



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**PRODUTIVIDADE DE SOJA *IN SILICO* NO BIOMA CERRADO EM
FUNÇÃO DO FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL**

PUBLIUS LENTULUS ARTIAGA NICOLAU NETO

Orientador

Prof. Dr. Rafael Battisti

Coorientador

Prof. Dr. Derblai Casaroli

Fevereiro - 2023

Goiânia, GO, Brasil

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES
E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Publius Lentulus Artiaga Nicolau Neto

3. Título do trabalho

Produtividade de soja *in silico* no bioma cerrado em função do fenômeno El Niño Oscilação Sul

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Publius Lentulus Artiaga Nicolau Neto, Discente**, em 13/03/2023, às 07:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Battisti, Professor do Magistério Superior**, em 13/03/2023, às 08:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3589514** e o código CRC **EC89EA8E**.

PUBLIUS LENTULUS ARTIAGA NICOLAU NETO

**PRODUTIVIDADE DE SOJA *IN SILICO* NO BIOMA CERRADO EM
FUNÇÃO DO FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de concentração: Solo e Água

Orientador:

Prof. Dr. Rafael Battisti

Coorientador:

Prof. Dr. Derblai Casaroli

Goiânia, GO - Brasil

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Nicolau Neto, Publius Lentulus Artiaga
Produtividade de soja in silico no bioma cerrado em função do
fenômeno el niño oscilação sul [manuscrito] / Publius Lentulus Artiaga
Nicolau Neto. - 2023.
cxiii, 113 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Battisti; co-orientador Dr. Derblai
Casaroli.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2023.

Bibliografia. Apêndice.
Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, tabelas.

1. Glycine max. 2. El Niño Oscilação Sul. 3. data de semeadura. 4.
ciclo. 5. DSSAT. I. Battisti, Rafael, orient. II. Título.

CDU 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº PPGA/018/2023 da sessão de Defesa de Dissertação de **Publius Lentulus Artiaga Nicolau Neto**, que confere o título de Mestre em Agronomia, na área de concentração em Solo e Água.

Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, a partir das treze horas e trinta minutos, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “POTENCIAL PRODUTIVO DA SOJA NO CERRADO ESTIMADA POR MEIO DE MODELAGEM E SUA RELAÇÃO COM O FENÔMENO ENOS”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Rafael Battisti (EA/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Alexandrius de Moraes Barbosa (UNOESTE), membro titular externo; Professor Alexandre Bryan Heinemann (Embrapa Arroz e Feijão), membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato aprovado pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Rafael Battisti, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Produtividade de soja *in silico* no bioma cerrado em função do fenômeno El Niño Oscilação Sul



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Battisti, Professor do Magistério Superior**, em 28/02/2023, às 16:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandrius de Moraes Barbosa, Usuário Externo**, em 28/02/2023, às 16:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Bryan Heinemann, Usuário Externo**, em 28/02/2023, às 17:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orcao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3556100** e o código CRC **78110FA4**.

Referência: Processo nº 23070.010846/2023-24

SEI nº 3556100

À minha família, em especial minha mãe, Priscila Rodrigues Muniz Nicolau, pelo amparo,
por acreditar na minha capacidade e apoiar minhas escolhas.
À todas as pessoas que contribuíram com o meu conhecimento e amadurecimento, que fizeram
parte dessa fase decisiva da minha história.

Dedico

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 ORIGEM DA SOJA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	11
2.2 CONDICIONANTES AGROMETEOROLÓGICOS DA PRODUTIVIDADE	12
2.2.1 Radiação solar.....	13
2.2.2 Fotoperíodo.....	13
2.2.3 Temperatura.....	15
2.2.4 Exigências hídricas	16
2.3 VARIABILIDADE CLIMÁTICA E FENÔMENO ENOS	17
2.4 MODELO DE SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA SOJA.....	21
2.4.1 Modelo de Cultura: CSM-CROPGRO-Soybean - DSSAT	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 DADOS DE LOCAIS, CLIMA E SOLO	28
3.2 MODELO DE CULTURA	30
3.3 RELAÇÃO DO FENÔMENO ENOS COM A PRODUTIVIDADE	34
4 RESULTADOS	36
4.1 FREQUÊNCIA DO FENÔMENO	36
4.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	38
4.2.1 Temperatura do ar máxima média	38
4.2.2 Temperatura do ar mínima média.....	41
4.2.3 Radiação solar.....	44
4.2.4 Precipitação Acumulada	47
4.2.5 Evapotranspiração real de cultura.....	50
4.2.6 Anomalias dos elementos climáticos.....	54
4.3 PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DA FASE ENOS	57
4.3.1 Relação ENOS e data de semeadura.....	61
5 DISCUSSÃO	67
6 CONCLUSÃO	71
7 REFERÊNCIAS	72
APÊNDICES	85

RESUMO

NICOLAU NETO, P. L. A. **Produtividade de soja *in silico* no bioma Cerrado em função do fenômeno El Niño Oscilação Sul**. 2023.113f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2023.¹

No decorrer dos anos, o complexo soja tem obtido destaque no crescimento da economia brasileira. Um fator que tem contribuído com esse sucesso da produção, são as pesquisas de risco climático, que recomendam épocas e áreas de semeaduras para o Brasil. Neste contexto, no período de safra, a cultura está sujeita a estresses causados por déficit hídrico e oscilações expressivas de temperatura do ar, que resultam na diminuição da produtividade e na qualidade do grão. Eventos climáticos como El Niño Oscilação Sul (ENOS) causam sérios impactos sociais e econômicos, e são caracterizados por eventos de inundações, tempestades, geadas e secas prolongadas. Diante da complexidade das interações entre a cultura e o ambiente que ela está inserida, a modelagem de cultura vem como ciência fundamentada em representação simples de um sistema capaz de confirmar essas interações. Nesse sentido, o objetivo deste projeto é avaliar os efeitos do fenômeno ENOS sobre a produtividade da soja simulada em diferentes regiões brasileiras, datas de semeadura, grupos de maturação e tipos de solos. Para isso foi utilizado o modelo CSM-CROPGRO-Soja para simulação de produtividade para 14 municípios no Brasil. Os dados climáticos de 1961 a 2016 foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia e complementados com a base NASAPOWER até a 2020, totalizando 60 safras de simulação. Para cada local foram utilizados três tipos de solo e três grupos de maturação obtidos em trabalhos que realizaram a calibração do modelo. As datas de semeadura foram baseadas no zoneamento de risco agroclimático, considerando a janela máxima de semeadura, divididas em decêndios. A produtividade obtida foi correlacionada com a classificação qualitativa do ENOS (fase El Niño, Lã Niña e neutro). No período avaliado ocorreram 35% dos anos de El Niño e também 35% de La Niña, totalizando 42 eventos em 60 anos. De modo geral, ao que se refere ao bioma Cerrado, obteve-se maioria dos municípios indicando uma melhor performance com ciclo tardio, considerando a maior expansividade de janela. Os maiores ganhos de produtividade foram obtidos com a semeadura em anos de Neutralidade e de La Niña, dando destaques de produtividade quando comparado aos impactos negativos da fase de El Niño. Assim, a janela de semeadura e ciclo de cultivar podem auxiliar e reduzir o risco climático, independente da fase ENOS, com a cultura resultando em maior potencial produtivo nos anos de neutralidade e La Niña.

Palavras-chave: *Glycine max*, El Niño Oscilação Sul, data de semeadura, ciclo, DSSAT.

¹Orientador: Prof. Dr. Rafael Battisti. EA-UFG.

Coorientador: Prof. Dr. Derblai Casaroli. EA-UFG.

ABSTRACT

NICOLAU NETO, P.L.A. **Soybean yields *in silico* in the Cerrado biome and its relationship with the El Niño Southern Oscillation phenomenon.** 2023.113p. Thesis (Master's in Agronomy), Federal University of Goiás, Goiânia, 2023.²

Soybean complex has stood out in the growth of the Brazilian economy. One factor that has contributed to this success in production is agroclimate risk zoning, which recommend sowing dates and areas for Brazil with lower climate risk. In this context, during the growing season, crop is subject to water stresses and higher oscillations of air temperature, which result in a decrease in yield and grain quality. Climatic events such as El Niño Southern Oscillation (ENSO) cause serious social and economic impacts, and are characterized with events of floods, storms, frosts and prolonged droughts. Crop and environment has a multiple interactions and crop modeling comes as a science based on a simple representation of a system capable of represent these interactions. This way, the aim of this study was to evaluate the effects of the ENOS on simulated soybean yield in different Brazilian regions, sowing dates, maturation groups and soil type. For this, the CSM-CROPGRO-Soybean model was used to simulate yield for 14 locations in Brazil. Climatic data from 1961 to 2016 was obtained from the National Institute of Meteorology and complemented from NASAPOWER until 2020, totaling 60 growing seasons of simulation. The simulation were performed using three soil types and three maturation groups, obtained from works that carried out the calibration of the model. Sowing dates were based on agroclimatic risk zoning, considering the maximum sowing window, divided into each ten days. The yield was correlated with the qualitative classification of ENOS (El Niño, La Niña and neutral phase). El Niño and La Niña phase occurred in 35% of growing season each, totaling 42 events in 60 years. In Cerrado biome, the majority of municipalities indicating a better performance with a late cycle, considering the greater sowing window. The greatest yield gains were obtained in growing seasons with neutral and La Niña phase, resulting in higher yield when compared to El Niño phase. This way, the sowing dates and crop cycle can help to reduce climate risk, independent of ENOS phase, but with soybean showing higher potential yield in growing seasons under neutral and La Niña.

Keywords: *Glycine max*, El Nino Southern Oscilation, sowing dates, crop cycle, DSSAT.

²Advisor: Prof. Dr. Rafael Battisti. EA-UFG.

Co-advisor: Prof. Dr. Derblai Casaroli. EA-UFG.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das principais espécies agrícolas cultivadas e comercializadas no mundo (Oliveira, 2019). O Brasil é considerado o maior produtor de soja no mundo, e segundo estimativas atualizadas pela Conab (2022), na safra 2021/22, finalizou com uma produção de 125.552,30 mil toneladas, com produtividade de 3.029 kg/ha e área cultivada atingindo 41.452,00 mil hectares.

No Brasil é imprescindível a relevância da soja no histórico de desenvolvimento. Um fator que tem contribuído com esse sucesso da produção, são as pesquisas de risco climático, que recomendam épocas e áreas de semeaduras para o Brasil (Barbieri, 2017; Ferreira, 2018; Oliveira, 2019; Rosa, 2019).

Estudos realizados com grandes empresas do agronegócio no Brasil, Argentina e Chile mostraram que os riscos climáticos e seus impactos são os principais gargalos para o sucesso, dependendo do cenário, destas, 47% poderiam reconsiderar seus investimentos (Ramos, 2023). Em especial, aos resultados econômicos agrícolas, pesquisas que integram o efeito climático, são de grande relevância para a avaliação dos riscos, uma vez que a variabilidade e anomalias climáticas são responsáveis por perdas de produtividade das culturas em diversos países, inclusive no Brasil (Carleton e Hsiang, 2016; Farooq et al., 2009; Liang et al., 2017).

No país, o déficit hídrico e temperaturas extremas são os fatores de limitação mais importantes para a obtenção de altas produtividades na soja (Battisti et al., 2018b; Battisti et al., 2018c; Nóia Junior & Sentelhas, 2019). Neste contexto, Ferreira (2018) comparou, no município de Guarapuava, no estado do Paraná, as safras de 2012/13 até 2016/17, em três épocas de semeadura diferentes e concluiu que, em relação a primeira quinzena de outubro, novembro e dezembro obteve uma redução de 9,49% e 25,16%, respectivamente. Comprovando, portanto, que o atraso reduziu o potencial produtivo devido ao encurtamento da fase vegetativa, sendo a época de semeadura, um fator mandatório para definir o potencial produtivo.

Tratando-se de risco climático, há fenômenos de macroescala determinantes sobre as mudanças atmosféricas, e consequentemente, no clima no Brasil. Entre estes fenômenos, destaca-se El niño Oscilação Sul (ENOS). O mesmo interfere na intensidade dos

ventos alísios e dos elementos climáticos, principalmente nas condições de precipitação e temperatura em diferentes partes do globo (Barbieri, 2017; Oliveira, 2019; Rosa, 2019).

Em diferentes regiões produtoras brasileiras, essa complexa interação dos elementos de clima como precipitação, radiação solar, temperatura do ar máxima e mínima, entre outros, bem como, características das plantas e disponibilidade hídrica do solo, tornam desafiadoras obter altas produtividades através da estabilidade da cultura, considerando as práticas de manejo (grupo de maturação, densidade populacional, data de semeadura), principalmente, quando analisamos os efeitos do El Niño Oscilação Sul (Blain et al., 2009; Erasmi et al., 2014; Rocha et al., 2014; Salmerón et al., 2015, 2017; Van Roekel et al., 2015; Garcia et al., 2018; Nóia Júnior & Sentelhas, 2019; Sampaio et al., 2021).

Ante o exposto, inter-relações mencionadas entre a cultura da soja e o ambiente que está inserida, a modelagem permite, através do conjunto de representações matemáticas ou de equações, expressar as relações que ocorrem num sistema real. Através delas, podemos alcançar ferramentas seguras para a predição de eventos físicos, químicos e biológicos (Ferreira, 2018; Oliveira, 2019).

Desta forma, a hipótese é que o fenômeno ENOS atue de forma significativa em todo o cerrado, influenciando as condições climáticas e a produtividade da soja, condicionando ao centro-sul do bioma com as maiores produtividades de soja obtidas na semeadura em final de outubro e meados de novembro, enquanto que ao norte, as máximas produtividades obtidas com as semeaduras tardias, em meados de novembro até janeiro. Portanto, o fenômeno ENOS pode auxiliar na escolha das melhores datas de semeadura de forma antecipada a safra atual com base na previsão da tendência do ENOS.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivos simular a produtividade da soja para regiões produtoras do cerrado brasileiro utilizando o modelo CSM-CROPAGRO-Soybean da plataforma Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT), correlacionar os níveis produtivos e elementos climáticos em função da data de semeadura e região com a classificação qualitativa do fenômeno ENOS, e posteriormente, definir datas preferenciais de semeadura com base na previsão deste fenômeno para a cultura da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM DA SOJA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

A soja é uma planta herbácea, da classe Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, gênero *Glycine* e espécie *Glycine max* (Farias et al., 2009), tem como centro de origem do seu cultivo na região asiática, norte da China, a partir do cruzamento de duas espécies de soja selvagem, inicialmente rasteira e cultivada as margens dos rios, introduzida provavelmente no período de 1500 a 1027 a.C., indicando que esta cultura pode ser uma das espécies mais antigas cultivadas pelo homem, onde desde então, foram melhoradas e domesticadas (Battisti, 2013; Oliveira, 2019; Rosa, 2019; Santos, 2021).

Tratando-se do ocidente, foi cultivada nos Estados Unidos (EUA) no início do século XX, onde houve o desenvolvimento das primeiras variedades comerciais, inicialmente forrageiras e posteriormente com objetivo de colheita de grão. Já no Brasil, o cultivo iniciou-se em 1882 com os primeiros materiais genéticos trazidos dos EUA, testados sem sucessos no Estado da Bahia, no entanto, em 1891, outras cultivares foram testadas no Estado de São Paulo, e posteriormente no Rio Grande do Sul, obtendo êxito para produção de grãos e feno, devido a características semelhantes ao clima de origem (Farias et al., 2009, p.263; Oliveira, 2019; Rosa, 2019; Santos, 2021).

A cultura é considerada como um dos grãos mais comercializados no mundo, tal acontecimento está relacionado às múltiplas utilizações de consumo proporcionado por estas plantas, que podem ser empregadas desde a alimentação animal até a humana, incluindo o óleo e farelo de soja, além da produção de biodiesel e do provimento de matéria-prima para processamento nas indústrias (Barbieri, 2017; Ferreira, 2018, Battisti & Sentelhas, 2019; Santos, 2021).

A cultura da soja é uma das principais espécies agrícolas cultivadas e comercializadas no Brasil (Ferreira, 2018; Oliveira, 2019; Santos, 2021). O país é o maior produtor de soja no mundo, segundo a Conab (2022), na safra 2021/22, finalizou com redução de 9,9%, com 125.552,30 mil toneladas, uma redução de produtividade para 3.029 kg/ha (-14,1%) e aumento de 4,9% na área cultivada atingindo 41.452,00 mil hectares.

No complexo produtivo a soja é de suma relevância, principalmente para o desenvolvimento do país. A sua contribuição é expressiva para um superávit na balança comercial brasileira. Além de possuir vital importância, considerando-se os seus diversos usos, seja na movimentação econômica, geração de empregos, além do acréscimo de valor por meio da soja industrializada (Ferreira, 2018; Battisti & Sentelhas, 2019; Rosa, 2019; Santos, 2021).

Em 2011 o complexo soja movimentou cerca de 24 bilhões de dólares em exportações de grãos, farelo e óleo, além de gerar 1,5 milhões de empregos (Abiove, 2012). Isso só foi possível devido aos estudos de risco climático, indicando épocas e áreas de semeaduras mais adequadas, resultando no sucesso da produção brasileira de soja (Battisti, 2013; Lima, 2014).

Perante a necessidade de alimentos e a ampla extensão territorial em que se cultiva a soja, está é exposta a uma série de variabilidades climáticas, que se não manejadas da forma correta, reduzem a produtividade, aumentando os riscos de perdas na lavoura. Sendo assim, a avaliação do efeito das variações climáticas sobre a produção agrícola é fator essencial para a presciência das safras. Deste modo, devem ser adotadas práticas que visem mitigar os riscos climáticos, especialmente em regiões onde ocorre déficit hídrico em fase de crescimento das lavouras comerciais, como o caso da soja (Barbieri, 2017; Ferreira, 2018; Battisti & Sentelhas, 2019).

2.2 CONDICIONANTES AGROMETEOROLÓGICOS DA PRODUTIVIDADE

A compreensão das exigências climáticas da cultura, das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera e a aplicação prática destas informações poderão recomendar soluções para a redução dos riscos de insucesso da mesma. Para o entendimento das relações entre a planta e condições meteorológicas, é imperativo o conhecimento das principais características da soja (Farias et al., 2009, p. 263).

Como há uma ampla expansão territorial em que se produz a cultura, isto expõem-na uma série de variações climáticas que, se não atendidas e manejadas corretamente, podem afetar expressivamente o seu cultivo. Em meio a essas variações, as condições meteorológicas que mais significativamente atuam na produtividade de soja são: o fotoperíodo, radiação solar, temperatura e precipitação, afetando diretamente no

desenvolvimento da planta, em que suas consequências podem ser cumulativas ao longo do ciclo de desenvolvimento (Farias et al., 2009, p.266; Ferreira, 2018).

Para que os efeitos supracitados sejam avaliados, pesquisas com foco na modelagem de culturas agrícolas, têm sido conduzidas. O ciclo e o desenvolvimento da cultura, são aspectos cruciais em todos os modelos, pois determinam as alterações fenológicas das plantas e, por conseguinte, os estádios de crescimento (Barbieri, 2017; Santos, 2021), como relatados a seguir.

2.2.1 Radiação solar

A radiação solar é um componente ambiental essencial que, além de fornecer energia luminosa para a fotossíntese, também fornece sinais ambientais para uma ampla quantidade de processos fisiológicos da soja. São decisivas nas respostas morfológicas e fenotípicas marcantes na cultura, tais como estatura da planta, indução ao florescimento e ontogenia (Parizi, 2010; Farias et al., 2009).

A relação da radiação solar com a cultura da soja é extremamente relevante, pois está diretamente relacionada com aspectos do desenvolvimento da planta, como fotossíntese, alongação da haste principal e suas ramificações, pegamento de vagens e grãos, expansão foliar e fixação biológica de nitrogênio. A faixa ideal de radiação solar está contida na faixa da luz visível, que possui comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm, denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (Santos, 2021).

Santos (2021) ainda relata que a cultura da soja tem um crescimento ascendente de RFA de forma gradativa do período vegetativo até o reprodutivo, atingindo o máximo na fase de enchimento de grãos.

Portanto, para realização da fotossíntese, a disponibilidade e qualidade incidente de radiação solar, compõe o elemento básico gerador de toda cadeia de processos fisiológicos inerentes a cultura, e é fator essencial para a produção de biomassa na soja, logo, de grãos (Ferreira, 2018).

2.2.2 Fotoperíodo

O ambiente também influencia a floração e, conseqüentemente, o ciclo. A floração da soja responde ao nictoperíodo, ou seja, a duração da noite. Segundo Ferreira

(2018) também é conhecido como o intervalo de tempo em que há disponibilidade luminosa. Porém, para facilitar a compreensão, entende-se por fotoperíodo, a duração do dia, em que a cultura da soja é classificada como planta de dias curtos, uma vez que, sob dias longos, adia o florescimento e estende o ciclo. Entretanto, com o uso do florescimento tardio, em dias curtos, possibilitou a adaptabilidade fotoperiódica ao plantio comercial, fator que rendeu ao Brasil o título do país que “tropicalizou a soja” já que há cultivos mesmo sob a linha do equador (Farias et al., 2009, p.263-264).

Vilela et al. (2016) e Sentelhas et al. (2017) descrevem que devido à sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar é dependente da latitude. Portanto, cada cultivar tem-se uma faixa limitada em função do seu grupo de maturação, reduzindo de 9 a 5, conforme aumento da latitude (Figura 1), ou seja, a denominação dos grupos de maturação da soja está ligada ao fotoperíodo crítico de cada genótipo, em que os grupos de maturação menores são cultivados em regiões de maior latitude, tendo um fotoperíodo crítico maior, enquanto grupos de maturação maiores são utilizados em regiões de baixas latitudes e com períodos críticos menores ou período juvenil mais longo, gerando a recomendação para as diferentes regiões de cultivo pelo país.

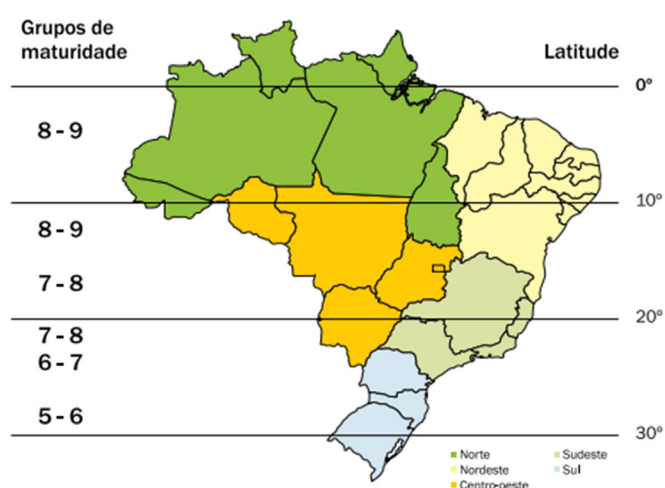


Figura 1. Distribuição dos grupos de maturidade relativa de cultivares de soja no Brasil, em função da latitude. Fonte: Adaptado de Vilela et al. (2016).

O fotoperíodo está relacionado a diversos processos fisiológicos na planta de soja, que vão desde a indução floral até a formação de grãos, passando pela diferenciação meristemática, microsporogênese e desenvolvimento pós-florescimento (Ferreira, 2018). A soja por ser uma planta de dias curtos, tem a indução floral antecipada quando o comprimento do dia é menor, acarretando a transformação precoce de folhas e hastes em

estruturas reprodutivas, modificando o porte final da planta, diminuindo o índice de área foliar e a disponibilidade de fotoassimilados, interferindo nos componentes de rendimento, como número de vagens por planta, grãos por vagem, massa de grãos e produtividade.

Para soja é comprovado que há efeitos de diferentes épocas de plantio em relação ao fotoperíodo. Por exemplo, quando a semeadura é realizada em outubro, o florescimento ocorre em ascensão de fotoperíodo, pois o desenvolvimento vegetativo ocorre com fotoperíodo inferior ao crítico, em torno de 13 horas, resultando em menor crescimento vegetativo. Já para o plantio em novembro, o desenvolvimento vegetativo ocorre em fotoperíodo superior ao crítico, se comparado a outubro, em que há o máximo crescimento da soja com o aumento do período entre a emergência e o início da floração, permitindo, deste modo, maior altura devido a maior duração do subperíodo entre emergência e início da floração, portanto, maior acúmulo de fotoassimilados (Farias et al., 2009; Battisti, 2013).

2.2.3 Temperatura

A temperatura do ar tem um efeito modulador diretamente relacionado ao fotoperíodo (Battisti, 2013), tendo maior influência na taxa de desenvolvimento de cultivares mais precoces do que as de ciclo médio e tardio, portanto, quanto maior temperatura, maior é a taxa de desenvolvimento, até certo limite de temperatura. Isto justifica o fato de que a temperatura do ar tem maior influência na duração do ciclo de desenvolvimento do que o fotoperíodo. Já em cultivares de ciclo médio e tardio, segundo Santos (2021), há maior influência do fotoperíodo, em que com elevadas temperaturas há uma diminuição do período entre emergência e o início da floração. A redução deste período leva a uma redução da estatura de plantas, situação que é mais agravada quando está associada ao déficit hídrico durante a fase de crescimento, reduzindo seu ciclo.

A soja adapta-se em uma ampla faixa de temperatura. A faixa ideal, oscila entre 20° C e 30 °C, sendo a temperatura ideal em torno de 30°C. Esse intervalo de temperaturas também é considerado adequado para processos de germinação e emergência de plântulas, sendo ideal temperatura de solo de 25 °C e prejudicial para semeaduras com temperatura do solo abaixo dos 20°C. Temperaturas abaixo de 10°C praticamente anulam o desenvolvimento vegetativo, além de modificar respostas ao fotoperíodo, atrasando a indução floral, que ocorre somente quando há temperaturas superiores a 13°C. Porém, temperaturas acima dos 40 °C acarretam efeitos adversos nas taxas de crescimento, redução

do porte de plantas, redução do ciclo de desenvolvimento, aumento nas taxas de abortamento de flores e vagens e queda na produtividade, inibe a germinação do pólen e o crescimento do tubo polínico, se agravando ainda mais quando associadas ao déficit hídrico (Farias et al., 2009; Barbieri, 2017; Ferreira, 2018; Santos, 2021).

Portanto, as alterações nos padrões de temperatura, afetam significativamente e diretamente a velocidade de divisão celular, a taxa fotossintética, a velocidade de transporte e acúmulo de fotoassimilados e, por conseguinte, o acúmulo de biomassa (Barbieri, 2017; Ferreira, 2018).

2.2.4 Exigências hídricas

A produtividade da soja é bastante variável a nível Brasil, devido as diferentes condições climáticas ao longo do ciclo da cultura, levando em consideração as diferentes cultivares e suas respostas as condições ambientais impostas (Sentelhas et al., 2017).

O déficit hídrico é considerado o principal fator gerador de estresse em plantas de cultivo, consequência da interação do elemento climático, precipitação e capacidade de armazenamento de água dos solos, responsável pela quebra de produtividade da cultura da soja em todos os anos de cultivo das regiões produtoras do país. Em relação as respostas fisiológicas da soja sob déficit hídrico, relata-se que na fase de enchimento dos grãos, o estresse hídrico pode gerar redução no tamanho e peso dos grãos, além da retenção da cor verde, já que a falta de água prejudica a atividade enzimática atuante na degradação da clorofila, resultando uma grande proporção de grãos verdes (Battisti, 2013; Santos, 2021).

A produtividade também pode variar dentro da mesma região, entre diferentes anos de cultivos, épocas de semeaduras e em função da cultivar empregada (Sentelhas et al., 2017). Além dos fatores já citados, há também influência ao excesso hídrico, já que o mesmo penaliza a produtividade e favorecer a ocorrência de doenças, reduzindo a qualidade de grãos quando coincide com o período de colheita.

Os excedentes ou déficits hídricos também tem um efeito relevante, especialmente nos estágios iniciais de germinação e emergência da cultura, pela redução na uniformidade e população final de plantas. Durante a fase reprodutiva causa a diminuição do período de florescimento, o abortamento de flores, vagens, grãos e o menor peso de grãos. Neste sentido, a necessidade hídrica da cultura é crescente ao longo de seu ciclo de desenvolvimento e atinge sua máxima necessidade a partir do florescimento (7 a 8 mm dia⁻¹

¹), mantendo-se alta durante todo o período de enchimento de grãos antes de começar a baixar na maturação fisiológica (Barbieri, 2017; Sentelhas et al., 2017; Ferreira, 2018).

Teixeira et al. (2019) relatam estudos feitos por modelagem (FAO – Zona Agroecológica) realizado por Sentelhas et al. (2015) para a determinação da quebra de produtividades da soja no Brasil. O modelo foi calibrado usando dados de produtividade de ensaios de melhoramento como referência e produtividade dos agricultores relatados em pesquisas nacionais. De acordo com estes estudos, foi comprovado que o déficit hídrico foi responsável pela quebra de produtividade, já que foi responsável por 74% da diferença em relação a produtividade total da soja. Outros estudos relatados pelo mesmo autor, evidenciaram que o déficit hídrico e o manejo da cultura foram, respectivamente, responsáveis por 46% e 54% da quebra da produtividade da soja, usando a mesma modelagem de cultura e a referência de produtividades obtidas pelos vencedores nacionais de máxima produtividade (Battisti et al., 2018b).

O déficit hídrico também foi responsável pelas quebras de produtividade em 17 municípios, sobretudo nos estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Nesses locais a produtividade potencial foi simulada pelo FAO Zona Agroecológica (Kassam, 1977). Entre as safras de 2008/09 e 2010/11, com 101 cultivares brasileiras de soja semeadas entre 27 de outubro e 24 de dezembro, em termos relativos, a diferença média de produtividade da soja foi de 29% a 42% causados pelo déficit hídrico, enquanto que o manejo da cultura foi de apenas 13% (Sentelhas et al., 2015). Já na Índia, Bhatia et al. (2008) encontraram diferenças de produtividade de soja devido ao manejo da cultura de 54%, e 28% por déficit hídrico, divergindo do que foi identificado pelos autores citados anteriormente.

Os estudos feitos por Santos et al. (2021), reforçam que a produtividade potencial e atingível simulada para a cultura da soja evidenciaram que o déficit hídrico reduz consideravelmente a produtividade em diferentes níveis no bioma cerrado central, sendo possível dobrar a produtividade da soja por meio de melhorias de manejo.

2.3 VARIABILIDADE CLIMÁTICA E FENÔMENOS

As oscilações na produção de safras de grãos são fortemente afetadas pela variabilidade climática, principalmente as decorrentes da temperatura e da precipitação. Como já relatado anteriormente, a temperatura tem grande influência sobre a taxa de

crescimento e desenvolvimento da planta, podendo afetar o ciclo e o potencial produtivo das culturas. Já a precipitação tem influência direta na quantidade de água disponível às plantas, o que interfere nos processos fotossintéticos e na capacidade da planta em absorver nutrientes do solo e, conseqüentemente, na produção (Barbieri, 2017; Ferreira, 2018).

A época de semeadura está diretamente relacionada aos riscos da variabilidade climática pois é a prática cultural que mais influência o sucesso da lavoura, pois altera as relações hídricas, bem como a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar disponível para as plantas (Barbieri, 2017).

Os eventos ENOS é o fenômeno mais estudado em variabilidade climática, e consiste na interação oceano-atmosfera, associado às alterações dos padrões normais da temperatura da superfície do mar e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e a Austrália. Este fenômeno pode favorecer ou prejudicar o desenvolvimento das culturas (Ropelewski & Halpert, 1989; Barbieri, 2017; Rosa, 2019).

Rosa (2019) afirma que o fenômeno ENOS é dividido em três estados. Sendo o El Niño, caracterizado pelo aquecimento da superfície do oceano, por temperaturas acima da média, no oceano pacífico central e oriental (Figura 2). Resultando, portanto, chuvas reduzidas na Indonésia e o contrário no oceano pacífico, onde são mais concentradas. Ventos que normalmente sopram de leste a oeste ao longo do Equador, enfraquecem ou ainda, em alguns casos, começam a soprar de oeste para leste. Ao contrário, La Niña, (Figura 2) é caracterizada pelo esfriamento na superfície do oceano ou com temperaturas abaixo da média no oceano pacífico central e oriental (Figura 2), resultando no aumento de chuvas na Indonésia e o enfraquecimento sobre o oceano pacífico central e tropical. Já os ventos tornam-se mais fortes ao longo do Equador. Diferente dos fenômenos anteriores, a condição neutra ocorre quando as temperaturas da superfície oceânica estão geralmente próximas da média, não gerando reações expressivas na atmosfera.

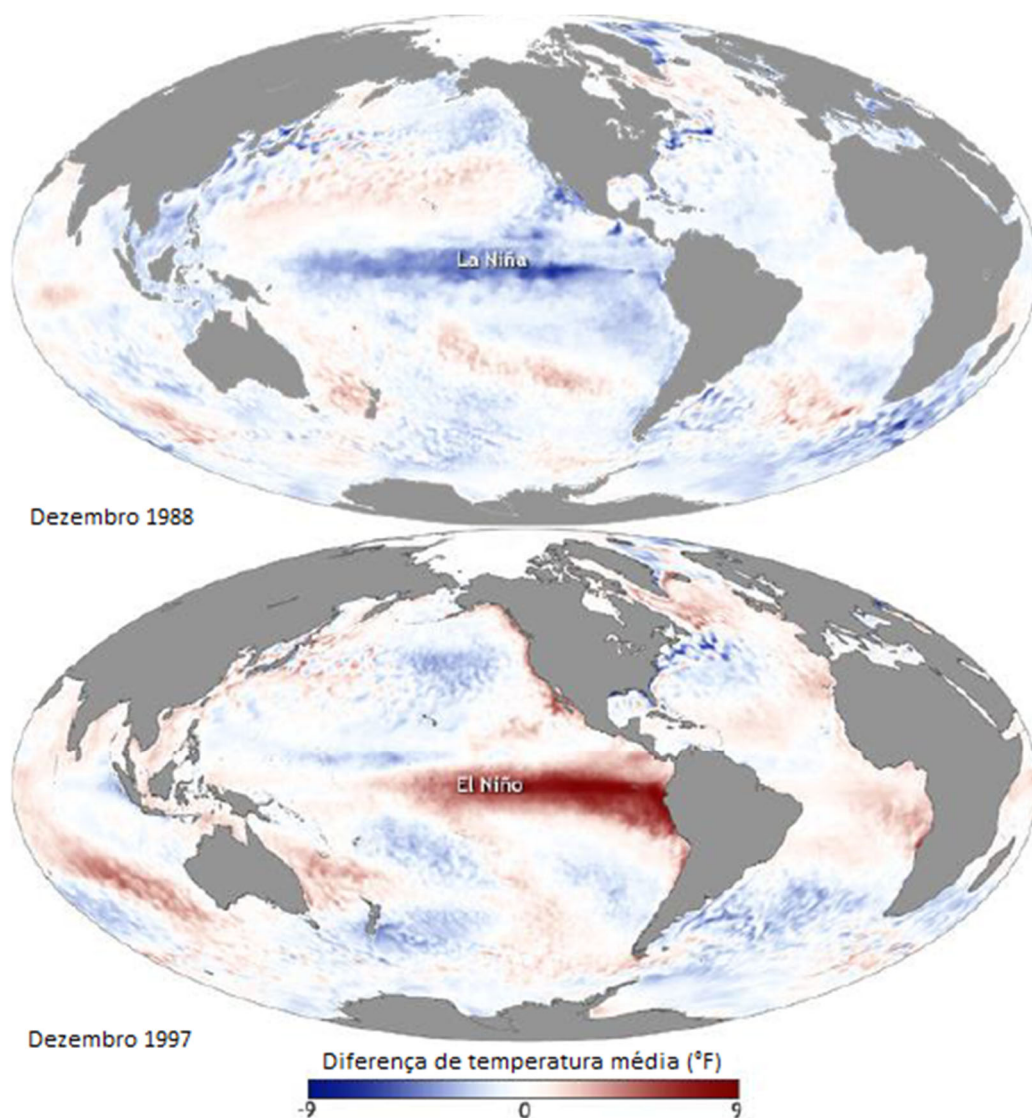


Figura 2. Mapa da anomalia da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico durante uma forte La Niña (dezembro de 1988) e El Niño (dezembro de 1997). Adaptado de Rosa (2019).

O comportamento da temperatura da superfície das águas do Oceano Pacífico Tropical associado aos campos de pressão, muda o padrão de circulação da atmosfera, logo isso influenciará no clima em várias regiões do mundo, especialmente no Brasil, responsável pelos desvios extremos em relação ao clima, chamadas de anomalias climáticas persistentes, com duração média de 6 a 18 meses (Cunha et al., 2011; Rosa, 2019).

Durante a ocorrência de El Niño, entre os meses de dezembro e fevereiro, ocorre o aumento da umidade no sul da região Sul do Brasil, assim como, aumento de temperaturas na região Sudeste, Bahia e Goiás, enquanto que na região Norte, há diminuição da umidade. Entretanto, nos meses de junho e agosto, há o aumento das temperaturas para a região Sul,

Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Nordeste. Durante a ocorrência do La Niña, durante o período de dezembro até fevereiro, há aumento da umidade e redução da temperatura na região Sudeste e parte das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte do país. Já entre os meses de junho e agosto, o fenômeno causa redução das chuvas em parte da região Sul do Brasil (Rosa, 2019).

Há um padrão histórico de ocorrência desses eventos em várias regiões. Portanto, quando há ocorrência de La Niña existe uma tendência de aumento de chuvas no Nordeste e estiagens no Sul do Brasil. Já quando ocorre El Niño, há ocorrência de redução de chuvas nas regiões Norte e Nordeste, porém, aumento de precipitações na região Sul do país (Araújo, 2012).

Estudos feitos relacionando as produtividades das culturas com o fenômeno ENOS na região de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, indicam que em anos de La Niña e neutros houve menor disponibilidade hídrica no solo. Já em anos de El Niño, houve maior disponibilidade hídrica no solo, o qual é mais favorável para a produtividade de culturas como a soja e o milho. Assim, os autores afirmam que El Niño determina ganhos de produtividade de milho no Rio Grande do Sul, enquanto La Niña determina quedas de produtividade, e em anos neutros são os de maiores riscos de quebra de produtividade para ambas culturas, devido a menor disponibilidade hídrica (Rosa, 2019). Já em anos de El Niño, no Estado da Bahia, verificou-se que os cultivos de milho e soja podem ser completamente prejudicados por secas no Nordeste ao passo que, para o Rio Grande do Sul, há um aumento incisivo na intensidade das chuvas (Araújo, 2012).

Há evidências da influência do fenômeno ENOS nas produtividades, quando analisando os dados de experimentos de campo realizados em 4 locais do Brasil. Castro e Mamborê no Estado do Paraná, Montividiu em Goiás e Primavera do Leste no Estado do Mato Grosso, considerando fazendas comerciais de alto desempenho durante as safras 2013/14, 2014/15 e 2015/16. O DSSAT-CSM-CROPGRO-Soja foi capaz de simular o crescimento e desenvolvimento da cultura após calibração e trouxe como resultados a quebra de produtividade relacionado ao déficit hídrico para os municípios do Sul, onde foram maiores do que os locais da região Centro-Oeste (Teixeira et al., 2019). O mesmo ocorreu para os municípios do Estado do Paraná com quebras de produtividade de 37% e de apenas 9% para os locais da Região Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso) (Sentelhas et al., 2015).

Essa maior evidência de quebras no Sul, entre os períodos de cultivo e considerando a textura de solo, demonstram que a disponibilidade de água no solo é um

grande gargalo nessa região, cujo padrão de chuvas é fortemente influenciado pelo El Niño Oscilação Sul (ENOS). A precipitação tende a ser acima da média durante a fase quente do ENOS e na fase fria, tende a ficar abaixo da média (Teixeira et al., 2019).

Estudo que avaliou a variabilidade pluviométrica ao longo de 40 anos, via *Climate Hazord Group Infrared Precipitation With Station* no cerrado brasileiro, em anos anômalos identificados na pesquisa, em especial em 1985 (mais chuvoso) e 1990 (mais seco), apresentaram características bem distintas nas porções leste e norte do bioma, com anomalias positivas acima de 50% acima da média sazonal climatológica. Já as negativas, com reduções totais pluviométricos superiores a 40%, em especial, no Mato Grosso do Sul, sugerindo, portanto, quando há uma configuração de fase ENOS, seja La Niña ou El Niño, associados a mudança de temperatura da superfície do mar, ambos potencializam a formação de sistemas de macro e meso escala, responsáveis pelas chuvas no Cerrado (Correia Filho et al., 2021).

