngica, mas serve como base para a tomada de decisão de mais aplicações, seja para inseticidas ou herbicidas isoladamente, bem como o manejo de dessecação da soja.

Ademais, a região que possuiu maior média da precipitação acumulada durante a os 30 anos de dados foi a REP 4, o que reforça novamente o modelo adaptado de Del Ponte et al (2006). Conforme Reis et al (2021) o aumento de precipitação faz com que o número de aplicações tenda a ser maior, pois o ciclo da soja se estenderá, além de fazer com que a ocorrência e severidade dos fungos sejam favorecidas. Segundo a Tabela 3 é possível observar a precipitação média acumulada dos últimos 30 anos regionalizadas pelas REPs. A REP 4 foi a de maior precipitação média acumulada, permanecendo ainda cerca de dois mil milímetros acima REP 5, de MT, GO e MG.

Tabela 3. Precipitações acumulada na safra das REPs.

REP	Média acumulada do ano safra ¹ (mm)	Aplicações
2	18.857,62	2,5
1	20.958,36	3
3	22.630,80	3,5
5	24.831,15	4
4	26.353,05	3,5

¹Histórico de 30 anos *Nasa Power*.

O número de aplicações fúngicas segundo o modelo adaptado de Del Ponte et al (2006) condiz com as precipitações acumuladas, com exceção da REP 5, que possui 8% a menos de precipitação média acumulada, mas conta com meia aplicação a mais. Isso pode ser explicado pelo desvio padrão da amostra, apresentado na Tabela 3, onde fazendo uma média ponderada para a precipitação média acumulada durante os 30 anos percebemos que o resultado da REP 5 é praticamente a metade da REP 4.

Como o valor médio é levado em consideração os 30 anos safra, percebe-se que a REP 5 temos safras de soja com os menores e maiores valores de precipitação acumulada não tão distantes da média como a REP 4, com uma variabilidade dos dados menor. Portanto, isso indica que as chuvas são menos distribuídas nesta última, apresentando picos de precipitação e fazendo com o que o alerta do modelo dispare menos vezes.

Tabela 3. Desvio Padrão da Amostra (Desv. Pad. A.) nas REPs 4 e 5.

REP	Desv. Pad. A.
5	506,94
4	916,45

Segundo os resultados sugeridos pela Figura 4 pode-se perceber que o estado do MT está com características semelhantes ao oeste de GO, além do noroeste e sul de MG na REP 4. Por mais que as características climáticas das regiões não sejam as mesmas do ponto de vista anual, por serem de regiões do Brasil e biomas distintos (COUTINHO, 2016), a precipitação total na safra de soja é semelhante. Por exemplo, vemos que a precipitação média anual das praças do MT varia de 1200 a 2000 mm, enquanto em GO varia de 1200 a 1500 mm (DE LIMA et al, 2020) e para o sul e noroeste de MG o número vai de 1150 a 1750 e 1150 a 1350 mm, respectivamente (REBOITA, 2015). Porém, quando observamos o modelo estatístico de divisões pelo pacote R EnvyrType as precipitações médias estão aproximadas em 976 mm durante o período da safra, sendo a REP com maior precipitação. A diferença entre as praças com menor e maior precipitação na safra na REP 4, isto é, entre Unai (MG) e Juara (MT), é de aproximadamente 207 mm, muito menor do que os quase 900 mm do ponto de vista anual.

Tabela 4. Médias de precipitação na safra por REP.

REP	Precip. média safra (mm)
2	698
1	776
3	838
5	920
4	976

Isso também acontece com as demais REPs. Na REP 2 temos o pantanal e sul do MS junto com oeste sul de MT, bem como o norte de SC e litoral de SC e RS. A precipitação anual destas praças do MS varia de 1200 a 1500 mm, enquanto que no MT fica entre 1200 a 1400 mm, mostrando relativa similaridade pelas condições climáticas de precipitação. Agora, quando olhamos para os mesmos valores para as praças da REP 2 no SC temos variação anual de 1300 a 3000 mm (DE PELLEGRIN COAN et al, 2014), enquanto que, segundo o Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2023), no litoral de RS a variação é entre 1550 a 2000 mm. Quando as mesmas praças são comparadas a nível de safra de soja, a diferença entre o maior e menor valor de precipitação – Campos Novos (SC) e Tupandi (RS), respectivamente – é de aproximadamente 166 mm.

