

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**VARIABILIDADE TEMPORAL DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS, INFLUENCIANDO  
A PRODUTIVIDADE DE SOJA**

**GUILHERME HILÁRIO BAU**

**JOSÉ MICHAEL CENTURION RAIMUNDO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2019**

**VARIABILIDADE TEMPORAL DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS, INFLUENCIANDO  
A PRODUTIVIDADE DE SOJA**

GUILHERME HILÁRIO BAU

JOSÉ MICHAEL CENTURION RAIMUNDO

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. ANAMARI VIEGAS DE ARAUJO MOTOMIYA

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da Grande  
Dourados, como parte das exigências para conclusão  
do Curso de Engenharia Agrícola.

DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2019

VARIABILIDADE TEMPORAL DE DADOS CLIMÁTICOS,  
INFLUENCIANDO A PRODUTIVIDADE DE SOJA

Por

Guilherme Hilário Bau  
José Michael Centurion Raimundo

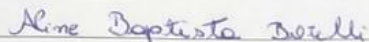
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 19/06/2019



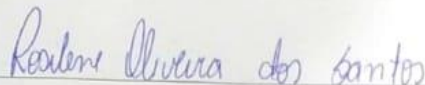
---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Anamari Viegas de Araujo Motomiya  
Orientadora – UFGD/FCA



---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Aline Baptista Borelli  
Membro da Banca – UFGD/FCA



---

Eng. Agrônoma Rosilene Oliveira dos Santos  
Membro da Banca – UFGD/FCA

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B337v Bau, Guilherme Hilario  
Variabilidade Temporal de Variáveis Climáticas, Influenciando a Produtividade de Soja [recurso eletrônico] / Guilherme Hilario Bau, José Michael Centurion Raimundo. -- 2019.  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Anamari Viegas de Araujo Motomiya,  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Clima. 2. Geoestatística. 3. Produtividade. 4. Glycine max. I. Raimundo, José Michael Centurion. II. Motomiya, Anamari Viegas De Araujo. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

### **AGRADECIMENTOS (Guilherme)**

A Deus, Jesus Cristo, Nossa Senhora Aparecida, por todas as bênçãos, proteção e ajuda que recebi durante minha vida e graduação, alcançando todos meus objetivos e superando todos os meus obstáculos.

A minha mãe Maria Roseli Hilário, ao meu pai Neivaldo Francisco Bau e a minha irmã Andressa Hilário Bau, por todo amor, apoio, suporte, independentemente da situação que passei, sempre fazendo de tudo para que eu pudesse concluir minha graduação.

A todos os professores, amigos e familiares, especialmente a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Anamari Viegas de Araujo Motomiya e ao meu parceiro de TCC José Michael Centurion Raimundo, por todo ensinamento, apoio e suporte, durante esse projeto.

À Universidade Federal da Grande Dourados e a Faculdade de Ciências Agrárias, por todo aprendizado profissional e pessoal, e também, a todos os funcionários, alunos, técnicos, cozinheiros, motoristas, vendedores, que de várias formas, contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui e realizar mais esse objetivo em minha vida, obrigado.

### **AGRADECIMENTOS (José)**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

A Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade de fazer o curso.

A todos os professores, amigos e familiares, especialmente a Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Anamari Viegas de Araujo Motomiya e ao meu parceiro de TCC Guilherme Hilário, por todo ensinamento, apoio e suporte, durante esse projeto.

Agradeço a minha irmã Gabrielly Marques Centurion, heroína que me deu apoio nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

A que todos que direta e indiretamente que fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado!

**SUMÁRIO**

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
2.1. Variabilidade climática e seus efeitos na produção agrícola	13
2.2. Cultura da soja	14
2.3. Aplicação da geoestatística no estudo da variabilidade climática	15
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>17</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>20</b>
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>31</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>32</b>
<b>7. APÊNDICE</b>	<b>36</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>FIGURA 1.</b> Localização do município de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.....	16
<b>FIGURA 2.</b> Esquema do arranjo de anos e meses de coleta dos dados climáticos coletados no município de Dourados.....	18
<b>FIGURA 3.</b> Área plantada correlacionada com o rendimento de soja nos dez anos de estudo.....	22
<b>FIGURA 4.</b> Gráficos de comparação da produtividade com a média dos dados climáticos nos meses do ciclo. (4A - Temperatura; 4B – Umidade).....	24
<b>FIGURA 5.</b> Gráficos de comparação da produtividade com a média dos dados climáticos nos meses do ciclo. (5A-Velocidade do vento; 5B - Radiação; 5C – Precipitação).....	25
<b>FIGURA 6.</b> Mapas da distribuição temporal das variáveis climáticas. (6A-Temperatura máxima; 6B-Temperatura mínima; 6C-Umidade máxima; 6D-Umidade mínima).....	29
<b>FIGURA 7.</b> Mapas da distribuição temporal das variáveis climáticas (7A-Velocidade do vento; 7B-Radiação; 7C- Precipitação).....	32

**LISTA DE TABELAS**

	Página
<b>TABELA 1.</b> Estatística descritiva das médias mensais referente ao período da cultura e teste de normalidade das Temperaturas, Umidades, Velocidade do Vento, Radiação e Precipitação pluviométrica de Dourados-MS .....	19
<b>TABELA 2.</b> Correlação de Pearson entre as variáveis climáticas, considerando as médias do período.....	20
<b>TABELA 3.</b> Modelos e parâmetros das variáveis climáticas.....	21



BAU, Guilherme Hilário; RAIMUNDO, José Michael Centurion **Variabilidade Temporal de Variáveis Climáticas, Influenciando a Produtividade de Soja**. 2019. 39p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

## RESUMO

Atualmente, além do aumento da produtividade, a produção de grãos no Brasil tem sido incrementada com a inclusão de novas áreas, mas mesmo com todo esse avanço e adaptação, o fator climático aparece como limitante aos incrementos de produção, muito por causa da sua imprevisibilidade, exercendo grande influência na produtividade das culturas. Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade temporal das variáveis climáticas, e a sua influência na produtividade de soja (*Glycine max*) no município de Dourados-MS, Brasil, produzindo os seus respectivos mapas, através da geoestatística, além de utilizá-los na análise das diferenças entre as produtividades obtidas de soja, comparadas ao cálculo das produtividades potenciais no período. Os dados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e referem-se ao período de tempo entre os anos de 2006 a 2015. A produtividade, área plantada e rendimento médio foram obtidas do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Realizou-se a estatística descritiva e a análise da dependência temporal das variáveis climáticas utilizando-se os programas Minitab 17 e GS+, bem como efetuou-se a comparação com a média dos dados climáticos nos meses do ciclo da cultura. Os dados climáticos abrangeram referem-se ao total mensal de precipitação pluvial expressa em altura de lâmina d'água (mm), médias mensais da temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ) e radiação ( $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$ ). A cultura da soja sofre influência direta das variáveis climáticas, influenciando sua produtividade e manejo. Observou-se que as variáveis estão interligadas e têm grande influência no planejamento, plantio, desenvolvimento e colheita da cultura. Embora em alguns anos tenha havido aumento da área plantada, isto não se traduziu em aumento de produção. A análise geoestatística indicou que todas as variáveis apresentaram dependência temporal, sendo que os modelos dos semivariogramas foram bem ajustados aos dados, com exceção da radiação solar que sofre grandes alterações diárias. A geoestatística é uma ferramenta muito importante pois auxilia a identificação de padrões temporais de distribuição e por meio da série histórica dos atributos do clima de uma região, é possível prever as características do local.

**Palavras-chave:** Clima; Geoestatística; Produtividade; *Glycine max*;

## ABSTRACT

Currently, besides increasing productivity, grain production in Brazil has been increased with the inclusion of new areas, but even with all this advancement and adaptation, the climatic factor appears as limiting to the production increases, much because of its unpredictability, exerting great influence on crop productivity. The objective of this study was to study the temporal variability of climatic variables and their influence on soybean yield (*Glycine max*) in the city of Dourados-MS, Brazil, producing their respective maps through geostatistics and using them in analysis of the differences between the yields obtained from soybean, compared to the calculation of the potential productivities in the period. Data were provided by the National Institute of Meteorology (INMET) and refer to the time period between 2006 and 2015. Productivity, area planted and average yield were obtained from the website of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Descriptive statistics and time dependence analysis of climatic variables were performed using the Minitab 17 and GS + programs, as well as the comparison of the average climatic data in the months of the crop cycle. The climatic data covered refer to the monthly total rainfall expressed as water depth (mm), monthly averages of air temperature ( $^{\circ}$  C), relative humidity (%), wind speed (km h<sup>-1</sup>) and radiation (MJ / m<sup>2</sup> / day). The soybean crop is directly influenced by climatic variables, influencing its productivity and management. It was observed that the variables are interrelated and have great influence in the planning, planting, development and harvesting of the crop. Although in some years there has been an increase in the area planted, this did not translate into increased production. The geostatistical analysis indicated that all variables presented temporal dependence, and the semivariograms models were well adjusted to the data, except for the solar radiation that undergoes great daily changes. Geostatistics is a very important tool because it helps to identify temporal distribution patterns and through the historical series of climate attributes of a region, it is possible to predict the characteristics of the site.

**Keywords:** Climate; Geostatistics; Productivity; *Glycine max*;

## 1. INTRODUÇÃO

O clima contribui para o bom andamento das safras. Para Ribeiro (1993), o clima se torna fundamental no processo de organização espacial. No espaço agrícola, ele aparece como um condicionante do processo produtivo de modo que as culturas devem ser produzidas de acordo com o tipo de oferta climática, sendo variável no tempo e no espaço.

Andriucci (2002) menciona que o clima possui um papel regulamentador do processo agrícola, e não determinante. Segundo Santos (1979) muitos fatores são relacionados com o setor agrícola. O clima tem demonstrado interferência decisiva nos totais de produção, envolvendo estudos, planejamento agrícola e econômico de grande importância para o país. Decisões como a escolha da época de semeadura podem afetar diretamente a produtividade das culturas, devido à variação de precipitação pluviométrica e a ação dos fatores climáticos (ASSAD et al., 2003).