2.4 MODELO DE SIMULAÇÃO DE PRODUTIVIDADE PARA SOJA

Tratando-se de safras agrícolas, entende-se que o conhecimento prévio e preciso é uma questão estratégica de extrema importância utilizada pelos produtores e, para o país visando o abastecimento interno ou para ações referentes ao mercado externo por meio de exportação, como forma de reduzir a volatilidade do mercado. A produção agrícola é considerada uma atividade complexa, pois há necessidade de estimar safras com precisão e antecipação em função da diversidade de cultivares, diferentes tipos de manejo, tipos de solos, além de variações climáticas (Gomes et al., 2014).

A simulação é uma ferramenta muito utilizada atualmente, importante no planejamento do processo produtivo de culturas, sendo, portanto, um componente essencial. Os modelos de simulação permitem analisar cenários considerando-se as diversas combinações dos fatores climáticos, edáficos e da cultura que influenciam sua produtividade (Gomes et al., 2014; Barbieri, 2017).

Em relação a quebra de produtividade, quando relacionados com as exigências hídricas da cultura, é necessário compreender os diferentes níveis que a mesma alcança e os fatores que a determinam, podendo ser de ordem genética, climática e de manejo agrícola.

Estes níveis podem ser estimados pelos modelos, já que os mesmos permitem isolar o fator climático, atuando na definição da produtividade. (Santos, 2021).

Com base nos modelos de simulação de produtividade é possível analisar os tipos e níveis de produtividade agrícola considerando os fatores determinantes, limitantes e redutores (Sentelhas et al., 2017). Quando se tem diferença entre dois tipos com diferentes níveis, se obtém, portanto, a perda de produtividade, conhecida como *yield gap* ou quebra de produtividade.

O primeiro nível é a produtividade potencial (PP), obtida pela cultura sem ocorrência de fatores limitantes ou redutores como déficit hídrico, déficit nutricional, danos por pragas e doenças, influenciada apenas pela interação do genótipo e os fatores determinantes como radiação solar, temperatura do ar e o fotoperíodo (Sentelhas et al., 2017; Santos, 2021). Geralmente ela é obtida por experimentos de campo ou por simuladores de produtividade. Já a produtividade atingível (PA) é obtida considerando os fatores limitantes, já mencionados, e que definem a disponibilidade hídrica para a cultura obtida pelo balanço hídrico, precipitação e a capacidade disponível de água no solo (CAD). Porém, em certos casos, também são incluídos o efeito do déficit nutricional oriunda do déficit hídrico. A PA é obtida também por modelagem, depreciando-se a produtividade potencial pelo déficit hídrico que ocorre ao longo do ciclo.

Além destes níveis, Sentelhas et al. (2017) apresenta outros tipos de produtividades reais, obtidas a nível de talhão (Figura 3), como a irrigada ótima (Plo) e irrigada média (Plm), obtida, respectivamente em áreas de manejo adequado e médio em áreas de produtores que fazem uso da irrigação. Já para áreas de sequeiro, é considerada a produtividade real ótima (PRo) e produtividade real média (PRm) de sequeiro, ambas são obtidas em áreas de produtores, mas com mínimas perdas e perdas médias de produtividade por manejo limitante, respectivamente.

Os fatores que atuam na produtividade real são os mesmos da PP e PA e ainda o manejo agrícola. Importante entender estes conceitos, pois com apoio destes, é possível estimar a eficiência de produção baseada em 2 aspectos. Sendo o primeiro a eficiência climática, obtida pela diferença entre PA e PP, compreendendo a redução da produtividade pelo déficit hídrico, e o segundo, a eficiência de manejo agrícola, estimada pela relação entre PRm e PA. Permitindo assim, entender o ambiente de produção ao qual a soja está inserida.

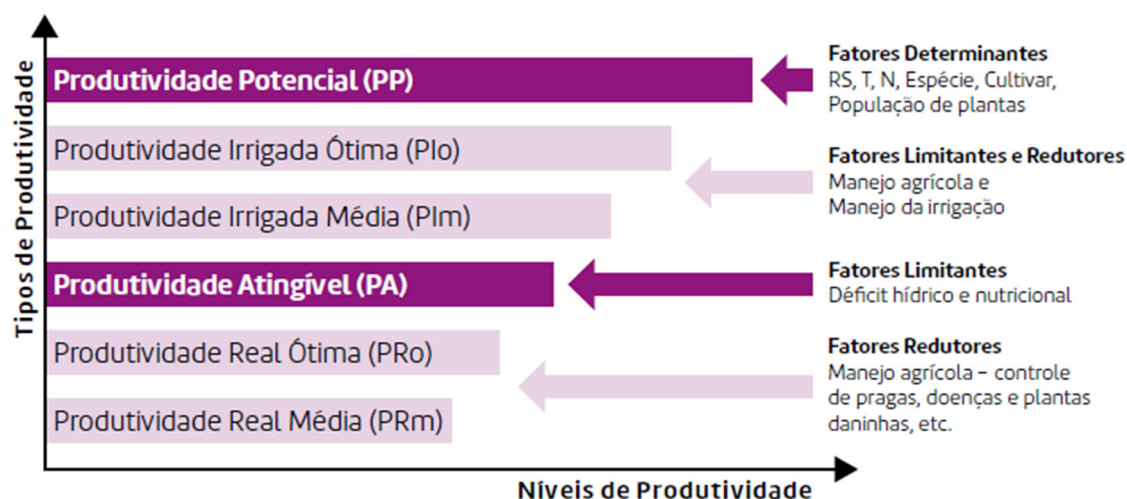


Figura 3. Tipos e níveis de produtividades agrícolas de acordo com seus respectivos fatores determinantes, limitantes e redutores. Fonte: Adaptado de Sentelhas et al. (2017).

Perante as complexas interações entre as culturas e o ambiente em que estão inseridas, a modelagem vem como a ciência baseada na representação simples de um sistema que pode ser composta pelo conjunto de símbolos e relações matemáticas ordenadas logicamente (modelos) capazes de expressar essas interações, ou seja, simplificando, os modelos podem ser apresentados como um conjunto de representações matemáticas ou de equações que buscam expressar as relações que acontecem num sistema real. Um elevado número de processos e um alto grau de complexidade entre seus componentes podem ser descritos e simulados através dessas equações, equipando ferramentas confiáveis para a predição de eventos físicos, químicos e biológicos (Gomes et al., 2014; Ferreira, 2018).

Os modelos de simulação de culturas são ferramentas importantíssimas nos estudos das interações e mudanças no clima e os seus efeitos sobre os diversos cultivos e os possíveis impactos dessas mudanças nas condições ambientais sobre a produtividade. As previsões agrícolas constituem o meio mais importante de servir a agricultura. Além disso, a aplicação de modelos de sistemas agrícolas atualmente representa uma poderosa ferramenta que pode atuar em diversos aspectos como a avaliação de cenários, opções de manejo e extrapolações de resultados experimentais no espaço e no tempo, assim como, para atividades acadêmicas e de ensino, auxílio na pesquisa, sistemas de suporte e gerenciamento de decisões de manejo e também, análise de planejamento estratégico e políticas de gestão, orientando a tomada de decisão (Parizi, 2010; Gomes et al., 2014; Barbieri, 2017; Ferreira, 2018).

Existem modelos desde os mais simples, como os estatísticos, que são mais restritivos, baseando-se apenas nos dados observacionais e levando em consideração apenas as possíveis interações entre os elementos analisados, mas, importantíssimo para consolidação de bases da modelagem na agricultura. Entretanto, há também modelos mais complexos, mais versáteis, com baixa restrição quanto a extrapolação e projeções, como é o caso dos modelos mecanísticos (APSIM, CERES e CSM-CROPGRO-SOYBEAN) e estocásticos (Ferreira, 2018).

Modelos mais complexos passam a considerar fenômenos envolvidos na geração dos processos em si, levam em consideração não só as leis físicas, mas também químicas e biológicas, que regem o comportamento dos processos que por sua vez, são previstos e buscam elucidar as relações de causa e consequência entre seus componentes. Porém, há certas exigências como a maior necessidade de dados para simulação e calibração dos modelos (Parizi, 2010; Ferreira, 2018).

Visto a evolução da tecnologia e de sistemas computacionais, atualmente existem plataformas inteiras desenvolvidas para agrupar diversos modelos de simulação mais precisos e realistas, que vão muito além do simples modelo de predição de produtividade, mas incluindo modelos matemáticos que simulam efeitos de pragas, doenças, plantas espontâneas e defensivos, dinâmica de nutrientes e física do solo em conjunto com a presença da produtividade, assim como, a interação dos fenômenos ENOS na estimativa da produtividade futura (Ferreira, 2018).

Neste cenário, o uso de modelos de simulação de produtividade tem sido utilizado amplamente para avaliar o efeito do clima e de manejos sobre a produtividade. Battisti & Sentelhas (2019) caracterizaram as regiões brasileiras de cultivo de soja pelos padrões de déficit hídrico com base no banco de dados entre o período de 1980 até 2013. Utilizaram o modelo de cultura CSM-CROPGRO-Soybean para simulação da soja em fase de crescimento e desenvolvimento. Através destes dados obteve-se a produtividade potencial e atingível.

Neste estudo, verificou-se produtividades mais estáveis ocorrendo na região com condições climáticas mais propícias e com chuvas mais regulares entre outubro até março (correspondendo as regiões como sul do Pará, norte do Mato Grosso e grande parte de Rondônia), diferente do que foi apresentado no extremo sul e a fronteira leste da produção brasileira de soja, onde houve menor produtividade e maior coeficiente de variação (Battisti & Sentelhas, 2019).

Uma vez que os modelos de cultura diferem na forma e no nível com que simulam processos dinâmicos (balanço hídrico, crescimento e desenvolvimento da cultura) (White et al., 2011), estes geram incertezas relacionadas aos parâmetros e estruturas do modelo (Palosuo et al., 2011). Há modelos mais simples para a soja, por exemplo, como o de Zona Agroecológica da FAO que é utilizado para avaliar a relação entre a produtividade de cultura e as condições climáticas (Doorenbos & Kassam, 1994). Por outro lado, há modelos de cultura complexos que consideram mais detalhes na descrição de todos os processos de cultura, o que aumenta seus possíveis usos para avaliar o desenvolvimento e a produtividade da cultura, como o modelo CROPGRO, que integra os balanços de carbono, nitrogênio e água nos processos de crescimento para estimar a produtividade da soja (Boote et al., 2003).

Além destes, há o modelo AQUACROP (Raes et al., 2012), APSIM (Keating et al., 2003) e MONICA (Nendel et al., 2011) que também se destacam para a cultura da soja para simular crescimento, desenvolvimento e produtividade (Battisti et al., 2018a). Entretanto, é importante mencionar que não há um modelo melhor de desempenho ou totalmente livre de erros (Palosuo et al., 2011). Estudos recentes, sugerem o uso de uma abordagem de multi-modelos com os resultados gerados pelo conjunto (Palosuo et al., 2011; Asseng et al., 2013), reduzindo assim, incertezas e com maior precisão (Battisti et al., 2017b). Já Kothari et al. (2022) observou que a inclusão de um modelo que possui uma boa calibração local na abordagem multi-modelos é essencial para manter a eficiência de simulação.

Além destas incertezas, como há modelos que determinam quebras de produtividade em nível de municípios, temos como limitação, as incertezas associadas às decisões dos produtores durante cada safra (data de semeadura, cultivar de soja utilizada, grupo de maturação, tipo de solo e o perfil tecnológico do agricultor) (Battisti et al., 2017a; Battisti et al., 2018a; Teixeira et al., 2019).

Tratando-se das datas de semeadura, essas são bastante conhecidas ao longo das regiões de produção de soja, porém, o grupo de maturação pode mudar consideravelmente, entre as safras. No país, mais de 300 cultivares estão oficialmente disponíveis para escolha dos produtores, o que dificulta a calibração de um determinado modelo de simulação. A solução para reduzir estas limitações é considerar uma cultivar com grupo de maturação mais utilizado pelos produtores. Já sobre as informações do perfil de solo, não há tantas informações de forma completa (suficiente) para aplicação que aproxime tanto da realidade

local, o que pode gerar uma certa lacuna entre o que é encontrado na simulação e na produtividade real (observada) (Battisti et al., 2018a; Teixeira et al., 2019).

2.4.1 Modelo de Cultura: CSM-CROPGRO-Soybean - DSSAT

O modelo de cultura presente no software Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia (DSSAT), é um sistema que abrange um pacote de software de vários modelos de simulação de cultura controlados por diferentes módulos, que interagindo entre si, e são responsáveis por simular vários processos. O sistema possui diversos módulos, sendo os principais: clima; manejo que considera diversos aspectos como por exemplo: semeadura, colheita, irrigação, fertilidade e matéria orgânica; solo que engloba os seguintes aspectos: dinâmica dos solos, temperatura, balanço de água, carbono e nitrogênio; e planta, responsável por simular o desenvolvimento e crescimento da cultura (Jones et al., 2003).

O módulo de planta CSM-CROPGRO simula o desenvolvimento e crescimento de diferentes safras com um código-fonte comum, mas com diferentes parâmetros de leitura para diferentes cultivares. No arquivo de espécies, existem diversos parâmetros que definem a composição do tecido, crescimento e coeficientes de respiração de manutenção, resposta de CO₂, as temperaturas basais e temperaturas ideais para o desenvolvimento e crescimento da cultura, fotossíntese e fixação de N₂. Para a soja, existem coeficientes no arquivo de ecótipo que definem parâmetros em comum entre cultivares dentro do mesmo grupo de maturidade e que variam com menor frequência (Boote e al., 1998; Jones et al., 2003).

O modelo possui diferentes alternativas para muitos processos de simulação. A evapotranspiração de referência, por exemplo, pode ser estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 1998), e a infiltração de água no solo pelo método de serviço de conservação do solo através do número de curvas do solo (Soil Conservations Service, 1972). Para o balanço hídrico do solo uso a sistema de cascata de Ritchie (1998); abordagem de Suleiman-Ritchie (Suleiman & Ritchie, 2003) para a evaporação do solo, enquanto que para a fotossíntese foi utilizada o método de Boote & Pickering (1994).

Em relação as variações do modelo, estudos de calibração do DSSAT para simulação de produtividade, apresentou acurácia e precisão satisfatória em diversas regiões. Battisti (2016) calibrou o modelo com base nos dados medidos nos experimentos de campo, com a cultivar BRS 284, com grupo de maturação 6,5 e seus respectivos locais: Frederico

Westphalen, RS, Londrina, PR e Piracicaba, SP. Assim como, Teixeira et al. (2019), onde o modelo também foi calibrado com base nos dados de experimentos de campo, com cultivares agrupadas por grupo de maturação semelhante (faixa) para calibração dos parâmetros do DSSAT e seus respectivos locais: 5,0 (5,0), 5,8 (5,5-5,9) para Castro e Mamborê - PR, 7,2 (6,8 – 7,4) e 8,4 (8,3 – 8,5) para Montividiu – GO e Primavera do Leste – MT.

Já para região de baixa latitude, Sampaio et al. (2021) calibrou os parâmetros do DSSAT para os grupos de maturação 7,7 e 8,8, entretanto, para verificar a densidade de semeadura mais adequada em diferentes datas de semeadura ao centro-norte do país, incluindo Porto Nacional – TO, Paragominas - MA, Santarém - PA, Santana do Araguaia - PA, Anapurus - MA e Balsas- MA). Battisti & Sentelhas (2019) ao identificar regiões homogêneas da soja no Brasil, utilizou como parâmetros, os grupos de maturidade relativa da soja 5,8, 6,8 e 7,8 usados para simular a produtividade para as latitudes, respectivamente, 23° e 32°S, 15° e 22,9° S e 4° e 14,9°S.

O DSSAT-CSM-CROGRO-Soja é capaz de simular o crescimento e desenvolvimento da cultura após a calibração. Já que a produtividade de soja apresentou baixo erro e alta concordância entre os valores simulados e medidos nos estudos citados anteriormente. Uma vez que o desempenho de simulação é medido pelas ferramentas estatísticas para aferir a qualidade de ajuste dos modelos, RMSE (Raiz do Erro Quadrático Médio) medido entre o simulado e o real, quanto menor, melhor é o desempenho, enquanto que para o índice de concordância Willmont (d), que confere o grau relativo de concordância entre medidas simuladas e reais, quanto maior, melhor (Ferreira, 2018).

Ao analisar estes índices estatísticos, em diversos estudos, percebe-se certa semelhança entre diversos autores ao redor do Brasil e do mundo, como Boote et al. (2003) com RMSE de 275 kg/ha; Battisti et al. (2017) com RMSE de 548 kg/ha e d=0,93; Teixeira et al. (2019) com (RMSE = 347kg/ha; d=0,96); e Sampaio et al. (2021) com RMSE de 401 kg/ha para GM 7,7 e RMSE de 384 kg/ha para GM 8,8. Produtividades alcançáveis de soja verificados por Battisti e Sentelhas (2019), também apresentaram uma forte correlação para a maioria das zonas homogêneas. Demonstrando assim, que o simulador obteve um desempenho semelhante, se calibrado por cultivar ou por grupo de cultivares com quase o mesmo grupo de maturação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DADOS DE LOCAIS, CLIMA E SOLO

O bioma Cerrado corresponde por 1.390 municípios, ocupando uma área de 2.036.448 km² na região central do Brasil, abrangendo 22% do território nacional (Sano et al., 2008; Melo et al., 2020). Os locais simulados deste projeto foram, respectivamente, os municípios e estados de Alto Parnaíba, MA, Aragarças, GO, Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, Dourados, MS, Formosa, GO, Jataí, GO, João Pinheiro, MG, Peixe, TO, Posse, GO, Poxoréu, MT, Sapezal, MT, Tapurah, MT e Uberaba, MG (Figura 4).

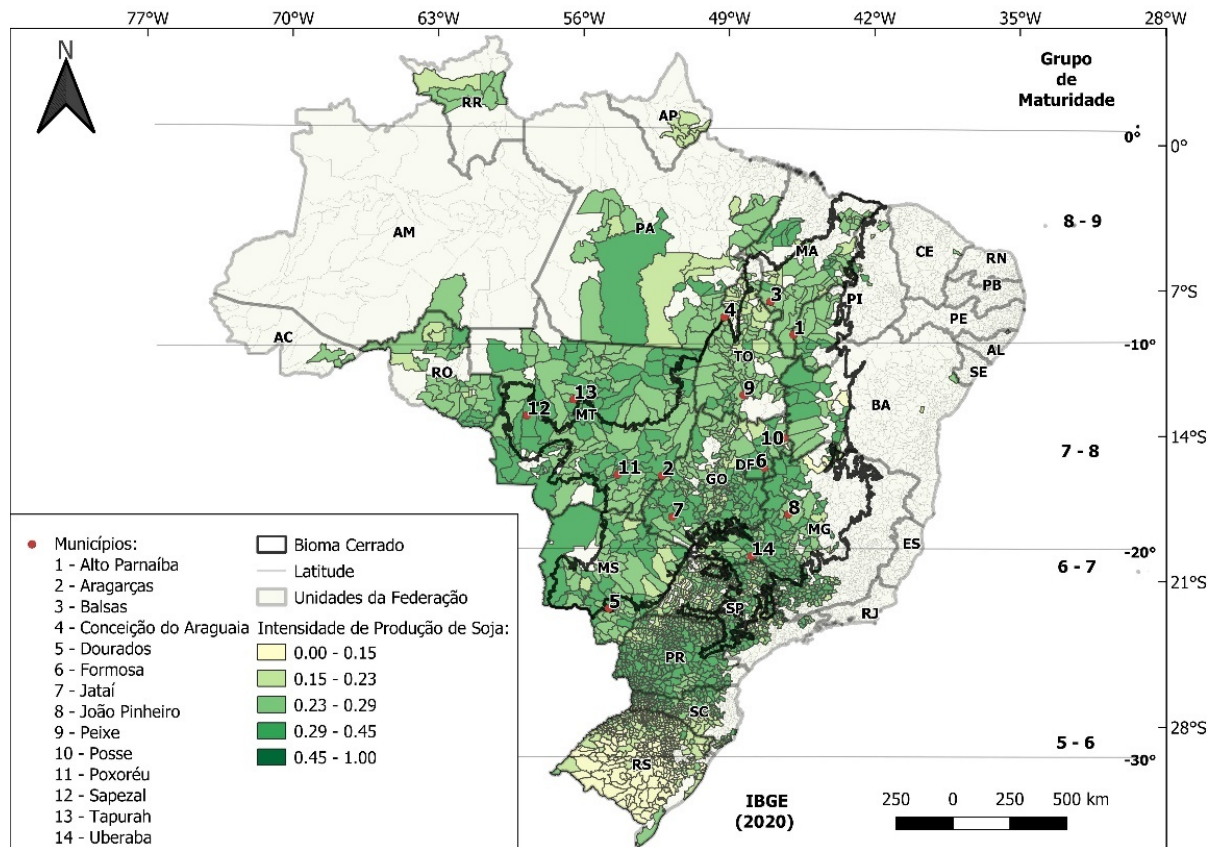


Figura 4. Locais utilizados no estudo para as 60 safras de soja no Cerrado brasileiro. Fonte: Adaptado de IBGE. (2020).

Os 14 locais foram selecionados para representar uma gama de condições climáticas do Cerrado brasileiro e regiões produtoras de soja. O clima na região, segundo Alvares et al. (2013), é caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca e outra

chuvosa. Na classificação de Köppen, o clima é Aw, ou seja, do tipo tropical com inverno seco, ou clima de savana.

Os dados climáticos foram obtidos para o período de 1961 a 2020, totalizando 60 safras, incluindo temperatura máxima e mínima do ar, precipitação pluvial, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa. No intervalo de 1961 e 2016, os elementos climáticos foram obtidos do site brasileiro de serviço meteorológico (INMET, 2021), considerando a ausência de informações das estações, as informações foram complementadas com a base de dados do National Aeronautics and Space Administration/Prediction of Worldwide Energy Resources (NASA POWER, 2022) até 2020. O clima base assume CO₂ atmosférico constante no valor de 380 ppm (National Oceanic and Atmospheric Administration's/Earth System Research Laboratory – NOAA/ESRL, 2021).

Para cada local utilizou-se três tipos de solos para simulação de produtividade, buscando representar à grande variabilidade de solos mesmo dentro do espaço territorial de um município, como apresentado no mapa de solos do IBGE (2021). Para isso foram utilizados os solos de textura argilosa, argilo-arenosa e franco-arenosa, obtidos em Battisti e Sentelhas (2019).

Tabela 1. Textura e características hidráulicas de solos argilosos, argilo-arenosos e franco-arenosos utilizados durante as simulações de safra no cerrado brasileiro.

Camada (cm)	Argila	Silte %	Areia	SAT ¹	CC ² cm ³ cm ⁻³	PMP ³	DS ⁴ Mg m ⁻³	Ksc ⁵ mm/h
Argilosa								
0 - 15	75	16	9	0,578	0,458	0,296	1,15	34
15 - 30	77	15	8	0,582	0,453	0,298	1,15	11
30 - 200	81	12	7	0,622	0,488	0,284	1,3	53
Argilo-arenosa								
0 - 15	41	11	48	0,438	0,26	0,16	1,35	67
15 - 30	41	11	48	0,438	0,26	0,16	1,35	30
30 - 200	41	11	48	0,389	0,26	0,16	1,50	67
Franco-arenosa								
0 - 15	19	2	79	0,387	0,13	0,07	1,55	150
15 - 30	19	2	79	0,387	0,13	0,07	1,55	94
30 - 200	19	2	79	0,343	0,13	0,07	1,70	150

¹SAS (ponto de saturação de água no solo); ²CC (capacidade de campo); ³PMP (ponto de murcha permanente); ⁴DS (densidade do solo); ⁵Ksc (condutividade saturada do solo). Fonte: Adaptado de Battisti & Sentelhas (2019).

3.2 MODELO DE CULTURA

As simulações de produtividade foram realizadas no modelo de simulação de cultura – CROPGRO – Soja, presente no software Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia (Boote et al., 1998, 2003; Jones et al., 2003) denominado por DSSAT.

O modelo foi escolhido visto a melhor performance, se comparado a outros modelos, como melhor desempenho ao estimar datas das fases fenológicas (coeficientes de sensibilidade tempo térmico e do fotoperíodo), com RMSE inferior a 5 dias na maturidade (R7). DSSAT também considera a influência do déficit hídrico e da limitação do nitrogênio na taxa de desenvolvimento da cultura (Sepecht et al., 2001), contribuindo para reduções dos erros de produção de biomassa e grãos (Ruíz-Nogueira et al., 2001; Battisti et al., 2017b), inclusive sobre a relação entre a duração da fase de crescimento e temperatura do ar extrema, foi melhor descrita por um grupo de modelos, incluindo DSSAT (Kothari et al., 2022).

Além disso, proporciona clara correlação entre os índices de colheita medidos e simulados, RMSE menor para o índice de área foliar. Tratando-se de rendimento de grãos da cultura, quando comparado ao modelo APSIM, em fase completa de calibração, exibe RMSE menor e d maior (Battisti et al., 2017b). Por fim, DSSAT apresenta robustez nas avaliações (Purcell et al., 2004), quando previamente calibrado e com maior número de dados experimentais independentes (Ruíz-Nogueira et al., 2001; Mavromatis et al., 2002; Archontoulis et al. 2014, Gaydon et al., 2017; Kothari et al., 2022).

Os parâmetros do modelo foram calibrados previamente (Tabela 2), considerando os resultados obtidos em campo, baseado nas medidas de crescimento (índice de área foliar, massa seca de folha, caule e vagem, largura e altura da planta), variáveis obtidas na colheita (índice de colheita, massa do grão, número de vagens e grãos) e de desenvolvimento da cultura (floração, 1º legume, 1º semente e maturação fisiológica). Detalhes sobre os experimentos e as calibrações podem ser obtidos em Battisti (2016), Battisti & Sentelhas (2017), Teixeira et al. (2019) e Sampaio et al. (2021).

Os grupos de maturação para o Cerrado foram utilizados conforme Embrapa Soja (2016, 2018), e resultados previamente obtidos por Battisti (2016), Battisti & Sentelhas

(2017), Teixeira et al. (2019) e Sampaio et al. (2021) (Tabela 3). Por fim, considerando índices estatísticos mais precisos como RMSE de 347 kg/ha (Teixeira et al., 2019) e d variando de 0, 93 (Battisti et al., 2017) a 0,96 (Teixeira et al., 2019).

As simulações consideraram datas de semeadura divididas em decêndios, abrangendo intervalos para região centro-sul (latitudes mais elevadas) de 11/09 até 31/12. Já para a região norte, cujas latitudes são menores, o intervalo de semeadura foi de 11/10 até 28/02. Essas datas seguiram as portarias do Zoneamento de Risco Agroclimático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2021), dos respectivos municípios selecionados, considerando a janela máxima de semeadura possível para a soja no Brasil (Tabela 4). Para cada local foram selecionados três grupos de maturação conforme a adaptabilidade local e disponibilidade de calibração para o modelo (Tabela 5).

Tabela 2. Definições dos coeficientes utilizados no CSM-CROPGRO-Soja para simular o crescimento e o desenvolvimento da cultura da soja específico por cultivar.

Característica	Definição de coeficientes
CSDL	Duração curta crítica do dia abaixo da qual o desenvolvimento reprodutivo progride sem efeito de duração do dia (para plantas de dia curto) (h)
PPSEN	Inclinação da resposta relativa de desenvolvimento ao fotoperíodo com o tempo (positivo para plantas de dia curto) (1/h)
EM-FL	Tempo entre a emergência da planta e o aparecimento da flor (R1) (PTD ²)
FL-SH	Tempo entre a primeira flor e a primeira vagem (R3) (PTD)
FL-SD	Tempo entre a primeira flor e a primeira semente (R5) (PTD)
SD-PM	Tempo entre a primeira semente (R5) e a maturidade fisiológica (R7) (PTD)
FL-LF	Tempo entre a primeira flor (R1) e o final da expansão foliar (PTD)
LFMAX	Taxa máxima de fotossíntese foliar a 30°C, 350 vpm CO ₂ e alta luz (mg CO ₂ /m ² s ¹)
SLAVR	Área foliar específica da cultivar sob condições de crescimento padrão (cm ² /g)
SIZELF	Tamanho máximo da folha inteira (três folíolos) (cm ²)
XFRT	Fração máxima de crescimento diário que é particionada na casca da semente
WTPSD	Peso máximo por semente (g)
SFDUR	Duração do enchimento de sementes para colheita em condições de crescimento padrão (PTD)
SDPDV	Média de sementes por vagem em condições de crescimento padrão (n°/vagem)
PODUR	Tempo necessário para a cultivar atingir o peso final da vagem abaixo de condições ideais (PTD)
THRSH	Porcentagem de debulha, proporção máxima (semente/semente + casca) em maturidade
SDPRO	Fração de proteína em sementes (g(proteína)/ g(semente))
SDLIP	Óleo de fração em sementes (g(óleo)/ g(semente))
FL-VS	Tempo desde a primeira flor até a última folha do caule principal (dias fototérmicos)

Característica	Definição de coeficientes
RHGH	Altura relativa deste ecótipo em comparação com a altura padrão por nó definido no arquivo de espécies
	Fator de crescimento da raiz no solo
	Camada 1 (0 - 5 cm)
	Camada 2 (5 - 15 cm)
	Camada 3 (15 - 30 cm)
	Camada 4 (30 - 40 cm)
SRGF	Camada 5 (40 - 50 cm)
	Camada 6 (50 - 60 cm)
	Camada 7 (60 - 70 cm)
	Camada 8 (70 - 100 cm)
	Camada 9 (100 - 125 cm)
	Camada 10 (125 - 150 cm)

Fonte: Adaptado de Boote et al. (2001; 2003).

Tabela 3. Valores dos coeficientes utilizados no CSM-CROPGRO-Soja para os diferentes grupos de maturação (MG), sendo 5,8, 6,5, 6,8, 7,2, 7,8, 8,4 e 8,8.

Coeficiente	MG 5,8	MG 6,5	MG 6,8	MG 7,2	MG 7,7	MG 7,8	MG 8,4	MG 8,8
CSDL	12,68	13	12,43	12,1	11,8	12,17	12	11,5
PPSEN	0,306	0,369	0,315	0,345	0,325	0,325	0,35	0,34
EM-FL	17,5	24,7	19,5	25	25	21	22,5	24,5
FL-SH	6	6,5	6,5	5,5	5	6,5	5	8,2
FL-SD	16	18,5	17,5	10	10,5	18	9	12
SD-PM	26	30	29	27	27,5	30	27	25
FL-LF	24	26	26	20	22	26	18	18
LFMAX	1,12	1,12	1,12	1,03	1,2	1,12	1,03	1,17
SLAVR	340	340	340	340	365	340	320	388
SIZELF	185	185	185	180	230	185	180	216
XFRT	1	1	1	1	1	1	1	1
WTPSD	0,21	0,21	0,21	0,21	0,15	0,21	0,21	0,16
SFDUR	23	23	23	23	18,2	23	23	25
SDPDV	2,3	2,3	2,3	2,3	2	2,3	2,3	2
PODUR	12	12	12	12	10	12	12	10
THRSH	74	74	74	74	76	74	74	78
SDPRO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
SDLIP	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
FL-VS	26	26	26	-	6	26	-	6
RHGH	1	1	1	1	1	1	1	1
SRGF								
0 – 5 cm	1	1	1	1	1	1	1	1
5 – 15 cm	1	1	1	1	1	1	1	1
15 – 30 cm	0,18	0,42	0,18	0,42	0,42	0,18	0,42	0,42

Coeficiente	MG 5,8	MG 6,5	MG 6,8	MG 7,2	MG 7,7	MG 7,8	MG 8,4	MG 8,8
30 – 40 cm	0,09	0,34	0,09	0,34	0,34	0,09	0,34	0,34
40 – 50 cm	0,05	0,23	0,05	0,23	0,23	0,05	0,23	0,23
50 – 60 cm	0,02	0,2	0,02	0,2	0,2	0,02	0,2	0,2
60 – 70 cm	0,01	0,18	0,01	0,18	0,18	0,01	0,18	0,18
70 – 100 cm	0	0,16	0	0,16	0,16	0	0,16	0,16
100 – 125 cm	0	0,04	0	0,04	0,04	0	0,04	0,04
125 – 150 cm	0	0,04	0	0,04	0,04	0	0,04	0,04

Fonte: Adaptado de Boote et al. (2001; 2003); Battisti (2016), Battisti & Sentelhas (2017), Teixeira et al. (2019) e Sampaio et al. (2021).

Tabela 4. Janela de semeadura para a cultura da soja utilizada na simulação de produtividade para os diferentes municípios.

	Datas de Semeadura																	
Decêndios	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
Dia	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	
Mês	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	1	1	1	2	2	2	
Município/UF																		
Alto Parnaíba/MA																		
Aragarças/GO																		
Balsas/MA																		
Conceição do Araguaia/PA																		
Dourados/MS																		
Formosa/GO																		
Jataí/GO																		
João Pinheiro/MG																		
Peixe/TO																		
Posse/GO																		
Poxoréu/MT																		
Sapezal/MT																		
Tapurah/MT																		
Uberaba/MG																		

Fonte: Adaptado de MAPA (2021).

Tabela 5. Grupos de maturação utilizados para a simulação de produtividade para os diferentes municípios.

Município/UF	Grupos de Maturação							
	5.8	6.5	6.8	7.2	7.7	7.8	8.4	8.8
Alto Parnaíba/MA								
Aragarças/GO								
Balsas/MA								
Conceição do Araguaia/PA								
Dourados/MS								
Formosa/GO								
Jataí/GO								

Município/UF	Grupos de Maturação							
	5.8	6.5	6.8	7.2	7.7	7.8	8.4	8.8
João Pinheiro/MG								
Peixe/TO								
Posse/GO								
Poxoréu/MT								
Sapezal/MT								
Tapurah/MT								
Uberaba/MG								

Fonte: Adaptado de Boote et al. (2001; 2003); Battisti (2016), Battisti & Sentelhas (2017), Teixeira et al. (2019) e Sampaio et al. (2021).

3.3 RELAÇÃO DO FENÔMENO ENOS COM A PRODUTIVIDADE

As produtividades simuladas e as condições climáticas foram analisadas em função da data de semeadura com a classificação qualitativa do fenômeno ENOS. Para organização destes agrupamentos, utilizou-se os valores do índice de anomalia de temperatura da superfície do mar na escala trimestral junto ao site da National Weather Service Climate Prediction Center (NOAA, 2021), durante o intervalo de 1961 e 2020. Os valores correspondem a medida realizada na região Niño 3.4, com a condição de neutralidade, El Niño ou La Niña. Quando estes índices seguem uma sequência mínima de 5 trimestres consecutivos de valores dentro do intervalo -0,5 e +0,5 é considerado como neutro, superiores ou iguais a 0,5 e inferiores ou iguais a -0,5, são classificados como El Niño e La Niña, respectivamente.

O índice Oceânico Niño (ION) foi classificado por sua intensidade, assim, após a identificação do evento, podemos classificá-los como fraca, moderada, forte e muito forte (Tabela 6). Um evento é categorizado por sua intensidade quando é igualado ou excedido o limite por pelo menos 3 períodos consecutivos de 3 meses sobrepostos (GOLDEN GATE WEATHER SERVICES, 2022). Para a caracterização do fenômeno, avaliou-se durante os períodos de safra, os valores consecutivos e nos casos que não houveram, foi considerado a média dos 3 maiores valores de cada intervalo, correspondentes ao período de 1961 até 2020, separados em anos de El Niño, La Niña e Neutralidade.

Tabela 6. Classificação da intensidade do índice ION.

Eventos	ION	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	1,5 a 1,9	Forte
	≥ 2,0	Muito Forte

Eventos	IONS	Intensidade
La Niña	- 0,5 a - 0,9	Fraca
	-1,0 a - 1,4	Moderada
	-1,5 a -1,9	Forte
	$\leq -2,0$	Muito Forte

Fonte: Golden Gate Weather Services (2022).

As safras foram agrupadas de acordo com a classificação ENOS (La Niña, Neutro e El Niño). Para constatação das anomalias, em cada fase do ENOS, local e data de semeadura, a produtividade média decenal da soja subtraiu-se de suas respectivas médias gerais (local e solo) (Equação 1). Tal anomalia, caso identificada, permitirá mensurar o grau de impacto gerado pelas fases do ENOS em uma determinada data de semeadura, local, solo e safra. Uma anomalia positiva corresponderá a um acréscimo de produtividade nessa fase ENOS, enquanto uma negativa corresponderá a um decréscimo de produtividade (Nóia Junior et al., 2019).

$$\pm \text{Anomalia} = \left[\left(\frac{\bar{X} \text{ Produtividade Local Fase ENOS e Textura de Solo}}{\bar{X} \text{ Produtividade Local e Textura de Solo}} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (1)$$

O Microsoft Excel foi utilizado nas etapas iniciais de inserção dos dados e estatísticas descritivas, posteriormente, foram exportados para o SISVAR (Ferreira, 2011) e submetidos à análise de variância com comparação e classificação de médias pelo método de Scott & Knott, (1974), à 5% de probabilidade.

O programa estatístico R (R Core Team, 2022) também foi utilizado para a construção de gráficos em boxplot para caracterização dos elementos climáticos, assim como, a produtividade em cada fase ENOS e município. Para cada parâmetro foram tabulados os valores em quartis, médias, medianas, valores mínimos e máximos.

4 RESULTADOS

4.1 FREQUÊNCIA DO FENÔMENO

Na Figura 5 são apresentadas as ocorrências de eventos El Niño, La Niña e neutralidade entre 1961 e 2020. Nesse período, ocorreram eventos ENOS em 70% dos anos, sendo 35% de El Niño e 35% de La Niña, totalizando 42 eventos. Durante essas fases, ocorreram 4 eventos de El Niño de intensidade muito forte (19%), 3 de intensidade forte (14%), 6 de intensidade moderada (29%) e 8 de intensidade fraca (38%). Já para La Niña, ocorreram 7 eventos de intensidade forte (33%), 5 de intensidade moderada (24%) e 9 de intensidade fraca (43%).

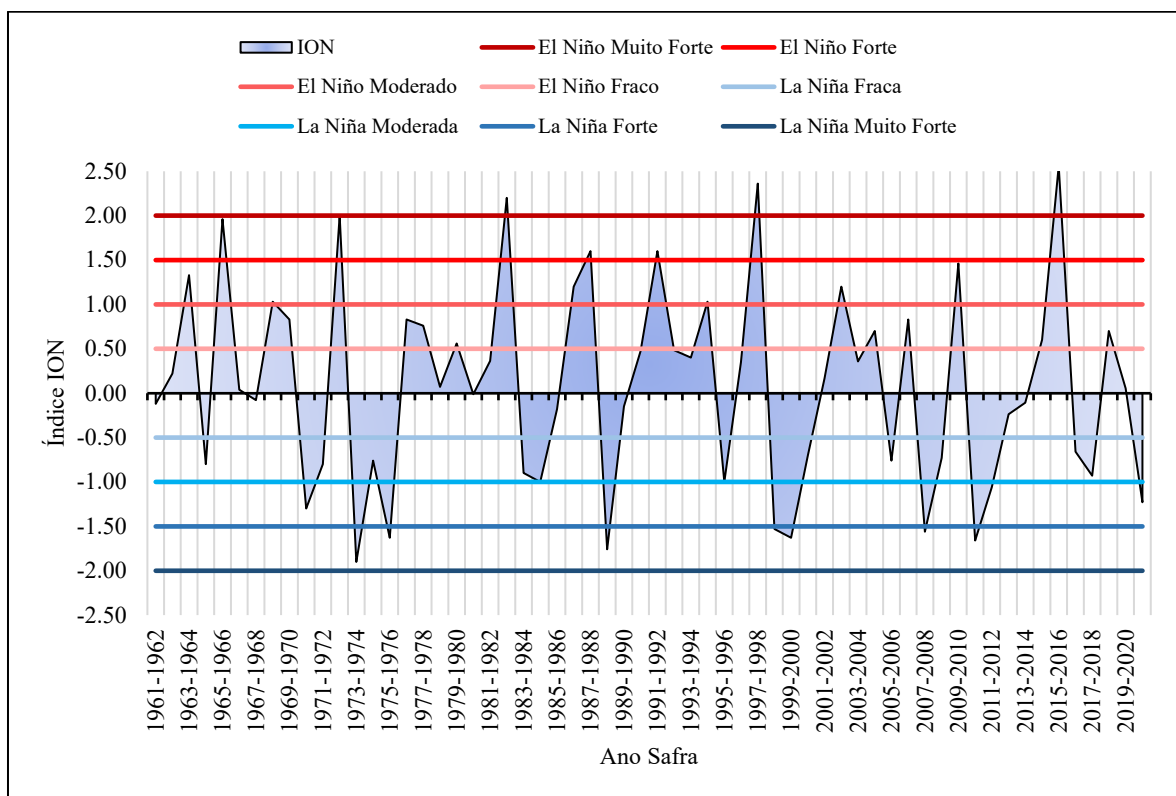


Figura 5. Caracterização do Fenômeno ENOS durante o período de 1961 e 2020. Fonte: Adaptado de National Weather Service Climate Prediction (2021) & Golden Gate Weather Services (2022).