Portanto, é notável que a regionalização para aplicação de defensivos agrícolas utilizando o pacote R EnvyrType, segundo dados de precipitação na safra de soja, é mais útil do que a mesma divisão levando em conta o regime pluviométrico anual, pois assim analisamos os dados somente quando a cultura está em desenvolvimento, isto é, está no campo sujeita às condições climáticas. Caso os dados sejam comparados em base anual,

o período entre as safras de soja (entressafra) iria entrar no cálculo de precipitação. Se assim fosse, meses extremamente secos como junho, julho e agosto no oeste sul do MT, evidenciados por Dallacort et al (2011), iriam prejudicar as estimativas das regiões e regionalizar as REPs com distorções para ponderar o número de aplicação de defensivos durante os meses de safra. Com menores aplicação, a rentabilidade do produtor aumenta, visto que o custo com defensivos irá diminuir dentro da operação.

Além disso, para aplicação de defensivos podemos observar outras variáveis úteis que irão influenciar no manejo da lavoura. Alguns exemplos são a temperatura, umidade relativa do ar e os ventos. Caso a temperatura esteja elevada é possível que as gotas de pulverização sejam evaporadas, caso estejam baixas a absorção e translocação do produto pela planta fica prejudicada; a umidade baixa favorece a perda de gotas por evaporação, e os ventos precisam estar entre 3 e 8 km/h para não ocorrer a deriva do produto (ADEGAS et al, 2020). Todas essas variáveis podem ser coletadas pelo Nasa Power e adicionadas pelo pacote R EnvyRtype no momento de divisão das regiões e, assim, irão aumentar a confiabilidade das divisões por regiões.

Resultados experimentais mostram que o Nasa Power pode ser usado como fonte de dados climáticos para atividades agrícolas com confiabilidade razoável em escalas espaciais regionais e nacionais (MONTEIRO et al, 2018). Yue et al (2022) mostrou que existe uma concordância média para a precipitação pluviométrica na análise de correlação entre os dados do Nasa Power e os dados observados no estudo, mas que em relação a precipitação acumulada, como é o caso do presente trabalho, o *software* tendeu a superestimar a precipitação real, seguindo a linha de tendência. Além disso, Carrara et al (2023) mostrou que os dados do Nasa Power para média de temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa apresentaram boa correlação com os dados do Instituto de Meteorologia do Brasil (INMET), com exceção dos mesmos dados a nível horário, isto é, com nível de detalhamento maior. Então, os dados de precipitação podem estar superestimados se olhados isoladamente, e quando observado a regionalização de acordo com o nível de precipitação médio dos últimos trinta anos, aumentamos a confiabilidade dos dados, mesmo que havendo o erro estatístico. Segundo

Sendo assim, o modelo de divisão pela precipitação proposto segundo o pacote R EnvyRtype tem aderência quanto à realidade da aplicação e regionalização, porém, carece de estudos mais aprofundados quando o objetivo da divisão por mega ambientes muda para, por exemplo, adubação com fertilizantes e escolha de híbridos para semear. Adicionando mais variáveis no cálculo do Nasa Power, como a temperatura, que trará chances de geadas em REPs como a 1 e 2, e presença e velocidade de ventos e/ou umidade relativa do ar, podemos chegar a índices de confiabilidade maiores. O pacote R EnvyRtype pode ser usado e aplicado em modelagem para mega ambientes em até 19 variáveis (YUE et al, 2022).

Como a maior parte da soja é destinada para a safra de verão, o plantio no calendário ideal é muito importante para chegar na época de implantação da cultura

seguinte dentro do intervalo correto para desenvolvimento. Com cuidados na precipitação total da safra podemos evitar perdas de mais de 500 kg por hectare e melhorar a qualidade do grão na colheita (SENTELHAS, 2015). Então, com a cultura se desenvolvendo bem na época ideal, os custos serão reduzidos pois será preciso menos aplicações de defensivos agrícolas, evitando que a ação da água remova parte do produto da folha, reduzindo sua absorção e o período de proteção (DINARDO-MIRANDA et al, 2004). A adubação terá maior efetividade, diminuindo perdas por lixiviação (CERETTA et al, 2002), ocasionando menos entradas de maquinário na lavoura, reduzindo também as operações e mão de obra, resultando então em uma maior rentabilidade. Além disso, problemas com patógenos como o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) serão reduzidos caso o clima seja adequado e o zoneamento agrícola respeitado (LOBATO, 2012), proporcionando ao produtor menores perdas na produção.