A precipitação pluvial, insolação, radiação solar global e as temperaturas mínimas, médias e máximas são elementos meteorológicos importantes em trabalhos de zoneamento de culturas agrícolas, indicação de épocas de semeadura, irrigação, determinação de potencial de produtividade, zoneamento de riscos climáticos, crédito e seguro agrícola. Assim, é importante mensurar a disponibilidade desses elementos meteorológicos, com a máxima precisão possível, em um determinado local e período do ano, para o planejamento de atividades que minimizem riscos climáticos (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009).

Para a agricultura, tão importante quanto analisar as dependências dos valores médios de um elemento meteorológico como a temperatura, é averiguar suas características, tais como os valores absolutos, extremos e a amplitude (Minuzzi et al., 2011). Espera-se que a probabilidade de ocorrência de um fator, como a precipitação pluviométrica ou velocidade do vento, por exemplo, estimada com base na análise de uma série histórica significativa, mantenha-se razoavelmente constante em demais épocas futuras. Evidenciando assim a importância de investigações relativas a variações amostrais em séries meteorológicas (BLAIN, 2011).

No caso da cultura da soja, a temperatura do ar e a precipitação agem sobre os processos de desenvolvimento da cultura. Uma estiagem durante o período reprodutivo (floração - enchimento de grãos - maturação) provoca uma redução na produtividade, devido ao maior abortamento de flores, reduzindo o período de florescimento, número de grãos, período de enchimento de grãos e conseqüentemente redução da qualidade e quantidade dos

grãos. Quanto à temperatura, valores inferiores a 10°C interferem no crescimento vegetativo, enquanto valores acima de 40°C provocam distúrbios na floração e diminuem a capacidade de retenção das vagens (FARIAS et al., 2000).

Segundo Mendes et al. (2010), a geoestatística é uma ferramenta muito usada nos estudos de variabilidade espacial e temporal, auxiliando na identificação de padrões espaciais de distribuição.

Segundo Sartori et. al. (2010), a caracterização da variabilidade da temperatura e precipitação pluvial pode ser feita após a análise da distribuição dessas variáveis, ou seja, no estudo da variabilidade temporal pode ser aplicada a Geoestatística, uma vez que essa se fundamenta na teoria das variáveis regionalizadas, segundo a qual os valores de uma variável estão, de alguma maneira, relacionado à sua disposição temporal e, portanto, as observações tomadas um curto tempo se relacionam mais do que aquelas tomadas a tempos maiores.

Os métodos de interpolação geoestatística (krigagem ordinária), usam a dependência espacial expressa no semivariograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, o que os torna ótimos estimadores no estudo da distribuição espacial de precipitação pluviométrica (chuva) (MACHADO et al. 2010).

O seguinte trabalho teve como objetivo, analisar a variabilidade temporal das grandezas, como: Temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, vento e radiação solar, influenciando a cultura da soja na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Variabilidade climática e seus efeitos na produção agrícola**

Ao se objetivar uma produtividade com qualidade, deve-se levar em conta que cada cultura necessita de condições favoráveis durante todo o seu ciclo vegetativo, exigindo determinados limites de temperatura nos vários estádios do ciclo, uma quantidade mínima de água e um período seco no estágio de maturação e colheita (PEREIRA et al. 2002).

Araújo et al. (2010), ressaltam que o rendimento final das culturas está diretamente ligado a variabilidade dos elementos meteorológicos durante o ciclo de desenvolvimento, pois o clima altera as várias interações comportamentais em um ecossistema e fatores como a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica e a radiação solar são os elementos que mais atuam sobre o desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, na produtividade.

Dentre os fatores climáticos citados o que proporciona maior variabilidade, tanto no tempo quanto no espaço é a precipitação pluviométrica. As quantidades relativas de frequência e volume da precipitação pluviométrica, seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente as culturas e, no caso, a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO et al., 2008).

A disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais dificultam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o (CO<sub>2</sub>) atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (TAIZ & ZIEGER, 2004). Quando as plantas recebem uma quantidade adequada de suprimento de água e nutrientes, a produção de fitomassa seca é controlada pela radiação solar disponível (MONTEITH, 1965). Entretanto, apenas uma parte dessa radiação incidente é aproveitada pelas plantas, sendo dependente de parâmetros físicos, biológicos e geométricos. (SHIBLES & WEBER, 1965).

São igualmente importantes as análises sobre a variação da umidade relativa do ar, pois são fatores essenciais no dimensionamento e planejamento dos projetos de irrigação. Assim como as análises sobre a variação temporal da velocidade do vento, pois influencia diretamente nas operações de pulverização e radiação solar, possuindo grande influência nos principais processos das plantas, tais como a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos e floração, entre outras (MUNHOZ & GARCIA, 2008).

## 2.2. Cultura da soja

Um dos fatores determinantes do rendimento em soja é a água, que constitui aproximadamente 90% do peso da planta, atuando na maioria dos processos fisiológicos e bioquímicos. Para que seu cultivo seja de qualidade é necessário analisar a questão da deficiência hídrica que, com certeza é um dos principais fatores responsáveis pelas variações de produtividade (EMBRAPA, TECNOLOGIAS 2008).

Almeida (2000) verifica que a variabilidade espacial da pluviosidade e do rendimento da cultura da soja, segundo os anos-padrão, revela concordância espacial entre regiões que obtiveram melhores rendimentos e áreas onde a quantidade de precipitação foi mais elevada.

A soja é uma cultura que necessita de disponibilidade contínua de água, demandando precipitações bem distribuídas. Déficits hídricos durante a floração provocam alterações fisiológicas. Dados da Embrapa Soja apontam, que durante todo o ciclo, a soja necessita entre 450 e 800 mm de água (EMBRAPA, TECNOLOGIAS 2008)

Segundo Cunha et al. (1998), afirmam que a variação no teor de água disponível durante o período de desenvolvimento da cultura é a principal limitação ao desenvolvimento do seu potencial de rendimento, independentemente do ciclo da cultivar e do local. A temperatura é um fator importante que interfere no comportamento germinativo das sementes. A faixa de 20 a 30°C mostra-se adequada para a germinação de grande número de espécies subtropicais e tropicais (BORGES E RENA, 1993).

Para a cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e, fixação biológica (CÂMARA, 2000).

A cultura da soja, quando submetida a baixas intensidades luminosas, apresenta menores taxas de fitomassa, de crescimento, de assimilação líquida e, no entanto, um elevado estiolamento, condicionando o acamamento em condições de campo. Isso demonstra a importância de se estudar o clima da região de cultivo e a época de semeadura, que poderão ser fatores limitantes quando se almejam altas produtividades nessa cultura, acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (MELGES et al., 1989; PEREIRA, 2002).

### 2.3. Aplicação da geoestatística no estudo da variabilidade climática

Segundo Mendes et al., (2010), a geoestatística é uma ferramenta muito usada nos estudos de variabilidade espacial e temporal, podendo auxiliar na identificação de padrões espaciais de distribuição. A geoestatística também pode ser aplicada a várias situações, pois parte do princípio que a diferença de valor entre duas variáveis é em função da direção e distância em que ocorre este afastamento entre os pontos de medida, sugerindo que as diferenças na área estudada devam ser consistentes (ANDRIOTTI, 2004). Métodos geoestatísticos são muito usados para gerar mapas a partir de dados pontuais (MOTOMIYA et al., 2011).

De acordo com MARTIN et al. (2008), por meio da série histórica dos atributos do clima de uma região, é possível descrever as características do local, pois medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de variabilidade dos dados (amplitude, desvio padrão, variância e coeficiente de variação) e medidas de assimetria e de curtose, descrevem o comportamento passado e podem ser usadas para previsões do clima.

A geoestatística tem um método de interpolação chamado krigagem, que utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000).

O princípio da Krigagem é estimar valores não conhecidos obtidos por meio da combinação de valores amostrados adjacentes àquele que se deseja obter, levando-se em consideração, no modelo, a estrutura de variação espacial. Isto indica a existência de correlação entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989)

Ramos et.al. (2009), comenta que com o estudo da variabilidade temporal da precipitação pode-se definir o grau de correlação temporal das amostras. Esse fator demonstra ser uma poderosa ferramenta de aplicação prática, permitindo estimar precipitações com variância mínima. Esse conhecimento da variabilidade da precipitação pode ser aplicado no estudo de várias atividades econômicas, limitando os impactos dos distúrbios no ambiente físico e dimensões humanas correlatas.

Pode se dizer que todas as amostras são, de algum modo, relacionadas com seus vizinhos, mesmo que não se conheça exata e matematicamente qual é a expressão para este relacionamento. Nessa condição, é correto afirmar que amostras separadas por pequenas

distâncias são mais parecidas umas com as outras do que amostras separadas por grandes distâncias (VIEIRA, 2000).

A correlação espacial entre observações vizinhas, para predizer valores em locais não amostrados, é o aspecto fundamental que diferencia os interpoladores geoestatísticos dos demais. Porém, em algumas situações, há necessidade da elaboração de uma malha de pontos interpolados que permitam visualizar o comportamento da variável na região através de um mapa de contorno, buscando-se uma melhor visualização espacial e temporal dos dados (CARVALHO et al., 2012).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

A área deste estudo foi o município de Dourados - MS, localizado nas coordenadas 22° 13' 16'' latitude Sul, 54° 48' 20'' longitude Oeste e a 430 m de altitude, cujos dados de precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Dourados caracteriza-se por apresentar um clima tropical com pluviosidade significativa, que de acordo com Koppen e Geiger o clima é classificado como CWa. A temperatura média anual em Dourados é 22,7 °C, com uma pluviosidade média anual de 1428 mm.



**Figura 1.** Localização do município de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Os dados climáticos avaliados foram referentes ao período entre os anos de 2006 a 2015, e referem-se ao total mensal de precipitação pluvial expressa em altura de lâmina d'água (mm), médias mensais da temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ) e radiação ( $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$ ). Os dados meteorológicos foram obtidos do Centro de Monitoramento de Tempo do Clima e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul.

Os dados de produtividade (ton), área plantada (ha) e rendimento da soja (kg/ha) foram provenientes do IBGE. Foi gerado um gráfico de correlação do rendimento com a área plantada e em seguida calculou-se as médias dos meses referente ao ciclo da soja para cada variável e realizada a comparação das variáveis com a produtividade.