Os eventos mais curtos duraram 5 meses, com 3 episódios de El Niño nos períodos de 1977 até 1980 e de 2006 até 2007, e 3 episódios de La Niña, que ocorreram entre

1983/1984, 2005/2006 e 2008/2009. Em relação ao evento mais longo, este ocorreu durante o evento La Niña, entre os anos de 1998 e 2001 com duração de 32 meses (Tabela 7).

Tabela 7. Duração em meses de cada fenômeno ENOS ao longo da série de 1961 até 2020.

Anos	Evento	Início/Fim	Duração (meses)
1959/1963	Neutro	abr/mai	50
1963/1964	El Niño	jun/fev	9
1964/1965	La Niña	mai/jan	9
1965/1966	El Niño	mai/abr	12
1966/1968	Neutro	mai/set	29
1968/1969	El Niño	out/mai	8
1969/1970	El Niño	ago/jan	6
1970/1972	La Niña	jul/jan	19
1972/1973	El Niño	mai/mar	11
1973/1974	La Niña	mai/jul	15
1974/1976	La Niña	out/abr	19
1976/1977	El Niño	set/fev	6
1977	Neutro	mar/ago	6
1977/1978	El Niño	set/jan	5
1978/1979	Neutro	fev/set	20
1979/1980	El Niño	out/fev	5
1980/1982	Neutro	mar/mar	25
1982/1983	El Niño	abr/jun	15
1983/1984	La Niña	set/jan	5
1984	Neutro	fev/set	8
1984/1985	La Niña	out/ago	11
1985/1986	Neutro	set/ago	12
1986/1988	El Niño	set/fev	18
1988/1989	La Niña	mai/mai	13
1989/1991	Neutro	jun/abr	23
1991/1992	El Niño	mai/jun	14
1992/1994	Neutro	jul/ago	26
1994/1995	El Niño	set/mar	7
1995/1996	La Niña	ago/mar	8
1996/1997	Neutro	abr/abr	13
1997/1998	El Niño	mai/mai	13
1998/2001	La Niña	jul/fev	32
2001/2002	Neutro	mar/mai	15
2002/2003	El Niño	jun/fev	9
2003/2004	Neutro	mar/jun	16
2004/2005	El Niño	jun/fev	8
2005	Neutro	mar/out	8
2005/2006	La Niña	nov/mar	5
2006	Neutro	abr/ago	5

Anos	Evento	Início/Fim	Duração (meses)
2006/2007	El Niño	set/jan	5
2007/2008	La Niña	jun/jun	13
2008/2009	La Niña	nov/mar	5
2009/2010	El Niño	jul/mar	9
2010/2011	La Niña	jun/mai	12
2011/2012	La Niña	jul/abr	10
2012/2014	Neutro	mai/set	29
2014/2016	El Niño	out/abr	19
2016/2017	La Niña	ago/dez	5
2017	Neutro	jan/set	9
2017/2018	La Niña	out/abr	7
2018/2019	El Niño	set/jun	10
2019/2020	Neutro	jul/jul	13
2020/2021	La Niña	ago/mai	10

4.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

As simulações do programa DSSAT possibilitaram avaliar as tendências da variabilidade dos elementos climáticos, incluindo temperatura do ar máxima e mínima em termos médios, radiação solar média, precipitação acumulada e evapotranspiração total ao longo do ciclo considerando as 60 safras de simulação em cada município. Posteriormente, estes dados foram agrupados considerando a classificação de cada fase ENOS conforme NOAA (2021).

4.2.1 Temperatura do ar máxima média

No decorrer da série histórica de 1961 a 2020, no que concerne à variabilidade de temperatura do ar máxima média, analisados em cada fase ENOS, podemos destacar que houve tendências distintas em diferentes locais dentro do bioma Cerrado, confirmado pelo intervalo interquartil de 25% e 75% percentis (Figura 6).

Os eventos de El Niño apresentaram intervalo interquartil de 25% e 75% percentis de 0,7 °C no município de Alto Parnaíba, MA, até o intervalo interquartil de 1,9 °C em Posse, GO. Quanto aos valores extremos, a temperatura do ar máxima média com valores mais baixos ocorreu nos municípios de Formosa, GO (26 °C), Posse, GO (27 °C) e João Pinheiro, MG (28 °C). Já em relação aos municípios que se destacaram com temperatura do ar máxima

média maior foram, Balsas, MA (36 °C), Aragarças, GO, e Alto Parnaíba, MA, ambas com 35°C.

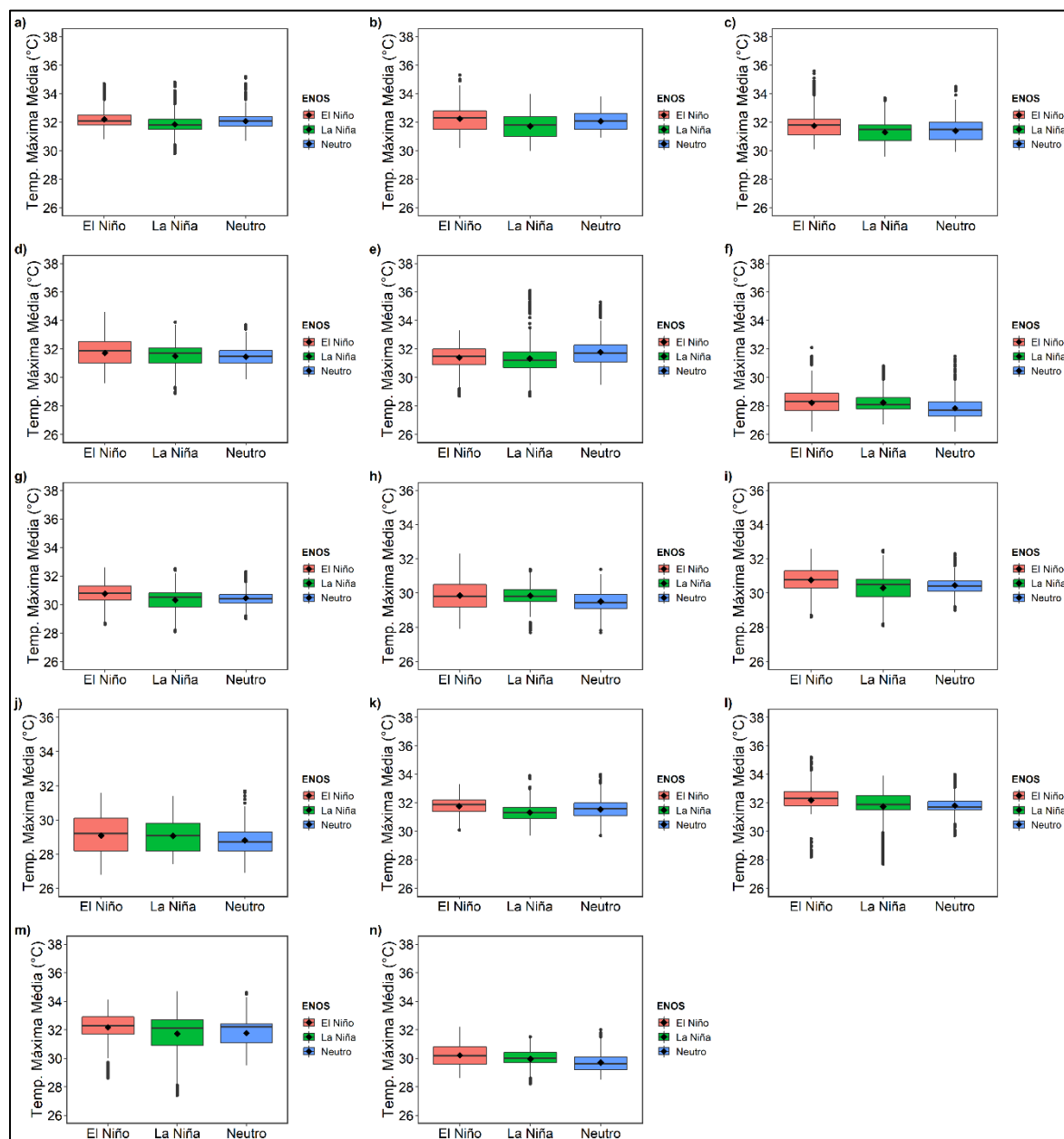


Figura 6. Temperatura do ar máxima média (°C) obtida em cada uma das 60 safras de simulação em diferentes fases do ENOS para Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Já os eventos de La Niña, apresentaram um intervalo interquartil de 25% e 75% percentis de 0,7 °C nos municípios de Alto Parnaíba, MA, João Pinheiro, MG e Uberaba, MG, até o intervalo máximo de 1,8 °C em Tapurah, MT. Quanto aos extremos, a temperatura

do ar máxima média com valor mais baixo (27 °C) ocorreu nos municípios de Formosa, GO, Posse, GO e Tapurah, MT. Já em relação aos municípios que se destacaram com temperatura do ar máxima média maior foram Dourados, MS (36 °C), Alto Parnaíba, MA e Tapurah, MT, ambos com 35 °C (Figura 6).

Em neutralidade, alcançou um intervalo interquartil de 25% e 75% percentis de 0,6 °C nos municípios de Jataí, GO, e Sapezal, MT, até o intervalo máximo de 1,3 °C em Tapurah, MT. Quanto aos extremos, a temperatura do ar máxima média com valores mais baixos ocorreu nos municípios de Formosa, GO e Posse, GO, ambos com 26 °C, e Uberaba, MG com 29 °C (Figura 6). Já em relação aos municípios que se destacaram com temperatura do ar máxima média maior foram Dourados, MS, Alto Parnaíba, MA, e Tapurah/MT, com 35 °C.

Independente das fases ENOS, ao que tange sobre as médias e medianas da temperatura do ar máxima média, ambas obtiveram os menores valores nos municípios de Formosa, GO, Posse, GO e João Pinheiro, MG, com 28,23 °C, 29,08 °C e 29,85 °C, respectivamente. Já a temperatura do ar máxima média maior foi de aproximadamente 32 °C, mas divergiram na ordem decrescente dos municípios. Em El Niño, por exemplo, ocorreu nos municípios de Aragarças, GO, Alto Parnaíba, MA, Sapezal, MT, e Tapurah, MT. Em La Niña, para os municípios de Aragarças, GO, Alto Parnaíba, MA e Tapurah, MT. Por fim, em neutralidade para Aragarças, GO, Alto Parnaíba, MA e Tapurah, MT.

Em relação a variação geral do bioma Cerrado sobre o elemento climático temperatura do ar máxima média, em fase de El Niño, obtivemos uma média de 31,22 °C, com coeficiente de variação baixo, de 1,95%. Apesar da baixa variação, houve diferenças significativas entre as médias dos municípios. Aragarças, GO, foi o município que atingiu a maior média, divergindo estatisticamente dos demais. Alto Parnaíba, MA, Sapezal, MT e Tapurah, MT, obtiveram médias semelhantes, assim como, Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, e Poxoréu, MT. Por fim, Posse é o município com a menor média máxima de temperatura do ar durante essa fase (Apêndice A).

Já em fase de La Niña, a média geral foi menor, de 30,94 °C, com coeficiente de variação mais elevado em relação ao El Niño, de 2,44%. Entretanto, apesar da variação mais alta, houve maior quantidade de municípios que não divergiram entre si. Alto Parnaíba, MA, e Peixe, TO, se destacaram com as maiores médias. Aragarças, GO, Sapezal, MT, e Tapurah, MT, obtiveram médias semelhantes, assim como, Balsas, MA, Dourados, MS, e Poxoréu, MT. No final, Formosa, GO, resultou em menor média máxima (Apêndice B).

Em neutralidade, a média geral foi de 30,97 °C, semelhante ao La Niña, entretanto, com coeficiente de variação mais baixo, de 1,83%. Ao que tange aos maiores valores médios de temperatura do ar máxima, Alto Parnaíba, MA, e Aragarças, GO, se destacaram, diferindo dos demais municípios. Dourados, MS, e Sapezal, MT, obtiveram médias semelhantes, assim como, Peixe, TO, e Balsas, MA. Formosa, GO, novamente, alcançou a menor média (Apêndice C).

Ao que tange as tendências das fases do fenômeno ENOS em nível de município, também houve diferenças significativas estatisticamente entre os valores médios, tanto para El Niño e La Niña, quanto em neutralidade, exceto, para os municípios de Formosa, GO, João Pinheiro, MG, e Posse, GO, em que El Niño e La Niña obtiveram médias semelhantes e maiores. Já em Conceição do Araguaia, PA, Peixe, TO, e Tapurah, MT, La Niña e Neutralidade também não divergiram entre si, apesar dos menores valores. Não houve caracterização expressiva entre as médias gerais e coeficiente de variação. No entanto, as médias variaram de 28,23 °C (Formosa, GO) e aproximadamente 32,00 °C (Alto Parnaíba, MA, Aragarças, GO, Dourados, MS, Peixe, TO, Poxoréu, MT, Sapezal, MT, e Tapurah, MT). Por fim, em relação aos coeficientes de variação, estes variaram entre 2,07%, em Alto Parnaíba, MA, e 3,71%, no município de Tapurah, MT (Apêndice D).

Em El Niño, grande parte dos locais obtiveram maiores médias de temperatura máxima do ar, como: Alto Parnaíba, MA, Aragarças, GO, Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, Jataí, GO, Peixe, TO, Poxoréu, MT, Sapezal, MT, Tapurah, MT, e Uberaba, MG. Resultaram em maiores médias independente da fase El Niño ou La Niña, os municípios de Formosa, GO, João Pinheiro, MG, e Posse, GO. Enquanto que apenas Dourados, MS, resultou em maior média em neutralidade, se comparado com as fases ENOS.

4.2.2 Temperatura do ar mínima média

Em relação as temperatura do ar mínima média, durante os eventos de El Niño obteve-se um intervalo interquartil de 25% e 75% percentis de 0,7 °C no município de Peixe, TO, até o intervalo máximo de 2,3 °C em João Pinheiro, MG (Figura 7). Quanto aos extremos, a temperatura do ar mínima média com valores menores ocorreu nos municípios de Tapurah, MT e Poxoréu, MT, ambos com 14 °C, e Jataí, GO, com 15 °C. Já em relação aos municípios que se destacaram com temperatura do ar mínima média maior foram, Balsas, MA (24°C), Alto Parnaíba, MA e Aragarças, GO, ambos com 23 °C.

Por outro lado, eventos de La Niña, resultaram em intervalo interquartil de 0,5 °C no município de Sapezal, MT, e de 2,4 °C, em João Pinheiro, MG (Figura 7). A temperatura do ar mínima média menor, de 14°C, ocorreu nos municípios de João Pinheiro, MG, Poxoréu, MT e Sapezal, MT. Já em relação aos municípios que se destacaram com temperatura do ar mínima média maior foram Conceição do Araguaia, PA (25 °C), Peixe, TO (24 °C), Balsas, MA e Tapurah, MT, ambos com 23 °C.

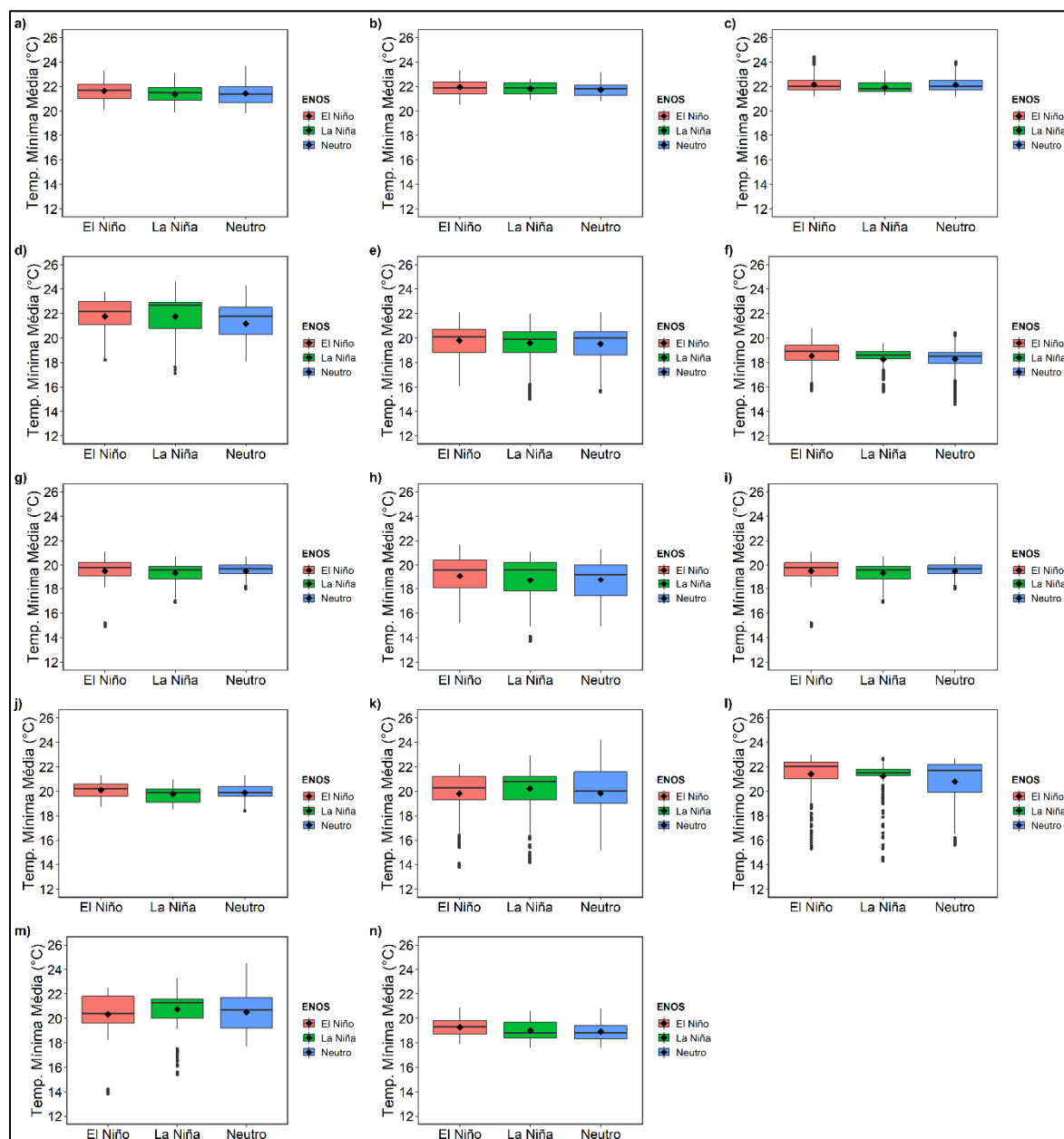


Figura 7. Temperatura do ar mínima média (°C) obtida em cada uma das 60 safras de simulação em diferentes fases do ENOS para os locais de Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Em neutralidade, a temperatura do ar mínima média alcançou o intervalo interquartil de 25% e 75% percentis de 0,7 °C nos municípios de Jataí, GO, e Peixe, TO, até o intervalo máximo de 2,6 °C em João Pinheiro, MG e Poxoréu, MT (Figura 7). A temperatura do ar mínima média com valor mais baixo (15 °C) ocorreu nos municípios de Formosa, GO, João Pinheiro, MG e Poxoréu, MT. Já em relação aos municípios que se destacaram a maior média, foram Tapurah, MT (25 °C), Conceição do Araguaia, PA e Poxoréu, MT, ambos com 24 °C.

Independente das fases ENOS, em relação as médias e medianas para temperatura do ar mínima média, os menores valores ocorreram nos municípios de Formosa, GO (18 °C), Uberaba, MG (19 °C) e João Pinheiro, MG (19 °C). Já a temperatura do ar mínima média maior foi de 22 °C, nos municípios de Conceição do Araguaia, PA (exceto em neutralidade), Peixe, TO, Balsas, MA e Aragarças, GO (Figura 7).

Em relação a variação geral no bioma Cerrado sobre a temperatura do ar mínima média, em fase de El Niño, obtiveram uma média de 20,66 °C, com coeficiente de variação baixo, de 4,40%. Apesar da baixa variação, houve diferenças significativas entre as médias dos municípios. Balsas, MA, e Peixe, TO, foram os municípios que atingiram a maior média, divergindo estatisticamente dos demais. Dourados, MS, e Poxoréu, MT, obtiveram médias semelhantes. Por fim, Formosa, GO, foi o município com a menor média para temperatura do ar mínima durante essa fase (Apêndice A).

Em fase de La Niña, a média geral foi similar ao El Niño, com 20,52 °C, com coeficiente de variação de 4,09%. Entretanto, apesar do coeficiente de variação mais baixo, houve maior quantidade de municípios que divergiram entre si. Apenas Balsas, MA, e Peixe, TO, se destacaram com as maiores médias mínimas. Já Formosa, GO, obteve menor média para temperatura do ar mínima (Apêndice B).

Em neutralidade, a média geral para temperatura do ar mínima foi de 20,44 °C, semelhante ao La Niña e El Niño, entretanto, com coeficiente de variação intermediário em relação aos eventos ENOS, com 4,30%. Balsas, MA, foi o município que se destacou com a maior média, divergindo estatisticamente dos demais. Dourados, MS, e João Pinheiro, MG, obtiveram médias semelhantes, assim como, Posse, GO, e Poxoréu, MT. Formosa, GO novamente, alcançou a menor temperatura do ar mínima média (Apêndice C).

Em relação as tendências das fases do fenômeno ENOS em nível de município, houve diferenças significativas estatisticamente entre os valores médios para temperatura do ar mínima para El Niño, La Niña e neutralidade, exceto, para os municípios de Balsas, MA,

Jataí, GO, e Poxoréu, MT, cujo El Niño e neutralidade obtiveram médias semelhantes, diferente de Conceição do Araguaia, PA, cujas fases El Niño e La Niña não divergiram entre si, apesar dos maiores valores. As médias para temperatura do ar mínima variaram de 18,36 °C (Formosa, GO) até 22,0 °C (Balsas, MA, e Peixe, TO), com os coeficientes de variação de 2,2% (Aragarças, GO) até 9,15% (Poxoréu, MT) (Apêndice D).

Para a fase El Niño observou-se maiores médias de temperatura do ar mínima, para Alto Parnaíba, MA, Aragarças, GO, Dourados, MS, Formosa, GO, João Pinheiro, MG, Peixe, TO, Posse, GO, Sapezal, MT, e Uberaba, MG. Enquanto que apenas Conceição do Araguaia, PA, resultou em maior média, independente da fase El Niño ou La Niña. Já os municípios de Balsas, MA, e Jataí, GO, apresentaram as maiores médias para temperatura do ar mínima em El Niño e em Neutralidade. Por outro lado, La Niña, culminou maiores médias para temperatura do ar mínima em Poxoréu, MT, e Tapurah, MT.

4.2.3 Radiação solar

No que se refere ao elemento climático radiação solar, durante a série histórica, houve tendências distintas no bioma Cerrado. Em fase de El Niño, o intervalo interquartil de 25% e 75% percentis varia de 1,1 MJ m⁻² dia⁻¹ no município Alto Parnaíba, MA, até 3,6 MJ m⁻² dia⁻¹ no município Poxoréu, MT (Figura 8). Quanto aos extremos, a radiação solar média mínima ocorreu no município Conceição do Araguaia, PA, com 15,7 MJ m⁻² dia⁻¹, seguido de Dourados, MS e Tapurah, MT, ambos com 15,8 MJ m⁻² dia⁻¹. Por outro lado, em relação aos municípios com maiores valores de radiação solar ao longo desta fase, pode-se destacar Dourados, MS, com 26,9 MJ m⁻² dia⁻¹, João Pinheiro, MT, com 25,2 MJ m⁻² dia⁻¹ e Tapurah, MT, com 24,5 MJ m⁻² dia⁻¹.

Quanto ao La Niña, o intervalo interquartil variou de 0,9 MJ m⁻² dia⁻¹ no município Peixe, TO, até 1,9 MJ m⁻² dia⁻¹ no município Uberaba, MG (Figura 8). Os valores mínimos de radiação solar ocorreram nos municípios de Alto Parnaíba, MA, com 15,9 MJ m⁻² dia⁻¹, seguido de Conceição do Araguaia, PA, e Sapezal, MT, ambos com 16 MJ m⁻² dia⁻¹. Por outro lado, em relação aos municípios com maiores valores de radiação solar pode-se destacar Dourados, MS com 26,7 MJ m⁻² dia⁻¹, João Pinheiro, MT com 26 MJ m⁻² dia⁻¹ e Uberaba/MG com 24,3 MJ m⁻² dia⁻¹.

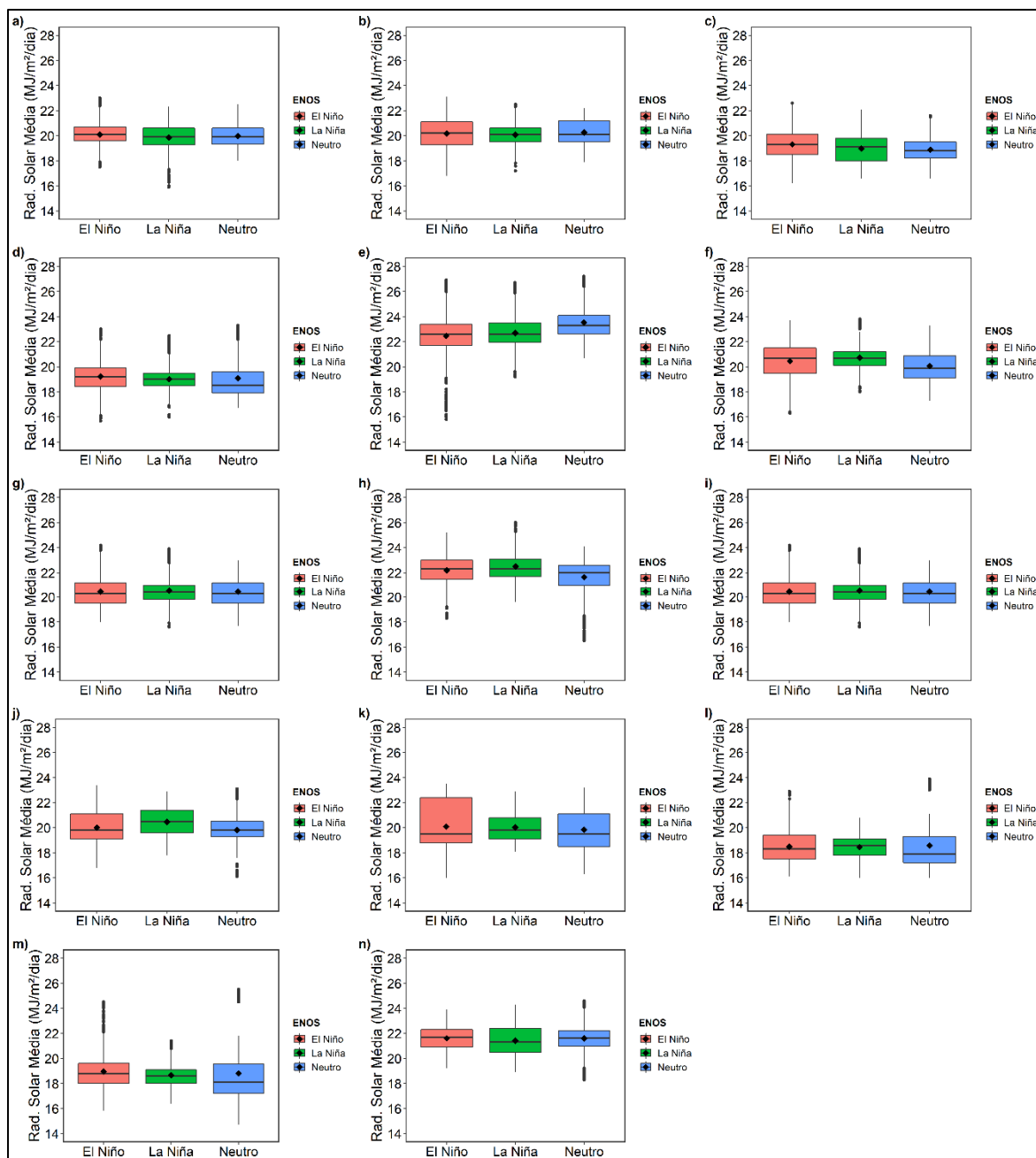


Figura 8. Radiação solar média ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) obtida em cada uma das 60 safras de simulação em diferentes fases do ENOS para os locais de Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Já em neutralidade, observou-se um intervalo interquartil intermediário em relação ao El Niño e La Niña, visto que a menor variação foi de $1,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ nos municípios de Peixe, TO, Posse, GO e Uberaba, MG, e a maior de $2,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ no município de Poxoréu, MT (Figura 8). Quanto aos extremos, a radiação solar média mínima ocorreu no município Tapurah, MT ($14,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), seguido de Sapezal, MT ($16 \text{ MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e

Posse, GO ($16,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Por outro lado, em relação aos municípios com maiores valores de radiação solar, pode-se destacar Dourados, MS, com $27,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, Tapurah, MT, com $25,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e Uberaba, MG, com $24,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 8).

Independente das fases ENOS (Figura 8), em relação as médias e medianas, os menores valores ocorreram nos municípios de Sapezal, MT, e Tapurah, MT, com $18 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, e Conceição do Araguaia, PA e Balsas, MA, com $19 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Já os maiores valores de radiação solar foram observados nos municípios de Dourados, MS ($22,86 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), João Pinheiro, MG, com $22,13 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, e Uberaba, MG, com $21,53 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 8).

No Cerrado, ao que tange à radiação solar média, em fase de El Niño, obteve-se uma média de $20,19 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, com coeficiente de variação de 5,56%. Apesar da baixa variação, tivemos diferenças significativas entre as médias dos municípios. Dourados, MS, foi o município que alcançou a maior média, divergindo estatisticamente dos demais. Formosa, GO, e João Pinheiro, MG, obtiveram desempenho semelhante, bem como, Poxoréu, MT, e Alto Parnaíba, MA, da mesma forma que Peixe, TO, e Posse, GO. Já Sapezal, MT, foi o município com o menor valor de radiação solar durante a fase de El Niño (Apêndice A).

Na fase de La Niña, a média geral para radiação solar foi muito próxima a fase El Niño, de $20,16 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, com coeficiente de variação de 4,39%, bem como, maior quantidade de municípios com médias semelhantes. Dourados, MS, destacou-se com o maior valor médio. Enquanto Posse, GO, e João Pinheiro, MG, foram semelhantes estatisticamente entre si, assim como, Peixe, TO, Poxoréu, MT, e Aragarças, GO. Da mesma forma, foram semelhantes Balsas, MA, e Conceição do Araguaia, PA, e Sapezal, MT, que obteve a menor média (Apêndice B).

Na fase de neutralidade, a média geral foi similar as fases La Niña e El Niño, com $20,11 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e coeficiente de variação chegando a 5,67%. Houve a mesma quantidade de municípios que divergiram entre si estatisticamente na fase El Niño. Apenas Dourados, MS, se destacou com o maior valor médio. Já Jataí, GO, e Uberaba, MG, foram semelhantes estatisticamente, assim como, Posse, GO, e Poxoréu, MT, e Balsas, MA, e Tapurah, MT. Enquanto que, observou-se Sapezal obtendo a menor média de radiação solar entre os locais avaliados (Apêndice C).

Em relação as tendências das fases do fenômeno ENOS em nível de município, houve diferenças significativas estatisticamente entre os valores médios para El Niño, La Niña e

neutralidade, com exceção para Jataí, GO, (menor média) e Uberaba, MG, (maior média), em que El Niño e Neutralidade obtiveram resultados semelhantes. Por outro lado, o município de Poxoréu, MT, não obteve diferenças significativas entre as fases El Niño e La Niña. Quanto aos coeficientes de variação, observou-se valor mínimo de 4,35% no município de Alto Parnaíba, MA, até o valor máximo em Tapurah, MT, com 9,21%. (Apêndice D).

Sobre a radiação solar, observou-se que para La Niña, os locais de Formosa, GO, Jataí, GO, João Pinheiro, MG, Peixe, TO, e Posse, GO, obtiveram maiores média em relação as demais fases. Já para neutralidade, as maiores médias foram observadas para os municípios de Aragarças, GO, Dourados, MS, e Sapezal, MT. Já Poxoréu, MT, obteve maior valor médio de radiação solar para La Niña e El Niño. Apenas Uberaba, MG, apresentou a maior média em El Niño e neutralidade. Já em Alto Parnaíba, MA, Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, e Tapurah, MT, as maiores médias ocorrem apenas para El Niño.

4.2.4 Precipitação Acumulada

A variabilidade de precipitações acumuladas da semeadura até a colheita, ao longo dos 60 anos (1961 até 2020) resultaram em padrões distintos para cada local quanto as fases do ENOS no bioma Cerrado. Os valores durante a série histórica no intervalo interquartil (25% e 75% percentis) confirmam a variabilidade entre os municípios (Figura 9).

Na fase de El Niño, apresentou um intervalo interquartil mínimo de 218,4 mm ciclo⁻¹ no município de Dourados, MS, até o máximo de 421 mm no município de Poxoréu, MT. A menor precipitação acumulada ocorreu no município de Balsas, MA, com 125,6 mm ciclo⁻¹, seguido de Sapezal, MT (188,9 mm ciclo⁻¹) e Alto Parnaíba, MA (205,50 mm ciclo⁻¹). Já em relação aos municípios que se destacaram com os maiores valores de precipitação acumulada na fase de El Niño foram Sapezal, MT, com 2219,4 mm ciclo⁻¹, Tapurah, MT, com 2030 mm ciclo⁻¹ e Aragarças, GO, com 1834,6 mm ciclo⁻¹ (Figura 9).

A precipitação para os locais de Balsas, MA, Dourados, MS e Alto Parnaíba, MA, obtiveram os menores valores médios para fase El Niño, com 563,06 mm ciclo⁻¹, 639,75 mm ciclo⁻¹ e 713,53 mm ciclo⁻¹, respectivamente. Já os maiores valores foram observados nos municípios de Poxoréu, MT (1233,35 mm ciclo⁻¹), Tapurah, MT (1193,81 mm ciclo⁻¹) e Aragarças, GO (975,54 mm ciclo⁻¹) (Figura 9). Em relação as medianas, Balsas, MA (548,95 mm ciclo⁻¹), Dourados, MS (620,20 mm ciclo⁻¹) e Alto Parnaíba, MA (694,50 mm ciclo⁻¹)

obtiveram os menores valores, enquanto que os maiores valores ocorrem nos municípios de Poxoréu, MT (1228,50 mm ciclo⁻¹), Tapurah, MT (1189,60 mm ciclo⁻¹) e Uberaba, MG (1008,50 mm ciclo⁻¹) (Figura 9).

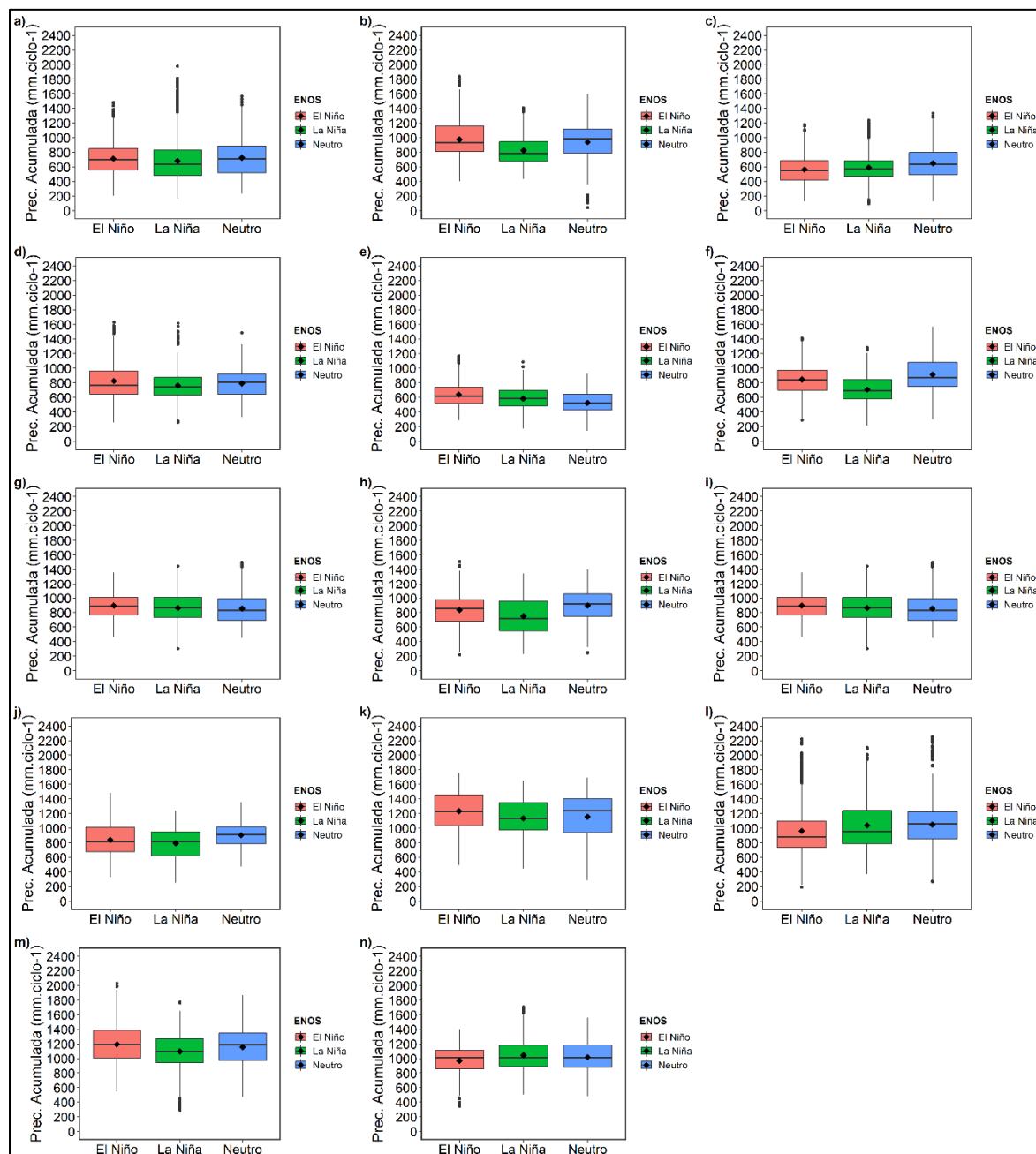


Figura 9. Precipitação acumulada entre a semeadura e colheita obtida em cada uma das 60 safras de simulação em diferentes fases do ENOS para os locais de Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Para a fase de La Niña, intervalo interquartil mínimo foi de 212,18 mm ciclo⁻¹ no município de Balsas, MA, e o intervalo máxima de 458,05 mm ciclo⁻¹ no município de Sapezal, MT. A precipitação acumulada mínima no município de Balsas, MA foi de 93,9 mm ciclo⁻¹, seguido de Alto Parnaíba, MA (171,30 mm ciclo⁻¹) e Dourados, MS (175,30 mm ciclo⁻¹). Já em relação aos municípios que se destacaram com maior precipitação acumulada foram Sapezal, MT (2108,20 mm ciclo⁻¹), Alto Parnaíba, MA (1975,10 mm ciclo⁻¹) e Tapurah, MT (1772,30 mm ciclo⁻¹). Tratando-se das médias, obtiveram os menores valores nas localidades de Dourados, MS (583,17 mm ciclo⁻¹), Balsas, MA (588,56 mm ciclo⁻¹) e Alto Parnaíba, MA (681,40 mm ciclo⁻¹). Já as maiores médias de precipitações acumuladas ao longo das safras, durante a fase de La Niña, foram encontradas nos municípios Poxoréu, MT (1134,78 mm ciclo⁻¹), Tapurah, MT (1096,50 mm ciclo⁻¹) e Uberaba, MG (1043,35 mm ciclo⁻¹). Em relação as medianas, os menores valores foram identificados nos municípios de Balsas, MA (564,55 mm ciclo⁻¹), Dourados, MS (581,00 mm ciclo⁻¹) e Alto Parnaíba (632,00 mm ciclo⁻¹) e os maiores em Poxoréu, MT (1136,10 mm ciclo⁻¹), Tapurah, MT (1094,20 mm ciclo⁻¹) e Uberaba, MG (1008,40 mm ciclo⁻¹).

