



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



MARCOS ANTONIO FERREIRA DE MORAIS

**PRODUÇÃO DE SOJA EM ÁREAS
ANTERIORMENTE OCUPADAS POR CANA-DE-AÇÚCAR NA
ZONA DA MATA ALAGOANA**

Rio Largo, AL

2024

MARCOS ANTONIO FERREIRA DE MORAIS

**PRODUÇÃO DE SOJA EM ÁREAS
ANTERIORMENTE OCUPADAS POR CANA-DE-AÇÚCAR NA
ZONA DA MATA ALAGOANA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte das exigências para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia sob orientação do professor Dr. Iedo Teodoro. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.

Rio Largo, AL

2024

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
CECABibliotecário Responsável: Erisson
Rodrigues de SantanaCRB – 1512

M827p Morais, Marcos Antonio Ferreira de.

Produção de soja em áreas anteriormente ocupadas por cana-de-açúcar na zona da mata Alagoana. / Marcos Antonio Ferreira de Morais. –2024.

31 f.: il.

Orientador(a): Iedo Teodoro..

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências
Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio largo, 2024.

Inclui Bibliografia

1. Balanço Hídrico. 2. Irrigação. 3. Produtividade Agrícola.

CDU:633.61:981.35

Folha de Aprovação

AUTOR: MARCOS ANTONIO FERREIRA DE MORAIS

(Matrícula 16211635)

PRODUÇÃO DE SOJA EM AREAS ANTERIORMENTE OCUPADAS POR CANA- DE- AÇUCAR NA ZONA DA MATA ALAGOANA

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como parte das exigências
para obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia sob orientação do professor
Dr. Iêdo Teodoro. Campus de
Engenharias e Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Alagoas.

Aprovado em: 04/04/2024

ORIENTADOR: _____



Documento assinado digitalmente
IÊDO TEODORO
Data: 04/04/2024 14:27:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Prof. Dr. Iêdo Teodoro, Universidade Federal de Alagoas)

Banca examinadora

Examinador 1: _____



Documento assinado digitalmente
FRANCISCO BENTO DA SILVA JUNIOR
Data: 04/04/2024 11:00:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Francisco Bento da Silva Junior (Externo)

Examinador 2: _____



Documento assinado digitalmente
JOSE WANDERSON SILVA DOS SANTOS
Data: 04/04/2024 10:36:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

José Wanderson Silva dos Santos (Externo)

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, e demais familiares.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me capacitado com sabedoria para concluir este trabalho. Ao meu orientador, Prof. Dr. Iêdo Teodoro que me acompanhou durante toda graduação,

com seus ensinamentos, críticas, paciência e incentivo que culminaram para que não desistisse. Agradeço aos meus pais, minha mãe Sidneia Ferreira Barbosa e ao meu pai Aderaldo

Ferreira de Moraes pelas orações, bons exemplos, incentivo e amor.

Aos amigos de laboratório: Constantino Cavalcante, Iêdo Peroba, Maria Fernanda, Julianna Catonio, Tiago Amaral, Larisse Araújo, Manoel Alpiano, Jair Quintela, Rilbson Santos, Saniel Carlos, Thiago Cirilo, Wemerson Saulo, Jonathan Tenório, José Antonio, Jailton Aciole, Marcelo Tertuliano, Danilo Santos, Laysa Ramalho, Marcos Feitosa, Artur Santos e Jéssica Pimenta pela boa convivência, ajuda e amizade;

Aos professores do LIA: Iêdo Teodoro, Guilherme Lyra, Marcos Alex, Gustavo Lyra, Ivomberg Magalhaes, Ricardo Araújo pelas orientações e incentivos;

Sou grato ao CECA / UFAL e ao laboratório LIA por toda infraestrutura, equipamentos funcionários e professores essenciais à minha formação.

Enfim, agradeço a todos os amigos que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida.

RESUMO

A produção de grãos como a soja (commodity agrícola de maior importância do agronegócio brasileiro) apresenta-se como uma alternativa promissora na Zona da Mata alagoana em virtude da diminuição do cultivo de cana-de-açúcar provocado pela falência e fechamento de usinas produtoras de açúcar e álcool. A produção de soja na região ainda é muito inexpressiva devido à escassez de informações sobre técnicas de cultivos, potencialidades de produção e cultivares adaptadas às características ambientais da região. O objetivo dessa pesquisa é analisar o desenvolvimento, crescimento e produtividade de cultivos agrícolas voltados para a produção de grãos na Zona da Mata alagoana. Foram instalados dois experimentos de campo, o primeiro correspondeu a um cultivo em sequeiro, manejado no período de 20/06/2019 a 28/10/2019, aplicando um delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte e quatro parcelas experimentais onde a fonte de variação foram as cultivares de soja (AS 3730, BMX POTÊNCIA, BRS 9383, M 6210, M 6410 e M 8349).