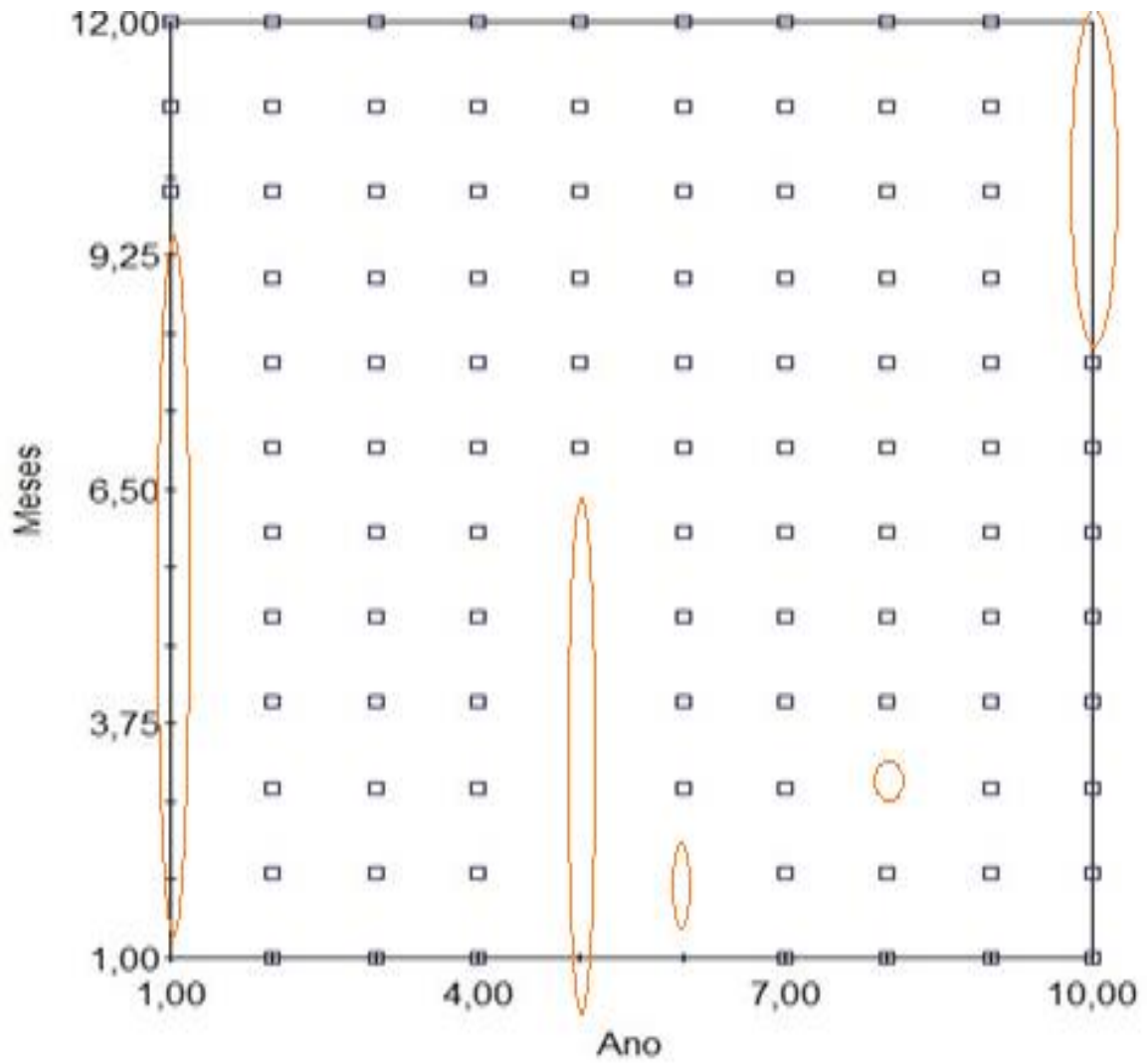
Foram calculadas as médias dos dados diários e as médias mensais das variáveis climáticas, sendo que para a precipitação, foi feita a soma diária para se obter o acúmulo mensal.

Os dados foram avaliados por estatística descritiva para determinação da média, mínimo, máximo, mediana, coeficiente de variação, assimetria, desvio padrão e distribuição de frequência, para visualizar o comportamento geral dos dados e identificar possíveis valores discrepantes. Foram realizadas análises de correlações lineares entre os atributos climatológicos e a produtividade obtida no período de estudo, utilizando o programa Minitab 17 English.

A análise geostatística foi realizada utilizando-se o programa GS+ (ROBERTSON, 1998), verificando a existência e quantificando o grau de dependência temporal entre as observações, distribuídas temporalmente em meses e anos.

Comprovada a dependência temporal, foi feita a interpolação para estimar valores não observados, utilizando-se o método da krigagem ordinária, e posteriormente a construção dos mapas. Para cada período foram calculados os semivariogramas e realizados os respectivos ajustes dos modelos de semivariograma teórico.

Na seleção dos modelos dos semivariogramas, foram considerados os valores de  $R^2$  (Coeficiente de Determinação) e a menor soma dos quadrados, segundo Robertson (1998). Os semivariogramas foram ajustados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e alcance da dependência temporal ( $A_0$ ). A razão entre o efeito pepita e o patamar  $C_0/(C_0 + C_1)$  permite a classificação e a comparação entre atributos. O efeito pepita ( $C_0$ ) é o parâmetro do semivariograma que indica a variabilidade não explicada nos modelos (CAMBARDELLA et al., 1994).



**Figura 2.** Esquema do arranjo de anos e meses de coleta dos dados climáticos coletados no município de Dourados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a estatística descritiva das médias mensais (Tabela 1), observou-se que todas as variáveis apresentaram distribuição normal pelo teste de Ryan-Joiner, menos a velocidade do vento, que foi maior que 1% em relação a sua probabilidade. Se o coeficiente de correlação estiver próximo de 1, a população tende a ser normal. A estatística de Ryan-Joiner avalia a força dessa correlação; se for menor que o valor crítico adequado, você deve rejeitar a hipótese nula de normalidade de população.

**Tabela 1.** Estatística descritiva das médias mensais referente ao período da cultura e teste de normalidade das Temperaturas, Umidades, Velocidade do Vento, Radiação e Precipitação pluviométrica de Dourados – MS.

<b>Variável</b>	Temp. Máx.(°C)	Temp. Mín.(°C)	Umid. Máx. (%)	Umid. Mín. (%)	Vel.do Vento (km/h)	Radiação (MJ/m <sup>2</sup> /dia)	Chuva (mm)
<b>M</b>	23,35	22,08	71,90	66,12	2,41	753,3	91,08
<b>DP</b>	3,60	3,44	8,90	8,94	0,39	660,8	79,07
<b>CV</b>	15,04	15,58	12,36	13,52	16,13	877,22	86,81
<b>Min</b>	26,20	26,80	46,99	41,45	1,31	505,0	0
<b>Med</b>	24,75	23,32	73,54	67,40	2,37	869,0	76,80
<b>Máx</b>	27,40	25,87	88,09	82,41	3,25	6549,8	332,8
<b>Ass</b>	-3	-2,9	-0,85	-0,73	0,13	9,9	0,87
<b>RJ</b>	0,86	0,87	0,97	0,98	0,99	0,26	0,97
<b>P</b>	<0,01**	<0,01**	<0,01**	<0,01**	>0,10ns	<0,01**	<0,01**

M: média; Med: mediana; Ass: assimetria; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Min = mínimo; Máx = máximo; RJ: distribuição de frequência; P-p-valor: probabilidade.

Para Campos (1984), que realizou ensaios agrícolas de campo, coeficientes de variação entre 10% e 20% são considerados normais, podendo-se também sugerir, segundo Pimentel-Gomes (1987b), que valores menores que 10% seriam considerados baixos, entre 10% e 20%, médios, entre 20% e 30%, altos, e maiores que 30%, muito altos. Entretanto, nestas sugestões não há especificidade quanto à natureza do ensaio, quanto à cultura estudada, e quanto à variável utilizada, o que pode ser importante no momento da interpretação de tal

medida. Os dados de umidade máxima e mínima, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento apresentaram valores de coeficiente de variação considerados médios (10% e 20%), porém, os valores de radiação e precipitação foram muito altos (maiores que 30%). A alta variabilidade da precipitação pode ter ocorrido devido aos meses de seca, causando maior amplitude e originando variação.

O coeficiente de assimetria é uma medida utilizada para demonstrar como e quanto à distribuição de frequência se afasta da simetria: se o coeficiente de assimetria  $> 0$ , a distribuição é assimétrica à direita; se o coeficiente de assimetria  $< 0$ , a distribuição é assimétrica à esquerda e, se o coeficiente de assimetria  $= 0$ , a distribuição é simétrica (GUIMARÃES, 2000). De acordo com a Tabela 1, a variável velocidade do vento, radiação e chuva apresentaram assimetria, indicando muitos valores acima da média, enquanto para as temperaturas máxima e mínima e umidades máxima e mínima os valores foram negativos, mostrando valores assimétricos abaixo da média.

O coeficiente de correlação Pearson (Tabela 2) varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra.

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre as variáveis climáticas, considerando as médias do período.

	Temp. Min.	Umd. Max.	Umd. Min.	Vel. Vento	Rad.	Precip.
Temp. Max.	0,99*	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Temp. Min.		0,02 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
Umd. Max			0,99*	-0,54*	-0,02 <sup>ns</sup>	0,54*
Umd. Min.				-0,52*	-0,03 <sup>ns</sup>	0,52*
Vel. Vento					-0,04 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>
Rad.						-0,07 <sup>ns</sup>

\*Significativos pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade; ns: valores não significativos.

Temperatura Mínima e Máxima; Umidade Mínima e Máxima; Velocidade do Vento; Radiação; Precipitação.