Na fase de neutralidade a precipitação acumulada no ciclo apresentou intervalo interquartil mínimo de 215,90 mm ciclo⁻¹ no município de Dourados, MS, e maior intervalo de 464,90 mm ciclo⁻¹ em Poxoréu, MT. A precipitação acumulada mínima ocorreu no município de Aragarças, GO (38 mm ciclo⁻¹), seguido de Balsas, MA (121,30 mm ciclo⁻¹) e Dourados, MS (141,30 mm ciclo⁻¹). Já em relação aos valores máximos, destacaram os municípios de Sapezal, MT (2253,70 mm ciclo⁻¹), Tapurah, MT (1865,70 mm ciclo⁻¹) e Poxoréu, MT (1696,60 mm ciclo⁻¹). Ao que tange a média, os municípios que obtiveram os menores valores na fase de neutralidade foram Dourados, MS (526,84 mm ciclo⁻¹), Balsas, MA (649,63 mm ciclo⁻¹) e Alto Parnaíba, MA (722,36 mm ciclo⁻¹). Já os maiores valores foram identificados nos municípios de Tapurah, MT (1156,67 mm ciclo⁻¹), Poxoréu, MT (1155,53 mm ciclo⁻¹) e Sapezal, MT (1050,19 mm ciclo⁻¹) (Figura 9).

Tratando-se do bioma Cerrado, em fase de El Niño, a média geral foi de 868,37 mm ciclo⁻¹, com coeficiente de variação de 24,33%. Em relação as médias de precipitação acumulada até a colheita, a nível de 5% de probabilidade, Poxoréu, MT, obteve a maior média, divergindo estatisticamente dos demais municípios. Aragarças, GO, Peixe, TO, Sapezal, MT, e Uberaba, MG, foram semelhantes estatisticamente entre si, assim como, Formosa, GO, Jataí, GO e Posse, GO. Já Balsas/MA alcançou a menor média (Apêndice A).

Em relação a fase La Niña, a média geral foi de 820,44 mm ciclo⁻¹, com coeficiente de variação menor em relação ao El Niño, sendo de 22,94%. Em relação as médias, Poxoréu, MT, obteve a maior média, divergindo estatisticamente dos demais. Sapezal, MT, e Uberaba, MG, foram semelhantes entre si, assim como, Peixe, TO, e João Pinheiro, MG. Balsas, MA e Dourados, MS, também foram semelhantes, mas obtendo as menores média entre os locais (Apêndice B).

Para a fase neutra, a média geral foi de 874,22 mm ciclo⁻¹, com coeficiente de variação mais elevado que El Niño e La Niña, chegando a 24,49%. Ao que tange as médias de precipitação acumulada até a colheita, Tapurah, MT, e Poxoréu, MT, foram semelhantes e alcançaram as maiores médias, diferindo dos demais municípios. Formosa, GO, Jataí, GO e Posse, GO obtiveram médias semelhantes, e Balsas, MA, obteve a menor média (Apêndice C).

Nas tendências das fases do fenômeno ENOS em nível municipal, também houve diferenças significativas entre as médias para El Niño, La Niña e neutralidade, com exceção para Alto Parnaíba, MA, e Peixe, TO, cujo El Niño e neutralidade obtiveram médias semelhantes. Já em Jataí, GO, e Sapezal, MT, La Niña e neutralidade não divergiram entre si. As menores médias e maiores coeficientes de variação foram identificadas nos municípios de Dourados, MS, Balsas, MA e Alto Parnaíba, MA, respectivamente, com 586,08 mm ciclo⁻¹ e 27,06%, 597,96 mm ciclo⁻¹ e 28,69%, e 704,93 mm ciclo⁻¹ e 34,05% (Apêndice D). Já as maiores médias e menores coeficientes de variação, ocorreram em Poxoréu, MT e Tapurah, MT, com os respectivos valores de 1175,51 mm ciclo⁻¹ e 22,70%, 1148,61 mm ciclo⁻¹ e 21,37%.

Para fase El Niño, grande parte dos municípios obtiveram maiores médias de precipitação acumulada, incluindo Aragarças, Conceição do Araguaia, Dourados, Jataí, Poxoréu e Tapurah. Porém, foram semelhantes a neutralidade apenas em Alto Parnaíba e Peixe. Já Uberaba obteve maiores valores médios para fase La Niña e em Sapezal para La Niña e neutralidade. Por fim, neutralidade proporcionou maiores médias em Balsas, Formosa, João Pinheiro e Posse.

4.2.5 Evapotranspiração real de cultura

Em relação aos valores de evapotranspiração real da cultura (ET_r) acumulada durante o ciclo, no intervalo entre semeadura até a colheita, para a fase El Niño, obteve-se um

intervalo interquartil mínimo de 75 mm ciclo⁻¹ no município de Posse, GO, até o máximo de 147 mm ciclo⁻¹ em João Pinheiro, MG (Figura 10). Os municípios que se destacaram com valores mais baixos de ETr foram Balsas, MA (143,7 mm ciclo⁻¹), Alto Parnaíba, MA (166,7 mm ciclo⁻¹) e João Pinheiro, MG (182,3 mm ciclo⁻¹), enquanto que os maiores valores foram observados em Dourados, MS (808,8 mm ciclo⁻¹), Uberaba, MG (808,5 mm ciclo⁻¹) e Jataí, GO (748,2 mm ciclo⁻¹).

Para a fase La Niña, ETr apresentou um intervalo interquartil mínimo de 59,2 mm ciclo⁻¹ no município de Poxoréu, MT, até o intervalo máximo de 153,05 mm ciclo⁻¹ no município de Dourados, MS. A menor ETr acumulada ocorreu no município de Balsas, MA, com valor de 102,6 mm ciclo⁻¹, seguido de Dourados, MS com 153 mm ciclo⁻¹ e Formosa, GO, com 157,9 mm ciclo⁻¹. Já em relação aos municípios que se destacaram com maiores valores de ETr foram Dourados, MS, com 795,4 mm ciclo⁻¹, Jataí, GO, com 773,5 mm ciclo⁻¹ e Uberaba, MG, com 768,8 mm ciclo⁻¹.

Na fase de neutralidade, o intervalo interquartil mínimo foi de 67 mm ciclo⁻¹ no município de Posse, GO, até intervalo máximo de 159,1 mm ciclo⁻¹ em Dourados, MS. Os menores valores ocorreram no município de Aragarças, GO, (56,60 mm ciclo⁻¹), seguido de Balsas, MA (118,6 mm ciclo⁻¹) e Dourados, MS (149,3 mm ciclo⁻¹). Já em relação aos valores máximos, destacam-se os municípios de Jataí, GO (780,2 mm ciclo⁻¹), Uberaba, MG (776 mm ciclo⁻¹) e Dourados, MS (758,3 mm ciclo⁻¹).

Considerando valores similares entre as fases ENOS, em relação as médias e medianas, ambas as fases obtiveram os menores valores nos municípios de Balsas, MA (372 mm ciclo⁻¹ em El Niño, 390,31 mm ciclo⁻¹ em La Niña e 389,66 mm ciclo⁻¹ em Neutralidade), Alto Parnaíba, MA (416,94 mm ciclo⁻¹ em El Niño, 420,50 mm ciclo⁻¹ em La Niña e 424,22 mm ciclo⁻¹ em neutralidade) e Conceição do Araguaia, PA (El Niño com 429,29 mm ciclo⁻¹, La Niña 437,16 mm ciclo⁻¹ e neutralidade 430,90 mm ciclo⁻¹). Já a ETr acumulada com maiores valores foi observada nos municípios de Uberaba, MG (El Niño com 558,52 mm ciclo⁻¹, La Niña com 567,92 mm ciclo⁻¹ e neutralidade com 562,56 mm ciclo⁻¹) e Poxoréu, MT (El Niño com 538,91 mm ciclo⁻¹ de média e 534 mm ciclo⁻¹ de mediana, La Niña com 540 mm ciclo⁻¹ para ambas medidas, aproximadamente, e neutralidade com 517,57 mm ciclo⁻¹ de média e 519 mm ciclo⁻¹ de mediana). Já Jataí, GO (exceto para La Niña), teve a fase El Niño com 514,04 mm ciclo⁻¹ de média e 509 mm ciclo⁻¹ de mediana e neutralidade com 508,37 mm ciclo⁻¹ de média e 504 mm ciclo⁻¹ de mediana (Figura 10).

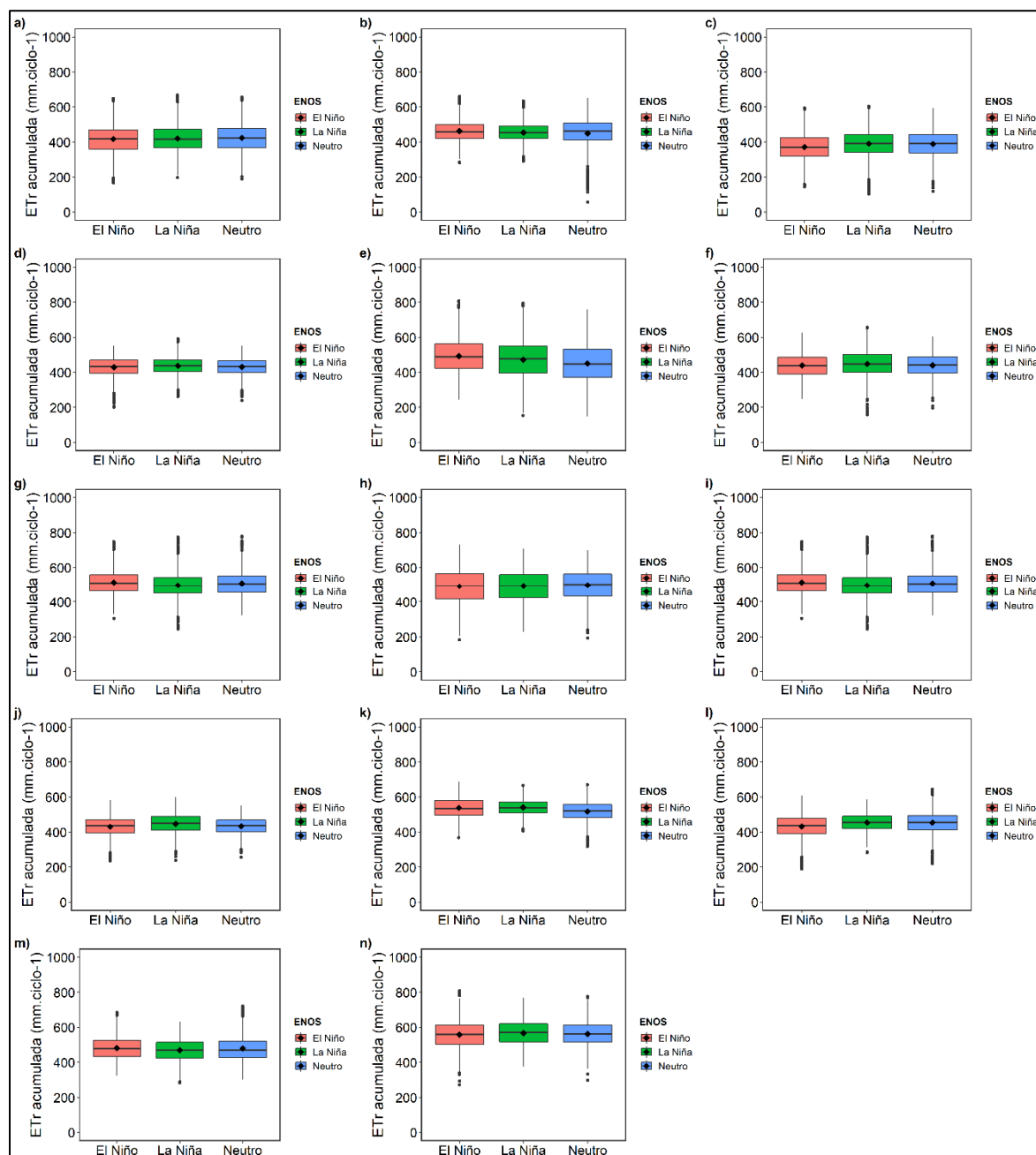


Figura 10. Evapotranspiração real de cultura acumulada entre a semeadura e colheita para diferentes fases ENOS para os locais de Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Considerando a análise de variância, acerca do bioma Cerrado, em fase de El Niño, a média geral de ETr foi de $462,57 \text{ mm ciclo}^{-1}$, com coeficiente de 14,35%. Em relação as médias, Uberaba, MG, obteve o maior valor, divergindo estatisticamente dos demais municípios. Dourados, MS, Jataí, GO, e Peixe, TO, foram semelhantes estatisticamente,

assim como, Conceição do Araguaia, PA, Posse, GO, e Sapezal, MT. Já Balsas, MA, alcançou a menor média (Apêndice A).

Em relação a fase La Niña, a média geral de ETr foi um pouco maior em relação ao El Niño, de 465,70 mm ciclo⁻¹, com coeficiente de variação de 13,88%. Em relação as médias, Uberaba, MG, obteve o maior valor, divergindo estatisticamente dos demais localidades. João Pinheiro, MG, e Jataí, GO, foram semelhantes, assim como, entre Aragarças, GO, e Sapezal, MT, entre Dourados, MS, e Tapurah, MT, e entre Formosa, GO, e Posse, GO. Já Balsas obteve a menor média para ETr na fase La Niña (Apêndice B).

Na fase de neutralidade, a média geral de ETr foi de 460 mm. Entretanto, o coeficiente de variação foi maior que as fases de Lã Niña e El Niño, chegando a 15,32%. Referente as médias de ETr acumulada, novamente, Uberaba alcançou a maior média, diferindo dos demais municípios. Tapurah e Peixe obtiveram valores semelhantes, assim como, Sapezal, Aragarças e Dourados. De mesmo modo, Conceição do Araguaia e Posse, e Balsas apresentou a menor média (Apêndice C).

No que diz respeito as tendências das fases do fenômeno ENOS em nível municipal, houve diferenças significativas entre as médias para El Niño, La Niña e neutralidade para ETr acumulada. Por outro lado, a maioria dos municípios, incluindo Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, Formosa, GO, Posse, GO, Poxoréu, MT, Sapezal, MT, Tapurah, MT, e Uberaba, MG, obtiveram médias semelhantes em ao menos duas fases ou uma fase com a neutralidade. Entretanto, João Pinheiro, MG, foi o único município que não apresentou diferença significativa entre as médias de ETr acumulada (Apêndice D) para as diferentes fases do ENOS.

Para a precipitação acumulada houve certa similaridade inversamente proporcional entre as médias e os coeficientes, tendência esse também observada para a ETr acumulada. Esta evidência foi observada pelos resultados de ETr acumulada (média e coeficiente de variação) em Conceição do Araguaia, PA (Média 432,53 mm ciclo⁻¹, CV 10,77%), Uberaba, MG (Média 563,02 mm ciclo⁻¹, CV 10,86%), Tapurah, MT (Média 476,61 mm ciclo⁻¹, CV 11,36%) e Balsas, MA (Média 383,70 mm ciclo⁻¹, CV 14,94%). Porém, há exceções, como Dourados, MS, cuja média foi de 473,33 mm ciclo⁻¹ e coeficiente de variação elevado, de 19,91%. Por fim, as médias de ETr variaram entre 383,70 mm ciclo⁻¹ (Balsas, MA) e 563,02 mm (Uberaba, MG). Já os coeficientes de variação foram de 9,17% (Poxoréu, MT) a 19,91% (Dourados, MS).

4.2.6 Anomalias dos elementos climáticos

Em suma, diante do exposto, considerando todos os elementos climáticos abordados a nível de bioma, em El Niño, La Niña e neutralidade, pode-se observar que os municípios como Alto Parnaíba, MA, Aragarças, GO, Balsas, MA (somente temperatura mínima média), Peixe, TO (somente La Niña), Sapezal, MT (exceto La Niña), e Tapurah, MT (somente El Niño), apresentaram valores mais elevados de temperatura do ar máxima e mínima média (Tabela 8). Quanto aos extremos, em Alto Parnaíba/MA e Aragarças/GO, o aumento de temperatura do ar foi de 3,95% para a máxima em La Niña em relação à média, e 8,94% e 8,4%, em neutralidade, quanto a temperatura mínima média em Balsas e Peixe, respectivamente.

Assim como, Aragarças/GO com 6,97% em relação a temperatura mínima maior se comparado com as temperaturas de todos os municípios. Já sobre radiação solar, destacam-se em relação à média geral do bioma, Dourados, João Pinheiro e Uberaba, com os respectivos, 10,94% (El Niño) a 16,84%, (Neutro), 7,45% (Neutro) a 11,15% (La Niña) e 5,76 (La Niña) a 7,16% (Neutro), respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Anomalia de cada variável analisada por cada fase ENOS em relação à média do bioma Cerrado.

Município	Evento ENOS	Temp. Max. Med.	Temp. Mín. Med.	Radiaç. Solar Med.	Precip. Acum.	Evapotr. Acum.	Produtiv. Média
%							
Alto Parnaíba	El Niño	3,5	5,37	-0,75	-19,77	-10,93	-14,13
	La Niña	3,26	4,68	-1,89	-18,55	-10,72	-12,71
	Neutro	3,95	5,4	-0,87	-19,32	-8,94	-11,62
Aragarças	El Niño	3,63	6,83	-0,31	9,68	-1,21	8,85
	La Niña	2,84	6,94	-0,85	-1,61	-3,43	8,29
	Neutro	3,95	6,97	0,56	4,7	-3,4	3,16
Balsas	El Niño	2,02	7,9	-4,61	-36,69	-20,53	-17,87
	La Niña	1,47	7,38	-6,23	-29,65	-17,13	-10,35
	Neutro	1,78	8,94	-6,28	-27,44	-16,36	-7,18
Conceição do Araguaia	El Niño	1,99	5,95	-5,05	-7,32	-8,29	-10,26
	La Niña	2,19	6,64	-6,13	-8,65	-7,18	-10,47
	Neutro	1,97	4,22	-5,29	-11,74	-7,51	-7,84
Dourados	El Niño	0,96	-3,63	10,94	-28,06	5,36	-21,88
	La Niña	1,6	-3,93	12,13	-30,29	0,29	-25,11
	Neutro	3,01	-3,94	16,84	-41,16	-3,16	-38,99
Formosa	El Niño	-9,25	-9,72	1,01	-4,9	-6,17	1,03
	La Niña	-8,38	-10,55	2,35	-15,44	-4,7	-0,4
	Neutro	-9,72	-9,99	-0,48	1,95	-5,36	3,43

Município	Evento ENOS	Temp. Max. Med.	Temp. Mín. Med.	Radiaç. Solar Med.	Precip. Acum.	Evapotr. Acum.	Produtiv. Média
%							
Jataí	El Niño	-1,12	-4,94	0,92	0,57	9,8	10,07
	La Niña	-1,73	-5,16	1,31	2,95	5,44	9,7
	Neutro	-1,29	-4,04	1,4	-4,66	9,11	10,01
João Pinheiro	El Niño	-4,04	-6,94	9,61	-6,07	4,77	-6,74
	La Niña	-3,19	-8,25	11,15	-10,58	4,58	-20,06
	Neutro	-4,37	-7,68	7,45	0,03	6,68	-2,42
Peixe	El Niño	2,73	7,8	-1,4	7,9	5,51	4,7
	La Niña	3,13	7,38	-0,9	1,5	6,42	4,72
	Neutro	2,88	8,4	-2,81	7,63	3,73	2,81
Posse	El Niño	-6,52	-2,12	-1,2	-5,39	-7,9	3,21
	La Niña	-5,72	-3	1,12	-5,26	-5	2,23
	Neutro	-6,64	-2,27	-1,67	0,87	-6,98	3,57
Poxoréu	El Niño	2,09	-3,58	-0,8	38,67	15,11	19,47
	La Niña	1,6	-0,99	-1,1	35,63	14,73	19,31
	Neutro	2,2	-2,37	-1,52	29,04	11,08	7,89
Sapezal	El Niño	3,47	4,3	-8,71	8,08	-7,73	-7,83
	La Niña	2,9	4,09	-8,85	24,2	-3,51	-0,63
	Neutro	3,1	2,35	-7,82	17,28	-2,44	-2,13
Tapurah	El Niño	3,41	-1,05	-6,34	34,23	2,91	13,01
	La Niña	2,87	1,64	-7,86	31,05	-0,37	12,97
	Neutro	2,94	0,92	-6,63	29,17	2,84	15,92
Uberaba	El Niño	-2,92	-6,16	6,7	9,07	19,3	18,36
	La Niña	-2,86	-6,87	5,76	24,7	20,57	22,49
	Neutro	-3,76	-6,89	7,16	13,61	20,74	23,37

Em relação a precipitação acumulada, destacaram-se Poxoréu/MT, Tapurah/MT, Sapezal/MT e Uberaba/MG, cujos incrementos em relação à média do bioma foram bastante elevados, com destaque a partir de 24,70% em Uberaba/MG, em La Niña até 38,67% em El Niño, em Poxoréu/MT. Assim como, municípios com perdas maiores em relação à média, chegando até -41,16% (Neutro) e -36,69% (El Niño) como Dourados e Balsas. Do mesmo modo ETr, cujos municípios como Uberaba (19,30% a 20,74%), Poxoréu (11,08% a 15,11%) e Jataí, exceto La Niña (9,80% a 9,11%) se destacaram com os maiores valores em relação à média, o oposto ocorreu nos municípios de Balsas (-16,36% a -20,53%) e Alto Parnaíba (-8,94 a -10,93%) (Tabela 8).

Quando as médias são comparadas em nível municipal, as anomalias tendenciaram em porcentagens reduzidas, consideravelmente. Em especial sobre as médias de volume acumulado de pluviosidade e evapotranspiração real de cultura, visto as características

orográficas, ecológicas e fisiográficas, além das áreas de fronteira com outros biomas (Correia Filho et al., 2021).

Assim sendo, pode-se observar que os maiores índices de anomalias para os elementos temperatura máxima e mínima média ocorreram em El Niño, nos municípios de Sapezal (0,87% e 1,18%), Uberaba (0,80% e 1,04%) e Conceição do Araguaia (0,50% e 0,78%). Quanto à radiação solar, maiores valores foram encontrados em neutralidade no município de Dourados (2,97%) e La Niña em Posse (1,79%), João Pinheiro (1,67%) e Formosa (1,46%). Ao que tange as anomalias de precipitação acumulada, destacam-se Formosa (11,67%) em neutralidade, Dourados (9,15%) em El Niño e João Pinheiro (8,85%) em neutralidade. Por fim, sobre ETr acumulada, houve destaque em El Niño, em Dourados (4,21%), Posse (2,26%) em La Niña e Sapezal (1,78%), em neutralidade (Tabela 9).

Tabela 9. Incrementos e perdas de cada variável por fase ENOS sobre a média local.

Município	Tratamen.	Temp.	Temp.	Radiaç.	Precip.	Evapotr.	Produtiv.
		Max.	Mín.	Solar Med.	Acum.	Acum.	Média
%							
Alto Parnaíba	El Niño	0,49	0,74	0,60	1,21	-0,81	-2,41
	Neutro	0,09	-0,27	0,00	2,47	0,91	1,75
	La Niña	-0,62	-0,55	-0,55	-3,33	0,03	0,91
Aragarças	El Niño	0,75	0,45	0,09	7,10	1,40	0,78
	Neutro	0,21	-0,45	0,49	2,93	-1,31	-3,23
	La Niña	-0,90	-0,09	-0,44	-9,62	-0,26	1,98
Balsas	El Niño	0,82	0,40	1,25	-5,83	-3,04	-7,58
	Neutro	-0,25	0,31	-0,99	8,64	1,55	5,80
	La Niña	-0,60	-0,72	-0,47	-1,57	1,72	2,61
Conceição do Araguaia	El Niño	0,50	0,78	0,62	3,93	-0,74	-1,69
	Neutro	-0,34	-1,89	-0,10	-0,35	-0,37	2,26
	La Niña	-0,19	0,78	-0,52	-3,63	1,07	-0,24
Dourados	El Niño	-0,25	0,76	-1,74	9,15	4,21	7,67
	Neutro	0,92	-0,61	2,97	-10,10	-4,68	-14,79
	La Niña	-0,50	-0,20	-0,69	-0,49	-0,19	5,00
Formosa	El Niño	0,39	0,98	0,14	3,45	-0,87	-1,19
	Neutro	-0,96	-0,38	-1,81	11,67	-0,49	2,47
	La Niña	0,46	-0,59	1,46	-13,46	1,29	-0,92
Jataí	El Niño	0,81	0,35	-0,14	2,73	1,53	-0,85
	Neutro	-0,19	0,25	-0,14	-1,95	0,41	0,39
	La Niña	-0,68	-0,51	0,24	-1,06	-1,89	0,51
João Pinheiro	El Niño	0,33	1,27	0,27	1,51	-0,54	2,76
	Neutro	-0,84	-0,58	-2,16	8,85	0,77	8,92
	La Niña	0,33	-0,79	1,67	-9,09	-0,12	-10,41
Peixe	El Niño	0,37	0,49	0,40	4,05	0,12	-0,45

Município	Tratamen.	Temp. Max.	Temp. Mín.	Radiaç. Solar Med.	Precip. Acum.	Evapotr. Acum.	Produtiv. Média
%							
Peixe	Neutro	-0,31	0,00	-1,50	4,50	-2,02	-0,96
	La Niña	-0,12	-0,54	0,90	-7,92	1,60	1,28
Posse	El Niño	0,31	0,90	-0,54	-0,17	-1,46	-0,75
	Neutro	-0,65	-0,30	-1,49	7,16	-0,94	0,88
	La Niña	0,27	-0,65	1,79	-5,96	2,26	0,00
Poxoréu	El Niño	0,69	-0,75	0,45	4,92	1,10	2,04
	Neutro	-0,03	-0,55	-0,75	-1,69	-2,90	-6,64
	La Niña	-0,66	1,25	0,15	-3,46	1,38	3,65
Sapezal	El Niño	0,87	1,18	-0,10	-5,31	-3,28	-5,34
	Neutro	-0,31	-1,74	0,37	3,44	1,78	1,81
	La Niña	-0,56	0,33	-0,27	2,36	1,75	3,78
Tapurah	El Niño	0,87	-1,02	0,79	3,93	1,08	-1,73
	Neutro	-0,40	-0,09	0,00	0,70	0,53	2,11
	La Niña	-0,53	1,02	-0,85	-4,53	-1,54	-0,08
Uberaba	El Niño	0,80	1,04	0,32	-3,94	-0,79	-3,40
	Neutro	-0,90	-0,78	0,27	0,73	-0,08	2,00
	La Niña	-0,03	-0,36	-0,55	3,31	0,87	1,68

4.3 PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DA FASE ENOS

A produtividade da soja simulada variou consideravelmente entre os municípios do bioma Cerrado nas fases do ENOS. Para a fase El Niño, o intervalo interquartil (25% e 75% percentis), o município que se destacou com menor amplitude foi Conceição do Araguaia, PA, com 801 kg ha⁻¹, por outro lado, o município que apresentou maior amplitude foi João Pinheiro, MG, com 1909 kg ha⁻¹ (Figura 11). Em relação aos valores extremos para a fase El Niño, os menores valores ocorreram em Balsas, MA (9 kg ha⁻¹), Sapezal, MT (15 kg ha⁻¹) e Conceição do Araguaia, PA (111 kg ha⁻¹). Por outro lado, os maiores valores ocorrem em Tapurah, MT (6069 kg ha⁻¹), Dourados, MS (5567 kg ha⁻¹) e João Pinheiro, MG (5557 kg ha⁻¹). Para a fase El Niño, os menores valores médios ocorreram em Dourados, MS, Balsas, MA e Alto Parnaíba, MA, que obtiveram, respectivamente, 2400,82 kg ha⁻¹, 2524,21 kg ha⁻¹ e 2639,03 kg ha⁻¹. Já as maiores médias foram encontradas nos municípios de Poxoréu, MT (3672,10 kg ha⁻¹), Uberaba, MG (3637,95 kg ha⁻¹) e Tapurah, MT (3473,53 kg ha⁻¹).

Para a fase La Niña, em relação as amplitudes do intervalo interquartil (25% e 75% percentis), os municípios apresentaram mesmo padrão do que a fase El Niño, mas com

valores menores. Conceição do Araguaia, PA, apresentou a menor amplitude, de 691 kg ha^{-1} e João Pinheiro, MG, a maior, com amplitude de 1787 kg ha^{-1} (Figura 11). Já para os valores extremos, os menores valores foram encontrados nos municípios de Balsas, MA, Alto Parnaíba, MA, e Jataí, GO, com os respectivos valores de 1 kg ha^{-1} , 14 kg ha^{-1} e 39 kg ha^{-1} , enquanto que os máximos foram em João Pinheiro, MG (5649 kg ha^{-1}), Tapurah, MT (5497 kg ha^{-1}) e Uberaba, MG (5387 kg ha^{-1}).

Para os valores médios na fase La Niña, ao que tange aos valores mais baixos, obteve-se similaridade ao El Niño. Entretanto, as médias foram mais baixas, com exceção do município de Alto Parnaíba, MA. Portanto, destacam-se os municípios de Dourados, MS ($2341,15 \text{ kg ha}^{-1}$), João Pinheiro, MG ($2498,95 \text{ kg ha}^{-1}$) e Alto Parnaíba, MA ($2751,60 \text{ kg ha}^{-1}$) com as menores médias e Uberaba, MG ($3829,69 \text{ kg ha}^{-1}$), Poxoréu, MT ($3730,16 \text{ kg ha}^{-1}$) e Tapurah, MT ($3531,87 \text{ kg ha}^{-1}$) com maiores médias e superiores ao El Niño (Figura 11)..

Para a fase de neutralidade, considerando as amplitudes mínimas e máximas do intervalo interquartil (25% e 75% percentis), divergiu das fases El Niño e La Niña quanto aos valores e municípios de maior e menor variação. Em relação a amplitude mínima, destaca-se o município Peixe, TO, com valor de 813 kg ha^{-1} , e a amplitude máxima em João Pinheiro, MG, com valor de 2089 kg ha^{-1} (Figura 11). Já os valores mínimos dentro da série histórica foram encontrados nos municípios de Dourados, MS, Alto Parnaíba, MA, e João Pinheiro, MG, respectivamente com os valores de 5 kg ha^{-1} , 27 kg ha^{-1} e 133 kg ha^{-1} . Por outro lado, os valores máximos foram observados em Tapurah, MT (6226 kg ha^{-1}) e João Pinheiro, MG (5708 kg ha^{-1}), como ocorreu para as fases El Niño e La Niña.

Nas safras sob a influência de neutralidade, os menores valores médios foram observados em Dourados, MS ($1899,66 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo considerado o município com a pior média em relação as demais fases. Ao contrário de Alto Parnaíba, MA ($2751,61 \text{ kg ha}^{-1}$) e Conceição do Araguaia, PA ($2869,38 \text{ kg ha}^{-1}$), que apesar de valores mais baixos para neutralidade, foram melhores do que em El Niño e La Niña. Já as maiores médias foram encontradas nos municípios de Uberaba, MG ($3841,60 \text{ kg ha}^{-1}$), Tapurah, MT ($3609,70 \text{ kg ha}^{-1}$), inclusive maiores do que para as fases de El Niño e La Niña (Figura 11).

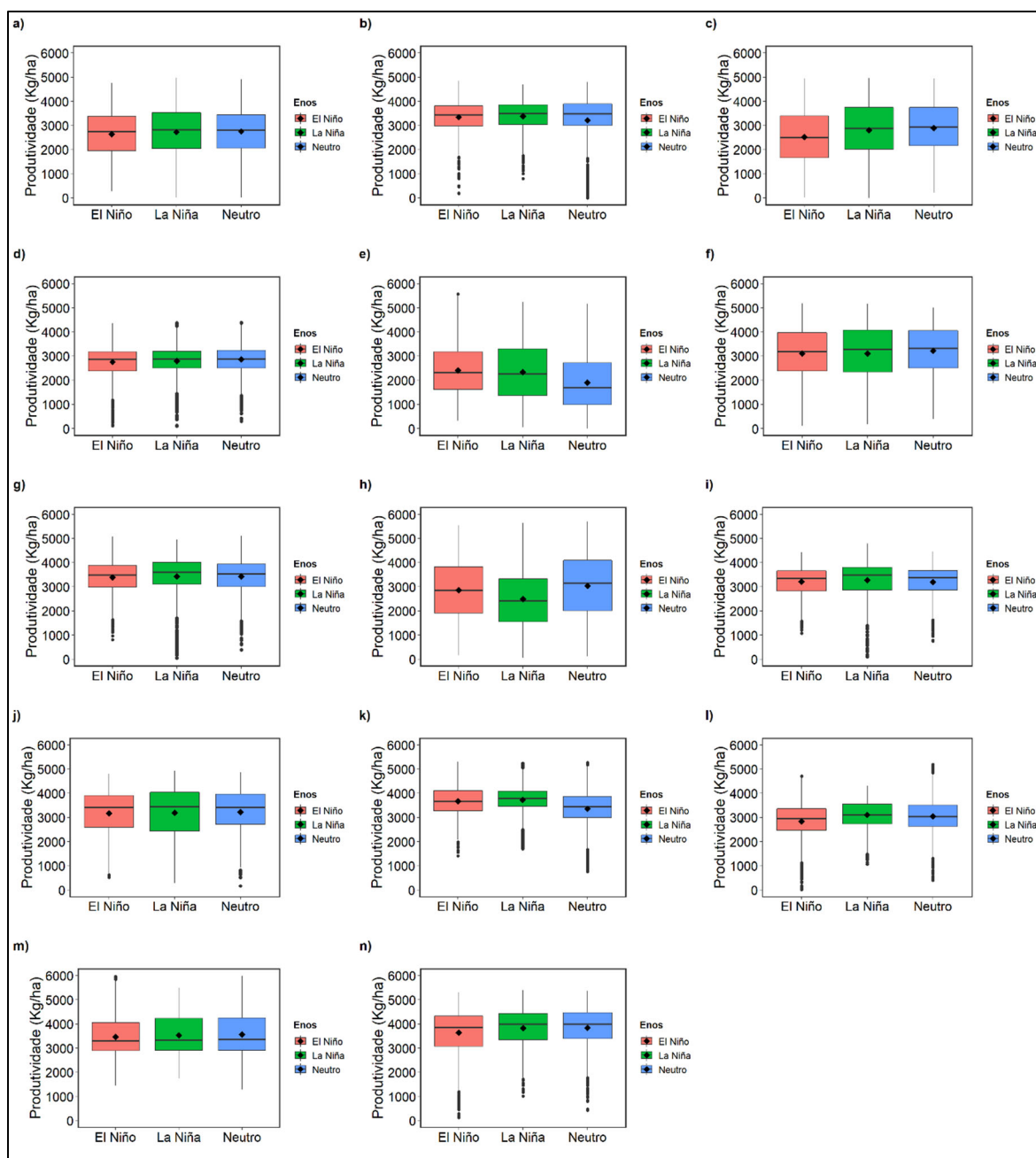


Figura 11. Produtividade de soja nas diferentes fases do ENOS para os locais de Alto Parnaíba, MA (a), Aragarças, GO (b), Balsas, MA (c), Conceição do Araguaia, PA (d), Dourados, MS (e), Formosa, GO (f), Jataí, GO (g), João Pinheiro, MG (h), Peixe, TO (i), Posse, GO (j), Poxoréu, MT (k), Sapezal, MT (l), Tapurah, MT (m) e Uberaba, MG (n).

Avaliando todos os locais avaliados do bioma Cerrado de forma conjunta, na fase de El Niño, a média geral foi de 3021,34 kg ha⁻¹, com coeficiente de variação de 27,83%, sendo que Poxoréu, MT (3672,11 kg ha⁻¹) e Uberaba, MG (3637,95 kg ha⁻¹) obtiveram as maiores médias, diferenciando estatisticamente dos demais municípios. Tapurah, MT, obteve a segunda maior média, com 3473,53 kg ha⁻¹. João Pinheiro, MG, e Aragarças, GO, foram os

terceiros maiores com médias semelhantes. Peixe, TO, e Posse, GO, também foram semelhantes, assim como, Jataí, GO, e Sapezal, MT. Por fim, Dourados alcançou a pior média para essa fase (Apêndice A).

A fase La Niña foi a que mais se destacou pela maior média para o bioma, com 3086,58 kg ha⁻¹. Tratando-se do coeficiente de variação, este foi similar a fase El Niño, com valor de 27,68%. Em relação as médias, Uberaba, MG, se destacou com 3829,69 kg ha⁻¹, seguida por Poxoréu, MT, com 3730,16 kg ha⁻¹. João Pinheiro, MG, e Aragarças, GO, foram semelhantes estatisticamente entre si. Balsas, MA, e Conceição do Araguaia, PA, também apresentaram resultados semelhantes da mesma forma que Formosa, GO, e Sapezal, MT. Já Dourados, MS, atingiu a menor média de produtividade (Apêndice B).

Na fase de neutralidade, o valor médio foi intermediário as demais fases, com 3069,71 kg ha⁻¹. Em relação ao coeficiente de variação este obteve o valor de 28,39%. Quanto as médias, Uberaba, MG, foi o município que mais se beneficiou, inclusive com a maior média em relação as fases ENOS, com 3841,60 kg ha⁻¹. A segunda maior média identificada ocorreu em Tapurah, MT, igualmente com o maior desempenho em relação aos eventos La Niña e El Niño, com 3609,70 kg ha⁻¹, enquanto o terceiro maior valor ocorreu em João Pinheiro, MG, com 3425,70 kg ha⁻¹. Posse, GO, Formosa, GO, Aragarças, GO, e Peixe, TO, obtiveram produtividades semelhantes, assim como Sapezal, MT, e Jataí, GO, e Balsas, MA, e Conceição do Araguaia, PA. Já Dourados, MS, atingiu a menor média (Apêndice C).

Comparando as fases do ENOS por município, houve diferenças significativas entre as médias de produtividade. As maiores médias de produtividades ocorreram em locais cujos coeficientes de variação foram menores. Os valores médios de produtividade variaram entre 2229,59 kg ha⁻¹ em Dourados, MS, e 3766,15 kg ha⁻¹ em Uberaba, MG. Quanto aos coeficientes de variação, variaram entre 16,70 % no município de Tapurah, MT, e 46,95% em Dourados, MS (Apêndice D).

De forma geral, a fase de neutralidade apresentou maiores médias de produtividade na maioria dos municípios avaliados, incluindo Balsas, MA, Conceição do Araguaia, PA, Formosa, GO, João Pinheiro, MG, e Tapurah, MT. Já Aragarças, GO, e Dourados, MS, apresentaram melhor desempenho e similaridade entre as fases de La Niña e El Niño. Similaridade estatística observada entre a fase de neutralidade e La Niña nos municípios de Alto Parnaíba, MA, e Uberaba, MG, apresentando melhor desempenho do que El Niño. Já

Jataí, GO, e Posse, GO, não apresentaram diferenças significativas entre as três fases do fenômeno ENOS.

4.3.1 Relação ENOS e data de semeadura

A caracterização da produtividade no bioma Cerrado, considerando a atuação dos efeitos do fenômeno ENOS durante a safra de Soja no Brasil, pode ser avaliada através das anomalias relativas de produtividade, visto que consideram a divisão entre a produtividade média de cada data e local de semeadura para cada fase ENOS, pela produtividade média geral de cada município. Esta difere parcialmente do que foi submetido por Nóia Junior & Sentelhas (2019), já que consideraram a subtração entre as médias de valores absolutos por tipo de solo e local, além de considerar as médias gerais por datas. As anomalias relativas de produtividade oscilaram de acordo com os municípios, principalmente quanto a data de semeadura.