O produtor brasileiro junto com a genética desenvolvida pela pesquisa agropecuária soube subir a produtividade da sua lavoura em mais de 100% nos últimos 50 anos, saindo da média de 1700 kg/ha para 3500 kg/ha. De 2012 para cá esse mesmo número foi de 33% (CONAB, 2023). O potencial para a agricultura brasileira vai muito além disso, podendo posicionar o Brasil como principal agente do mercado agrícola mundial.

Devido a isso, todas as diferentes regiões do país precisam estar munidas de boas informações, dados atualizados e pesquisas recorrentes sobre dados climatológicos, culturais, genéticos e fisiológicos. Fenômenos naturais que ocorrem variavelmente nos anos agrícolas e mudanças de comportamento dentro da porteira, além de cultivares aprimoradas, precisam ser levados em consideração no momento da tomada de decisão de escolha e desenvolvimento da cultura.

Para isso, considerando que a tecnologia atual progride muito mais rapidamente do que décadas atrás, vê-se a necessidade de atualizações constantes nos modelos de informação, tornando possível que os números do agronegócio brasileiro aumentem exponencialmente.

CONCLUSÃO

As diferentes análises levam as seguintes conclusões:

- A divisão das Regiões Edafoclimáticas (RECs) com base apenas na variável de precipitação não é recomendada;
- A divisão por Regiões de Precipitação (REPs) necessita de mais variáveis para contar com maior confiabilidade quando o objetivo é aplicação de defensivos.

REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Estatísticas Mensais. Disponível em: <<https://abiove.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 26 de abr. de 2023.

ADEGAS, Fernando Storniolo; GAZZIERO, DLP. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. 2020.

AGROFIT. Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em: 10 de jun. de 2023.

AMORIM, Flávia Aparecida et al. Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia-MG. Semina: Ciências Agrárias, v. 32, n. 4Sup1, p. 1793-1802, 2011.

BENDINELLI, Wellington Gustavo. Análise da dinâmica de preços entre os mercados futuros de grão, farelo e óleo de soja na China e Estados Unidos. 2014.

BERLATO, M.A., FONTANA D.C., 2003. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. UFRGS, Porto Alegre, 110 p

BERNARDES, Laryssa Moreira. Otimização da tecnologia de aplicação para o controle de lepidópteros desfolhadores na cultura da soja. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC. Disponível em: <<https://indicadores.agricultura.gov.br/zarc/index.htm>>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

COSTA-NETO, Germano; FRITSCHÉ-NETO, Roberto. Enviromics: bridging different sources of data, building one framework. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 21, 2021.

CARRARA, Eula Regina et al. NASA POWER satellite meteorological system is a good tool for obtaining estimates of the temperature-humidity index under Brazilian conditions compared to INMET weather stations data. International Journal of Biometeorology, p. 1-5, 2023.

CERETTA, Carlos Alberto et al. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-till succession to black oats. Scientia Agricola, v. 59, p. 549-554, 2002.

CHENG, Lijing et al. Another record: ocean warming continues through 2021 despite La Niña conditions. *Advances in Atmospheric Sciences*, v. 39, n. 3, p. 373-385, 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Produção e balanço de oferta e demanda de grãos – Tabela de dados 13/04/23. Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série História de Safras – Soja. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>>. Acesso em: 20 de mai. de 2023.

COUTINHO, Leopoldo. *Biomass brasileiros*. Oficina de Textos, 2016.

CUNHA, Roberto César; ESPÍNDOLA, Carlos José. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. *GeoTextos*, 2015.

DA SILVA, Mariana Bertoncini Peixoto et al. Análise do setor de sementes de soja em Santa Catarina. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 29 de ago. de 2022. Disponível em: <<https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/2022/08/29/analise-do-setor-de-sementes-de-soja-em-santa-catarina/>>. Acesso em: 13 de jun. de 2023.

DALLACORT, Rivanildo et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, p. 193-200, 2011.

DE LIMA, Rafael Fausto; DE OLIVEIRA APARECIDO, Lucas Eduardo. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E SUA INFLUÊNCIA NA BIODIVERSIDADE DA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL. Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN), v. 4, n. 1, 2020.

DE FÁTIMA MARIANO, Zilda. Precipitações pluviais ea cultura da soja em Goiás. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, v. 9, n. 1, p. 121-134, 2010.