Por outro lado, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Todavia, como valores extremos (0 ou 1) dificilmente são encontrados na prática é importante discutir como os pesquisadores podem interpretar a magnitude dos coeficientes. Para Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes. Dancy e Reidy (2005) apontam para uma classificação ligeiramente diferente:  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,60$  (moderado);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte). Seja como for, o certo é que quanto mais perto de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis. No outro oposto, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação.

A análise geoestatística indicou que todas as variáveis tiveram dependência temporal (Tabela 3), sendo considerada média para as temperaturas máxima, mínima e precipitação, forte para umidade relativa máxima e mínima, velocidade do vento e radiação, de acordo com os limites estudados por CAMBARDELLA et al. (1994), em que a dependência temporal é considerada forte quando o efeito pepita (C0) é menor ou igual a 25% do patamar; moderada quando o efeito pepita (C0) está entre 26% e 75% do patamar; e fraca quando for acima de 75%.

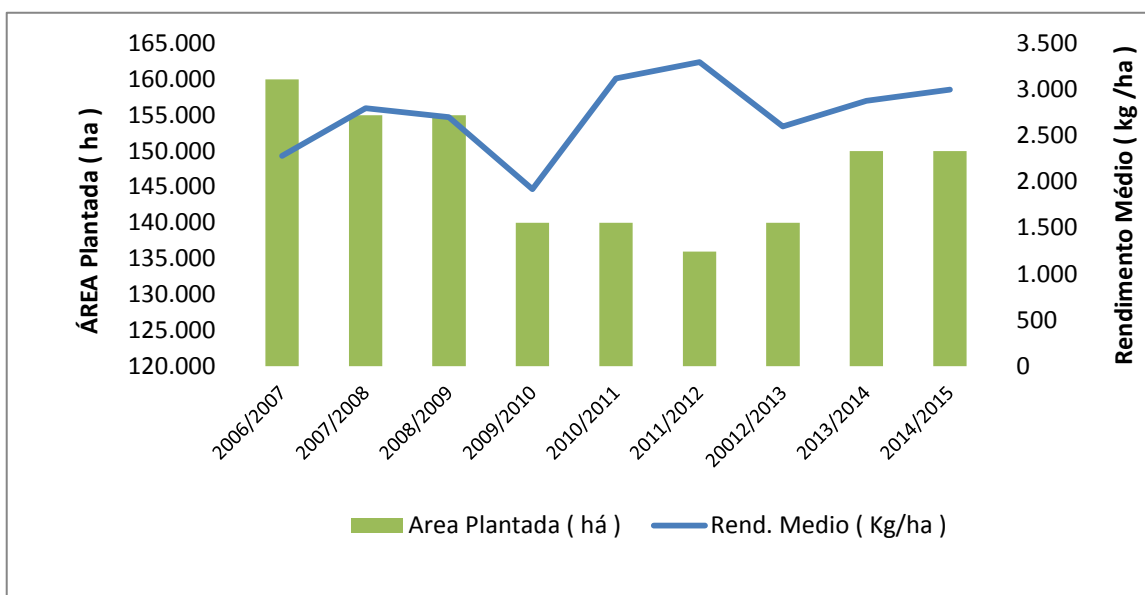
**Tabela 3.** Modelos e parâmetros das variáveis climáticas.

Atributos	Modelo	Ao (meses)	C0	C0+C	RSS	R <sup>2</sup>	IDT	CLC
Temperatura Máxima	Esf.	8,5	4,7	15,20	2,22	0,96	30	M
Temperatura Mínima	Esf.	8,5	4,2	14,00	1,88	0,96	30	M
Umidade Máxima	Esf.	4,4	18,70	86,86	8,11	0,99	21	FT
Umidade Mínima	Esf.	4,1	18,60	86,78	4,96	0,99	21	FT
Velocidade do vento	Esf.	6,2	0,04	0,18	2,450 E-05	0,99	22	FT
Radiação	Esf.	5,8	100,00	46460,0	1,128E+08	0,89	0,2	FT
Precipitação	Expo.	17,7	4070,0	12250,0	437272	0,91	51	M

Esf: esférico; Expo: exponencial; Ao: alcance da dependência temporal; Co: efeito pepita; Co+C: patamar; RSS: soma dos quadrados; R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; IDT: índice de dependência temporal; CLC: classificação; FT: forte e M: média.

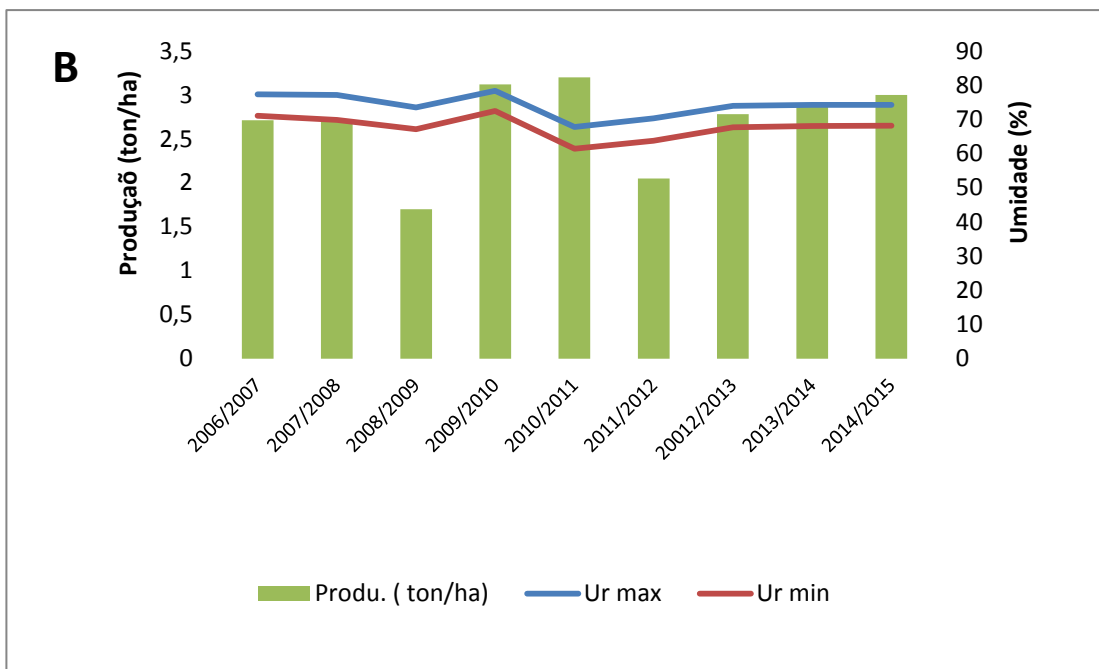
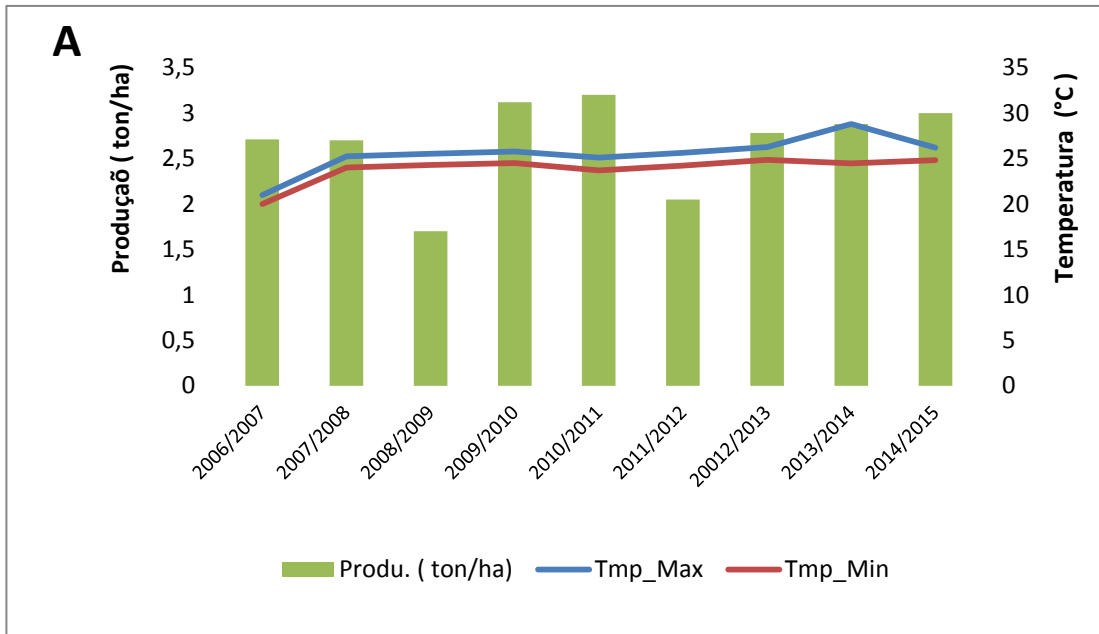
De acordo com os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), observou-se que os modelos ficaram bem ajustados para todas as variáveis, indicando o ajuste ideal nos semivariogramas. Porém, o atributo radiação foi o que indicou o pior ajuste em relação aos semivariogramas, devido à variação de radiação que ocorre durante o dia e noite.

A alteração da área plantada no decorrer dos anos mostra que algumas safras com área de plantio maior a quantidade produzida foi menor (figura 3).