Quanto as datas de semeadura, as tendências foram parcialmente similares entre os municípios com algumas restrições. Como por exemplo, Alto Parnaíba, MA, e Aragarças, GO, a cultivar de ciclo tardio se destacou com janelas mais longas, independente da fase ENOS e tipo de solo, com maior restrição de janela de semeadura para o ciclo precoce. Já em Balsas, a janela de semeadura foi semelhante e longas para o ciclo precoce e tardio, tendendo a semeaduras mais tardias com anomalias negativas na base e na extremidade do período indicado, com restrição total para ciclo médio (Figura 12, 13 e 14).

Quanto ao município de Conceição do Araguaia, PA, em todos os cenários, foram semelhantes parcialmente. Porém, para o ciclo médio com maior período de semeadura para La Niña (Figura 12). Já Dourados, MS, destaca-se a cultivar de ciclo médio com janelas mais longas, independente da fase ENOS e tipo de solo (Figura 12, 13 e 14). Por outro lado, em Formosa, GO, destaca-se a inviabilidade da cultivar de ciclo precoce, em grande parte dos cenários, exceto em solos arenosos (Figura 12) em El Niño e La Niña com antecipação de semeadura, o qual tem maior janela de semeadura tardias, similar a textura média e argilosa.

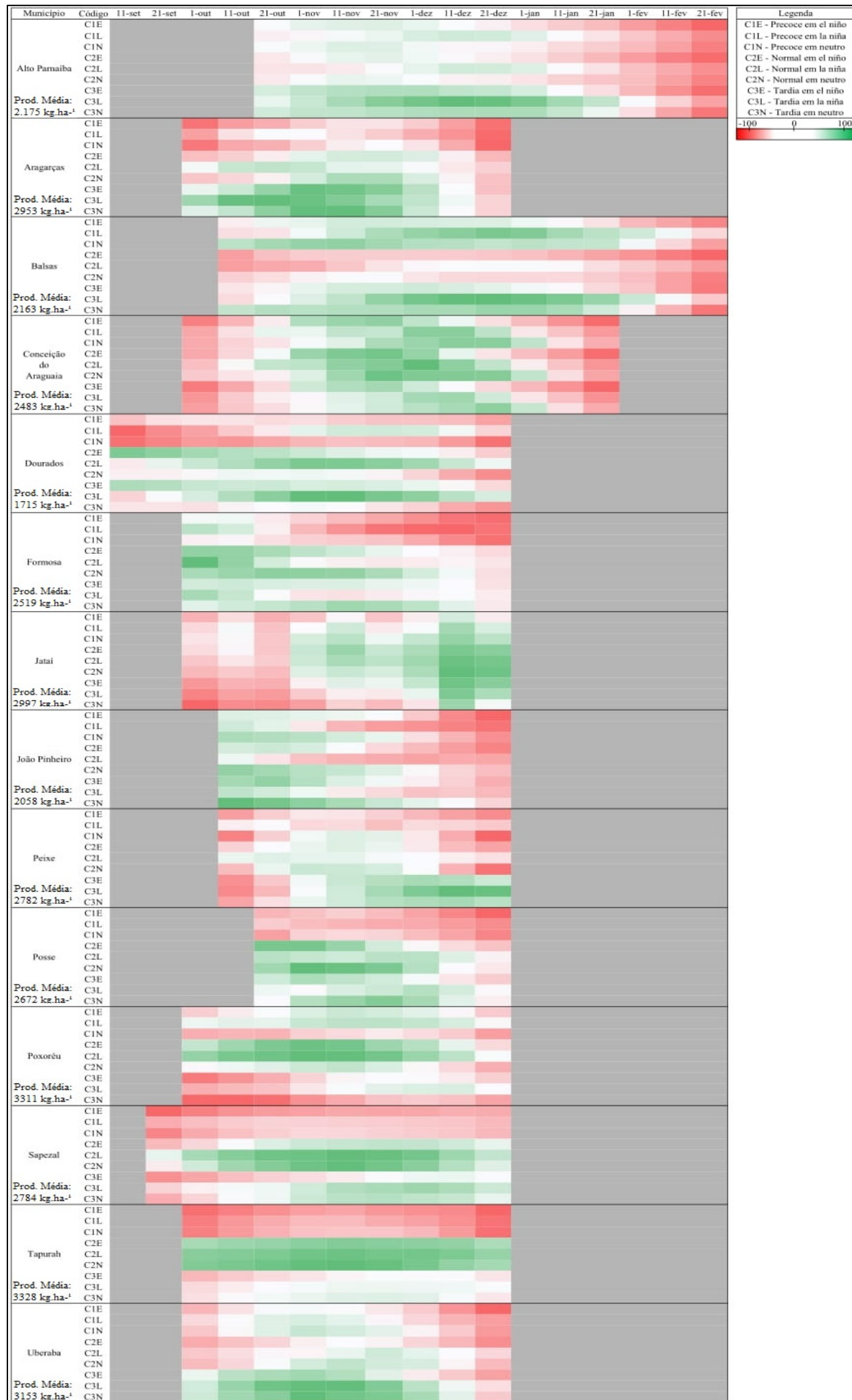


Figura 12. Anomalia de produtividade em relação à média histórica para cada município, datas de semeadura e fases ENOS para solos de textura arenosa. Janela de semeadura conforme recomendação do Zoneamento de Risco Climático do MAPA (2021).

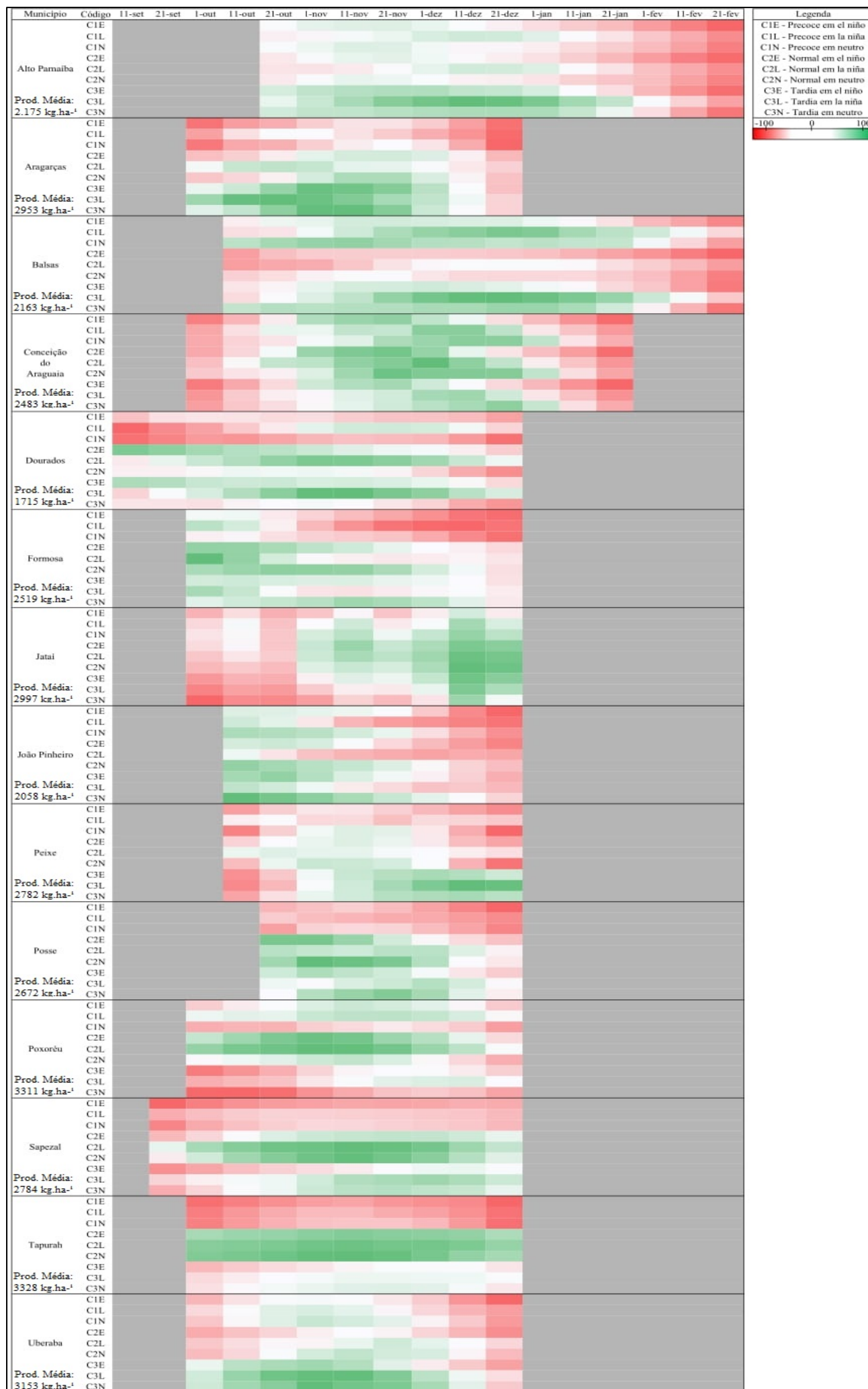


Figura 13. Anomalia de produtividade em relação à média histórica para cada município, datas de semeadura e fases ENOS para solos de textura média. Janela de semeadura conforme recomendação do Zoneamento de Risco Climático do MAPA (2021).

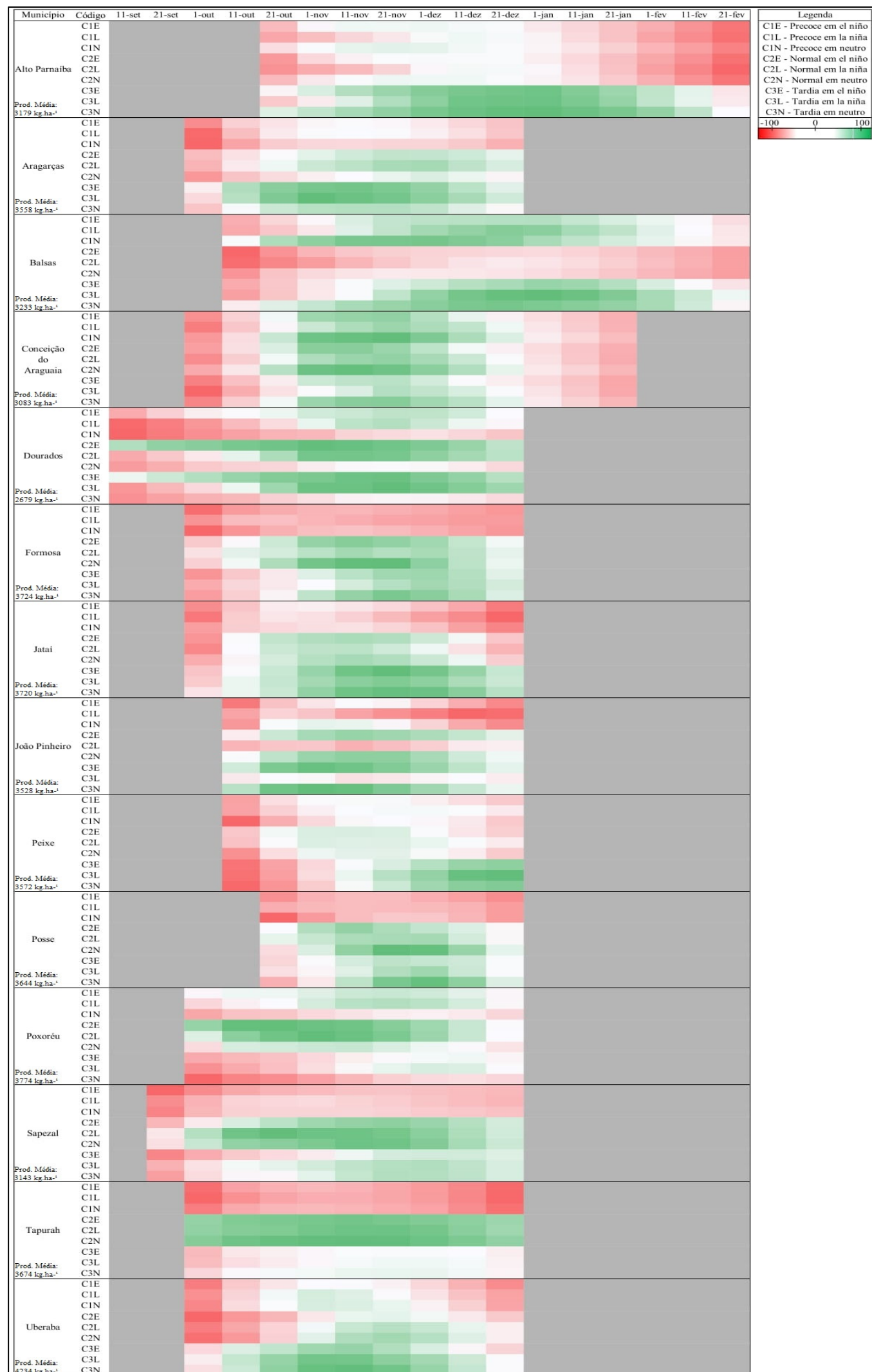


Figura 14. Anomalia de produtividade em relação à média histórica para cada município, datas de semeadura e fases ENOS para solos de textura argilosa. Janela de semeadura conforme recomendação do Zoneamento de Risco Climático do MAPA (2021).

Em relação a Jataí, GO, independentemente do cultivar e fase ENOS, semeaduras mais tardias, é o mais viável para este município para solos de textura arenosa (Figura 12). Em João Pinheiro, MG, cultivares de ciclo tardio resultaram em anomalias positivas em maior quantidade de decêndios em neutralidade (janela de semeadura maior), sendo que independente do cultivar, as janelas são mais restritas e com anomalias negativas para La Niña (Figura 12, 13, e 14).

Em Peixe, TO, destacou-se a maior janela para cultivar de ciclo tardio, independente das fases ENOS e tipos de solo (Figura 12, 13 e 14). Já em Posse, GO, houve anomalias positivas durante todo intervalo, independente do solo e fase ENOS para ciclo precoce. Por outro lado, para o ciclo médio, somente La Niña apresentou maiores valores de anomalia positiva. Para o ciclo tardio, observou-se maiores valores de anomalia positiva para neutralidade, seguida de La Niña.

Em Poxoréu, MT, destacou-se a maior janela com anomalia positivas para o ciclo médio, independentemente do tipo de solo (Figura 12, 13 e 14), com maior frequência de anomalias negativas para a fase de neutralidade para cultivares de ciclo precoce e tardio. Em Sapezal, MT, o tipo de solo não interferiu nas tendências de anomalias (Figura 12, 13 e 14), ou seja, os valores negativos de anomalias ocorreram de forma mais intensa para cenários de ciclo precoce e parcialmente para a cultivar tardio no início da janela para El Niño e neutralidade.

Referente ao município de Tapurah, MT, a cultivar de ciclo médio destacou-se com anomalias positivas de forma integral na janela de semeadura em que foram realizadas as simulações. Já em Uberaba, sobre os diferentes cenários, destaca-se de modo geral, a redução de janela em El Niño e para o cultivar de ciclo tardio, com maior número de decêndios com anomalias positivas quando comparado ao ciclo precoce e médio (Figura 12, 13 e 14).

Quanto aos melhores índices de anomalias, em solos arenosos (Apêndice F), destacou-se a cultivar tardia em La Niña para Alto Parnaíba, MA, (58,48%) em 11 de dezembro na fase La Niña, e em Balsas, MA (49,85%) em 21 de dezembro, e neutralidade com ciclo média em João Pinheiro, MG (46,63%) em 11 de outubro, Dourados, MS (37,82%) em 11 de novembro, e Tapurah, MT (36,51%) em 11 de novembro. Já os valores negativos de anomalias com maior intensidade ocorreram em Alto Parnaíba, MA (-55,51%) e Balsas, MA (-54,96%) na data de semeadura de 21 de fevereiro na fase El Niño para ciclo longo, e em Sapezal, MT (-35,89%) na mesma fase, mas para ciclo curto com semeadura em 21 de setembro.

Em relação aos solos de textura média (Apêndice H), destacou-se as anomalias positivas para Balsas, MA (43,96%) e Alto Parnaíba, MA (43,17%) com semeadura em 21 de dezembro, e Dourados, MS (32,12%) para semeadura em 11 de novembro, ambas situações para cultivar tardia e fase La Niña. Já as maiores anomalias negativas ocorrem em Balsas, MA (-50,54%) em 11 de outubro, com cultivar de ciclo médio na fase El Niño, Alto Parnaíba, MA (-43,35%) em 21 de fevereiro, com ciclo precoce e fase El Niño. Em Dourados, MS, observou-se anomalia máxima de -39,56% com semeadura em 11 de setembro, ciclo precoce e fase La Niña. Já Sapezal, MT (-34,79%), ciclo precoce, 21 de setembro, fase El Niño.

Para solos argilosos (Apêndice J), destacou-se novamente as anomalias positivas para os locais de Alto Parnaíba, MA (36,14%) e Balsas, MA (35,18%) para semeadura em 01 de janeiro com cultivar de ciclo tardio, respectivamente, para neutralidade e La Niña. Em Tapurah, MT, a semeadura em 11 de novembro para cultivar de ciclo médio em neutralidade resultou em anomalia de 32,08%, enquanto que Dourados, MS, obteve anomalia de 27,62% em 21 de novembro para o ciclo tardio na fase La Niña. Por outro lado, os maiores valores de anomalia negativa foram observados em Balsas, MA (-57,10%) para semeadura em 11 de outubro e ciclo médio em El Niño, e Dourados, MS (-46,66%), para semeadura em 11 de setembro, ciclo precoce em neutralidade. Já Sapezal, MT, apresentou anomalia de -36,03%, para 21 de setembro e ciclo precoce na fase de El Niño, e Alto Parnaíba, MA, com -34,13% para semeadura em 21 de fevereiro, com ciclo médio em La Niña.

5 DISCUSSÃO

Na análise dos municípios no Cerrado, observou-se que não houve anomalias expressivas positivas de produtividade na fase El Niño, em relação as fases de La Niña e Neutralidade. No caso dos municípios de Dourados, MS, João Pinheiro, MG, Poxoréu, MT e Aragarças, GO, houve acréscimos de produtividade em relação à média por município para El Niño, respectivamente, de 7,67%, 2,76%, 2,04% e 0,78%. Por outro lado, nos casos de Balsas, MA, Sapezal, MT, Uberaba, MG, Alto Parnaíba, MA, Tapurah, MT, Conceição do Araguaia, PA, Formosa, GO, Jataí, GO e Peixe, TO foram observados maiores perdas em relação à média municipal sob El Niño, com valores, respectivamente, de -7,58%, -5,34%, -3,40%, -2,41%, -1,73%, -1,69%, -1,19%, -0,85%, -0,75 e -0,45.

Em ano de La Niña, 9 dos 14 municípios avaliados obtiveram ganhos de produtividade em relação à média geral. Dourados, MS, Sapezal, MT, Poxoréu, MT, Balsas, MA, Aragarças, GO, Uberaba, MG, Peixe, TO, Alto Parnaíba, MA e Jataí, GO obtiveram ganhos, respectivamente, de 5%, 3,78%, 3,65%, 2,61%, 1,98%, 1,68%, 1,28%, 0,91% e 0,51%. Posse, GO, foi o único sem ganhos ou perdas. Quanto as perdas, em relação à média, João Pinheiro, MG, apresentou valor expressivo, chegando a -10,41% seguido de valores mínimos como em Formosa, GO, -0,92%, Conceição do Araguaia, PA, -0,24% e Tapurah, MT com -0,08%.

Já na fase de neutralidade, 10 municípios foram beneficiados com ganhos quando comparado as demais fases ENOS, destacando-se João Pinheiro, MG, Balsas, MA, Formosa, GO, Conceição do Araguaia, PA, Tapurah, MT, Uberaba, MG, Sapezal, MT, Alto Parnaíba, MA, Posse, GO, e Jataí, GO, com os respectivos valores de 8,92%, 5,80%, 2,47%, 2,26%, 2,11%, 2,00%, 1,81%, 1,75%, 0,88% e 0,39%. Entretanto, para as anomalias negativas destaca-se Dourados, MS com -14,79%, Poxoréu, MT, com -6,64%, Aragarças, GO, com -3,23% e Peixe com -0,96%.

Analisando os elementos climáticos com os ganhos e reduções em relação a produtividade média dos municípios, em fase neutra, a localidade de João Pinheiro, MG, apresentou reduções de 0,84% e 0,58% em relação a temperatura do ar máxima média e mínima média do município, bem como a radiação solar média reduzida em 2,16% e aumento de 0,77% na evapotranspiração real de cultura, enquanto que na precipitação acumulada até a colheita houve incremento de 8,85%, resultando assim, um acréscimo de produtividade em 8,92%. Por outro lado, no mesmo município, na fase La Niña, ocorre o

oposto, acréscimos de 0,33% em relação a média de temperatura do ar máxima média. Além disso houve aumento sobre a média de radiação solar 1,67% e redução de 9,09% de precipitação acumulada, bem como redução de ETr em 0,12%, resultando em perdas de 10,41% de produtividade média.

Outro ponto a ressaltar foi na localidade de Balsas, MA, que na fase de El Niño, apresentou aumento na temperatura máxima média e radiação solar média em 0,82% e 1,25%, respectivamente ao passo que na precipitação acumulada e na evapotranspiração real de cultura acumulada apresentou redução, respectivamente, de 5,83% e 3,04%. Isso resultou numa quebra de produtividade média de 7,58%. Ao contrário da fase de El Niño, em Neutralidade, houve redução de temperatura do ar máxima de 0,25%, bem como, redução da radiação solar média de 0,99%, ao passo que na precipitação acumulada e evapotranspiração real de cultura acumulada, houve acréscimos respectivamente, de 8,64% e 1,55%, resultando em acréscimos de produtividade média de 5,80%.

Há situações também, que confirmam os mesmos resultados obtidos por Nória Júnior & Sentelhas (2019), como municípios do Estado do Mato Grosso, cujos ganhos e perdas de produtividade não apresentaram tendência com os dados complementares analisados. Em Neutralidade, as temperaturas do ar máxima e mínima média mantiveram quase dentro da média, exceto Sapezal, com temperatura mínima média do ar com redução de 1,74%. Ao passo que precipitação acumulada apresentou uma baixa redução em Poxoréo, MT, 1,69% e redução em ETr de 2,90%, resultando em redução de produtividade média de -6,64%. Por outro lado, na fase de Lã Niña, houve reduções de temperatura do ar máxima média e precipitação acumulada, de -0,66% e -3,46%, respectivamente. Entretanto, observou-se aumento de 1,25%, 0,15% e 1,38% dos respectivos elementos, temperatura mínima média do ar, radiação solar média e evapotranspiração real de cultura acumulada, que resultaram, ao final, em ganhos de produtividade de 3,65% em relação à média.

Diante do exposto, verificou-se que em todas as situações em que há certos incrementos de temperatura do ar máxima média, temperatura do ar mínima média, radiação solar média e evapotranspiração real de cultura acumulada quando estes não estão associados a um incremento concomitante das precipitações acumuladas de forma expressiva, há redução de produtividade. Visto que em baixos níveis de precipitação aliados a altas temperaturas, tendem a reduzir o vigor vegetativo, favorecendo o fechamento dos estômatos, diminuindo a taxa de carboxilação, tendo como consequência a redução de produtividade

(Anderson et al., 2018), corroborando com os argumentos e resultados obtidos por Nóia Junior & Sentelhas (2019), Moura et al. (2019), Battisti et al. (2013) e Li et al. (2010).

Sobre as tendências das janelas de semeaduras, para cultivares de ciclo precoce, há municípios como Aragarças, GO, exceto cultivar precoce em La Niña com 2 decêndios que tendenciaram em torno da média do município tanto em solo arenoso (0,07% até 0,3%) quanto argiloso (0,13% até 0,36%), Formosa, GO (7 decêndios negativos), Jataí, GO (solo médio e argiloso, 9 decêndios negativos), Posse, GO (7 decêndios negativos), Sapezal, MT (10 decêndios negativos), e Tapurah, MT (9 decêndios negativos), em que majoritariamente do tipo de solo e da fase ENOS, não obtiveram alterações significativas de anomalias, seja para valores positivos (acima da média) ou valores negativos (abaixo da média) ou quando há janelas bastantes restritivas independentemente das variações de solos e fase ENOS.

Outro exemplo são os municípios de Peixe, TO, e Uberaba, MG (exceto El Niño), em que tanto cultivares de ciclo médio quanto tardias possibilitaram maior janela de semeadura, 5 a 6 decêndios positivos. Assim como, nos cenários de Poxoréu, MT (16 até 17%), Tapurah, MT (32% até 36%), e Sapezal, MT (24% até 27%), em que a cultivar de ciclo médio obtiveram melhores índices de anomalias, o que infere a associação dos fatores genéticos (grupo de maturação).

Sobretudo, avaliando as anomalias negativas extremas, por exemplo, -34,79% até -36,03% em Sapezal e em solo arenoso, -27,36% em Tapurah, quando comparadas as produtividades médias locais e solo, sendo unânimes para cultivares de ciclo precoce, confirmando a menor adaptabilidade desta cultivar sobre as variações aos elementos climáticos, mencionados por Farias et al. (2009), Battisti (2013) e Ferreira (2018), como o período crítico do fotoperíodo, condições de temperaturas do ar mais elevadas e radiação solar com a menor adaptabilidade as condições adversas, o que resulta na antecipação do florescimento, menor crescimento vegetativo, transformação precoce das folhas e hastes em estruturas reprodutivas, menor alongação da haste principal e suas ramificações (Santos, 2021), reduzindo o porte da planta (Ferreira, 2018) e, consequentemente, a produtividade.

Oposto ocorre quando se tem antecipação ou atrasos da data de semeadura com alteração do tipo de solo e/ou fase ENOS, quando há alterações seja de expansões ou de reduções de janela de semeadura, com ganhos ou perdas significativas em relação à média de produtividade do município. Por exemplo, em Conceição do Araguaia, PA, há maior expansividade da janela de semeadura entre 7 até 8 decêndios, com ciclo médio, desde que a fase La Niña esteja ocorrendo, do mesmo modo em neutralidade, que maior janela de

semeadura e observada para ciclo tardio, em solo médio, chegando até 8 decêndios positivos. Já em Formosa, GO, a cultivar de ciclo precoce só foi indicada com semeaduras no primeiro e segundo decêndio da janela, para solos arenosos em fase de El Niño (1,6% até 2,19%) e La Niña (7,17% até 11,16%).

Em Uberaba, MG, observou-se redução da janela de semeadura para El Niño, variando entre 2 a 4 decêndios positivos apenas, com ganho máximo em até 5,07%, em neutralidade, visto que há interação de fatores que interferem nos ganhos ou perdas de produtividade em detrimento da disponibilidade em menor ou maior escala dos elementos de clima, bem como, o tipo de fase ENOS (diferenças de temperatura, de radiação solar, e de volume e/ou frequência pluviométrica).

Esses fatores interagem com maior ou menor capacidade e disponibilidade hídrica relacionada ao tipo de solo, como é o caso dos municípios de Jataí, GO, em que semeaduras tardias foram unânimes tanto para solos de textura média quanto para solo de textura argilosa. Entretanto, janela mais restritiva para solo de textura arenosa para ciclo tardio (até 7 decêndios em neutralidade) ao passo que para cultivar de ciclo médio, as restrições de janelas foram maiores em solo de textura média e argilosa, com 3 a 4 decêndios negativos. Interações estas já destacadas por inúmeros autores (Amorim et al., 2011; Vaz Bisneta et al., 2012; Battisti et al., 2013; Nóia Júnior e Sentelhas, 2019; e Correia Filho et al. 2021).

6 CONCLUSÃO

Sobre a caracterização dos elementos de clima do bioma, temperatura do ar máxima média foi identificada em Aragarças, GO, em El Niño e neutralidade, Alto Parnaíba, MA, para La Niña e neutralidade e Peixe, TO, somente para La Niña, e Dourados, MS, somente em neutralidade. El Niño resultou em maior quantidade de municípios com médias de temperatura do ar mais elevadas em relação à média geral. Neutralidade apresentou menor quantidade de municípios com médias de radiação solar mais elevadas. Dourados, MS, e Balsas, MA, se destacaram com as menores médias de precipitação pluvial e de evapotranspiração real de cultura acumulada, ao contrário do observado nos municípios do Mato Grosso, especialmente Poxoréu, MT, independente das fases do fenômeno.

O ENOS afeta na produtividade da soja no Cerrado, visto a influência da intensidade dos elementos climáticos. Ênfase disso, é a redução das médias de precipitação acumulada durante a safra, em La Niña, de 12 municípios, exceto Sapezal, MT, e Uberaba, MG. Por outro lado, tivemos aumento de evapotranspiração real de cultura em metade dos municípios avaliados. Apesar da notoriedade de resultados menos benéficos em El Niño e da grande parte dos municípios que resultaram em produtividades mais elevadas em La Niña e/ou Neutro, ao centro-norte do bioma, os resultados são diversos a depender do cenário quanto as datas, fase ENOS e tipo de solo.

Quanto as anomalias, destaque entre fases ENOS tanto em nível bioma quanto em nível municipal, sobretudo aos municípios de Dourados, com valores positivos em até 4 variáveis avaliadas no Cerrado e 3 *in loco*, se comparado El Niño com Neutralidade. Do mesmo modo em João Pinheiro, entretanto entre La Niña e Neutro. Já Formosa, especialmente *in loco*, sobre a precipitação acumulada por ciclo, alcançando 11,67% em Neutralidade e -13,46%, em La Niña.

Por fim, obteve-se maioria dos municípios com melhor performance com ciclo tardio, considerando a maior janela de semeadura. Os maiores ganhos de produtividade foram obtidos com a semeadura em anos de Neutralidade e La Nina, quando comparado aos impactos negativos da fase de El Niño. Assim, uma forma de reduzir os impactos das fases ENOS é através da escolha da melhor janela de semeadura para a cultura da soja, atentando-se em datas cujos elementos indicam proporções mais benéficas para altas produtividades, uma vez que estas variáveis em conjunto são determinantes para tais rendimentos e oscilam com acréscimos e reduções de acordo com suas respectivas fases.

7 REFERÊNCIAS

ABIOVE. **Moratória da soja: 5º ano do mapeamento e monitoramento do plantio de soja no bioma Amazônia**, São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Meteorologische Zeitschrift**. Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, D. B. F. Multiple remote sensing data sources to assess spatio-temporal patterns of fire incidence over campos amazônicos savana vegetation enclave (Brazilian Amazon). *Sci. Total Environ.*, v. 601-602, p.142-158, 2017.

ALLEN, G. R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMORIM, F. A., HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, L. B.; LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, D. L. Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia-MG. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, suplemento 1, p. 1793-1802, 2011.

ANDERSON, W.; SEAGER, R.; BAETHGEN, W.; CANE, M. Trans-pacific ENSO teleconnections pose a correlated risk to agriculture. **Agric. For. Meteorol.**, v. 262, p.298-309, 2018.

ARAÚJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil**. 2012. 45f. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ARCHONTOULIS, S. V.; MIGUEZ, F. E.; MOORE, K. J. A methodology and an optimization tool to calibrate phenology of short-day species included in the APSIM PLANT model: application to soybean. **Environ. Model. Softw.**, v.62, p.465-477, 2014.

ASSENS, S.; EWERT, F.; ROSENZWEIG, C.; JONES, J. W.; HATFIELD, J. L. RAUANE, A. C.; BOOTE, K. J.; THORBURN, P. J.; ROTTER, R. P.; CAMM ARANO, D.; BRISSON, N.; BASSO, B.; MARTRE, P.; AGGARWAL, P. K.; ANGULO, C.; BERTUZZI, P.; BIERNATH, C.; CHARLLINOR, A. J.; DOLTRA, L.; GAYLER, S.; GOLDBERG, R.; GRANT, R.; HENG, L.; HOOKER, J.; HUNT, L. A.; INGWERSEN, J.; IZAURRALDE, R. C.; KERSEBAUM, K. C.; MULLER, C.; NARESH KUMAR, S.; NENDEL, C.; LEARY, O. G.; OLESEN, J. E.; OSBORNE, T. M.; PALOSUO, T.; PRIESACK, E.; RIPOCHE, D.; SEMENOV, M. A.; SCHERBAK, I.; STEDUTO, P.; STOCKLE, C.; STRATONOVITCH, P.; STRECK, T.; SUPIT, I.; TAO, F.; TRAVASSO, M.; WAHA, K.; WALLACH, D.; WHITE, J. W.; WILLIAMS, J. R.; WOLF, J. Uncertainty in simulation wheat yield under climate change. **Nat. Clim. Change**, v. 3, p. 827 – 832, 2013.

BARBIERI, J. D. **Fenômenos ENOS e produção de soja e milho safrinha no Estado de Mato Grosso**. 2017. 100f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola), Universidade Estadual do Mato Grosso, Tangará da Serra, 2017.

BATTISTI, R. **Época de semeadura da cultura da soja com base no risco climático e na rentabilidade líquida para as principais regiões produtoras do Brasil**. 2013. 261f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PILAU, F. G.; WOLLMANN, C. A. Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no Estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, p.390-396, 2013.

BATTISTI, R. **Calibration, uncertainties and use of soybean crop simulation models for evaluating strategies to mitigate the effects of climate change in Southern Brazil**. 2016. 188f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

BATTISTI, R.; PARKER, P. S.; SENTELHAS, P. C.; NENDEL, C. Gauging the sources of uncertainty in soybean yield simulations using the monica model. **Agricultural Systems**, v. 155, 9 – 18, 2017a.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 200, p. 28 – 37, 2017b.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Sensitivity and requirement of improvements of four soybean crop simulation models for climate change studies in southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 62, p. 823 – 832, 2018a.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PASCOALINO, J. A. L.; SAKO, H.; DANTAS, J.P.S. de.; MORAES, M. F. Soybean yield gap in the areas of yield contest in Brazil. **International journal of plant production**, v. 12, p. 159 – 168, 2018b.

BATTISTI, R.; BENDER, F. D.; SENTELHAS, P. C. Assessment of different gridded weather data for soybean yield simulations in Brazil. **Theor. Appl. Climatol.**, p. 1 – 11, 2018c.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C. Characterizing Brazilian soybean-growing regions by water deficit patterns. **Fiel Crops Research**, v. 240, p. 95 – 105, 2019.

BHATIA, V. S.; SINGH, P.; WANI, S.P.; CHAUHAN, G. S.; RAO, A. V. R. K.; MISHRA, A. K.; SRINIVAS, K. Analysis of potential yields and gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. **Agric. For. Meteorol.**, v. 148, 1252 – 1265, 2008.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T.; SENTELHAS, P. C.; LULU, J. Possible influences of pacific decadal oscillation in the ten day based ratio between actual and potential evapotranspiration in the region of Campinas, São Paulo State, Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 68, p.797-805, 2009.

BOOTE, K. J.; PICKERING, N. B. Modeling photosynthesis of row crop canopies.

HortScience, Alexandria, v. 29, p. 1423-1434, 1994.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PICKERING, N. B. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. **Agricultural systems modeling and simulation**. New York: Marcel Dekker, p. 651 – 692, 1998.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; BATCHELOR, W. D.; NAFZIGER, E. D.; MYERS, O. Genetic coefficients in the CROPGRO-soybean model: link to field performance and genomics. **Agron. J.**, v. 95, p. 32-51, 2003.

CARLETON, T. A.; HSIANG, S. M. Social and economic impacts of climate. **Science**, v. 353, pp. aad9837-aad9837, 2016.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira – grãos**: décimo segundo levantamento, setembro 2022 – safra 2021/2022, Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 24 set. 2022.

CORREIA FILHO, W. L.; OLIVEIRA JUNIOR, J.F.; SILVA JUNIOR, C. A. da.; SANTIAGO, D. B. da. Influence of the el niño – southern oscillation and the synoptic systems on the rainfall variability over the Brazilian cerrado via climate hazard group infrared precipitation with station data. **International Journal of Climatology**, v.42, p.3308-3322, 2021.

CUNHA, G. R. da.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SILVA, A. A. G. da.; ASSAD, E. D.; ROSA, C. M. da. *El Niño/La Niña* – oscilação sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.121, p. 18 – 22, 2011.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. Efeito da água no rendimento das culturas. Estudos FAO – irrigação e drenagem, v. 33, 1994, 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivares de soja BRS:** macrorregiões 4 e 5 Norte e Nordeste do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2016, 57p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivares de soja BRS:** Centro-Sul do Brasil – macrorregiões 1, 2 e 3 e REC 401. Londrina: Embrapa Soja, 2018, 60p.

ERASMI, S.; SCHUCKNECHT, A.; BARBOSA, M.; MATSCHULLAT, J. Vegetation greenness in Northeastern Brazil and its relation to ENSO warm events. **Remote Sens.**, v.6, p.3041-3058, 2014.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agron. Sustain. Dev.**, v. 29, p. 185 – 212, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFPA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, R. **Modelagem da produtividade de soja em função de variáveis meteorológicas no Centro-Sul do Paraná.** 2018. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Guarapuava, 2018.

GAYDON, D. S.; BALWINDER, S.; WANG, E.; POULTON, P. L.; AHMAD, B.; AHMED, F.; AKHTER, S.; ALI, I.; AMARASINGHA, R.; CHAKI, A. K.; CHEN, C.; CHOUDHURY, B.U.; DARAI, R.; DAS, A.; HOCHMAN, Z.; HORAN, H.; HOSANG, E. Y.; KUMAR, P. V.; KHAN, A. S. M. M. R.; LAING, A. M.; LIU, L.; MALAVIACHICHI, M. A. P. W. K.; MOHAPATRA, K. P.; MUTTALEB, M. A.; POWER, B.; RADANIELSON, A. M.; RAI, G. S.; RASHID, M. H.; RATHANAYAKE, W. M. U. K.; SARKER, M. M. R.; SENA, D. R.; SHAMIM, M.; SUBASH, N.; SURIADI, A.; SURIYAGODA, L. D. B.; WANG, G.; WANG, J.; YADAV, R. K.; ROTH, C. H. Evolution of the APSIM model in cropping systems of Asia. **Field Crops Res.**, v.204, p.52-75, 2017.

GARCIA, R. A.; CECCON, G.; SUTIER, G. A.; DA, S.; SANTOS, A. L. F. dos. Soybean-corn succession according to seeding date. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, p.22-29, 2018.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **El niño and la niña years and intensities**. 2022. Disponível em: <<https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

GOMES, A. C. S. dos.; PARIZI, A. R. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; SOARES, F. C. Modelo para estimativa da produtividade para a cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1, p.43-49, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola**. 2019. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=18&i=P>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas interativos: solos**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Climate change scenarios simulation**. Disponível em: <<http://pnud.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

JONES, J. W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C. H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W. D.; HUNT, L. A.; WILKENS, P. W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A. J.; RITCHIE, J. T. The DSSAT cropping system model. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 18, p. 234-265, 2003.

KASSAM, A. H. **Net Biomass Production and Yield of Crops**. Rome: FAO, 1977.

KEATING, B. A.; CARBERRY, P. S.; HAMMER, G. L.; PROBERT, M.E.; ROBERTSON, M. J.; HOLZWORTH, D.; HUTH, N. I.; HARGREAVES, J. N. G.; MEINKE, H.; HOCHMAN, Z.; MCLEAN, G.; VERBURG, K.; SNOW, V.; DIMES, J.P.; SILBURN, M.; WANG, E.; BROWN, S.; BRISTOW, K. L.; ASSENG, S.; CHAPMAN, S.; MCCOWN, R. L.; FREEBAIRN, D. M.; SMITH, C. J. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. **Eur. J. Agron.**, v. 18, 2003.

KOTHARI, K.; BATTISTI, R.; BOOTE, K. J.; ARCHONTOULIS, S. V.; CONFALONE, A.; CONSTANTIN, J.; CUADRA, S. V.; DEBAEKE, P.; FAYE, B.; GRANT, B.; HOOGENBOOM, G.; JING, Q.; LAAN, M. van der.; SILVA, F. A. M. da.; MARIN, F. R.; NEHBANDANI, A.; NENDEL, C.; PURCELL, L. C.; SALMERÓN, M. Are soybean models ready for climate change food impact assessments?. **Eur. J. Agron.**, v.135, 2022.

LIANG, X. Z.; WU, Y.; CHAMBERS, R. G.; SCHMOLDT, D. L.; GAO, W.; LIU, C.; LIU, Y. A.; SUN, C.; KENNEDY, J. A. Determining climate effects on US total agricultural productivity. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v. 114, p. E2285 – E2292, 2017.

LIMA, T. M. **Exigências térmicas e fotoperiódicas da cultura da soja na região de Planaltina**. Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

LI, W.; ZHANG, J. Y.; BAKER, P. A. Impact of two different types of el nino events on the amazon climate and ecosystem productivity. **Oxford J.**, v. 4, p.91-99, 2010.