DE OLIVEIRA, Victor Coelho; DALCHIAVON, Flávio Carlos. Investimentos na aplicação de defensivos agrícolas na região do Médio-Norte do estado Matogrossense. *Revista de ciências agrárias*, v. 42, n. 1, p. 283-293, 2019.

DE PELLEGRIN COAN, Bruno; BACK, Álvaro José; BONETTI, Anderson Vendelino. Precipitação mensal e anual provável no Estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 15, 2014.

DEL PONTE, E.M., ESKER, P.D., 2008. Meteorological factors and Asian Soybean Rust epidemics - a systems approach and implications for risk assessment. *Scientia Agricola* 65, 88-97.

DEL PONTE, E. M. et al. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006.

DINARDO-MIRANDA, Leila L.; COELHO, Álvaro L.; FERREIRA, José MG. Influência da época de aplicação de inseticidas no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae), na qualidade e na produtividade da cana-de-açúcar. *Neotropical Entomology*, v. 33, p. 91-98, 2004

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Quantificação territorial da ocupação e uso das terras no Brasil. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/car/sintese>>. Acesso em: 20 de mai. de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Doenças na soja: período de chuvas exige atenção do produtor. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/1461716/doencas-na-soja-periodo-de-chuvas-exige-atencao-do-produtor>>. Acesso em: 20 de mai. de 2023.

GAVA, Ricardo et al. O estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v. 9, n. 6, p. 349-359, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Clima, temperatura e precipitação. Disponível em: <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao#:~:text=Ao%20sul%20a%20precipita%C3%A7%C3%A3o%20m%C3%A9dia,especialmente%20na%20encosta%20do%20Planalto.>>. Acesso em: 17 de jun. de 2023.

GOVERNO FEDERAL. Lei Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM. Decreto nº 10.586 de 18 de dezembro de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas>>. Acesso em: 25 de mai. de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Valores a preços correntes – Tabela 1846. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=resultados&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib#evolucao-taxa>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial - Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html>>. Acesso em: 20 de mai. de 2023.

ITO, Margarida Fumiko. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. *Nucleus*, v. 3, n. 3, p. 83-101, 2013.

KASTER, Milton; FARIAS, José Renato Bouças. Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja-terceira Aproximação. 2012.

MACIEL, Samuel Alves; ASSUNÇÃO, Washington Luiz. Elaboração de calendário agrícola para a segunda safra de verão (safrinha) nas áreas de chapadas da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-(MG). *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, p. 2495-2503, 2017.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). (2021). El Niño and La Niña. Disponível em: <<https://www.climate.gov/enso>>. Acesso em: 03 de jun. de 2023.

NEUMAIER, Norman et al. *Ecofisiologia da soja*. 2020.

PORTARIA SAP/MAPA Nº 1.093, DE 27 DE JUNHO DE 2022. Diário Oficial da União. Seção 1. ISSN 1677-7042. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=28/06/2022&jornal=515&pagina=18>>. Acesso em: 09 de junho de 2023.

POLLES, Thiago. *Uso de Pré-emergentes na cultura da soja*.

REBOITA, Michelle Simões et al. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 17, 2015.

REIS, Erlei Melo et al. Severidade da Ferrugem Asiática na Soja Semeada em Dezembro e Fevereiro no Estado de Mato Grosso. *Journal of Agricultural Science*, v. 13, n. 11, 2021.

SANTOS, Jeater Waldemar Maciel Correa. Ritmo climático e sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 17, p. 61-82, 2005.

SECEX. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – ComexVis. Comex Stat. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

SENTELHAS, Paulo C. et al. The soybean yield gap in Brazil—magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *The journal of agricultural science*, v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, Marcus Sidrônio Lima et al. **PRINCIPAIS DOENÇAS DA CULTURA DA SOJA** (*Glycine max* (L.) Merrill). 2019.

SILVA, Robson Rigão da et al. **Relação entre precipitação pluviométrica e produtividade da cultura de soja no município de Ibirubá-RS**. 2013.

USDA. Foreign Agricultural Service. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>>. Acesso em: 25 de abr. de 2023.

VASCONCELLOS, Marina Cristina et al. Estratégias de controle de pragas em soja e suas implicações na comunidade de artrópodes e na rentabilidade da cultura. *Nativa*, v. 11, n. 1, p. 28-43, 2023.

YUE, Haiwang et al. Multi-trait selection for mean performance and stability of maize hybrids in mega-environments delineated using envirotyping techniques. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, 2022.