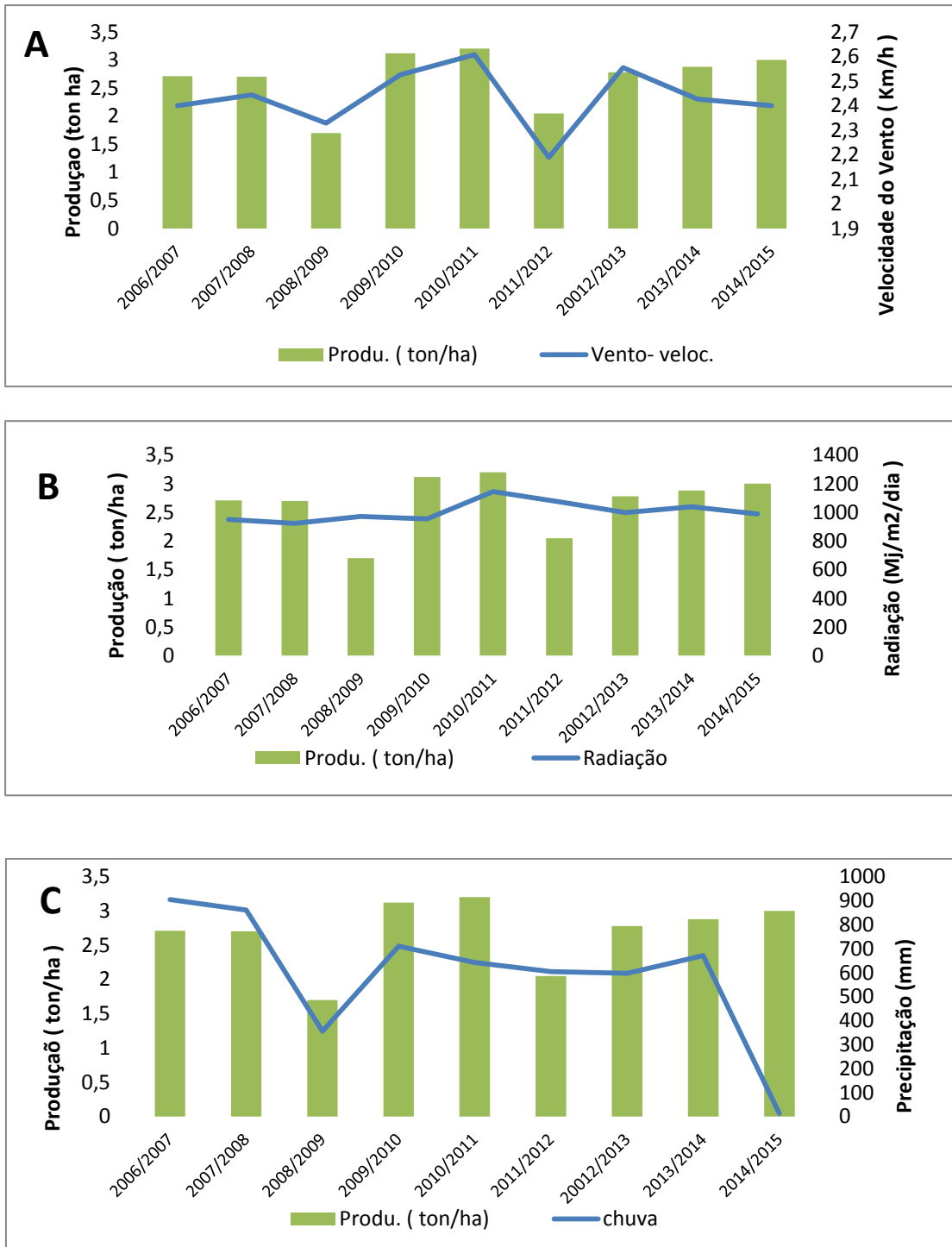
**Figura 3.** Área plantada correlacionada com o rendimento de soja nos dez anos de estudo.

Portanto apenas o aumento da área plantada não significa que o produtor terá um rendimento melhor na sua produção como pode – se observar ao compara as safras de 2010/11 com 2005/06 onde teve se uma diferença pouco mais de 20 mil hectares. Assim os gráficos abaixo (Figura 4 e Figura 5) mostram que as variáveis climáticas tem uma forte influência sobre a produtividade



**Figura 4.** Gráficos de comparação da produtividade com a média dos dados climáticos nos meses do ciclo. (4A - Temperatura; 4B – Umidade).





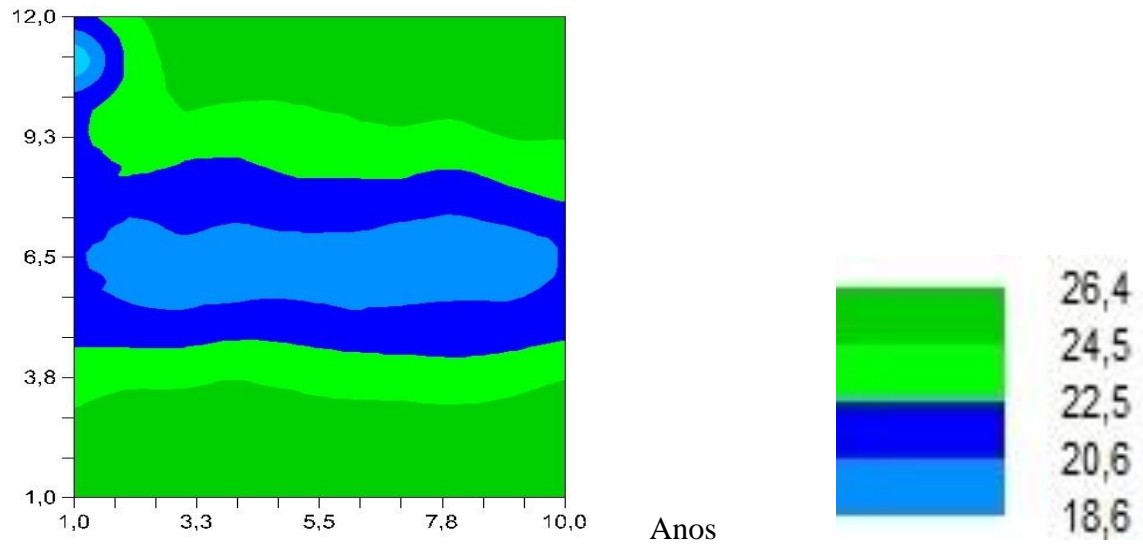
**Figura 5.** Gráficos de comparação da produtividade com a média dos dados climáticos nos meses do ciclo. (5A-Velocidade do vento; 5B - Radiação; 5C – Precipitação).

A temperatura permaneceu entre 22 e 28 °C durante os períodos, a velocidade do vento não variou muito ao decorrer dos anos, permanecendo entre 2 e 3 km/h em relação aos outros períodos, indicando mais uma vez a influência das outras variáveis sobre produtividade (Figuras 4 e 5). Observa-se que o ciclo de 2008/09 passou por um período de seca com alto índice de radiação, em que, altas intensidades de radiação solar absorvidas pelas plantas podem levá-las a saturação luminosa, diminuindo a eficiência na utilização da radiação (JIANG et al., 2004; ADAMS & ADAMS, 1992).

Neste mesmo ciclo houve o menor índice de precipitação, e conseqüentemente essas duas variáveis podem ter colaborado para que tenha ocorrido uma das menores produtividades. Durante o desenvolvimento da cultura, a necessidade de água vai aumentando, atingindo o máximo durante a floração/enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), decrescendo logo após esse período (EMBRAPA SOJA, 2011; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). A umidade relativa do ar esteve de acordo com a variação da radiação e da precipitação ao decorrer dos anos, assim devemos levar em conta a importância dessas variáveis, pois sempre terão influência uma sobre a outra.

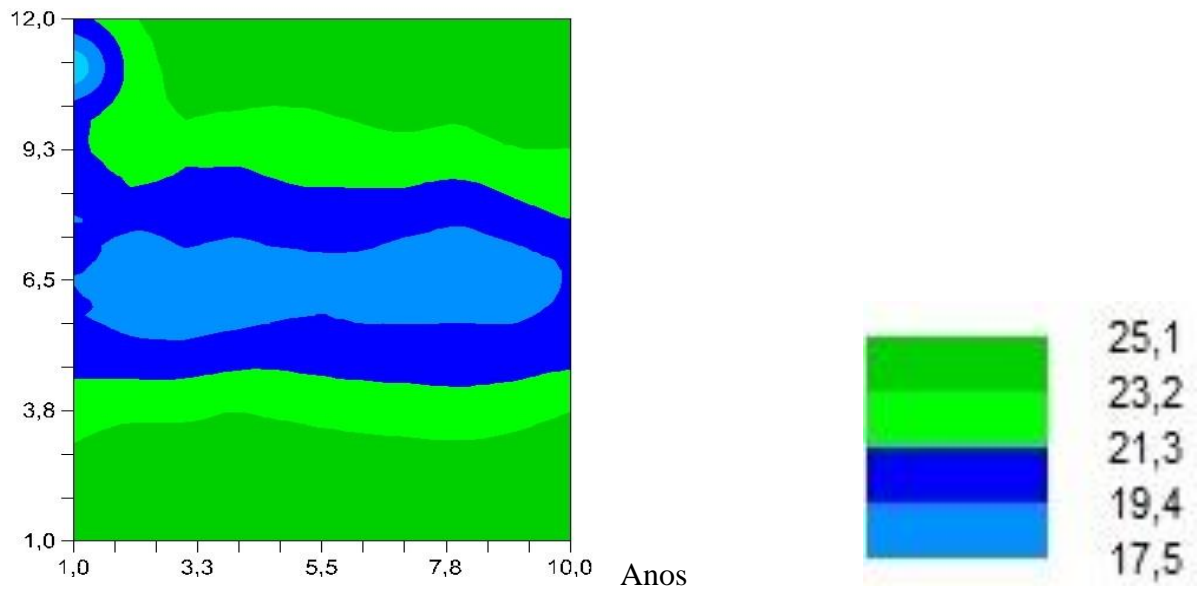
### A – Temperatura Máxima

Meses



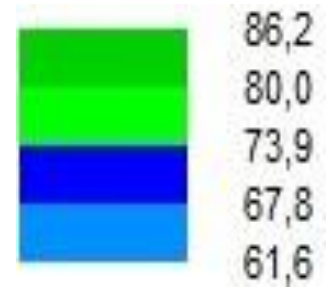
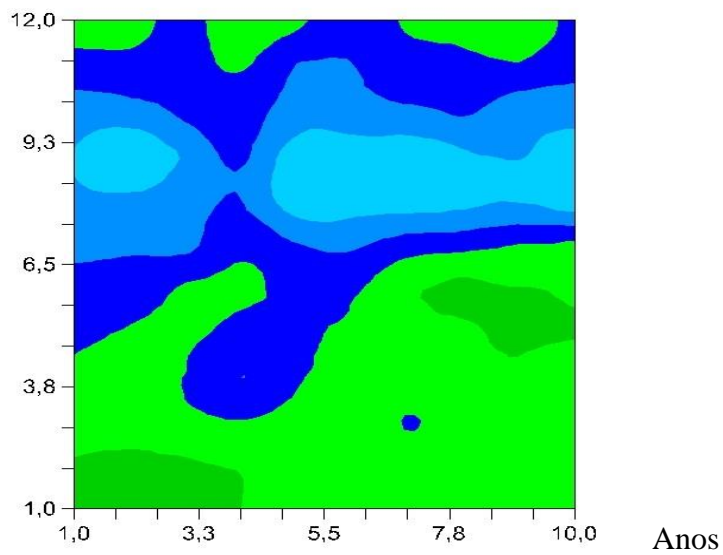
### B – Temperatura Mínima