MAVROMATIS, T.; BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; WILKERSON, G. G.; HOOGENBOOM, G. Repeatability of model genetic coefficients derived from soybean performance trials across different states. **Crop Sci.**, v.42, n.1, p.76-89, 2002.

MELO, A. C. A. de.; NOBRE JÚNIOR, A. A. de.; SILVA, F. A. M. da.; ABREU, L. M. de. Zoneamento de risco climático para cultivo da soja no Cerrado. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n.1, p. 26-36, 2020.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Zoneamento de risco agroclimático. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 23 ago. 2021.

MONTEIRO, J. E. B. A (org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. In: FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Soja** Brasília: INMET, 2009. cap.15, p. 263-277.

MOURA, M. M.; SANTOS, A. R. dos.; PEZZOPANE, J. E.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, S. F. da.; PIMENTEL, E. R. F.; MOREIRA, T. R.; SILVA, R. G. da.; CARVALHO, J. R. de.; Relation of el niño and la niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of the total environment**, v. 651, p. 1639-1651, 2019.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION/ PREDICTION OF WORLDWIDE ENERGY RESOURCES. **Power data access viewer**. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION'S / EARTH SYSTEM RESEARCH LABORATORY. **Mauna loa CO2 monthly mean data**. Disponível em: < <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

NENDEL, C.; BERG, M.; KERSEBAUM, K. C.; MIRSCHEL, W.; SPECKA, X.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K. O.; WIELAND, R. The MONICA model: testing predictability for crop growth, soil moisture and nitrogen dynamics. **Ecol. Model.**, v. 222, p. 1614 – 1625, 2011.

NOAA – NATIONAL OCEAN AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Cold & Warm Episodes by Season**. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 04 ago. 2021. 2021.

NÓIA JÚNIOR, R. S. de.; SENTELHAS, P. C. Soybean-maize off-season double crop system in Brazil as affected by el niño southern oscillation phases. **Agricultural Systems**, v. 173, p.254 – 267, 2019.

OLIVEIRA, O. B. de. **Modelagem de distribuição potencial da soja no Brasil frente às mudanças climáticas**. 2019. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2019.

PARIZI, A.R.C. **Funções de produção das culturas de milho e feijão através de estudo experimental e simulado**. 2010. 205f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

PALOSUO, T.; KERSEBAUM, K. C.; ANGULO, C.; HLAVINKA, P.; MORIONDO, M.; OLESEN, J. E.; PATIL, R. H.; RUGET, F.; RUMBAUR, C.; TAKÁC, J.; TRMKA, M.; BINDI, M.; CALDAG, C.; EWERT, F.; FERRISE, R.; MIRSCHEL, W.; SAYLAN, L.; SISK, B.; ROTTER, R. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: a comparison of eight crop growth models. **Eur. J. Agron.**, V. 35, p. 103 – 114, 2011.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

PURCELL, L. C.; SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; DE, A. Soybean N₂ fixation estimates, ureide concentration, and yield responses to drought. **Crop Sci.**, v.44, n.2, p.484-492, 2004.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, v. 4, 1974. 374p.

RAES, D.; STEDUTO, P.; HSIAO, T. C.; FERERES, E. Reference manual: aquacrop version 4.0. 2012. Disponível em:< <http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html>>. Acesso em: 30 jul. 2021.

RAMOS, C. S. Mudança do clima é maior risco no agro, diz pesquisa. **Revista Valor Econômico Agronegócios**, São Paulo, 2023. Disponível em:

<<https://valor.globo.com/agronegocios/noticia/2023/01/11/mudanca-do-clima-e-maior-risco-no-agro-diz-pesquisa.ghml>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em:< <https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 20 jul. 2022.

REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; URACH, F. L.; CARLESSO, R. Estimation of water retention and availability in soil of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1547-1560, 2009.

RITCHIE, J. T.; JAMIESON, P. D.; PORTER, J. R.; GOUDRIAAN, J.; VAN KEULEN, H.; STOL, W. A comparison of the models AFRCWHEAT2, CERES-Wheat, Sirius, SUCROS2 and SWHEAT with measurements from wheat grown under drought. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 55, p. 23-44, 1998.

ROCHA, R. P. da.; REBOITA, M. S.; DUTRA, L. M. M.; LIOPART, M. P.; COPPOLA, E. Interannual variability associated with ENSO: present and future climate projections of regcm4 for South America-cordex domain. **Clim. Chang.**, v. 125, p. 95-109, 2014.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. **Journal of Climate**, v. 4, p. 268-284, 1989.

ROSA, G. D. **Efeito do fenômeno ENOS sobre a produtividade de soja no Brasil**. 2019. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

RUIZ-NOGUEIRA, B.; BOOTE, K.J.; SAL, F. Calibration and use of CROPGRO-Soybean model for improving soybean management under rainfed conditions. **Agric. Syst.**, v.68, p.151-173, 2001.

SALMERÓN, M.; GBUR, E. E.; BOURLAND, F. M.; EARNEST, L.; GOLDEN, B. R.; PURCELL, L. C. Soybean maturity group choices for maximizing radiation interception across planting dates in the Midsouth United States. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 2132-2142, 2015.

SALMERÓN, M.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D.; SHANNON, G. Simulation of genotype-by-environment interactions on irrigated soybean yields in the U.S. Midsouth. **Agricultural Systems**, v. 150, p.120-129, 2017.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, T. G.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; ALVES JUNIOR, J.; EVANGELISTA, A. W. P. Assessment of agricultural efficiency and yield gap for soybean in the Brazilian central cerrado biome. **Bragantia**, Campinas, v. 80, n. 1, 2021.

SANTOS, T. G. **Estimativa do *yield gap* para a cultura da soja em nível de fazenda no Estado de Goiás**. 2021. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

SAMPAIO, L. S.; BATTISTI, R.; LANA, B. A.; BOOTE, K. J.; Assessment of sowing dates and plant densities using CSM-CROPGRO-Soybean for soybean maturity groups in low latitude. **The Journal of Agricultural Science**, p. 1 – 14, 2021.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; SAKO, H.; ZENI, R.; RODRIGUES, L. A. **Clima e produtividade da soja: variabilidade climática como fator controlador da produtividade**. 2017. p. 21-35.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal Agricultural Science**, v. 153, p. 1394-1411, 2015.

SILVA, A. C. S. da. **Análise da tendência de chuva entre 1949 e 2019 em Goiânia, GO**. 2021. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

SOIL CONSERVATION SERVICE. Hydrology section 4. In: _____. **National engineering handbook**. Washington: USDA, NRCS, 1972. chap. 4/10.

SPECHT, J. E.; CHASE, K.; MACRANDER, M.; GRAEF, G. L.; CHUNG, J.; MARKWELL, J. P.; GERMANN, M.; ORF, J. H.; LARK, K. G. Soybean response to water: a QTL analysis of drought tolerance. **Crop. Scien.**, v.41, p.493-509, 2001.

SULEIMAN, A.A.; RITCHIE, J.T. Modeling soil water redistribution during second-stage evaporation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 67, p. 377-386, 2003.

TEIXEIRA, W. W. R.; BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, M. F. de.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Uncertainty assessment of soya bean yield gaps using DSSAT-CSM-CROPGRO-soybean calibrated by cultivar maturity groups. **Journal Agronomy Crop Science**, v. 205, p. 533-544, 2019.

VAN BUSSEL, L.G.J.; EWERT, F.; ZHAO, G.; HOFFMANN, H.; ENDERS, A.; WALLACH, D.; ASSENG, S.; BAIGORRIA, G.A.; BASSO, B.; BIERNATH, C.; CAMMARANO, D.; CHRYSSANTHACOPOULOS, J.; CONSTANTIN, J.; ELLIOTT, J.; GLOTTER, M. Spatial sampling of weather data for regional crop yield simulations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 220, p. 101-115, 2016.

VAN ROEKEL, R. J.; PURCELL, L. C.; SALMERÓN, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**, v. 182, p. 86-97, 2015.

VAZ BISNETA, M.; MELLO FILHO, O. L.; ANGHEDEN, S.; CAMARA, A. R.; CARDOSO JUNIOR, L. A.; ZITO, R.; MEYER, M. C.; NUNES JUNIOR, J. Influência da época de semeadura na produtividade e caracteres agronômicos de cultivares de soja em Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. Anais eletrônicos [...]. Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62402/1/309-s206.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2022.

VILELA, G. F.; PEREIRA, M. J. Z.; KLEPKER, D.; MOREIRA, J. U. V.; VIEIRA, P. F. M. J. de.; RABELO, C. F. S.; BEZERRA, J. W. T.; PEREIRA, A. F.; SILVA NETO, S. P. da. **Cultivares de soja:** macrorregiões 4 e 5 norte e nordeste do Brasil. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2016. 57p.

WHITE, J. W.; HOOGENBOOM, G.; KIMBALL, B.A.; WALL, G. W. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. **Field Crops Reserach**, v. 124, p. 357 – 368, 2011.

APÊNDICES

Apêndice A. Valores médios dos elementos climáticos, da evapotranspiração real de cultura e produtividade para a fase El Niño no bioma Cerrado.

Tratamento	Temp. Max. Méd (°C)	Temp. Mín. Méd. (°C)	Radiaç. Solar Med. (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Precip. Acum. (mm)	Evapotr. Acum. (mm)	Produtiv. Média (kg.ha ⁻¹)
Alto Parnaíba	32,20 b ¹	21,64 d	20,09 f	713,54 g	416,94 i	2639,04 h
Aragarças	32,24 a	21,94 b	20,18 e	975,54 c	462,44 f	3345,67 c
Balsas	31,74 d	22,16 a	19,31 h	563,07 i	372,00 j	2524,21 i
Conceição	31,73 d	21,76 c	19,22 i	824,23 f	429,29 h	2758,11 g
Dourados	31,41 e	19,79 h	22,46 a	639,76 h	493,27 d	2400,83 j
Formosa	28,23 j	18,54 l	20,45 d	845,73 e	439,21 g	3105,37 e
João Pinheiro	29,85 h	19,52 i	20,43 d	894,52 d	514,04 c	3383,07 c
Jataí	30,76 f	19,11 k	22,19 b	835,35 e	490,51 d	2866,34 f
Peixe	31,96 c	22,14 a	19,96 g	959,67 c	493,93 d	3218,13 d
Posse	29,08 i	20,10 g	20,00 g	841,35 e	431,12 h	3172,45 d
Poxoréu	31,76 d	19,80 h	20,08 f	1233,36 a	538,92 b	3672,11 a
Sapezal	32,19 b	21,42 e	18,48 k	961,29 c	431,95 h	2832,87 f
Tapurah	32,17 b	20,32 f	18,96 j	1193,82 b	481,79 e	3473,53 b
Uberaba	30,20 g	19,27 j	21,60 c	970,09 c	558,53 a	3637,95 a
Média	31,22	20,66	20,19	868,37	462,57	3021,34
CV (%)	1,95	4,40	5,56	24,33	14,35	27,83

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott (1974) para o nível de erro em 5% probabilidade.

Apêndice B. Valores médios dos elementos climáticos, da evapotranspiração real de cultura e produtividade para a fase La Niña no bioma Cerrado.

Tratamento	Temp. Max. Méd (°C)	Temp. Min. Méd. (°C)	Radiaç. Solar Med. (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Precip. Acum. (mm)	Evapotr. Acum. (mm)	Produtiv. Média (kg.ha ⁻¹)
Alto Parnaíba	31,84 a ¹	21,36 d	19,86 g	681,40 j	420,50 i	2728,88 i
Aragarças	31,71 b	21,82 b	20,07 f	823,15 e	454,81 f	3385,71 d
Balsas	31,29 d	21,91 a	18,98 h	588,56 k	390,31 j	2802,69 h
Conceição	31,51 c	21,76 c	19,00 h	764,22 g	437,16 h	2798,84 h
Dourados	31,33 d	19,60 i	22,70 a	583,17 k	472,41 e	2341,15 k
Formosa	28,25 i	18,25 m	20,72 d	707,43 i	448,84 g	3113,67 g
João Pinheiro	30,30 e	19,35 j	20,47 e	861,37 d	496,65 d	3429,75 d
Jataí	29,85 g	18,72 l	22,50 b	748,04 h	492,61 d	2498,95 j
Peixe	31,80 a	21,91 a	20,06 f	849,20 d	501,25 c	3274,13 e
Posse	29,07 h	19,79 h	20,47 e	792,62 f	447,43 g	3196,28 f
Poxoréu	31,33 d	20,20 g	20,02 f	1134,78 a	540,42 b	3730,16 b
Sapezal	31,73 b	21,24 e	18,45 j	1039,17 c	454,43 f	3106,38 g
Tapurah	31,72 b	20,74 f	18,65 i	1096,50 b	469,24 e	3531,16 c
Uberaba	29,95 f	19,00 k	21,41 c	1043,35 c	567,92 a	3829,69 a
Média	30,94	20,52	20,16	820,44	465,70	3086,58
CV (%)	2,44	4,09	4,39	22,94	13,88	27,68

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott (1974) para o nível de erro em 5% probabilidade.

Apêndice C. Valores médios dos elementos climáticos, da evapotranspiração real de cultura e produtividade para a fase Neutralidade no bioma Cerrado.

Tratamento	Temp. Max. Méd (°C)	Temp. Min. Méd. (°C)	Radiaç. Solar Med. (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹)	Precip. Acum. (mm)	Evapotr. Acum. (mm)	Produtiv. Média (kg.ha ⁻¹)
Alto Parnaíba	32,07 a ¹	21,42 d	19,97 f	722,36 i	424,23 i	2751,61 h
Aragarças	32,07 a	21,75 c	20,26 d	937,56 e	450,03 f	3212,29 e
Balsas	31,40 f	22,14 a	18,89 j	649,64 j	389,66 j	2889,97 g
Conceição	31,46 e	21,18 e	19,07 i	790,26 h	430,90 h	2869,38 g
Dourados	31,79 b	19,52 i	23,54 a	526,85 k	451,16 f	1899,67 i
Formosa	27,85 k	18,29 l	20,06 e	912,95 f	440,91 g	3220,63 e
João Pinheiro	30,45 g	19,51 i	20,44 c	853,67 g	508,37 c	3425,70 c
Jataí	29,51 i	18,76 k	21,65 b	895,74 f	497,06 d	3038,25 f
Peixe	31,75 c	22,03 b	19,58 h	963,82 d	483,31 e	3201,49 e
Posse	28,81 j	19,87 h	19,81 g	903,25 f	433,39 h	3224,90 e
Poxoréu	31,54 d	19,84 h	19,85 g	1155,54 a	517,57 b	3359,53 d
Sapezal	31,81 b	20,80 f	18,57 k	1050,19 b	454,54 f	3047,39 f
Tapurah	31,76 c	20,51 g	18,81 j	1156,67 a	479,17 e	3609,70 b
Uberaba	29,70 h	18,92 j	21,60 b	1017,35 c	562,57 a	3841,60 a
Média	30,97	20,44	20,11	874,22	460,97	3069,71
CV (%)	1,83	4,30	5,67	24,49	15,32	28,39

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott (1974) para o nível de erro em 5% probabilidade.

Apêndice D. Valores médios dos elementos climáticos, da evapotranspiração real de cultura e produtividade por município em diferentes fases.

Município	Tratamen.	Temp.	Temp.	Radiaç.	Precip.	Evapotr.	Produtiv.
		Max.	Mín.	Solar Med.	Acum.	Acum.	Média
		Méd (°C)	Méd. (°C)	(MJ.m ⁻² .dia ¹)	(mm)	(mm)	(kg.ha ⁻¹)
Alto Parnaíba	El Niño	32,20 a ¹	21,64 a	20,09 a	713,53 a	416,94 b	2639,03 b
	Neutro	32,07 b	21,42 b	19,97 b	722,36 a	424,22 a	2751,61 a
	La Niña	31,84 c	21,36 c	19,86 c	681,40 b	420,50 b	2728,88 a
	Média	32,04	21,48	19,97	704,93	420,37	2704,25
	CV%	2,07	2,91	4,35	34,05	14,48	32,30
Aragarças	El Niño	32,24 a	21,94 a	20,18 b	975,54 a	462,43 a	3345,67 a
	Neutro	32,07 b	21,74 c	20,26 a	937,56 b	450,03 c	3212,28 b
	La Niña	31,71 c	21,82 b	20,07 c	823,15 c	454,81 b	3385,71 a
	Média	32,00	21,84	20,16	910,81	456,04	3319,67
	CV%	2,43	2,20	4,77	25,76	13,86	22,08
Balsas	El Niño	31,74 a	22,16 a	19,31 a	563,06 c	372,00 b	2524,21 c
	Neutro	31,40 b	22,14 a	18,88 c	649,63 a	389,66 a	2889,97 a
	La Niña	31,29 c	21,91 b	18,98 b	588,56 b	390,31 a	2802,69 b
	Média	31,48	22,07	19,07	597,96	383,70	2731,40
	CV%	2,37	2,36	4,94	28,69	14,94	33,86
Conceição do Araguaia	El Niño	31,73 a	21,76 a	19,22 a	824,23 a	429,29 b	2758,10 c
	Neutro	31,46 b	21,18 b	19,08 b	790,25 b	430,90 b	2869,37 a
	La Niña	31,51 b	21,76 a	19,00 c	764,22 c	437,16 a	2798,84 b
	Média	31,57	21,59	19,10	793,03	432,53	2805,74
	CV%	2,70	6,39	6,34	25,32	10,77	22,10
Dourados	El Niño	31,41 b	19,79 a	22,46 c	639,75 a	493,27 a	2400,82 a
	Neutro	31,78 a	19,52 c	23,54 a	526,84 c	451,15 c	1899,66 b
	La Niña	31,33 c	19,60 b	22,70 b	583,17 b	472,41 b	2341,15 a
	Média	31,49	19,64	22,86	586,08	473,33	2229,59
	CV%	2,75	5,61	5,72	27,06	19,91	46,95
Formosa	El Niño	28,23 a	18,54 a	20,45 b	845,72 b	439,21 b	3105,36 b
	Neutro	27,85 b	18,29 b	20,05 c	912,95 a	440,90 b	3220,63 a
	La Niña	28,25 a	18,25 b	20,72 a	707,43 c	448,84 a	3113,67 b
	Média	28,12	18,36	20,42	817,49	443,09	3142,85
	CV%	2,85	5,06	5,51	25,52	13,86	30,48
Jataí	El Niño	30,76 a	19,52 a	20,43 b	894,51 a	514,04 a	3383,07 a
	Neutro	30,45 b	19,50 a	20,43 b	853,66 b	508,37 b	3425,70 a
	La Niña	30,30 c	19,35 b	20,51 a	861,37 b	496,65 c	3429,75 a
	Média	30,51	19,45	20,46	870,66	506,25	3412,20
	CV%	2,47	3,99	5,59	21,46	11,81	22,09
João Pinheiro	El Niño	29,85 a	19,11 a	22,19 b	835,34 b	490,51 a	2866,34 b
	Neutro	29,50 b	18,76 b	21,65 c	895,74 a	497,05 a	3038,25 a
	La Niña	29,85 a	18,72 b	22,50 a	748,04 c	492,61 a	2498,95 c
	Média	29,75	18,87	22,13	822,91	493,21	2789,33

Município	Tratamen	Temp. Max. Méd (°C)	Temp. Mín. Méd. (°C)	Radiaç. Solar Med. (MJ.m ⁻² .dia ¹)	Precip. Acum. (mm)	Evapotr. Acum. (mm)	Produtiv. Média (kg.ha ⁻¹)
Peixe	CV%	2,45	8,24	5,28	25,55	16,55	40,29
	El Niño	31,96 a	22,14 a	19,96 b	959,66 a	493,93 b	3218,13 b
	Neutro	31,74 b	22,03 b	19,58 c	963,82 a	483,31 c	3201,48 b
	La Niña	31,80 b	21,91 c	20,06 a	849,20 b	501,25 a	3274,13 a
	Média	31,84	22,03	19,88	922,25	493,31	3232,73
	CV%	2,42	2,40	4,80	19,49	9,56	20,20
Posse	El Niño	29,08 a	20,10 a	20,00 b	841,35 b	431,12 b	3172,44 a
	Neutro	28,80 b	19,86 b	19,81 c	903,24 a	433,39 b	3224,89 a
	La Niña	29,07 a	19,79 c	20,47 a	792,62 c	447,43 a	3196,28 a
	Média	28,99	19,92	20,11	842,86	437,51	3196,52
	CV%	2,82	2,93	5,60	21,96	11,08	28,34
Poxoréu	El Niño	31,76 a	19,80 b	20,08 a	1233,35 a	538,91 a	3672,10 b
	Neutro	31,53 b	19,84 b	19,84 b	1155,53 b	517,57 b	3359,52 c
	La Niña	31,33 c	20,20 a	20,02 a	1134,78 c	540,42 a	3730,16 a
	Média	31,54	19,95	19,99	1175,51	533,04	3598,65
	CV%	2,23	9,15	8,03	22,70	9,17	16,69
Sapezal	El Niño	32,19 a	21,42 a	18,48 b	961,28 b	431,94 b	2832,86 c
	Neutro	31,81 b	20,80 c	18,57 a	1050,19 a	454,54 a	3047,38 b
	La Niña	31,73 c	21,24 b	18,45 b	1039,17 a	454,43 a	3106,38 a
	Média	31,91	21,17	18,50	1015,21	446,59	2992,95
	CV%	3,06	7,18	7,74	30,29	11,15	20,83
Tapurah	El Niño	32,17 a	20,32 c	18,96 a	1193,81 a	481,78 a	3473,53 c
	Neutro	31,76 b	20,51 b	18,81 b	1156,67 b	479,16 a	3609,70 a
	La Niña	31,72 b	20,74 a	18,65 c	1096,50 c	469,24 b	3531,87 b
	Média	31,89	20,53	18,81	1148,61	476,61	3534,80
	CV%	3,71	6,42	9,21	21,37	11,36	16,70
Uberaba	El Niño	30,20 a	19,27 a	21,60 a	970,08 c	558,52 b	3637,95 b
	Neutro	29,69 c	18,92 c	21,59 a	1017,34 b	562,56 b	3841,60 a
	La Niña	29,95 b	19,00 b	21,41 b	1043,35 a	567,92 a	3829,69 a
	Média	29,96	19,07	21,53	1009,90	563,02	3766,15
	CV%	2,27	3,29	5,23	20,82	10,86	20,80

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-knott (1974) para o nível de erro em 5% probabilidade.

Apêndice E. Valores médios de produtividade por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura arenosa.

Local	Decêndios	Produtividades Médias (kg,ha ⁻¹)									Média Solo
		El Niño			La Niña			Neutro			
		C1 ¹	C2 ²	C3 ³	C1	C2	C3	C1	C2	C3	
Alto Parnaíba	21-out	2246,8	2061,3	2540,6	2125,6	2028	2381,1	2262,3	2077,7	2574,9	2175,36
	1-nov	2403,6	2267,3	2712,4	2174	2018,9	2634,6	2348,7	2245,7	2689,8	
	11-nov	2449,9	2390,5	2787,4	2276,9	2076,4	2899,1	2471,1	2389,2	2701,8	
	21-nov	2470,7	2430,8	2833	2358,6	2204	3167,6	2463,8	2345,6	2776,5	
	1-dez	2377,6	2316,3	2828,1	2516	2401,2	3312	2309,3	2239,8	2832,7	
	11-dez	2242	2197,5	2703,8	2589	2570	3447,5	2172,7	2142	2856,5	
	21-dez	2133,1	2109,8	2670	2576,4	2567,7	3407	2172,6	2114,9	2863,9	
	1-jan	1974,3	1999,7	2521,4	2443,5	2466,9	3248,6	2108,4	2034,9	2871,8	
	11-jan	1818,2	1837,3	2225,6	2225,5	2219,8	2944,6	1950,2	1866,6	2664,7	
	21-jan	1692,2	1654,2	1971,9	2023,3	2015,6	2691,5	1834,5	1761,2	2348,6	
	1-fev	1419,5	1420,7	1653,1	1773,4	1722,8	2254,7	1677,1	1704,5	1970,8	
	11-fev	1176,7	1172,4	1312,6	1547,4	1526,6	1881	1457	1459,6	1496,7	
21-fev	967,76	1008	1032,1	1281,1	1293,5	1469,8	1164,5	1200,9	1102,6		
Aragarças	1-out	2387,4	2696,8	3016,4	2574,2	2983,6	3295,7	2405,8	2727,5	3051,9	2953,04
	11-out	2557,2	2768,6	3127,3	2847,5	3146,7	3490,4	2602,7	2795,3	3162,9	
	21-out	2629,3	2887,4	3318,5	2962,1	3176	3507,6	2637,1	2898,8	3353,4	
	1-nov	2762,6	3037	3480,6	2955,3	3155	3477	2765,3	3098,8	3499,9	
	11-nov	2849,2	3096,3	3452,6	2846,2	3040,9	3397,7	2891,8	3241,2	3507,1	
	21-nov	2849,6	3108	3382,7	2751,3	3031,9	3263,7	2953,2	3245,3	3382,7	
	1-dez	2758,5	3065,9	3194,6	2628,7	2972,1	3170,5	2858,4	3082,3	3136,1	
	11-dez	2569,7	2910,6	2960,3	2515,1	2870,3	2995,6	2617,6	2918,6	2952,7	
	21-dez	2375,3	2667,7	2704,8	2351,6	2774,7	2786,9	2334,6	2711,6	2780,5	
Balsas	11-out	1997	1392,2	1933,2	1880,7	1393,2	1860,1	2578,8	1776,3	2524,2	2163,05
	21-out	2215,3	1645,6	2044,2	1924,4	1462,1	2090,6	2762,7	1870,8	2636,3	
	1-nov	2251,6	1745,1	2260,2	2169,2	1500,2	2325,2	2855,3	2023,9	2596,8	
	11-nov	2410,8	1736,9	2385,9	2441,1	1701,4	2550,5	2901,2	2078,7	2640,7	
	21-nov	2408,3	1750,6	2399,2	2692,7	1909,5	2891,5	2769,2	2080,9	2648,6	
	1-dez	2377	1747,5	2434,6	2864,3	2057,6	3102,4	2637,1	1939,3	2721,9	
	11-dez	2348,7	1731,2	2367,7	2961,3	2110,3	3230,1	2620,3	1834,7	2723,1	
	21-dez	2331,1	1693,5	2283,4	3059,9	2128	3241,5	2532,9	1822,3	2830,8	
	1-jan	2200,3	1653,7	2175,4	3013	2122,6	3171,9	2592,3	1822,2	2827,8	
	11-jan	2073,5	1555,7	2073,5	2759,7	2074,7	3041,9	2529,2	1831,4	2707,1	
	21-jan	1910,1	1429,5	1839,6	2591,4	1885,2	2850,1	2523,4	1736,7	2437,6	
	1-fev	1601,3	1316,2	1697,1	2441,3	1749,9	2474,5	2176,1	1629,9	2025,9	
	11-fev	1442,8	1144,2	1408,6	2177,9	1598,4	2148,9	1820,8	1403,4	1554,3	
21-fev	1204,4	974,1	1117,2	1838,8	1382,8	1713,2	1399,3	1153,4	1098,8		

Conceição do Araguaia	1-out	1952,4	2138,1	1937,5	2134	2238,2	2052,4	2142,9	2289	2095,1	2483,85
	11-out	2193,7	2341,1	2137,9	2384,7	2488,1	2288,8	2325,7	2408,7	2274,7	
	21-out	2437,3	2522,5	2361,3	2542,9	2599,6	2448	2410,1	2460,4	2372,6	
	1-nov	2629,3	2666,7	2583,7	2535,9	2610,8	2483,4	2522,7	2558,2	2489	
	11-nov	2666,2	2707,1	2630,2	2602,1	2679,7	2552,9	2552,6	2656,9	2547,9	
	21-nov	2682	2724,5	2647,8	2597,3	2701,1	2578,3	2635	2733,3	2582,8	
	1-dez	2603,8	2672,8	2581,7	2691,8	2751,8	2646,8	2665,2	2705,6	2617,3	
	11-dez	2531,3	2542,9	2498,3	2692,3	2683,1	2657,1	2690,9	2702,8	2644,9	
	21-dez	2380,1	2402,4	2356	2607,9	2602,8	2581,6	2687,6	2697,4	2683	
	1-jan	2223,2	2233,7	2211,8	2419,6	2444,1	2412,2	2606,9	2604,3	2596,8	
Dourados	11-jan	2036,9	2085	2039,5	2259,6	2263,1	2248,5	2409,1	2381,8	2386,7	1715,1
	21-jan	1870,4	1879,7	1848,7	2069,9	2055,2	2033,3	2163,2	2123,8	2149,1	
	11-set	1483,7	2241,1	2040,5	1151,7	1624,4	1540,1	1188,9	1651,9	1611,5	
	21-set	1596	2173,8	2013,5	1275,9	1776,1	1700,8	1251,1	1646,4	1607,9	
	1-out	1609,5	2077,4	1920,8	1363,4	1916,5	1854,4	1332,1	1672,7	1590	
	11-out	1604,5	2005	1894,6	1505,4	2018,8	2016,4	1312,9	1748,4	1656,1	
	21-out	1571,9	1973,6	1900,6	1624,7	2156,5	2189	1376,2	1735,3	1692,7	
	1-nov	1583,9	1900,6	1848,3	1792,6	2251,4	2362,6	1433,5	1748,9	1721,9	
	11-nov	1522,5	1813,8	1859,7	1880,8	2241,4	2363,9	1473,2	1727,2	1688,4	
	21-nov	1485,6	1751,2	1831	1889,2	2184,2	2258,7	1454,2	1658,1	1609	
Formosa	1-dez	1484,4	1720,7	1773,3	1868	2089,2	2174,7	1439,6	1548,1	1540,6	2519,29
	11-dez	1459,7	1639,7	1670,2	1734,8	1920,6	1987,9	1334,6	1397,1	1394,8	
	21-dez	1365,6	1522,2	1561	1546,9	1745	1855,7	1186,1	1287,1	1318,3	
	1-out	2559,7	2964,5	2700,8	2800,6	3163,7	2877,9	2472,4	2868,9	2636,1	
	11-out	2574,7	2956,4	2722,1	2700	2960,5	2754,3	2494,5	2931,2	2710,7	
	21-out	2444,7	2875,3	2679,4	2466,7	2696,8	2516,5	2394,6	2982,9	2758,5	
	1-nov	2334	2784,5	2658,1	2208,5	2510,4	2419,4	2325,7	2978,1	2814,8	
	11-nov	2227,2	2717,8	2661,9	2022,6	2465,9	2405,3	2295,6	2959,8	2914,7	
	21-nov	2127,4	2612,1	2607,9	1893,2	2438,4	2448,9	2259,7	2865,6	2871,4	
	1-dez	2013,9	2525,4	2582,6	1840,7	2452,8	2498,7	2144,2	2696,7	2792,2	
Jataí	11-dez	1899,1	2471,1	2528,8	1828	2490,7	2531,5	1984,4	2568,3	2634,8	2997,38
	21-dez	1855,5	2367	2402,7	1887,4	2423,2	2450	1873,1	2389,2	2437,9	
	1-out	2663	2746,6	2930,8	2855,1	2963,7	3137,1	2652	2747,9	2921,4	
	11-out	2833,7	2995,1	3008	3022,2	3153,3	3303,7	2739,6	2914,4	3123	
	21-out	2895,4	3130	3190,5	2976,4	3227,6	3356,5	2753,2	3039,8	3221,3	
	1-nov	2851,6	3176,4	3273	2967	3338,2	3439,2	2758,9	3181,1	3396,5	
	11-nov	2757,6	3164,5	3320,9	2898,2	3287,8	3500,1	2782,5	3220,2	3461,7	
	21-nov	2693,4	3101,8	3275,8	2765,6	3175	3532,3	2704,2	3130,1	3490,8	
	1-dez	2545,1	2945,9	3191,3	2662,2	3097,1	3488,8	2647,9	3050,4	3402,4	
	11-dez	2451,2	2776,7	3059	2589	2935,7	3432,9	2552,2	2909,6	3274,4	
João Pinheiro	21-dez	2328,7	2571,8	2888,9	2491	2805,3	3334,8	2479,2	2703,9	3026,9	2058,42
	11-out	2236	2293,8	2608,2	2327,7	2129	2429,8	2550,4	2709,6	3018,3	
	21-out	2222,9	2353,7	2716,3	2197,9	1933,5	2324,9	2516,5	2606,6	2890,6	
	1-nov	2180,1	2283,5	2505,6	1945,9	1779,2	2116,8	2467,6	2478,5	2750,3	

	11-nov	2138,3	2065,2	2251,8	1710,6	1706,8	1961,8	2302,1	2394,8	2574,6	
	21-nov	2049,4	1874,6	2109,5	1599,8	1669,5	1887,4	2162,7	2237,1	2376,8	
	1-dez	1806,5	1743,6	1993,2	1546	1626,3	1772,3	1907,1	2021,1	2195,9	
	11-dez	1507,6	1603,2	1843,1	1479,3	1663,7	1799,3	1706,6	1855,3	2032,7	
	21-dez	1354,4	1481,4	1684,5	1411,4	1642	1726,9	1540,1	1754,4	1862,7	
Peixe	11-out	2512,6	2656	2477,6	2729,5	2837,7	2455,4	2434,5	2596,3	2527,8	
	21-out	2643	2766,9	2627,4	2765,9	2891	2582,3	2647,2	2838,2	2692,9	
	1-nov	2711	2840,2	2809,4	2669,1	2856,9	2781,1	2811,9	2984,3	2848,8	
	11-nov	2704	2895,6	2985,8	2676,7	2858,2	2960,5	2895,6	2970,4	2953,2	2782,5
	21-nov	2650,8	2843,1	3061,5	2604	2795,5	3133,9	2874,9	2932,2	3068,8	
	1-dez	2585,4	2716,3	3121,1	2677	2771	3296,2	2714,4	2772,1	3096,4	
	11-dez	2521,9	2593,9	3078,1	2661,7	2729,8	3413,9	2550,6	2567,3	3128	
	21-dez	2461,9	2530,7	2964,2	2628,5	2690,3	3392,2	2366,2	2400,2	3051,6	
Posse	21-out	2387,9	3033,6	2846,2	2505,6	2893,1	2772,4	2276,4	2947,4	2741,9	
	1-nov	2450,1	3039,5	2919	2420,5	2868	2733,5	2531,6	3086,9	2904,1	
	11-nov	2514,4	2965,9	2878,6	2381,6	2845,9	2818,9	2560,7	3067,6	2967,1	
	21-nov	2420,7	2836,7	2841,3	2334,4	2890,4	2853,1	2539,7	3026,9	3014,3	2672,28
	1-dez	2294,8	2718,5	2757,5	2324,6	2890,6	2901,4	2420	2904,6	2937,9	
	11-dez	2141,6	2581,6	2632,4	2254,2	2809,9	2834,9	2293,7	2743,2	2801,4	
	21-dez	1993,2	2449,5	2501,6	2177,7	2694,1	2723,7	2137,4	2644,2	2673,5	
Poxoréu	1-out	3112,5	3540,7	2733,5	3384,6	3716,9	2970	2963,6	3312,9	2644	
	11-out	3251,4	3672,7	2839,6	3421,3	3815,5	3019,1	2996,7	3383,2	2636,1	
	21-out	3333,4	3799,8	2969,6	3408	3849,1	3062,5	2985,9	3431,1	2672,6	
	1-nov	3453,9	3869,3	3144	3520,7	3901	3231,7	3119,3	3508,5	2830,1	
	11-nov	3515,8	3830	3292,8	3560,3	3889	3340,5	3171,7	3546,7	2945,5	3311,39
	21-nov	3483,8	3686,8	3328,6	3569,4	3831	3423,3	3247,1	3455,8	3060,1	
	1-dez	3428,2	3589	3322,3	3539,2	3696,2	3454,5	3179,1	3305,5	3100,8	
	11-dez	3296,2	3407,4	3253,1	3470,4	3569	3462	3100,7	3158,1	3053,5	
	21-dez	3099,6	3173,1	3122	3308,4	3343,7	3328,6	2892,5	2964,9	2922,3	
Sapezal	21-set	1784,7	2372	2074,1	2281,5	2940,5	2558,3	1995,7	2727,4	2280,9	
	1-out	1951,9	2576	2229,9	2405,5	3237,6	2757	2261,2	3041,6	2570,7	
	11-out	2082,2	2846,5	2411,8	2499,1	3379	2880,4	2420,6	3259,4	2826,9	
	21-out	2156	2989,1	2531,8	2547,7	3470,4	2911,6	2521,9	3385,8	2909,9	
	1-nov	2195,4	3066,5	2625,4	2539,2	3491	3042,2	2581,3	3486	3068,4	
	11-nov	2240,5	3094,6	2727,1	2528,2	3535,6	3181,1	2577	3534,8	3140,8	2784,16
	21-nov	2224,8	3117,9	2847,3	2506,9	3511	3221,4	2539,9	3459,1	3163,6	
	1-dez	2243	3102,5	2912,9	2473,5	3451,4	3269,9	2505	3365,5	3122,3	
	11-dez	2290,4	3050	2919,2	2453	3274	3209,1	2460,3	3170,6	3087,1	
	21-dez	2272,4	2941	2864	2376	3104,8	3063	2358,9	2974,8	2936,3	
Tapurah	1-out	2456	3909,4	2784	2521,4	4198,3	2942,2	2528,7	4250,8	2967,5	
	11-out	2525,8	4022,5	2873,5	2635	4236,8	3024,2	2643,8	4324,3	3077,5	
	21-out	2599,3	4054,2	2945,2	2728,3	4285,9	3095,4	2752,8	4420,6	3186,1	3328,21
	1-nov	2670,8	4159	2995,1	2799,7	4393,2	3164,3	2825,6	4537,7	3262,5	
	11-nov	2697,2	4236,5	3062,3	2798,1	4448,1	3241,7	2841,9	4543,5	3353,4	

	21-nov	2628,9	4186	3107	2727,1	4368,5	3244,6	2845,9	4490,7	3371,7	
	1-dez	2599,2	4153,1	3083,1	2683,4	4373,4	3213,5	2790,5	4345,1	3331,1	
	11-dez	2569	4081,9	3087,7	2604,9	4285	3199,7	2644,4	4093,7	3170,1	
	21-dez	2417,3	3847,8	2994,5	2469,4	4067,3	3121,3	2458,6	3911,2	2998,5	
Uberaba	1-out	2782,7	2724,9	3218,1	2965,3	2874,2	3327,1	2873,1	2812,6	3340,1	
	11-out	3009	2842,6	3423,6	3136	2989	3560,4	3125,4	2952,7	3521,1	
	21-out	3168,9	2943	3484,3	3264	3119,3	3723,8	3269,3	3166,2	3629,8	
	1-nov	3176,2	3080,2	3522,4	3297,1	3108,7	3765,9	3364,5	3319,4	3778,5	
	11-nov	3144,8	3150,5	3452,1	3244,5	3220,8	3776,5	3313,7	3396,3	3709,4	3153,66
	21-nov	3041,9	3100,5	3261,2	3113,1	3336,1	3649,8	3252,1	3325,2	3664,6	
	1-dez	2893,5	2943,4	3063,2	2952,9	3245	3418,3	3103,3	3303,1	3497,5	
	11-dez	2610	2784,8	2885,5	2773,4	3147,7	3199,9	2887,8	3109,1	3252,3	
	21-dez	2373,8	2570,1	2676,8	2660,9	2956,9	2994,1	2633,6	2808,4	2889,3	

¹C1 (cultivar de ciclo curto); ²C2 (cultivar de ciclo normal); ³C3 (cultivar de ciclo tardio);

Apêndice F. Anomalias de produtividade em % por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura arenosa.