Meses



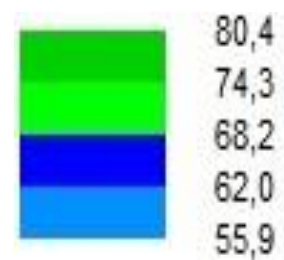
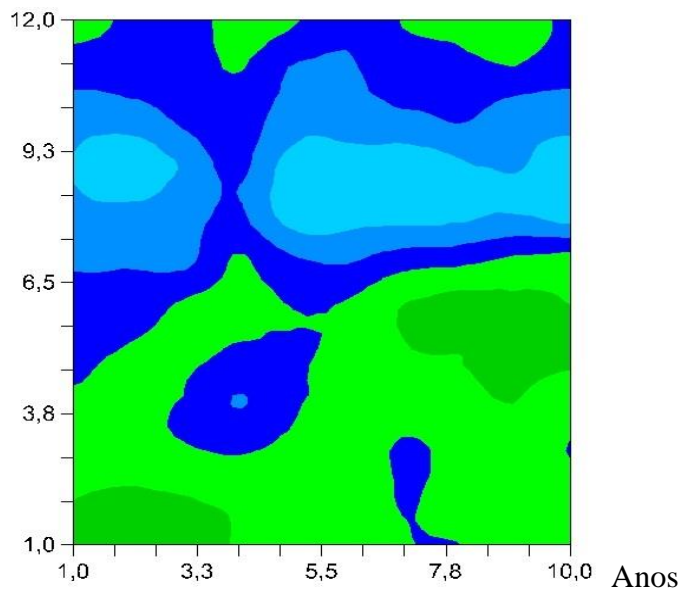
### C – Umidade Máxima

Meses



### D – Umidade Mínima

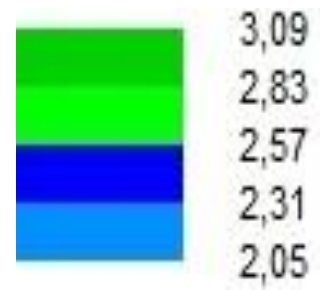
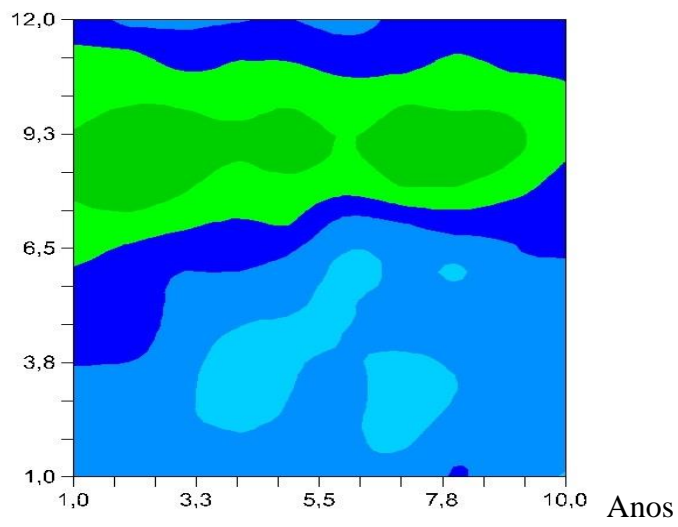
Meses



**Figura 6.** Mapas da distribuição temporal das variáveis climáticas. (6A-Temperatura máxima; 6B-Temperatura mínima; 6C-Umidade máxima; 6D-Umidade mínima).

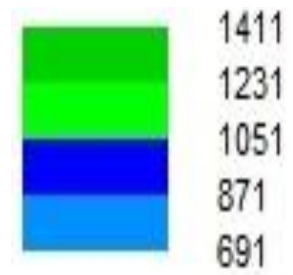
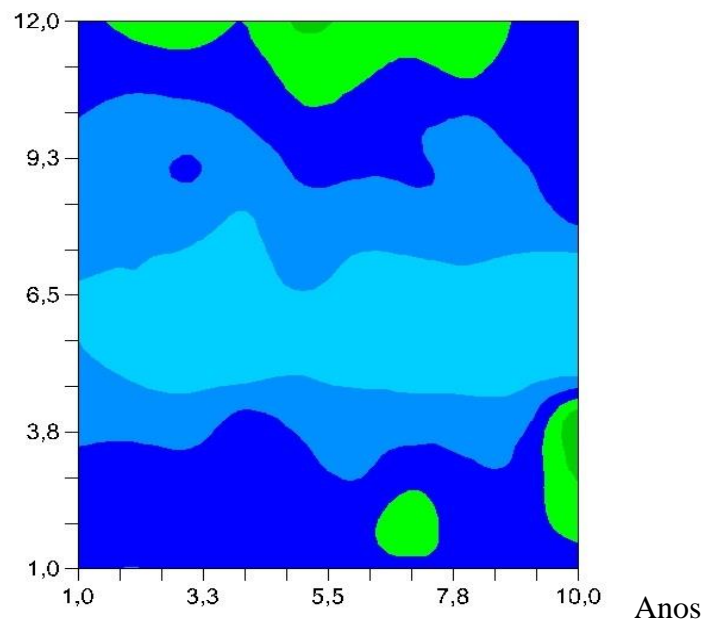
### A – Velocidade do Vento

Meses



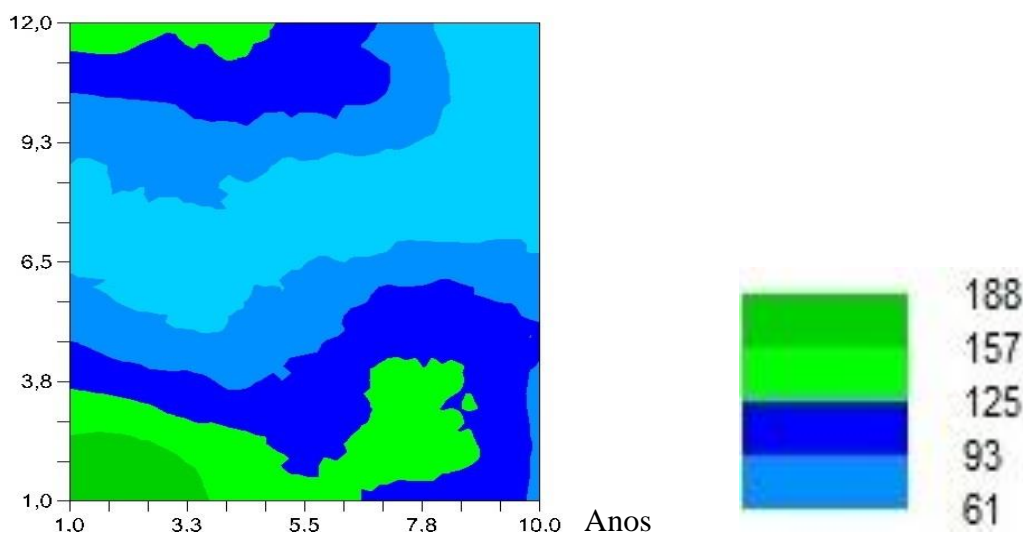
### B – Radiação

Meses



### C – Precipitação

Meses



**Figura 7.** Mapas da distribuição temporal das variáveis climáticas (7A-Velocidade do vento; 7B-Radiação; 7C- Precipitação).

O entendimento e visualização da variabilidade temporal para as climáticas aconteceram devido a interpolação por krigagem ordinária, no qual estimou os valores de um atributo para o tempo não observados a partir dos valores observados.

Os mapas destacaram que em função da temperatura, o clima do município de Dourados pode ser dividido em dois períodos: o primeiro com médias acima de (24 – 27°C), novembro a janeiro e o segundo, abaixo desse valor (20,5 – 22,5°C). A temperatura média da região atinge valores máximos em dezembro e janeiro excetos nos anos de 2006. Por outro lado, as menores temperaturas ocorrem nos meses de inverno (junho a agosto) e, principalmente, em junho.

A umidade relativa do ar atinge os menores valores no ano no inverno, em julho e setembro. Por outro lado, os maiores valores de umidade do ar ocorrem no verão, de janeiro a abril, principalmente em janeiro. Já a velocidade do vento foi mais alta nos meses de julho a novembro entre 2,80 km/h a 3,0 km/h

A Chuva e a Temperatura estiveram de acordo, tendo seus índices mais elevados nos meses onde a temperatura esteve mais alta. As maiores precipitações verificadas, que foram em março a dezembro, exceto nos anos de 2018 e 2015 onde a precipitação foi a menor, respectivamente, são justificadas pelo clima do Estado, que, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (tropical sub-úmido), caracterizado claramente por chuvas no verão e períodos secos durante o inverno (CORREA et al., 2014)

## 5. CONCLUSÃO

A cultura da soja sofre influência direta das variáveis climáticas, influenciando sua produtividade e manejo. Observou-se que as variáveis estão interligadas e têm grande influência no planejamento, plantio, desenvolvimento e colheita da cultura. Embora em alguns anos tenha havido aumento da área plantada, isto não se traduziu em aumento de produção.

A análise geoestatística indicou que todas as variáveis apresentaram dependência temporal, sendo que os modelos dos semivariogramas foram bem ajustados aos dados, com exceção da radiação solar que sofre grandes alterações diárias.

A geoestatística é uma ferramenta muito importante, pois auxilia a identificação de padrões temporais de distribuição e por meio da série histórica dos atributos do clima de uma região, é possível prever as características do local.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. R. de. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no Estado do Paraná**. 2000. 200f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2000.
- ANDRIOTTI, J. L SILVA; **Fundamentos da Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos, 2004. 165p.
- ANDRIUCCI, L. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FERREIRA, M. E. M. Análise da variabilidade e tendência das chuvas e a descrição da produção agrícola na bacia do Rio Pirapó – PR. **Boletim de Geografia**. Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia – Maringá, v. 20, n 2, p.41-57, 2002.
- ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO, E. M.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, M. G.; VIANA P. C.; ALVES, A. da S.; **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 104-109, jul.-set., 2010
- ASSAD,E.D; MACEDO, M. A. DE; JUNIOR, J.Z; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. Avaliação de métodos geoestatísticos na espacialização de índices agrometeorológicos para definir riscos climáticos **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n 2, p.161-171, fev. 2003.
- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. **Germinação de sementes** In: AGUIAR, I.B.; PINARODRIGUES, F.M.C.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília, DF:ABRATES, 1993. p.83-135.
- BLAIN, G. C.; **Mudanças climáticas e a fruticultura**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.2, 279 - 296, 2011.
- BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M.: Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do Fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.3, pg 37 a 48, agosto, 2008.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba: G.M.S. Câmara, 2000. 450p.
- CAMBARDELLA, C. E.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994
- CAMPOS, H. de. **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1984. 292p.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R; MALUF, J. R. T.; RADIN, B. Variabilidade temporal e espacial da precisão das estimativas de elementos meteorológicos no Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural**, v. 39, p. 962-970, 2009.



CARVALHO, J. R. P. DE; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1235-1242, set. 2012

COHEN, Jacob. (1988), **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum.

CORREA, C.C.G. et al. Spatial interpolation of annual rainfall in the State Mato Grosso do Sul (Brazil) using different transitive theoretical mathematical models. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v.3, p.16618-16625, 2014.

CUNHA, G.R. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

DANCEY, Christine & REIDY, John. (2006), **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUARIAS- EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 265; (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176- 2902; n.16)

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. F.; MEUMAIER, N.; OYA, T.: Ecofisiologia. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **A cultura de soja no Brasil**. Londrina, Embrapa Soja, 2000, CD-ROM.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Circular técnica, n. 48).

GUIMARÃES. E. C. **Variabilidade espacial de atributos de um Latossolo Vermelho-escuro textura argilosa da região do cerrado, submetido ao plantio direto e ao plantio convencional**. 2000. 85p. Tese Doutorado – UEC, Uberlândia.

ISAAKS, E. H.& SRIVASTAVA, R. M. 1989. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 561 p.

JIANG, A.C.D.; GAOB, H.Y.; ZOUB, Q.; JIANGA, G.M.; LIA, L. H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, p.1-10, 2004.

MACHADO, R.L.; CEDDIA, M.B.; CARVALHO, D.F. DE; CRUZ, E.S. DA; FRANCELINO, M.R. Spatial variability of maximum annual daily rain under different return periods at the Rio de Janeiro state, Brazil. **Bragantia**, v.69, p.77-84, 2010.

MARTIN, T.N. et al. Regiões homogêneas e tamanho de amostra para atributos do clima no Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência Rural**, v.38, p.690-697, 2008.

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.9, p.1065-1072, 1989.

MENDES, A.M.S., BASSOI, L.H., SILVA, D.J. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Uso da krigagem indicatriz como ferramenta para manejo da adubação na viticultura irrigada**. Uberlândia, 2010.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H.; BORROZINO, E.: Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná, **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.471-479, 2011.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, v.29, p.17- 37, 1965.

MOTOMIYA, A. V. A.; MOTOMIYA, W. R. ; MOLIN, J. P. ; LIRA, A. ; OLIVEIRA, J. R. G. DI ; BISCARO, G. A. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade do algodoeiro. **Revista Agrarian**, v. 4, p. 1-9, 2011. Disponível em: < <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1118/670>> . Acesso em: 29 de Junho de 2019.

MUNHOZ, F.C.; GARCIA,A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava – SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, 30-34, 2008.

PEREIRA, R.P.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, C.R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2002, 282p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12.ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1987b. 467p

RIBEIRO, A. G. A climatologia geográfica e a organização do espaço agrário. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 23, nº 45/46, 1993, p. 34-38.

ROBERTSON, G.P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences. Versão 5.03 Beta, Plainwell: **Gamma Design Software**, 1998. 152p.

SANTOS, M. J. Z. A Importância da Variação do Regime Pluviométrico para a Produção Canavieira na Região de Piracicaba (SP). Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia – IGEO – USP, **Série Teses e Monografias**, São Paulo, nº 35, 1979, 69 p.

SARTORI, A.A.C.; SILVA, A.F.; RAMOS, C.M.C.; ZIMBACK, C.R.L. **Variabilidade temporal e mapeamento dos dados climáticos de Botucatu–SP**. Irriga, Botucatu, v.15, n.2, p. 131-139, abril-junho, 2010. ISSN 1808-3765.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.575-577, 1965.  
TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

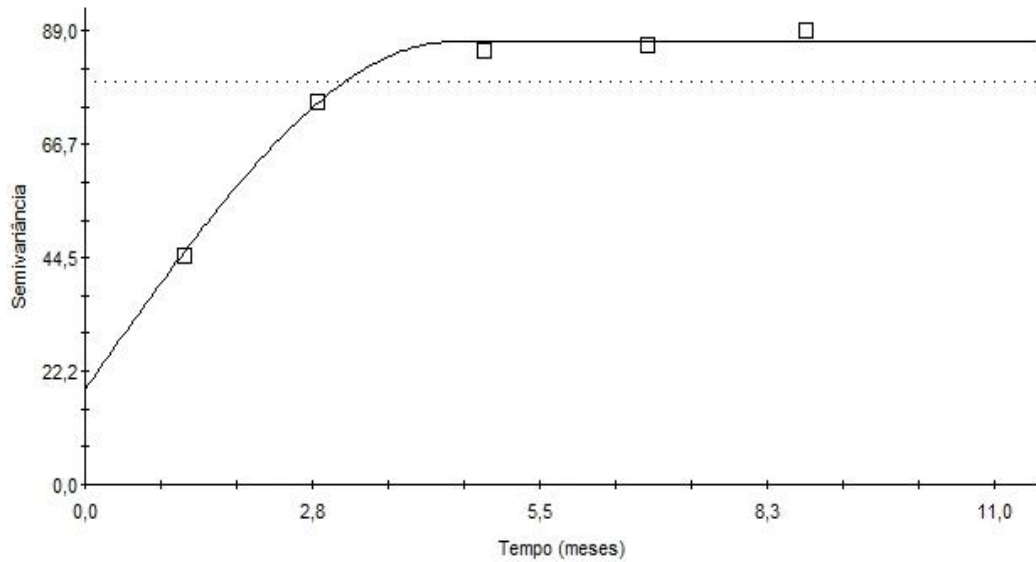
TECNOLOGIAS de produção de soja – região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2008. 262 p.(Embrapa soja. Sistemas de produção,13)

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAES, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E G. R. Tópicos em ciências do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. v.1. p.2-54.

## 7. APÊNDICE

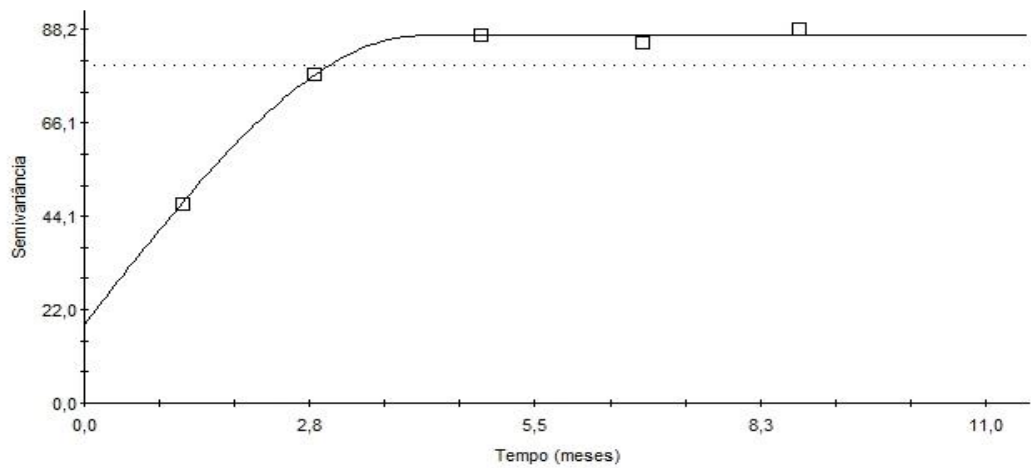
### Semivariograma das variáveis climáticas

#### Umidade Máxima



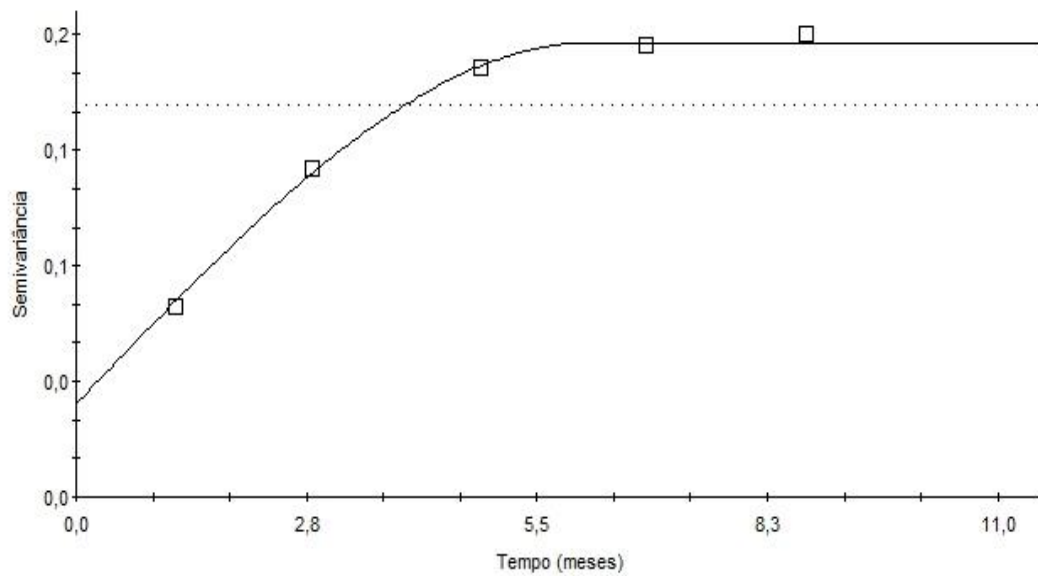
Spherical model ( $C_0 = 18,7000$ ;  $C_0 + C = 86,8600$ ;  $A_0 = 4,44$ ;  $r^2 = 0,994$ ;  
RSS = 8,11)