Local	Decêndios	Anomalias (%)								
		Ciclo curto			Ciclo normal			Ciclo tardio		
		E ¹	L ²	N ³	E	L	N	E	L	N
Alto Parnaíba	21-out	3,28	-2,28	3,99	-5,24	-6,77	-4,48	16,79	9,45	18,36
	1-nov	10,49	-0,06	7,96	4,22	-7,19	3,23	24,68	21,11	23,64
	11-nov	12,62	4,66	13,59	9,89	-4,55	9,82	28,13	33,26	24,2
	21-nov	13,57	8,42	13,26	11,74	1,31	7,82	30,22	45,61	27,63
	1-dez	9,29	15,65	6,15	6,48	10,38	2,96	30	52,25	30,21
	11-dez	3,06	19,01	-0,12	1,01	18,13	-1,53	24,29	58,48	31,31
	21-dez	-1,94	18,43	-0,12	-3,01	18,03	-2,77	22,73	56,61	31,65
	1-jan	-9,24	12,32	-3,07	-8,07	13,39	-6,45	15,9	49,33	32,01
	11-jan	-16,41	2,3	-10,35	-15,54	2,04	-14,19	2,31	35,36	22,49
	21-jan	-22,2	-6,98	-15,66	-23,95	-7,34	-19,04	-9,35	23,72	7,96
	1-fev	-34,74	-18,47	-22,9	-34,69	-20,8	-21,64	-24	3,64	-9,4
	11-fev	-45,9	-28,86	-33,02	-46,1	-29,82	-32,9	-39,65	-13,53	-31,19
	21-fev	-55,51	-41,1	-46,46	-53,66	-40,53	-44,79	-52,55	-32,43	-49,31
Aragarças	1-out	-19,15	-12,82	-18,53	-8,67	1,03	-7,63	2,14	11,6	3,34
	11-out	-13,4	-3,57	-11,86	-6,24	6,55	-5,34	5,9	18,19	7,1
	21-out	-10,96	0,3	-10,69	-2,22	7,55	-1,83	12,37	18,77	13,55
	1-nov	-6,44	0,07	-6,35	2,84	6,83	4,93	17,86	17,74	18,51
	11-nov	-3,51	-3,61	-2,07	4,85	2,97	9,75	16,91	15,05	18,76
	21-nov	-3,5	-6,83	0	5,24	2,66	9,89	14,54	10,52	14,55
	1-dez	-6,58	-10,98	-3,2	3,82	0,64	4,37	8,18	7,36	6,19
	11-dez	-12,98	-14,82	-11,35	-1,43	-2,8	-1,16	0,24	1,44	-0,01
	21-dez	-19,56	-20,36	-20,94	-9,66	-6,04	-8,17	-8,4	-5,62	-5,84
Balsas	11-out	-7,67	-13,05	19,22	-35,63	-35,58	-17,88	-10,62	-14	16,69
	21-out	2,41	-11,03	27,72	-23,92	-32,4	-13,5	-5,49	-3,35	21,88
	1-nov	4,09	0,28	32	-19,32	-30,64	-6,43	4,49	7,49	20,05
	11-nov	11,45	12,85	34,12	-19,7	-21,34	-3,89	10,3	17,91	22,08
	21-nov	11,33	24,48	28,02	-19,06	-11,72	-3,79	10,91	33,67	22,44
	1-dez	9,89	32,42	21,91	-19,21	-4,87	-10,34	12,55	43,42	25,83
	11-dez	8,58	36,9	21,14	-19,96	-2,43	-15,17	9,45	49,33	25,88
	21-dez	7,77	41,46	17,1	-21,7	-1,61	-15,75	5,56	49,85	30,87
	1-jan	1,72	39,29	19,84	-23,54	-1,86	-15,75	0,57	46,64	30,73
	11-jan	-4,13	27,58	16,92	-28,07	-4,08	-15,33	-4,14	40,63	25,15
	21-jan	-11,69	19,8	16,66	-33,91	-12,84	-19,7	-14,95	31,76	12,69
	1-fev	-25,96	12,86	0,6	-39,15	-19,1	-24,64	-21,54	14,39	-6,33
	11-fev	-33,29	0,68	-15,82	-47,1	-26,1	-35,11	-34,87	-0,65	-28,14

	21-fev	-44,32	-14,99	-35,3	-54,96	-36,07	-46,67	-48,34	-20,79	-49,19
Conceição do Araguaia	1-out	-21,39	-14,08	-13,72	-13,91	-9,88	-7,84	-21,99	-17,37	-15,65
	11-out	-11,68	-3,99	-6,36	-5,74	0,17	-3,02	-13,93	-7,85	-8,42
	21-out	-1,87	2,37	-2,96	1,55	4,65	-0,94	-4,93	-1,44	-4,48
	1-nov	5,85	2,09	1,56	7,35	5,1	2,99	4,01	-0,01	0,2
	11-nov	7,34	4,76	2,76	8,98	7,88	6,96	5,89	2,77	2,57
	21-nov	7,97	4,56	6,08	9,68	8,74	10,04	6,59	3,8	3,98
	1-dez	4,82	8,37	7,29	7,6	10,78	8,92	3,93	6,56	5,37
	11-dez	1,9	8,39	8,33	2,37	8,02	8,81	0,58	6,97	6,48
	21-dez	-4,17	4,99	8,2	-3,27	4,78	8,59	-5,14	3,93	8,01
	1-jan	-10,49	-2,58	4,95	-10,07	-1,59	4,85	-10,95	-2,88	4,54
	11-jan	-17,99	-9,02	-3,01	-16,05	-8,88	-4,1	-17,88	-9,47	-3,91
21-jan	-24,69	-16,66	-12,91	-24,32	-17,25	-14,49	-25,57	-18,14	-13,47	
Dourados	11-set	-13,49	-32,84	-30,68	30,66	-5,28	-3,68	18,97	-10,2	-6,04
	21-set	-6,94	-25,6	-27,05	26,74	3,55	-4	17,39	-0,83	-6,24
	1-out	-6,15	-20,5	-22,33	21,12	11,74	-2,47	11,99	8,12	-7,29
	11-out	-6,45	-12,22	-23,44	16,9	17,7	1,94	10,46	17,56	-3,43
	21-out	-8,34	-5,27	-19,76	15,07	25,73	1,17	10,81	27,62	-1,3
	1-nov	-7,65	4,51	-16,41	10,81	31,27	1,96	7,76	37,75	0,39
	11-nov	-11,23	9,65	-14,1	5,75	30,68	0,7	8,43	37,82	-1,55
	21-nov	-13,38	10,14	-15,21	2,1	27,35	-3,32	6,75	31,69	-6,18
	1-dez	-13,45	8,91	-16,06	0,32	21,81	-9,74	3,39	26,79	-10,17
	11-dez	-14,89	1,14	-22,18	-4,39	11,97	-18,54	-2,61	15,9	-18,67
	21-dez	-20,37	-9,8	-30,84	-11,24	1,74	-24,95	-8,98	8,19	-23,13
Formosa	1-out	1,6	11,16	-1,86	17,67	25,57	13,87	7,2	14,23	4,63
	11-out	2,19	7,17	-0,98	17,35	17,51	16,34	8,05	9,32	7,59
	21-out	-2,96	-2,08	-4,95	14,12	7,04	18,4	6,35	-0,11	9,49
	1-nov	-7,35	-12,33	-7,68	10,52	-0,35	18,2	5,51	-3,96	11,72
	11-nov	-11,59	-19,71	-8,87	7,88	-2,12	17,48	5,65	-4,52	15,69
	21-nov	-15,55	-24,85	-10,3	3,68	-3,2	13,74	3,51	-2,79	13,97
	1-dez	-20,06	-26,93	-14,88	0,24	-2,64	7,04	2,51	-0,81	10,83
	11-dez	-24,61	-27,43	-21,23	-1,91	-1,13	1,94	0,37	0,48	4,58
	21-dez	-26,34	-25,08	-25,64	-6,04	-3,81	-5,16	-4,62	-2,75	-3,22
Jataí	1-out	-11,15	-4,74	-11,52	-8,36	-1,12	-8,32	-2,22	4,66	-2,53
	11-out	-5,46	0,82	-8,6	-0,07	5,2	-2,76	0,35	10,21	4,19
	21-out	-3,4	-0,69	-8,14	4,42	7,67	1,41	6,44	11,98	7,47
	1-nov	-4,86	-1,01	-7,95	5,97	11,37	6,12	9,19	14,74	13,31
	11-nov	-7,99	-3,3	-7,16	5,57	9,68	7,43	10,79	16,77	15,49
	21-nov	-10,14	-7,73	-9,78	3,48	5,92	4,42	9,28	17,84	16,46
	1-dez	-15,08	-11,18	-11,65	-1,71	3,32	1,77	6,47	16,39	13,51
	11-dez	-18,22	-13,62	-14,85	-7,36	-2,05	-2,93	2,05	14,52	9,24
	21-dez	-22,31	-16,89	-17,28	-14,19	-6,4	-9,78	-3,61	11,25	0,98
João Pinheiro	11-out	8,62	13,08	23,9	11,43	3,42	31,63	26,7	18,04	46,63
	21-out	7,99	6,77	22,25	14,34	-6,06	26,63	31,95	12,94	40,42

	1-nov	5,91	-5,46	19,87	10,93	-13,56	20,4	21,72	2,83	33,61
	11-nov	3,87	-16,89	11,83	0,33	-17,08	16,34	9,39	-4,69	25,07
	21-nov	-0,43	-22,28	5,06	-8,92	-18,89	8,67	2,48	-8,3	15,46
	1-dez	-12,23	-24,89	-7,35	-15,29	-20,99	-1,81	-3,16	-13,9	6,68
	11-dez	-26,76	-28,13	-17,09	-22,11	-19,17	-9,86	-10,45	-12,58	-1,24
	21-dez	-34,2	-31,43	-25,18	-28,03	-20,23	-14,77	-18,16	-16,1	-9,5
Peixe	11-out	-9,69	-1,9	-12,5	-4,54	1,98	-6,69	-10,95	-11,75	-9,15
	21-out	-5,01	-0,59	-4,86	-0,56	3,89	2	-5,57	-7,19	-3,22
	1-nov	-2,56	-4,07	1,05	2,07	2,67	7,25	0,96	-0,05	2,38
	11-nov	-2,81	-3,8	4,06	4,06	2,72	6,75	7,3	6,39	6,13
	21-nov	-4,73	-6,41	3,32	2,17	0,46	5,38	10,02	12,62	10,28
	1-dez	-7,08	-3,79	-2,44	-2,37	-0,41	-0,37	12,16	18,46	11,28
	11-dez	-9,36	-4,34	-8,33	-6,77	-1,89	-7,73	10,62	22,69	12,41
	21-dez	-11,52	-5,53	-14,96	-9,05	-3,31	-13,73	6,53	21,91	9,67
Posse	21-out	-10,64	-6,23	-14,81	13,52	8,26	10,29	6,5	3,74	2,6
	1-nov	-8,31	-9,42	-5,26	13,74	7,32	15,51	9,23	2,28	8,67
	11-nov	-5,9	-10,87	-4,17	10,98	6,49	14,79	7,71	5,48	11,03
	21-nov	-9,41	-12,64	-4,96	6,15	8,16	13,26	6,32	6,76	12,79
	1-dez	-14,12	-13,01	-9,44	1,73	8,17	8,69	3,18	8,57	9,94
	11-dez	-19,85	-15,64	-14,16	-3,39	5,15	2,65	-1,49	6,08	4,83
	21-dez	-25,41	-18,5	-20,01	-8,33	0,81	-1,05	-6,38	1,92	0,04
Poxoréu	1-out	-6	2,21	-10,5	6,92	12,24	0,04	-17,45	-10,3	-20,15
	11-out	-1,81	3,31	-9,5	10,9	15,22	2,16	-14,24	-8,82	-20,39
	21-out	0,66	2,91	-9,82	14,74	16,23	3,61	-10,32	-7,51	-19,29
	1-nov	4,3	6,31	-5,8	16,84	17,8	5,95	-5,05	-2,4	-14,53
	11-nov	6,17	7,51	-4,21	15,66	17,44	7,1	-0,56	0,87	-11,04
	21-nov	5,2	7,79	-1,94	11,33	15,69	4,36	0,52	3,38	-7,59
	1-dez	3,52	6,87	-3,99	8,38	11,62	-0,17	0,33	4,32	-6,35
	11-dez	-0,45	4,8	-6,36	2,9	7,77	-4,63	-1,76	4,54	-7,78
	21-dez	-6,39	-0,08	-12,65	-4,17	0,97	-10,46	-5,71	0,52	-11,75
Sapezal	21-set	-35,89	-18,05	-28,32	-14,8	5,61	-2,03	-25,5	-8,11	-18,07
	1-out	-29,89	-13,6	-18,78	-7,47	16,28	9,24	-19,9	-0,97	-7,66
	11-out	-25,21	-10,23	-13,05	2,23	21,36	17,06	-13,37	3,45	1,53
	21-out	-22,56	-8,49	-9,42	7,36	24,64	21,6	-9,06	4,57	4,51
	1-nov	-21,14	-8,79	-7,28	10,14	25,38	25,2	-5,7	9,26	10,2
	11-nov	-19,52	-9,19	-7,44	11,14	26,99	26,96	-2,04	14,25	12,81
	21-nov	-20,09	-9,95	-8,77	11,98	26,1	24,24	2,26	15,7	13,62
	1-dez	-19,43	-11,15	-10,02	11,43	23,96	20,88	4,62	17,44	12,14
	11-dez	-17,73	-11,89	-11,63	9,54	17,59	13,87	4,84	15,26	10,87
	21-dez	-18,38	-14,66	-15,27	5,63	11,51	6,84	2,86	10,01	5,46
Tapurah	1-out	-26,2	-24,24	-24,02	17,46	26,14	27,72	-16,35	-11,59	-10,83
	11-out	-24,11	-20,82	-20,56	20,85	27,29	29,92	-13,66	-9,13	-7,53
	21-out	-21,9	-18,02	-17,28	21,81	28,77	32,82	-11,5	-6,99	-4,26
	1-nov	-19,75	-15,88	-15,1	24,96	31,99	36,33	-10	-4,92	-1,97

	11-nov	-18,95	-15,92	-14,61	27,29	33,64	36,51	-7,99	-2,59	0,75
	21-nov	-21,01	-18,06	-14,49	25,77	31,25	34,92	-6,64	-2,51	1,3
	1-dez	-21,9	-19,37	-16,15	24,78	31,4	30,55	-7,36	-3,44	0,08
	11-dez	-22,81	-21,73	-20,54	22,64	28,74	22,99	-7,22	-3,86	-4,75
	21-dez	-27,36	-25,8	-26,12	15,61	22,2	17,51	-10,02	-6,21	-9,9
Uberaba	1-out	-11,76	-5,97	-8,89	-13,59	-8,86	-10,81	2,04	5,49	5,91
	11-out	-4,58	-0,55	-0,89	-9,86	-5,21	-6,37	8,55	12,89	11,64
	21-out	0,48	3,49	3,66	-6,68	-1,08	0,39	10,48	18,07	15,09
	1-nov	0,71	4,54	6,68	-2,32	-1,42	5,25	11,69	19,41	19,81
	11-nov	-0,28	2,88	5,07	-0,09	2,12	7,69	9,46	19,74	17,62
	21-nov	-3,54	-1,28	3,11	-1,68	5,78	5,43	3,4	15,73	16,2
	1-dez	-8,25	-6,36	-1,59	-6,66	2,89	4,73	-2,86	8,39	10,9
	11-dez	-17,24	-12,05	-8,43	-11,69	-0,18	-1,41	-8,5	1,46	3,12
	21-dez	-24,73	-15,62	-16,49	-18,5	-6,24	-10,94	-15,12	-5,05	-8,38

¹E (El Niño); ²L (La Niña); ³N (Neutro);

Apêndice G. Valores médios de produtividade em kg.ha⁻¹ por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura média.

		Produtividades Médias (kg,ha ⁻¹)									
Local	Decêndios	El Niño			La Niña			Neutro			Média Solo
		C1 ¹	C2 ²	C3 ³	C1	C2	C3	C1	C2	C3	
Alto Parnaíba	21-out	2568,7	2344,7	2950,4	2400,3	2253	2654	2698,3	2497,6	3105,9	2764,49
	1-nov	2904,1	2736,8	3204,6	2576,2	2422,2	2984,8	2942	2818,2	3334,1	
	11-nov	3024,1	2937,3	3437,4	2691,1	2506,1	3259,8	3079,9	2962,7	3396,3	
	21-nov	3026,7	2983,8	3562,4	2807,3	2615,2	3562,4	3048,4	2979,9	3490,7	
	1-dez	2985,3	2941,3	3602,9	2924,1	2818,9	3761,6	2923,3	2848,2	3621,9	
	11-dez	2865	2851	3586,3	2996	2976	3955,4	2754,8	2777,1	3715	
	21-dez	2750,4	2747	3584,2	2991,7	2996,1	3958	2656,2	2658,3	3823,3	
	1-jan	2530,9	2547,4	3460,1	2856,9	2901,9	3909,2	2652,3	2564,4	3836,1	
	11-jan	2370,6	2396,2	3159,4	2633	2676,6	3709,2	2585,1	2499,8	3686,2	
	21-jan	2232,8	2234,1	2904,2	2410,4	2444,5	3399,6	2540,3	2508,1	3442,3	
	1-fev	2021,9	2040,2	2613,4	2171,8	2131,2	2948,7	2344,1	2378,4	3024,4	
	11-fev	1772,4	1827,8	2231	1942,3	1960,3	2541,1	2048,7	2099,6	2480,2	
	21-fev	1566	1675,8	1840,3	1680,8	1709,1	2130,2	1694,6	1784	1858,9	
Aragarças	1-out	2654,5	3002,7	3369,7	2390,9	2924	3228,7	2440,9	2778,9	3108,4	3431,65
	11-out	3066,2	3233,1	3732,3	3003,8	3342,3	3770	2801,1	3026,9	3459,7	
	21-out	3186,8	3410,3	3922,4	3311,9	3556,1	4031,3	3025,6	3201,3	3681,3	
	1-nov	3331,9	3573,7	4061,5	3438,7	3710,6	4122,1	3119,2	3376,1	3775,9	
	11-nov	3424,7	3676	4086,6	3416	3740,6	4074,5	3192,3	3496,9	3823,1	
	21-nov	3414,3	3737,1	4066,8	3374,6	3790,7	4011,6	3217,9	3579,7	3788,2	
	1-dez	3338,9	3738,1	3924,7	3291,6	3781	3882,4	3166,1	3591,9	3674	
	11-dez	3199	3663	3713,1	3151,3	3636,1	3709,6	3036,6	3476,1	3521,4	
	21-dez	3007,2	3483,6	3470,5	2962,5	3472,3	3485,7	2820	3331,4	3353	
Balsas	11-out	2167,2	1408,5	2141,2	2073	1415	2001,1	3111,2	1988,6	2969,7	2848,21
	21-out	2558,1	1864,1	2402,4	2351,6	1641,6	2424	3516,7	2462,2	3289,7	
	1-nov	2863,1	2195,5	2853	2676,9	1841,5	2792,4	3737,6	2684,7	3439,7	
	11-nov	3180,9	2338	3100,9	3129,1	2088,7	3060,5	3808,8	2706,8	3523,9	
	21-nov	3324,6	2436,4	3244,9	3345,3	2359,6	3493	3750,6	2748,4	3598,8	
	1-dez	3342,1	2480,2	3305,7	3610,4	2529,9	3814,6	3617,8	2668,1	3653,2	
	11-dez	3302,7	2488,3	3328	3836,7	2755,1	4070,3	3578,6	2572,5	3716,8	
	21-dez	3259,3	2434,2	3308,5	3884,5	2814,2	4100,3	3417,8	2539,4	3787,7	
	1-jan	3169	2368,1	3281,9	3918	2800,9	4091,5	3418,6	2508,3	3775,3	
	11-jan	2991,6	2273,6	3175,9	3704,2	2696,7	3963,5	3375,6	2495,1	3652,7	
	21-jan	2867	2121,6	2974,5	3417,1	2491,1	3705,5	3320,6	2394,7	3453,1	
	1-fev	2595,1	2002,7	2702,4	3147	2260,5	3344,3	3055,1	2200,2	3031,1	

	11-fev	2396,2	1882,9	2388,4	2843,3	2042,9	2952,7	2664,9	1976,1	2439,7	
	21-fev	2055	1637,9	1943,5	2505,7	1799,8	2511,2	2189,2	1726,9	1848,9	
Conceição do Araguaia	1-out	2232,2	2401	2169,9	2374,6	2486,3	2266,1	2475,3	2557,3	2359,3	2906,33
	11-out	2631,5	2761	2555	2711,8	2793,9	2568,8	2787,2	2867,9	2717,7	
	21-out	2981	3062	2891,4	2973	3031,1	2864,7	3051,6	3083,7	2988,7	
	1-nov	3232,1	3260,4	3135,2	3077,6	3151	2989,5	3253,9	3250,1	3196,4	
	11-nov	3262,2	3286,4	3189,2	3140,7	3198,4	3068,5	3253,5	3281,4	3211,3	
	21-nov	3235,3	3234,4	3161	3160,9	3209,9	3131,4	3275,1	3286,9	3216,3	
	1-dez	3118,9	3140,4	3076,5	3153,2	3201,2	3116,8	3205,3	3223,9	3147,5	
	11-dez	3009,7	3011,2	2960,3	3129,6	3118,6	3092,1	3160,6	3172,7	3140,6	
	21-dez	2895,1	2910,4	2874,7	3034,6	3012,3	3012,5	3094,8	3080,4	3080,7	
	1-jan	2746,8	2754,2	2739,1	2865,4	2838,3	2849,9	2934,5	2900	2926,3	
	11-jan	2612,5	2570,4	2593,9	2706,4	2663,1	2679,6	2742,1	2706,1	2723,2	
	21-jan	2420	2367,6	2390,6	2519,3	2446,4	2467,1	2541,1	2492,8	2519,6	
Dourados	11-set	1887	2728	2496,7	1357,9	1872	1752,1	1385,8	1802,2	1751,1	2246,79
	21-set	2124,5	2853,4	2614	1520,2	2150,6	1985,6	1491,3	1877,4	1801,7	
	1-out	2298,2	2806,5	2617	1727,8	2324,3	2188,8	1616,6	2015,5	1850,7	
	11-out	2268,5	2732,5	2651,1	1909	2483,8	2423,6	1697,1	2058,3	1905,2	
	21-out	2234,9	2729,2	2621,3	2103,7	2681,5	2771,7	1776,9	2123	2027,9	
	1-nov	2283,2	2630,8	2532,1	2383,4	2893,5	2983,1	1849,3	2239,8	2179,1	
	11-nov	2174,7	2516	2580,5	2562,4	2916	2991	1940,7	2234,7	2251,3	
	21-nov	2117,4	2408,8	2507	2573,8	2860,2	2942,6	1934,7	2183,8	2196,2	
	1-dez	2104,8	2358,4	2425,3	2510,4	2743,8	2865,1	1915,9	2097,9	2111,7	
	11-dez	2091,9	2317,7	2360,3	2372,6	2630,5	2723,9	1889,7	1979,1	1938,7	
	21-dez	2057,4	2237	2248,7	2153	2405,4	2514,6	1768,9	1827,9	1819,6	
Formosa	1-out	2641	3237,2	2882,4	2934,3	3438,8	3032	2541,4	3203,1	2901,8	3233,58
	11-out	2855,3	3466,1	3158,2	3036,3	3545,3	3234,7	2799,3	3506,3	3208,8	
	21-out	2905,2	3579,7	3343,6	2962,4	3484,8	3265,9	2886,8	3674,6	3398,3	
	1-nov	2880,4	3677,7	3505,7	2827,3	3466	3320,9	2897,7	3831,4	3629,3	
	11-nov	2860,2	3686,5	3567,2	2700,2	3445,2	3359,6	2947,8	3879,8	3750,6	
	21-nov	2764	3629,2	3611,5	2554,6	3440,6	3447,3	2937,7	3842,9	3816,9	
	1-dez	2700,3	3552,6	3608,1	2519,8	3421,4	3510,9	2876,3	3713,6	3753,6	
	11-dez	2623,2	3458,4	3531,7	2554,1	3443,1	3505,7	2732	3542,2	3627,6	
	21-dez	2551,4	3299,6	3367,1	2574,4	3333,3	3414,6	2573	3335,8	3395	
Jataí	1-out	2997	3062,6	3275,3	3045	3139,3	3356,7	2995,3	3126,9	3387,6	3520,58
	11-out	3257,5	3464,1	3484,6	3323,3	3503,1	3645,7	3232,2	3410,9	3613,2	
	21-out	3413,4	3706,1	3729,2	3436,3	3742	3816,7	3308,4	3642	3767,5	
	1-nov	3447,6	3814,9	3930	3415,5	3812,4	3935,6	3367,6	3815,8	3996,8	
	11-nov	3351	3784,9	4042,3	3335	3786,1	4022,5	3378,7	3848,8	4116,7	
	21-nov	3270,8	3745,4	4079,2	3216,3	3664,6	4040	3291,3	3788,6	4144,9	
	1-dez	3134,4	3579,6	3958,5	3097,1	3547,6	3982,5	3177,8	3653,8	4094,9	
	11-dez	3021,7	3393,6	3792,1	2992,1	3385,9	3877,8	3105,2	3529,4	4008,4	
	21-dez	2838	3134,6	3572,7	2896,4	3245,3	3777,1	2999,2	3287,1	3759,2	
	11-out	2540,1	2952,8	3252,2	2695,3	2589,9	2807,7	2807,2	3197,9	3455,3	2816,64

João Pinheiro	21-out	2805,3	3220,3	3533,2	2810,2	2570,4	2871,8	3107,4	3368,6	3669	3339,18
	1-nov	2872,9	3259,2	3468,2	2627,1	2472	2708,1	3198,7	3430,3	3674,1	
	11-nov	2894,9	3097,3	3281,8	2403	2291	2513,2	3144,8	3430,9	3625,8	
	21-nov	2831,4	2995,9	3147	2245,3	2234,6	2500,9	2912,9	3280,8	3399,1	
	1-dez	2585,1	2869,9	2988,4	2158,7	2244,4	2431,4	2712,4	3072,7	3213,3	
	11-dez	2255,4	2713	2790,4	2087	2338,5	2434,5	2420,1	2886,3	2964,5	
	21-dez	2038,2	2508,4	2554,6	1985,3	2340,3	2379,8	2229,3	2681,5	2719	
Peixe	11-out	2771	2993	2787,3	3041,2	3165	2764,6	2707,6	2923,1	2755,1	3277,19
	21-out	3159,5	3323,1	3052,5	3204,5	3368,6	2967	2962,9	3226,3	2991,8	
	1-nov	3337,5	3511,1	3314	3270,2	3442,7	3261,8	3187,3	3442,1	3271,2	
	11-nov	3398	3545	3507,8	3285	3424,2	3499,7	3333,9	3466,8	3496,3	
	21-nov	3380,1	3516,8	3677,7	3284,1	3395,1	3720,1	3398,2	3482,7	3695,9	
	1-dez	3299,9	3363,1	3819,4	3287,3	3367,5	3898,6	3346,9	3383	3851,7	
	11-dez	3208,6	3258,7	3860,7	3286,9	3305,6	4048,7	3229,2	3223,9	3922,4	
Posse	21-dez	3128,7	3180,6	3842,4	3258,6	3257	4052,8	3024,3	3029,4	3975,6	3676,2
	21-out	2826,2	3557,5	3280,6	2911	3481,4	3259,3	2522,1	3254,3	2999,2	
	1-nov	2973,1	3685	3488,6	2939,3	3523	3340	2834,6	3529,6	3335,8	
	11-nov	3068,8	3695	3545,8	2926,6	3556,4	3457,1	3040,8	3683,9	3585,6	
	21-nov	3024,8	3585,8	3536,9	2939,6	3550,1	3512,1	3046,5	3726,8	3721,3	
	1-dez	2879,9	3488,3	3474,3	2915,5	3558,3	3579,4	2989,9	3684,1	3711,9	
	11-dez	2706,4	3337,2	3378,8	2841,4	3458,4	3493	2888,5	3574,4	3599,2	
Poxoréu	21-dez	2563,1	3241,2	3299,8	2720,6	3352,1	3371,9	2699,3	3332,1	3379,7	3059,05
	1-out	3523	3991,6	3077,3	3558,3	3969	3097,3	3214,7	3539,2	2787,9	
	11-out	3670,2	4179,7	3199,9	3687,4	4200,5	3229	3306,5	3772,4	2891,1	
	21-out	3712,8	4230,9	3299,1	3730,9	4256,6	3321,9	3319,2	3827,2	2931,8	
	1-nov	3801,2	4244,6	3457,6	3864,6	4304,4	3511,7	3391,7	3833,7	3063,8	
	11-nov	3875,5	4239	3602,5	3959,8	4279,1	3678,6	3477,1	3868,3	3194	
	21-nov	3879,6	4154,1	3687	3997	4220,3	3795	3558,6	3803,1	3352,1	
Sapezal	1-dez	3871,9	4061,9	3736,4	3962,1	4092,9	3856	3575,4	3697,7	3437,1	3612,39
	11-dez	3787,1	3876,5	3746,5	3858,2	3937	3826,7	3519	3610,1	3443,8	
	21-dez	3631,1	3676,6	3639,5	3669	3720,8	3676,6	3377,7	3470,3	3395,2	
	21-set	1994,7	2652,9	2246	2345,2	3014,3	2605,6	2161,5	2897	2371,2	
	1-out	2234,4	2971,5	2523,3	2595,3	3439	2928,4	2560,8	3304	2784	
	11-out	2464,4	3276,5	2764,8	2737,3	3672,6	3094,6	2726,8	3544,7	3015,5	
	21-out	2576,6	3432	2883,4	2784	3768,7	3159,9	2796,4	3638,8	3086,2	
Tapurah	1-nov	2616,7	3584	3025,5	2844,4	3775,1	3309	2826,1	3714,1	3221,7	3459,3
	11-nov	2676,4	3628,3	3206,3	2794,5	3780,6	3411,8	2801,7	3760,4	3336,6	
	21-nov	2631,9	3599,3	3305,4	2762	3758,8	3468,4	2758,2	3716,7	3346,1	
	1-dez	2584,9	3509,2	3293,5	2695,6	3682,1	3490,6	2713,4	3621,1	3369,2	
	11-dez	2590	3416,2	3288,5	2644	3513,3	3427,7	2662,3	3431,7	3329,7	
	21-dez	2547,5	3272,8	3209,9	2565,8	3352,7	3313,5	2589,1	3268,7	3219,6	
	1-out	2737,4	4300,8	3072,3	2730,9	4388,8	3105,9	2789,4	4514,6	3224,8	
Tapurah	11-out	2937,2	4494	3264,3	2888,9	4477	3244,2	3004,9	4668,4	3392	3459,3
	21-out	2968,6	4532,4	3325,7	2964,9	4520	3310,6	3049,7	4740,2	3459,3	

	1-nov	3028,4	4584,6	3357,2	3016,3	4630,2	3360,1	3093,1	4798,1	3502,3	
	11-nov	3038,3	4631,5	3406,2	3012,4	4661,1	3440,5	3088,3	4800,9	3570,9	
	21-nov	2962	4552,2	3423,9	2951,2	4620,1	3470,1	3044,3	4785	3592,4	
	1-dez	2917	4477	3419,5	2917,8	4594,3	3448,7	2990,9	4667,7	3579,2	
	11-dez	2838,3	4403,6	3384,7	2819,9	4454,6	3446,5	2862,5	4496,1	3463,6	
	21-dez	2695,9	4282,7	3314	2685,5	4264	3347,7	2705,3	4293,8	3303,9	
Uberaba	1-out	3248	3158,3	3760,6	3462,3	3350,1	3971	3314,9	3211,9	3800,3	
	11-out	3611,7	3340,6	4105,7	3825,9	3559	4269,7	3785,5	3446,6	4152,4	
	21-out	3809,4	3569,9	4265,7	4004,7	3764,4	4458	3961,6	3754,1	4424,4	
	1-nov	3893,6	3859,4	4388,9	4118,2	4025,5	4627,7	4082,1	4067,7	4588,9	
	11-nov	3910,2	4043	4379,7	4096,1	4187,6	4619,3	4059,4	4266,3	4619,8	3921,07
	21-nov	3825,3	4020,6	4213	3963,4	4263	4484,7	3976,9	4300,6	4550,2	
	1-dez	3674,7	3915,6	4001,7	3766,3	4112,4	4282,7	3866,4	4231,8	4401,9	
	11-dez	3432,3	3729,3	3785,4	3572,2	3945,8	4048,3	3656,4	4032,4	4141,6	
	21-dez	3172,8	3503,6	3538,9	3377	3815	3846,7	3360,8	3788	3789,1	

¹C1 (cultivar de ciclo curto); ²C2 (cultivar de ciclo normal); ³C3 (cultivar de ciclo tardio);

Apêndice H. Anomalias de produtividade em % por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura média.

Local	Decêndios	Anomalias (%)								
		Ciclo curto			Ciclo normal			Ciclo tardio		
		E ¹	L ²	N ³	E	L	N	E	L	N
Alto Parnaíba	21-out	-7,08	-13,17	-2,39	-15,18	-18,5	-9,65	6,72	-3,99	12,35
	1-nov	5,04	-6,8	6,42	-1	-12,38	1,94	15,91	7,96	20,6
	11-nov	9,39	-2,65	11,4	6,25	-9,34	7,16	24,34	17,91	22,85
	21-nov	9,48	1,54	10,27	7,93	-5,4	7,79	28,86	28,86	26,26
	1-dez	7,98	5,77	5,74	6,39	1,96	3,02	30,32	36,06	31,01
	11-dez	3,63	8,37	-0,34	3,12	7,65	0,45	29,72	43,07	34,38
	21-dez	-0,5	8,21	-3,91	-0,63	8,37	-3,84	29,65	43,17	38,3
	1-jan	-8,45	3,34	-4,05	-7,85	4,96	-7,23	25,16	41,4	38,76
	11-jan	-14,24	-4,75	-6,48	-13,32	-3,17	-9,57	14,28	34,17	33,33
	21-jan	-19,23	-12,8	-8,11	-19,18	-11,57	-9,27	5,05	22,97	24,51
	1-fev	-26,86	-21,43	-15,2	-26,2	-22,9	-13,96	-5,46	6,66	9,4
	11-fev	-35,88	-29,73	-25,89	-33,88	-29,09	-24,05	-19,29	-8,07	-10,28
	21-fev	-43,35	-39,2	-38,7	-39,38	-38,17	-35,46	-33,43	-22,94	-32,75
Aragarças	1-out	-22,64	-30,32	-28,86	-12,49	-14,79	-19,02	-1,8	-5,91	-9,42
	11-out	-10,64	-12,46	-18,37	-5,78	-2,6	-11,79	8,76	9,85	0,81
	21-out	-7,13	-3,48	-11,83	-0,62	3,62	-6,71	14,3	17,47	7,27
	1-nov	-2,9	0,2	-9,1	4,13	8,12	-1,62	18,35	20,11	10,03
	11-nov	-0,2	-0,45	-6,97	7,12	9	1,9	19,08	18,73	11,4
	21-nov	-0,5	-1,66	-6,22	8,9	10,46	4,31	18,5	16,9	10,39
	1-dez	-2,7	-4,08	-7,73	8,92	10,17	4,66	14,36	13,13	7,06
	11-dez	-6,77	-8,17	-11,51	6,74	5,95	1,29	8,2	8,09	2,61
	21-dez	-12,36	-13,67	-17,82	1,51	1,18	-2,92	1,13	1,57	-2,29
Balsas	11-out	-23,9	-27,21	9,23	-50,54	-50,32	-30,18	-24,82	-29,74	4,26
	21-out	-10,18	-17,43	23,47	-34,55	-42,36	-13,55	-15,65	-14,89	15,5
	1-nov	0,52	-6,01	31,22	-22,91	-35,34	-5,74	0,16	-1,95	20,76
	11-nov	11,68	9,86	33,72	-17,91	-26,66	-4,96	8,87	7,45	23,72
	21-nov	16,72	17,45	31,68	-14,45	-17,15	-3,5	13,92	22,63	26,35
	1-dez	17,33	26,75	27,01	-12,91	-11,17	-6,32	16,06	33,92	28,26
	11-dez	15,95	34,7	25,64	-12,63	-3,26	-9,68	16,84	42,9	30,49
	21-dez	14,43	36,38	19,99	-14,53	-1,19	-10,84	16,16	43,96	32,98
	1-jan	11,26	37,55	20,02	-16,85	-1,66	-11,93	15,22	43,65	32,55
	11-jan	5,03	30,05	18,51	-20,17	-5,31	-12,39	11,5	39,15	28,24
	21-jan	0,65	19,97	16,58	-25,51	-12,53	-15,92	4,43	30,09	21,23
	1-fev	-8,88	10,48	7,26	-29,68	-20,63	-22,75	-5,11	17,41	6,42
	11-fev	-15,86	-0,17	-6,43	-33,89	-28,27	-30,62	-16,14	3,66	-14,34
	21-fev	-27,85	-12,02	-23,13	-42,49	-36,8	-39,36	-31,76	-11,83	-35,08

Conceição do Araguaia	1-out	-23,19	-18,29	-14,83	-17,38	-14,45	-12,01	-25,34	-22,02	-18,82
	11-out	-9,45	-6,69	-4,1	-5	-3,86	-1,32	-12,08	-11,61	-6,49
	21-out	2,56	2,29	4,99	5,35	4,29	6,1	-0,51	-1,43	2,83
	1-nov	11,2	5,89	11,95	12,18	8,41	11,82	7,87	2,86	9,98
	11-nov	12,24	8,06	11,94	13,07	10,05	12,9	9,73	5,58	10,49
	21-nov	11,32	8,75	12,68	11,28	10,44	13,09	8,76	7,74	10,66
	1-dez	7,31	8,49	10,28	8,05	10,14	10,92	5,85	7,24	8,29
	11-dez	3,55	7,68	8,74	3,6	7,3	9,16	1,85	6,39	8,06
	21-dez	-0,38	4,41	6,48	0,14	3,64	5,98	-1,08	3,65	6
	1-jan	-5,49	-1,4	0,96	-5,23	-2,33	-0,21	-5,75	-1,94	0,68
Dourados	11-jan	-10,11	-6,87	-5,65	-11,55	-8,36	-6,88	-10,75	-7,8	-6,3
	21-jan	-16,73	-13,31	-12,56	-18,53	-15,82	-14,22	-17,74	-15,11	-13,3
	11-set	-16,01	-39,56	-38,32	21,41	-16,67	-19,78	11,12	-22,01	-22,06
	21-set	-5,44	-32,33	-33,62	26,99	-4,28	-16,44	16,34	-11,62	-19,8
	1-out	2,28	-23,09	-28,05	24,91	3,45	-10,29	16,47	-2,58	-17,62
	11-out	0,96	-15,03	-24,46	21,61	10,54	-8,38	17,99	7,86	-15,2
	21-out	-0,53	-6,37	-20,91	21,47	19,34	-5,5	16,66	23,36	-9,74
	1-nov	1,62	6,07	-17,69	17,09	28,78	-0,3	12,69	32,77	-3,01
	11-nov	-3,2	14,04	-13,62	11,98	29,78	-0,53	14,85	33,12	0,2
	21-nov	-5,75	14,55	-13,88	7,2	27,3	-2,8	11,57	30,96	-2,25
Formosa	1-dez	-6,31	11,73	-14,72	4,96	22,11	-6,62	7,94	27,51	-6,01
	11-dez	-6,89	5,59	-15,89	3,15	17,07	-11,91	5,05	21,23	-13,71
	21-dez	-8,43	-4,17	-21,26	-0,43	7,06	-18,64	0,08	11,91	-19,01
	1-out	-18,32	-9,25	-21,4	0,11	6,34	-0,94	-10,86	-6,23	-10,26
	11-out	-11,69	-6,1	-13,43	7,18	9,63	8,43	-2,33	0,03	-0,76
	21-out	-10,15	-8,38	-10,72	10,7	7,76	13,63	3,4	0,99	5,09
	1-nov	-10,92	-12,56	-10,38	13,73	7,18	18,48	8,41	2,7	12,23
	11-nov	-11,54	-16,49	-8,83	14	6,54	19,98	10,31	3,89	15,98
	21-nov	-14,52	-20,99	-9,14	12,23	6,4	18,84	11,68	6,6	18,04
	1-dez	-16,49	-22,07	-11,04	9,86	5,8	14,84	11,58	8,57	16,08
Jataí	11-dez	-18,87	-21,01	-15,51	6,95	6,47	9,54	9,21	8,41	12,18
	21-dez	-21,09	-20,38	-20,42	2,04	3,08	3,16	4,12	5,59	4,99
	1-out	-14,87	-13,5	-14,92	-13	-10,82	-11,18	-6,96	-4,65	-3,77
	11-out	-7,47	-5,6	-8,19	-1,6	-0,49	-3,11	-1,02	3,55	2,62
	21-out	-3,04	-2,39	-6,02	5,26	6,28	3,44	5,92	8,41	7,01
	1-nov	-2,07	-2,98	-4,34	8,35	8,28	8,38	11,62	11,78	13,52
	11-nov	-4,81	-5,27	-4,03	7,5	7,54	9,32	14,81	14,25	16,93
	21-nov	-7,09	-8,64	-6,51	6,38	4,09	7,61	15,86	14,75	17,73
	1-dez	-10,96	-12,02	-9,73	1,67	0,76	3,78	12,43	13,11	16,31
	11-dez	-14,17	-15,01	-11,79	-3,6	-3,82	0,25	7,71	10,14	13,85
João Pinheiro	21-dez	-19,38	-17,73	-14,81	-10,96	-7,81	-6,63	1,47	7,28	6,77
	11-out	-9,81	-4,3	-0,33	4,83	-8,05	13,53	15,46	-0,31	22,67
	21-out	-0,4	-0,22	10,32	14,33	-8,74	19,59	25,43	1,95	30,26
	1-nov	1,99	-6,72	13,56	15,71	-12,23	21,78	23,13	-3,85	30,44

	11-nov	2,77	-14,68	11,64	9,96	-18,66	21,8	16,51	-10,77	28,72
	21-nov	0,52	-20,28	3,41	6,36	-20,66	16,48	11,72	-11,2	20,67
	1-dez	-8,22	-23,36	-3,69	1,88	-20,31	9,09	6,09	-13,67	14,08
	11-dez	-19,92	-25,9	-14,07	-3,68	-16,97	2,47	-0,93	-13,56	5,24
	21-dez	-27,63	-29,51	-20,85	-10,94	-16,91	-4,79	-9,3	-15,51	-3,46
Peixe	11-out	-17,01	-8,92	-18,91	-10,36	-5,21	-12,46	-16,52	-17,2	-17,49
	21-out	-5,38	-4,03	-11,26	-0,48	0,88	-3,38	-8,58	-11,14	-10,4
	1-nov	-0,05	-2,06	-4,54	5,14	3,1	3,08	-0,75	-2,31	-2,03
	11-nov	1,76	-1,62	-0,15	6,16	2,54	3,82	5,04	4,8	4,7
	21-nov	1,22	-1,64	1,76	5,31	1,67	4,29	10,13	11,4	10,68
	1-dez	-1,17	-1,55	0,23	0,71	0,84	1,31	14,38	16,75	15,34
	11-dez	-3,91	-1,56	-3,29	-2,4	-1	-3,45	15,61	21,24	17,46
	21-dez	-6,3	-2,41	-9,43	-4,75	-2,45	-9,27	15,07	21,37	19,05
Posse	21-out	-13,76	-11,17	-23,04	8,55	6,23	-0,69	0,1	-0,54	-8,48
	1-nov	-9,27	-10,31	-13,5	12,44	7,5	7,7	6,45	1,91	1,78
	11-nov	-6,35	-10,69	-7,21	12,74	8,52	12,41	8,19	5,48	9,4
	21-nov	-7,7	-10,3	-7,03	9,41	8,32	13,71	7,92	7,16	13,55
	1-dez	-12,12	-11,03	-8,76	6,44	8,57	12,41	6,01	9,22	13,26
	11-dez	-17,41	-13,29	-11,86	1,83	5,53	9,06	3,1	6,58	9,82
	21-dez	-21,78	-16,98	-17,63	-1,09	2,28	1,67	0,68	2,88	3,12
Poxoréu	1-out	-4,16	-3,2	-12,55	8,57	7,96	-3,72	-16,29	-15,74	-24,16
	11-out	-0,16	0,3	-10,05	13,69	14,26	2,61	-12,95	-12,16	-21,35
	21-out	0,99	1,48	-9,71	15,08	15,78	4,1	-10,25	-9,63	-20,24
	1-nov	3,4	5,12	-7,73	15,46	17,08	4,28	-5,94	-4,47	-16,65
	11-nov	5,42	7,71	-5,41	15,3	16,39	5,22	-2	0,06	-13,11
	21-nov	5,53	8,72	-3,19	12,99	14,8	3,45	0,29	3,23	-8,81
	1-dez	5,32	7,77	-2,74	10,49	11,33	0,58	1,63	4,88	-6,5
	11-dez	3,01	4,95	-4,27	5,44	7,09	-1,79	1,91	4,09	-6,32
	21-dez	-1,22	-0,19	-8,11	0	1,21	-5,6	-0,99	0,01	-7,64
Sapezal	21-set	-34,79	-23,33	-29,34	-13,27	-1,46	-5,29	-26,57	-14,82	-22,48
	1-out	-26,95	-15,16	-16,28	-2,86	12,41	8	-17,51	-4,27	-8,99
	11-out	-19,43	-10,51	-10,86	7,1	20,05	15,87	-9,61	1,16	-1,42
	21-out	-15,77	-8,99	-8,58	12,19	23,19	18,95	-5,74	3,29	0,88
	1-nov	-14,46	-7,01	-7,61	17,15	23,4	21,41	-1,09	8,17	5,31
	11-nov	-12,5	-8,64	-8,41	18,6	23,58	22,92	4,81	11,53	9,07
	21-nov	-13,96	-9,7	-9,83	17,66	22,87	21,49	8,05	13,38	9,38
	1-dez	-15,5	-11,88	-11,29	14,71	20,36	18,37	7,66	14,1	10,13
	11-dez	-15,33	-13,56	-12,97	11,67	14,85	12,18	7,5	12,05	8,84
	21-dez	-16,72	-16,12	-15,36	6,98	9,59	6,85	4,92	8,31	5,24
Tapurah	1-out	-24,22	-24,4	-22,78	19,05	21,49	24,97	-14,95	-14,02	-10,73
	11-out	-18,68	-20,02	-16,81	24,4	23,93	29,23	-9,63	-10,19	-6,1
	21-out	-17,82	-17,92	-15,57	25,46	25,12	31,22	-7,93	-8,35	-4,23
	1-nov	-16,16	-16,5	-14,37	26,91	28,17	32,82	-7,06	-6,98	-3,04
	11-nov	-15,89	-16,6	-14,5	28,21	29,03	32,9	-5,7	-4,75	-1,14

	21-nov	-18	-18,3	-15,72	26,01	27,89	32,46	-5,21	-3,93	-0,55
	1-dez	-19,24	-19,22	-17,2	23,93	27,18	29,21	-5,34	-4,53	-0,91
	11-dez	-21,42	-21,93	-20,75	21,9	23,31	24,46	-6,3	-4,59	-4,11
	21-dez	-25,37	-25,65	-25,1	18,55	18,03	18,86	-8,26	-7,32	-8,54
Uberaba	1-out	-17,16	-11,69	-15,45	-19,45	-14,56	-18,08	-4,09	1,27	-3,07
	11-out	-7,88	-2,42	-3,45	-14,8	-9,23	-12,1	4,7	8,89	5,9
	21-out	-2,84	2,13	1,03	-8,95	-3,99	-4,25	8,78	13,69	12,83
	1-nov	-0,7	5,02	4,1	-1,57	2,66	3,73	11,92	18,02	17,03
	11-nov	-0,27	4,46	3,52	3,11	6,79	8,8	11,69	17,8	17,81
	21-nov	-2,44	1,07	1,42	2,53	8,72	9,67	7,44	14,37	16,04
	1-dez	-6,28	-3,94	-1,39	-0,13	4,87	7,92	2,05	9,22	12,26
	11-dez	-12,46	-8,89	-6,75	-4,89	0,62	2,84	-3,45	3,24	5,62
	21-dez	-19,08	-13,87	-14,28	-10,64	-2,7	-3,39	-9,74	-1,89	-3,36

¹E (El Niño); ²L (La Niña); ³N (Neutro);

Apêndice I. Valores médios de produtividade em kg.ha⁻¹ por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura argilosa.

de Maracáçup e Passos Elétricos em solo de textura argilosa.											
Local	Decêndios	Produtividades Médias (kg.ha ⁻¹)									Média Solo
		El Niño			La Niña			Neutro			
		C1 ¹	C2 ²	C3 ³	C1	C2	C3	C1	C2	C3	
Alto Parnaíba	21-out	2693	2448,1	3107,4	2553,2	2393,5	2796,3	2942,1	2697,6	3401,1	3179,67
	1-nov	3122,7	2908,2	3443,6	2721,9	2577,5	3043,5	3185,6	3029,2	3620,3	
	11-nov	3253,7	3094,7	3723	2892,6	2693,5	3382,5	3332,4	3191,7	3816,6	
	21-nov	3245,4	3174,5	3909,3	3013,8	2877,6	3743,9	3364,4	3273,2	3979,4	
	1-dez	3267,9	3209,5	4072,5	3202	3123,7	4001	3335,4	3252,9	4158	
	11-dez	3221,7	3199,7	4154,1	3259,4	3231,4	4212,4	3248,1	3250,9	4256,4	
	21-dez	3190,2	3187,7	4200,4	3218,1	3214,6	4242	3190,7	3195,9	4305,8	
	1-jan	3030,8	3067,3	4231,7	3101,1	3124,7	4247,7	3111,2	3104,9	4329,1	
	11-jan	2892,1	2905	4083,4	2923,4	2951,7	4136,8	3001,2	2998,3	4266,4	
	21-jan	2745,5	2735,1	3890	2745,9	2747,7	3945,2	2846,6	2814,1	4149,3	
	1-fev	2607,4	2555,2	3634,4	2529	2501	3615,2	2652,7	2615,8	3960,1	
	11-fev	2409,8	2385,4	3348,4	2353,3	2300,9	3329,2	2485,3	2405,4	3638,3	
	21-fev	2197,3	2160,3	3011,4	2171,4	2094,4	3038,7	2279,8	2200,8	3165,4	
Aragarças	1-out	2675	3070,7	3459,1	2412,2	2994,6	3295,9	2393,3	2762,3	3128	3558,98
	11-out	3219,4	3354,5	3922,4	3072,5	3429,3	3889	2876,6	3121,2	3590,1	
	21-out	3387,2	3549,6	4101,3	3424,4	3625,2	4144,2	3190,1	3308,2	3796,2	
	1-nov	3519	3680,9	4174,4	3563,9	3798,7	4275,7	3277,1	3463,7	3885,8	
	11-nov	3563,1	3778,5	4197,9	3571,8	3864,4	4234,8	3282,8	3567,1	3902,6	
	21-nov	3521,6	3839,2	4148,2	3554,2	3952,7	4188,3	3263	3652,6	3899,8	
	1-dez	3425,2	3831,4	4048,8	3486,4	3966,5	4088,5	3258,8	3728,2	3851,2	
	11-dez	3275,4	3786,6	3874	3349,5	3854,8	3957,5	3168,2	3643,3	3704,9	
	21-dez	3124,5	3672,9	3694,9	3147,8	3741,8	3779,5	2970,3	3505,8	3526,8	
Balsas	11-out	2290,4	1387,3	2242,1	2234	1459,1	2104,1	3303,9	1966,7	3082,3	3233,97
	21-out	2794,1	1932,1	2601	2594,4	1786,4	2589,8	3842,6	2561,2	3484,3	
	1-nov	3208,7	2374,1	3015,1	3010,4	2058,6	3028	4061,8	2841,6	3674,6	
	11-nov	3524,8	2604,9	3310,4	3475,8	2374,6	3302,7	4208,2	2972,7	3875,9	
	21-nov	3689,9	2717,1	3487,7	3695,5	2610,5	3707,5	4216,2	3053,1	3983,8	
	1-dez	3740,3	2764,8	3613,9	3912	2783,8	4036,8	4224,4	3034,5	4102	
	11-dez	3764,4	2786,6	3777,7	4029,3	2961,9	4235,7	4161,1	3010,2	4196,5	
	21-dez	3782,8	2812,4	3868,5	4135,9	3058,6	4343,1	4086,3	2992,4	4225,2	
	1-jan	3791,6	2845	3994	4088	2987,4	4372	3865,7	2890,4	4178,2	
	11-jan	3675,1	2754,1	3952	3890	2870,8	4310,3	3713,6	2763,7	4123,3	
	21-jan	3541,5	2611,5	3796	3729	2712,5	4162,6	3575,9	2598,9	4023,6	
	1-fev	3395	2441	3550,8	3478,7	2505,4	3883,1	3434,6	2423,5	3884,6	
	11-fev	3233,5	2284,6	3280,5	3281	2326,7	3640,9	3218,1	2260,2	3608,2	

	21-fev	2889,4	2092,2	2968	3006,3	2107,8	3369	3035,7	2095,2	3189,8	
	1-out	2509,6	2598	2418,7	2402	2486,9	2273,3	2568	2666,9	2446,4	
	11-out	2908,3	2987,3	2808,5	2843	2887	2685,2	2974,7	3037,7	2884,8	
	21-out	3181	3233,5	3068,6	3118	3180,1	2997,1	3274,5	3309,8	3183,1	
	1-nov	3364,5	3409,1	3266	3269,7	3325,9	3144,3	3466,2	3471,5	3370,9	
	11-nov	3382,8	3411,8	3293,9	3330,7	3371,7	3227,5	3480,8	3485,4	3411,9	
Conceição	21-nov	3393,1	3371,7	3303	3366,5	3389,1	3315,3	3491,9	3465,1	3415	3083,23
do	1-dez	3316,4	3296,8	3252	3333,4	3343	3287	3429,4	3405,4	3358,2	
Araguaia	11-dez	3202,3	3179,5	3152,7	3289,4	3269,6	3239	3334,1	3322,8	3307,8	
	21-dez	3102	3097,4	3076,4	3183,4	3165,3	3148,9	3232	3207,4	3211,4	
	1-jan	2978,7	2968,1	2957,6	3029	2998,5	3009,7	3071,8	3040,6	3055,4	
	11-jan	2852,6	2833,4	2817,6	2878,2	2840	2842	2943,3	2913,4	2906,2	
	21-jan	2708,3	2693,3	2650	2722,8	2680,6	2658,7	2777,8	2747,4	2744,4	
	11-set	2000,1	3046,8	2760,8	1453,5	1991,1	1817,5	1429,2	1873,6	1778,6	
	21-set	2314,6	3201,5	2922,5	1623,5	2249,2	2107,5	1604,8	2021,4	1921,3	
	1-out	2575	3245,9	3041,1	1814,4	2523,1	2394,8	1760,3	2252,9	2055,2	
	11-out	2680,2	3313	3169,9	2134	2788,8	2753	1921,7	2335,1	2116,4	
	21-out	2761,1	3355,6	3265,3	2411,1	3063,5	3134,6	2077,8	2367,4	2315,5	
Dourados	1-nov	2897,2	3416,5	3303,8	2779,3	3329,6	3378,3	2120,1	2565,2	2452,7	2679,74
	11-nov	2928,4	3387,6	3369,2	2990,4	3341	3381,2	2350,2	2656,5	2604,1	
	21-nov	2988,1	3345,3	3385,4	3032,3	3318,4	3420,1	2404,9	2679,6	2625,2	
	1-dez	2981,1	3282,5	3284,9	2924,5	3209,5	3353	2471,3	2645,2	2615,8	
	11-dez	2898,3	3164,3	3189,8	2761,2	3108,8	3263,3	2366	2555,2	2530,9	
	21-dez	2686	2985	3020,6	2637,3	3005,6	3141,5	2226,2	2393,4	2398,7	
	1-out	2728,4	3472,5	3037,7	3034,1	3659,6	3222,9	2679,4	3521,2	3109,8	
	11-out	3090,4	3850,1	3458,8	3359,4	3972,8	3573,3	3041,6	3918,3	3515,1	
	21-out	3227,4	4064,4	3729	3386,5	4036,4	3728,7	3258,1	4173,1	3809,9	
	1-nov	3296,4	4270,9	3989,5	3299,9	4129,2	3877,6	3374,3	4398,8	4107,9	
Formosa	11-nov	3321,9	4326,5	4130,2	3239,2	4215,2	4029,5	3420,2	4452,2	4271,5	3724,27
	21-nov	3262,6	4283,5	4226,3	3171	4155	4146,2	3357,6	4459,8	4364,9	
	1-dez	3215,1	4224,5	4238,3	3151	4196	4218,2	3266,6	4296,6	4315,6	
	11-dez	3130,1	4092,1	4153,6	3097,7	4114,1	4161,1	3168,2	4124,3	4196,7	
	21-dez	3055,4	3917,9	3980	3102,8	3964	4039,8	3067,7	3942,3	3999,9	
	1-out	3195,6	3227,2	3429,5	3111,1	3172,4	3458,4	3270,3	3331,1	3571,3	
	11-out	3429,4	3655,2	3665,4	3461,6	3666,4	3748	3472,3	3634,4	3746,2	
	21-out	3595,4	3940,2	3907,1	3574,1	3902,8	3926,3	3513,9	3852,9	3899,4	
	1-nov	3613,6	4025,1	4140	3548,2	3957,9	4077,5	3545,4	4002,2	4161,7	
Jataí	11-nov	3575,2	4048	4327,2	3481,8	3971,2	4196,6	3554,6	4067,4	4326,6	3720,56
	21-nov	3520,3	4023,6	4385,5	3385,4	3878,7	4245,1	3503	4025,3	4363,7	
	1-dez	3422,6	3892,1	4295,2	3278	3726,2	4187,3	3421,2	3901,3	4339,4	
	11-dez	3314	3713	4148,4	3185,5	3551,3	4043,2	3284,3	3728,8	4205,2	
	21-dez	3126,8	3443,8	3921,5	3039	3360,8	3901,6	3163,2	3470,6	3992,2	
João	11-out	2812	3387,1	3715,8	3027,3	3111,1	3374,7	2964,9	3482,6	3853,1	3528,49
Pinheiro	21-out	3183,1	3749,9	4186,6	3260	3190	3472,8	3482,1	3821,1	4256,6	

	1-nov	3359,3	3952,2	4303,2	3188,9	3203,9	3444,7	3589,4	4030,4	4336,4	
	11-nov	3466,7	4041	4261,8	3020,6	3088,8	3338,9	3566,8	4092,8	4312,7	
	21-nov	3423,9	3994,6	4163,4	2926,7	3155,7	3365	3431,8	4091,2	4177,2	
	1-dez	3260	3927,2	4028,1	2838,6	3243,8	3428,4	3268,3	3944,8	3990,1	
	11-dez	3078,3	3787,8	3828	2724,3	3380,9	3467	3054,7	3726,7	3768,7	
	21-dez	2892,8	3613,4	3598,2	2756,8	3398,2	3390	2900,1	3533,2	3564,5	
Peixe	11-out	3144,2	3337,1	2911,8	3150,4	3311,9	2900	2845,8	3053,6	2852,2	
	21-out	3455,7	3660,7	3151,7	3388,6	3602,8	3124,4	3208,4	3453,9	3076,4	
	1-nov	3606,9	3774	3419,4	3553,9	3766	3447,1	3429,2	3680,4	3359,6	
	11-nov	3632,6	3781,1	3624,2	3614,3	3748,4	3688	3583,7	3730,2	3636,9	3572,06
	21-nov	3634,6	3767	3778,5	3642	3750,7	3941,3	3611	3731,5	3838,7	
	1-dez	3542,1	3629,2	3951,4	3644	3701	4107,1	3582	3637,2	4051,2	
	11-dez	3456,1	3499,2	4091,7	3618	3627,9	4307,8	3511,4	3526,7	4163,1	
	21-dez	3352	3377,7	4131,8	3520	3525,8	4340,9	3344,2	3354,7	4193,6	
Posse	21-out	2982,2	3764,6	3492	3193,7	3826,2	3555,3	2680,5	3525	3208,7	
	1-nov	3230,4	3973,2	3750,5	3272,1	3915	3706	3054,1	3862,2	3623,8	
	11-nov	3305,6	4055,7	3876,9	3302	3989,2	3844,1	3295,8	4066,2	3939,9	
	21-nov	3305,9	3987,3	3939	3288,6	4001,2	3972,4	3383,2	4192,4	4129,9	3644,16
	1-dez	3203,5	3925	3919	3278,7	4009,6	4025,4	3369,6	4182,3	4181,6	
	11-dez	3097,7	3854,7	3895,8	3227	3884,5	3904,4	3254,3	4044	4069,5	
	21-dez	2954,7	3732,8	3775,9	3066,4	3730,2	3759,3	3064,1	3828,9	3852,4	
Poxoréu	1-out	3752,7	4188	3233	3539,6	3906	3067	3218,4	3566	2790,1	
	11-out	3838,5	4371,2	3329,1	3712,3	4225,9	3235	3402,4	3932,9	2973,6	
	21-out	3841,3	4378	3407,7	3789,2	4333,2	3379,3	3421,8	3953,3	3031,9	
	1-nov	3900,7	4346,1	3546,3	3942,3	4382,1	3578,3	3553,5	3983,3	3175,3	
	11-nov	3975	4333,7	3693,6	4052,6	4349,8	3760	3624,6	3994,5	3326,1	3774,2
	21-nov	3988,6	4245,5	3767,5	4074,1	4282,6	3869,1	3691	3921,4	3483,2	
	1-dez	3961,7	4150,8	3815,8	4046	4162,8	3936,7	3714,2	3838,7	3563,9	
	11-dez	3887,1	3990,6	3834,4	3946,4	3995	3918,4	3667,9	3765	3585,6	
	21-dez	3743,4	3780,5	3737,8	3755,2	3788,6	3769,3	3534,6	3626,3	3535,6	
Sapezal	21-set	2010,7	2643,3	2239,3	2306	3031,2	2601,6	2236,2	2975,8	2444,9	
	1-out	2292,4	3058,9	2558,6	2606	3522,6	2994,8	2645,6	3438,1	2935,4	
	11-out	2521	3360,4	2796,9	2869,1	3832	3243,4	2852,7	3683,5	3142,8	
	21-out	2623,1	3502,8	2931	2909	3898,5	3301	2883,1	3719,8	3154	
	1-nov	2677	3626,8	3067,9	2924	3850,9	3394	2878,9	3783,6	3307,7	
	11-nov	2741,6	3678	3259,6	2860,1	3846,2	3475,9	2881,9	3848,3	3454,4	3143,42
	21-nov	2749,1	3698,9	3382,4	2818,8	3804,2	3522,3	2855,8	3838,6	3535,8	
	1-dez	2718,4	3650,4	3400,8	2746,6	3713,1	3543,5	2807,1	3759,7	3530,2	
	11-dez	2696,7	3529,9	3398,9	2689,1	3556,6	3477,5	2766,6	3590,4	3481,5	
	21-dez	2664,9	3392,3	3338,6	2629,5	3398,5	3373,1	2726,3	3427,8	3371,6	
Tapurah	1-out	2763,2	4403,2	3130,3	2725,2	4433,5	3140,6	2835,5	4537,9	3265,9	
	11-out	3015,5	4579,4	3349,5	2923,3	4549,1	3308,3	3049,2	4726,2	3437,2	3674,49
	21-out	3084,5	4613,7	3391,1	3018,8	4579,6	3371,2	3108,8	4792,2	3508,8	
	1-nov	3120,1	4657,7	3425,4	3065	4689,3	3423,6	3121,9	4841,6	3541,4	

	11-nov	3095,9	4703,2	3472	3065,3	4745,2	3516,2	3098,3	4853,5	3607,3	
	21-nov	3032,9	4638,1	3493	3031,9	4755,3	3557,6	3063,4	4832,6	3631,9	
	1-dez	2972,6	4577,5	3485,6	2980,3	4673,9	3553,6	3015,9	4755,2	3624,9	
	11-dez	2884,1	4464,3	3452,9	2876	4502,5	3523,5	2903,4	4623,4	3546,9	
	21-dez	2741,1	4329,3	3384	2730,5	4293,6	3405,1	2770,8	4426,1	3415,7	
Uberaba	1-out	3455,6	3314,9	4034,8	3576	3458,2	4166	3510,4	3371,8	4076,9	
	11-out	3933	3614,7	4400,5	4006,4	3723,8	4512,2	4053,5	3623,7	4480,1	
	21-out	4122,7	3810,9	4532,1	4306,7	4000,3	4725,3	4267,2	3987,2	4751,1	
	1-nov	4260,7	4126,2	4681	4438,6	4307,3	4873,7	4428,2	4380,9	4926,6	
	11-nov	4258,6	4348,1	4720	4391,4	4503,2	4872,2	4413,8	4607,3	4951,7	4234,5
	21-nov	4196,3	4369,4	4603,2	4252,6	4574,2	4765	4347,4	4665,6	4883,5	
	1-dez	4029,3	4308,7	4425	4104,7	4497,9	4666,3	4201,1	4577,6	4717,2	
	11-dez	3793,4	4144,3	4218	3894,4	4353	4475,3	3984	4393,7	4511,4	
	21-dez	3540,3	3939,9	4006,8	3690	4174,2	4258,6	3698,7	4173,8	4254,8	

¹C1 (cultivar de ciclo curto); ²C2 (cultivar de ciclo normal); ³C3 (cultivar de ciclo tardio);

Apêndice J. Anomalias de produtividade em % por decêndios, municípios, grupo de maturação e fases ENOS em solo de textura argilosa.

Local	Decêndios	Anomalias (%)								
		Ciclo curto			Ciclo normal			Ciclo tardio		
		E ¹	L ²	N ³	E	L	N	E	L	N
Alto Parnaíba	21-out	-15,3	-19,7	-7,47	-23	-24,72	-15,16	-2,27	-12,05	6,96
	1-nov	-1,79	-14,39	0,18	-8,53	-18,93	-4,73	8,29	-4,28	13,85
	11-nov	2,32	-9,02	4,8	-2,67	-15,28	0,37	17,08	6,37	20,03
	21-nov	2,06	-5,21	5,81	-0,16	-9,49	2,94	22,94	17,74	25,15
	1-dez	2,77	0,7	4,89	0,93	-1,76	2,3	28,07	25,82	30,76
	11-dez	1,32	2,5	2,15	0,63	1,62	2,23	30,64	32,47	33,86
	21-dez	0,33	1,2	0,34	0,25	1,09	0,5	32,1	33,41	35,41
	1-jan	-4,68	-2,46	-2,15	-3,53	-1,72	-2,35	33,08	33,58	36,14
	11-jan	-9,04	-8,06	-5,61	-8,63	-7,16	-5,7	28,42	30,1	34,17
	21-jan	-13,65	-13,64	-10,47	-13,98	-13,58	-11,49	22,34	24,07	30,49
	1-fev	-17,99	-20,46	-16,57	-19,63	-21,34	-17,73	14,3	13,69	24,54
	11-fev	-24,21	-25,98	-21,83	-24,97	-27,63	-24,35	5,3	4,7	14,42
	21-fev	-30,89	-31,71	-28,3	-32,05	-34,13	-30,78	-5,29	-4,43	-0,44
Aragarças	1-out	-24,83	-32,22	-32,75	-13,71	-15,85	-22,38	-2,8	-7,39	-12,1
	11-out	-9,54	-13,66	-19,17	-5,74	-3,64	-12,3	10,21	9,27	0,87
	21-out	-4,82	-3,78	-10,36	-0,26	1,86	-7,04	15,23	16,44	6,66
	1-nov	-1,12	0,13	-7,91	3,42	6,73	-2,67	17,29	20,13	9,18
	11-nov	0,11	0,36	-7,75	6,16	8,58	0,22	17,95	18,98	9,65
	21-nov	-1,05	-0,13	-8,31	7,87	11,06	2,62	16,55	17,68	9,57
	1-dez	-3,75	-2,03	-8,43	7,65	11,45	4,75	13,76	14,87	8,21
	11-dez	-7,96	-5,88	-10,97	6,39	8,31	2,36	8,85	11,19	4,1
Balsas	21-dez	-12,2	-11,55	-16,53	3,2	5,13	-1,49	3,81	6,19	-0,9
	11-out	-29,17	-30,92	2,16	-57,1	-54,88	-39,18	-30,66	-34,93	-4,68
	21-out	-13,6	-19,77	18,81	-40,25	-44,76	-20,8	-19,57	-19,92	7,73
	1-nov	-0,78	-6,91	25,59	-26,58	-36,34	-12,13	-6,76	-6,37	13,62
	11-nov	8,99	7,47	30,12	-19,45	-26,57	-8,08	2,36	2,12	19,84
	21-nov	14,09	14,27	30,37	-15,98	-19,27	-5,59	7,84	14,64	23,18
	1-dez	15,65	20,96	30,62	-14,5	-13,92	-6,16	11,74	24,82	26,84
	11-dez	16,4	24,59	28,66	-13,83	-8,41	-6,91	16,81	30,97	29,76
	21-dez	16,97	27,88	26,35	-13,03	-5,42	-7,46	19,61	34,29	30,64
	1-jan	17,24	26,4	19,53	-12,02	-7,62	-10,62	23,5	35,18	29,19
	11-jan	13,64	20,28	14,82	-14,83	-11,23	-14,54	22,2	33,28	27,5
	21-jan	9,5	15,3	10,57	-19,24	-16,12	-19,63	17,37	28,71	24,41
	1-fev	4,97	7,56	6,2	-24,51	-22,52	-25,06	9,79	20,07	20,11

	11-fev	-0,01	1,45	-0,49	-29,35	-28,05	-30,11	1,43	12,58	11,57
	21-fev	-10,65	-7,04	-6,13	-35,3	-34,82	-35,21	-8,22	4,17	-1,36
Conceição do Araguaia	1-out	-18,6	-22,09	-16,71	-15,73	-19,34	-13,5	-21,55	-26,26	-20,65
	11-out	-5,67	-7,79	-3,51	-3,11	-6,36	-1,47	-8,91	-12,91	-6,43
	21-out	3,17	1,12	6,2	4,87	3,14	7,34	-0,47	-2,79	3,23
	1-nov	9,12	6,04	12,41	10,56	7,86	12,59	5,92	1,97	9,32
	11-nov	9,71	8,02	12,89	10,65	9,35	13,04	6,83	4,67	10,65
	21-nov	10,04	9,18	13,25	9,35	9,91	12,38	7,12	7,52	10,76
	1-dez	7,56	8,11	11,22	6,92	8,42	10,45	5,47	6,6	8,91
	11-dez	3,86	6,68	8,13	3,12	6,04	7,77	2,25	5,05	7,28
	21-dez	0,61	3,24	4,82	0,46	2,66	4,02	-0,22	2,12	4,15
	1-jan	-3,39	-1,75	-0,37	-3,73	-2,74	-1,38	-4,07	-2,38	-0,9
	11-jan	-7,47	-6,64	-4,53	-8,1	-7,89	-5,5	-8,61	-7,82	-5,74
	21-jan	-12,16	-11,68	-9,9	-12,64	-13,05	-10,89	-14,04	-13,77	-10,99
Dourados	11-set	-25,36	-45,76	-46,66	13,69	-25,69	-30,08	3,02	-32,17	-33,62
	21-set	-13,62	-39,41	-40,11	19,47	-16,06	-24,56	9,05	-21,35	-28,3
	1-out	-3,9	-32,29	-34,3	21,12	-5,84	-15,92	13,48	-10,63	-23,3
	11-out	0,01	-20,36	-28,28	23,63	4,06	-12,86	18,28	2,73	-21,02
	21-out	3,03	-10,02	-22,46	25,22	14,32	-11,65	21,85	16,97	-13,59
	1-nov	8,11	3,71	-20,88	27,49	24,24	-4,27	23,28	26,06	-8,47
	11-nov	9,27	11,59	-12,29	26,41	24,67	-0,86	25,72	26,17	-2,82
	21-nov	11,5	13,15	-10,25	24,83	23,83	0	26,33	27,62	-2,03
	1-dez	11,24	9,13	-7,77	22,49	19,76	-1,28	22,58	25,12	-2,38
	11-dez	8,15	3,04	-11,7	18,08	16	-4,64	19,03	21,77	-5,55
	21-dez	0,23	-1,58	-16,92	11,39	12,15	-10,68	12,72	17,23	-10,48
Formosa	1-out	-26,73	-18,53	-28,05	-6,76	-1,73	-5,45	-18,43	-13,46	-16,49
	11-out	-17,02	-9,79	-18,33	3,37	6,67	5,2	-7,12	-4,05	-5,61
	21-out	-13,34	-9,06	-12,51	9,13	8,38	12,05	0,12	0,11	2,3
	1-nov	-11,48	-11,39	-9,39	14,67	10,87	18,11	7,12	4,11	10,3
	11-nov	-10,8	-13,02	-8,16	16,16	13,18	19,54	10,89	8,19	14,69
	21-nov	-12,39	-14,85	-9,84	15,01	11,56	19,75	13,47	11,32	17,2
	1-dez	-13,67	-15,39	-12,28	13,43	12,66	15,36	13,8	13,26	15,87
	11-dez	-15,95	-16,82	-14,93	9,87	10,46	10,74	11,52	11,72	12,68
	21-dez	-17,95	-16,68	-17,63	5,19	6,43	5,85	6,86	8,47	7,4
Jataí	1-out	-14,11	-16,37	-12,1	-13,26	-14,73	-10,46	-7,82	-7,04	-4,01
	11-out	-7,82	-6,95	-6,67	-1,75	-1,45	-2,31	-1,48	0,73	0,68
	21-out	-3,36	-3,93	-5,55	5,9	4,89	3,55	5,01	5,52	4,8
	1-nov	-2,87	-4,63	-4,7	8,18	6,37	7,57	11,27	9,59	11,85
	11-nov	-3,9	-6,41	-4,46	8,8	6,73	9,32	16,3	12,79	16,28
	21-nov	-5,38	-9	-5,84	8,14	4,25	8,19	17,87	14,09	17,28
	1-dez	-8	-11,89	-8,04	4,61	0,15	4,85	15,44	12,54	16,63
	11-dez	-10,92	-14,38	-11,72	-0,2	-4,54	0,22	11,5	8,67	13,02
	21-dez	-15,95	-18,31	-14,98	-7,43	-9,66	-6,71	5,4	4,86	7,3
João Pinheiro	11-out	-20,3	-14,2	-15,97	-4	-11,82	-1,3	5,3	-4,35	9,19

	21-out	-9,78	-7,61	-1,31	6,27	-9,59	8,29	18,65	-1,57	20,63
	1-nov	-4,79	-9,62	1,72	12	-9,19	14,22	21,95	-2,37	22,89
	11-nov	-1,75	-14,39	1,08	14,52	-12,46	15,99	20,78	-5,37	22,22
	21-nov	-2,96	-17,05	-2,73	13,2	-10,56	15,94	17,99	-4,63	18,38
	1-dez	-7,61	-19,55	-7,37	11,29	-8,06	11,79	14,16	-2,83	13,08
	11-dez	-12,75	-22,79	-13,42	7,34	-4,18	5,61	8,48	-1,74	6,8
	21-dez	-18,01	-21,87	-17,8	2,4	-3,69	0,13	1,97	-3,92	1,02
Peixe	11-out	-11,97	-11,8	-20,33	-6,57	-7,28	-14,51	-18,48	-18,81	-20,15
	21-out	-3,25	-5,13	-10,18	2,48	0,86	-3,3	-11,76	-12,53	-13,87
	1-nov	0,97	-0,5	-4	5,65	5,43	3,03	-4,27	-3,49	-5,94
	11-nov	1,69	1,18	0,32	5,85	4,93	4,42	1,45	3,24	1,81
	21-nov	1,75	1,95	1,09	5,45	5	4,46	5,77	10,33	7,46
	1-dez	-0,83	2,01	0,27	1,6	3,6	1,82	10,61	14,97	13,41
	11-dez	-3,24	1,28	-1,69	-2,04	1,56	-1,27	14,54	20,59	16,54
	21-dez	-6,16	-1,45	-6,37	-5,44	-1,29	-6,08	15,67	21,52	17,39
Posse	21-out	-18,16	-12,36	-26,44	3,3	4,99	-3,26	-4,17	-2,43	-11,95
	1-nov	-11,35	-10,2	-16,19	9,02	7,43	5,98	2,91	1,69	-0,55
	11-nov	-9,28	-9,38	-9,55	11,29	9,46	11,58	6,38	5,48	8,11
	21-nov	-9,28	-9,75	-7,16	9,41	9,79	15,04	8,09	9	13,32
	1-dez	-12,09	-10,02	-7,53	7,7	10,02	14,76	7,54	10,46	14,74
	11-dez	-14,99	-11,44	-10,69	5,77	6,59	10,97	6,9	7,14	11,67
	21-dez	-18,92	-15,85	-15,91	2,43	2,36	5,07	3,61	3,15	5,71
Poxoréu	1-out	-0,56	-6,21	-14,72	10,96	3,49	-5,51	-14,33	-18,73	-26,07
	11-out	1,7	-1,63	-9,85	15,81	11,96	4,2	-11,79	-14,28	-21,21
	21-out	1,77	0,39	-9,33	15,99	14,81	4,74	-9,71	-10,46	-19,66
	1-nov	3,35	4,45	-5,84	15,15	16,1	5,53	-6,03	-5,18	-15,86
	11-nov	5,32	7,37	-3,96	14,82	15,24	5,83	-2,13	-0,37	-11,87
	21-nov	5,67	7,94	-2,2	12,48	13,46	3,89	-0,17	2,51	-7,71
	1-dez	4,96	7,2	-1,59	9,97	10,29	1,7	1,1	4,3	-5,57
	11-dez	2,99	4,56	-2,81	5,73	5,85	-0,24	1,59	3,82	-4,99
	21-dez	-0,81	-0,5	-6,34	0,16	0,38	-3,91	-0,96	-0,13	-6,32
Sapezal	21-set	-36,03	-26,63	-28,86	-15,9	-3,57	-5,33	-28,76	-17,23	-22,22
	1-out	-27,07	-17,09	-15,83	-2,68	12,06	9,37	-18,6	-4,72	-6,61
	11-out	-19,8	-8,72	-9,24	6,9	21,9	17,18	-11,02	3,18	-0,01
	21-out	-16,55	-7,45	-8,28	11,43	24,02	18,33	-6,75	5,01	0,33
	1-nov	-14,83	-6,98	-8,41	15,37	22,5	20,36	-2,4	7,97	5,22
	11-nov	-12,78	-9,01	-8,31	17	22,35	22,42	3,69	10,57	9,89
	21-nov	-12,54	-10,32	-9,15	17,66	21,02	22,11	7,6	12,05	12,48
	1-dez	-13,52	-12,62	-10,69	16,12	18,12	19,6	8,18	12,72	12,3
	11-dez	-14,21	-14,45	-11,98	12,29	13,14	14,21	8,12	10,62	10,75
	21-dez	-15,22	-16,34	-13,26	7,91	8,11	9,04	6,2	7,3	7,25
Tapurah	1-out	-24,8	-25,83	-22,83	19,83	20,65	23,49	-14,8	-14,52	-11,11
	11-out	-17,93	-20,44	-17,01	24,62	23,8	28,62	-8,84	-9,96	-6,45
	21-out	-16,05	-17,84	-15,39	25,55	24,63	30,41	-7,71	-8,25	-4,5

	1-nov	-15,08	-16,58	-15,03	26,75	27,61	31,76	-6,77	-6,82	-3,62
	11-nov	-15,74	-16,57	-15,68	27,99	29,13	32,08	-5,51	-4,3	-1,82
	21-nov	-17,46	-17,48	-16,63	26,22	29,41	31,51	-4,94	-3,18	-1,15
	1-dez	-19,1	-18,89	-17,92	24,57	27,19	29,41	-5,14	-3,28	-1,34
	11-dez	-21,51	-21,73	-20,98	21,49	22,53	25,82	-6,03	-4,1	-3,47
	21-dez	-25,4	-25,69	-24,59	17,81	16,84	20,45	-7,9	-7,33	-7,04
Uberaba	1-out	-18,39	-15,55	-17,09	-21,71	-18,33	-20,37	-4,71	-1,61	-3,72
	11-out	-7,12	-5,38	-4,27	-14,63	-12,06	-14,42	3,92	6,55	5,8
	21-out	-2,64	1,7	0,77	-10	-5,53	-5,84	7,02	11,58	12,19
	1-nov	0,61	4,82	4,57	-2,55	1,71	3,45	10,54	15,09	16,34
	11-nov	0,56	3,7	4,23	2,68	6,34	8,8	11,46	15,05	16,93
	21-nov	-0,9	0,42	2,66	3,18	8,02	10,17	8,7	12,52	15,32
	1-dez	-4,84	-3,06	-0,78	1,75	6,22	8,1	4,49	10,19	11,39
	11-dez	-10,41	-8,03	-5,91	-2,13	2,79	3,75	-0,38	5,68	6,53
	21-dez	-16,39	-12,85	-12,65	-6,95	-1,42	-1,43	-5,37	0,56	0,47

¹E (El Niño); ²L (La Niña); ³N (Neutro);