#### Umidade Mínima



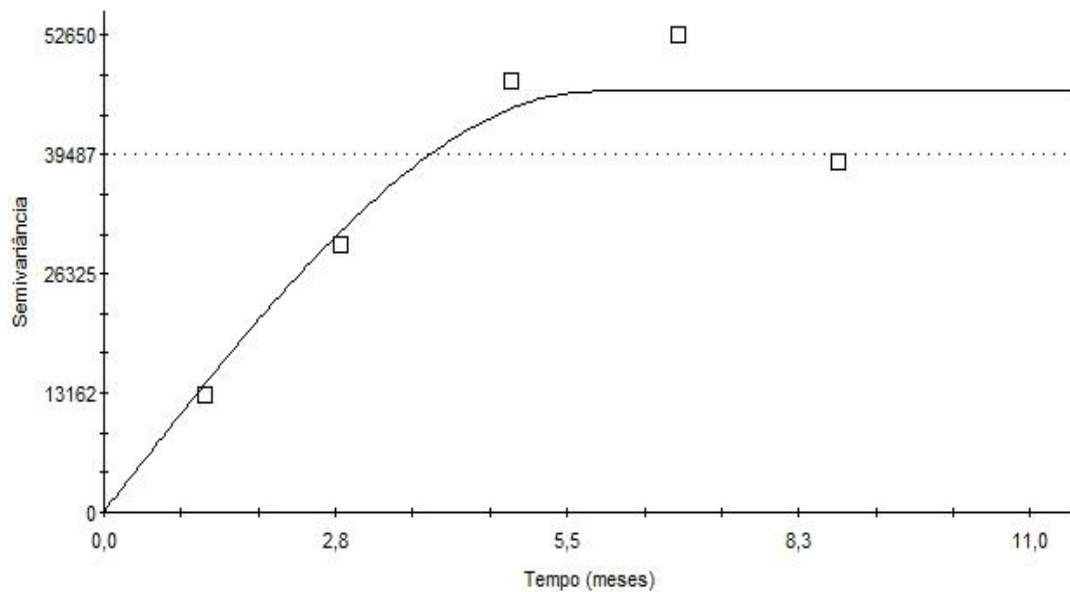
Spherical model ( $C_0 = 18,6000$ ;  $C_0 + C = 86,7800$ ;  $A_0 = 4,13$ ;  $r^2 = 0,996$ ;  
RSS = 4,96)

### Velocidade do Vento



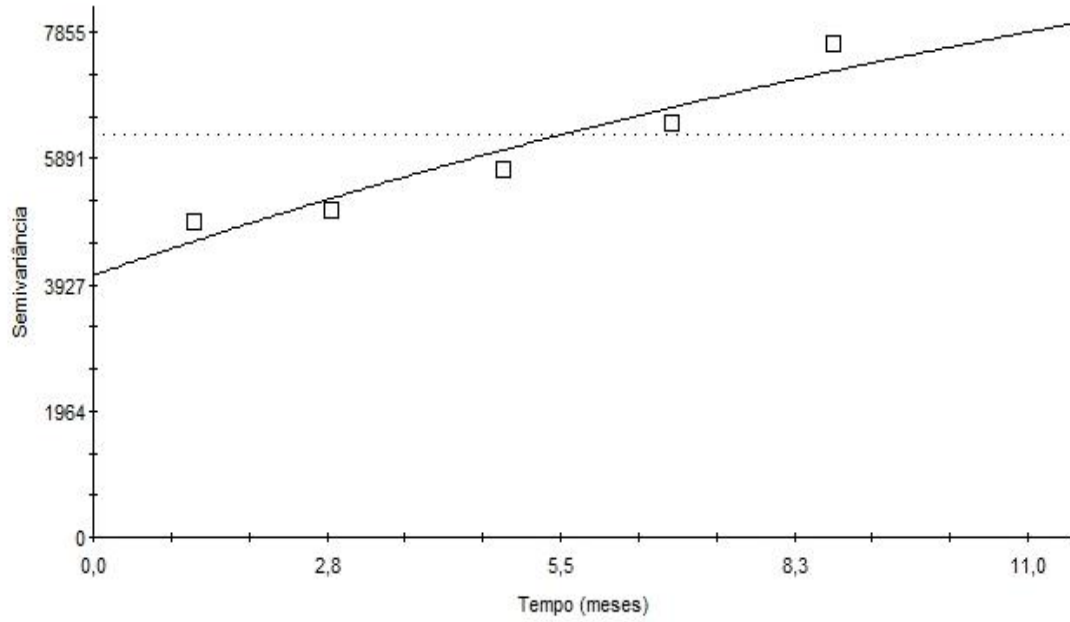
Spherical model ( $C_0 = 0,0361$ ;  $C_0 + C = 0,1762$ ;  $A_0 = 6,16$ ;  $r^2 = 0,997$ ;  
 RSS =  $2,496E-05$ )

### Radiação



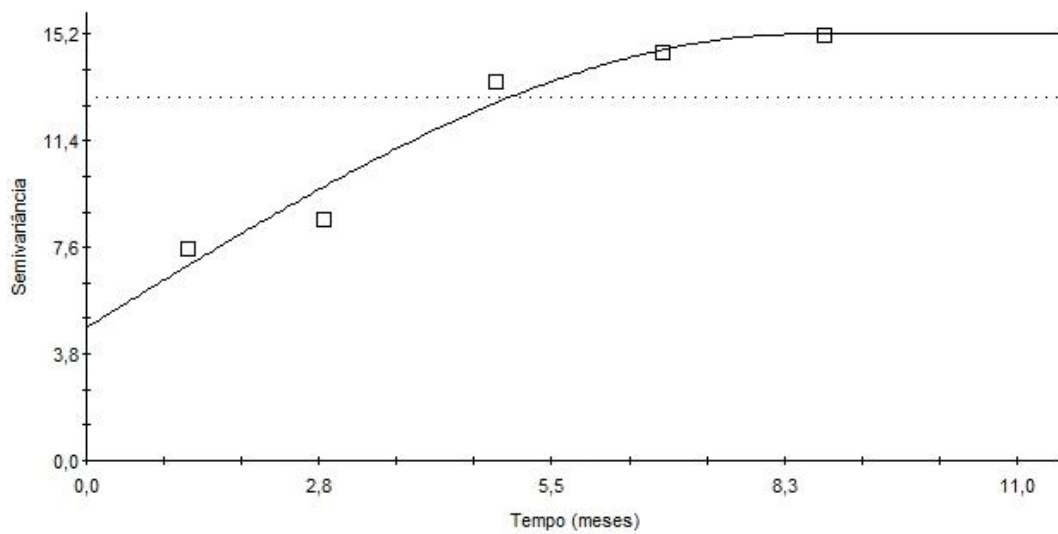
Spherical model ( $C_0 = 100,0000$ ;  $C_0 + C = 46460,0000$ ;  $A_0 = 5,83$ ;  $r^2 = 0,889$ ;  
 RSS =  $1,128E+08$ )

## Precipitação



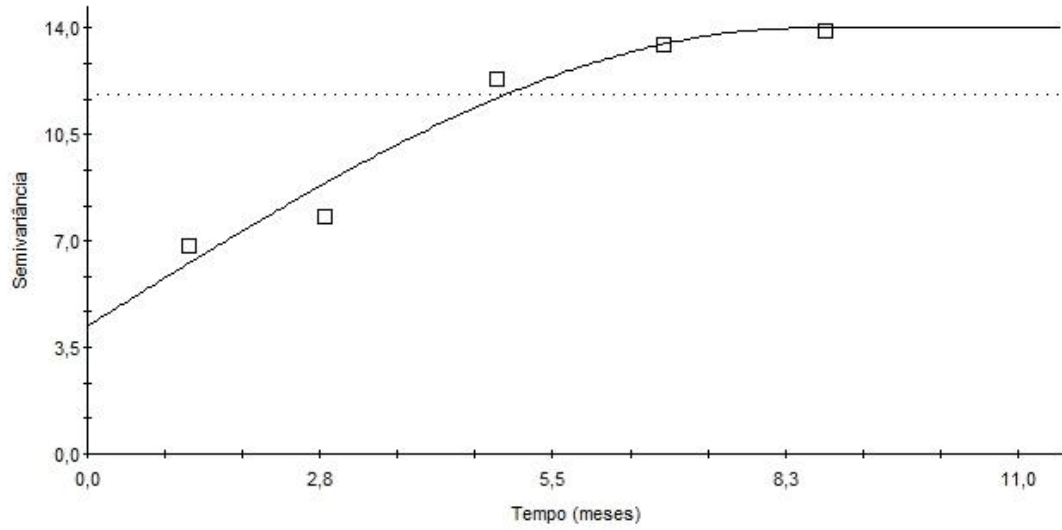
Exponential model ( $C_0 = 4070,0000$ ;  $C_0 + C = 12250,0000$ ;  $A_0 = 17,71$ ;  $r^2 = 0,914$ ;  
 RSS = 437272,)

## Temperatura Máxima



Spherical model ( $C_0 = 4,7400$ ;  $C_0 + C = 15,2000$ ;  $A_0 = 8,45$ ;  $r^2 = 0,956$ ;  
 RSS = 2,22)

## Temperatura Mínima



Spherical model ( $C_0 = 4,2000$ ;  $C_0 + C = 14,0000$ ;  $A_0 = 8,47$ ;  $r_2 = 0,957$ ;  
RSS = 1,88)