O segundo experimento, avaliou-se um cultivo irrigado sob delineamento experimental em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas e os tratamentos correspondentes a duas cultivares de soja (M 8644 e M8349) e as lâminas de irrigação de 35, 70, 105, 140, 175 e 210% da ETC (evapotranspiração da cultura). O manejo da irrigação teve como base o balanço hídrico decenal da cultura feito pelo método de Thorntwaite e Mather (1955), com os dados meteorológicos de precipitação pluvial (P), temperatura do ar (T), umidade relativa (UR) e evapotranspiração de referência (ET₀) cedidos pelo laboratório de Agrometeorologia e Irrigação (LIA) do CECA/UFAL. O primeiro cultivo, a temperatura média do ar entre 22,0 e 30,5 °C, com média de 25,7 °C, a evapotranspiração de média de 4,42mm/dia, totalizando 552,90 mm, a chuva total foi de 234,80 mm e a irrigação suplementar foi de 345,82 mm. No segundo ciclo, a temperatura média foi de 23,2°C e a evapotranspiração média foi de 3,5 mm totalizando 398,8 mm. A chuva total foi de 573,6 mm, com excesso hídrico de 164 mm devido às chuvas intensas em julho. A evapotranspiração da cultura no experimento irrigado foi 589 mm, durante 140 dias de cultivo. Já em sequeiro, foi 422 mm, em 130 dias de cultivo. E, a demanda hídrica tem grande influência na produtividade da soja, comprovado pelo aumento da produtividade agrícola no experimento irrigado. As cultivares M 6410 e M 8349 foram as mais produtivas e são indicadas para o plantio na região de Rio Largo, AL. Em resumo, ambos os períodos apresentaram temperaturas adequadas para o desenvolvimento da cultura da soja e disponibilidade hídrica suficiente, com variação na demanda hídrica ao longo do tempo.

Palavras-chaves: balanço hídrico; irrigação; produtividade agrícola

ABSTRACT

The production of grains such as soybeans (the most important agricultural commodity in Brazilian agribusiness) presents itself as a promising alternative in the Zona da Mata of Alagoas due to the decline in sugarcane cultivation caused by the bankruptcy and closure of sugarcane-producing plants. sugar and alcohol. Soybean production in the region is still very insignificant due to the lack of information on cultivation techniques, production potential and cultivars adapted to the region's environmental characteristics. The objective of this research is to analyze the development, growth and productivity of agricultural crops aimed at grain production in the Zona da Mata Alagoana. Two field experiments were installed, the first corresponded to rainfed cultivation, managed from 06/20/2019 to 10/28/2019, applying an experimental design in randomized blocks, with six treatments and four replications, totaling twenty-eight four experimental plots where the source of variation were soybean cultivars (AS 3730, BMX POTÊNCIA, BRS 9383, M 6210, M 6410 and M 8349).

The second experiment evaluated an irrigated crop under a randomized block experimental design, in a split-plot scheme and treatments corresponding to two soybean cultivars (M 8644 and M8349) and application depths of 35, 70, 105, 140, 175 and 210% of ETC (crop evapotranspiration). Supervision management was based on the crop's decennial water balance carried out using the method of Thorntwaite and Mather (1955), with meteorological data on rainfall (P), air temperature (T), relative humidity (RH) and evapotranspiration of reference (ET₀) provided by the Agrometeorology and Irrigation Laboratory (LIA) of CECA/UFAL. The first cultivation, the average temperature between 22.0 and 30.5 °C, with an average of 25.7 °C, Evapotranspiration averaged 4.42 mm/day, totaling 552.90 mm, total rainfall was 234.80 mm and the additional additional was 345.82 mm. In the second cycle, the average temperature was 23.2°C and the average evapotranspiration was 3.5 mm, totaling 398.8 mm. Total rainfall was 573.6 mm, with excess water of 164 mm due to intense rains in July. In summary, both periods with low temperatures for the development of soybean crops and sufficient water availability, with variation in water demand over time.

Keywords: water balance, irrigation, agricultural productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Utilização do gabarito de PVC com diferentes medidas de densidades utilizado para semeadura	20
Figura 2. Croqui da área experimental irrigada, Rio Largo/AL.....	21
Figura 3. Aplicação de herbicida para o controle de ervas daninhas (A) e fungicida (B)	22
Figura 4. Coleta de plantas para posterior avaliação das variáveis (A) e marcação de plantas para análises fenológicas (B).....	22
Figura 5. Chuva, evapotranspiração de referência (ET ₀) e temperatura mínima e máxima do ar em relação aos Dias Após a Semeadura (DAS), no período de 14 de novembro de 2018 a 18 de março de 2019, na região de Rio Largo, AL	24
Figura 6. Chuva, evapotranspiração de referência (ET ₀) e temperatura mínima e máxima do ar em relação aos dias após a semeadura, no período de 20 de junho de 2019 a 09 de outubro de 2019, na região de Rio Largo, AL	25
Figura 7. Capacidade de água disponível (CAD), armazenamento (ARM) e água facilmente disponível (AFD) em função de dias após o plantio (DAP), E as principais fases fenológicas de cultivares de soja, na região de Rio Largo, Alagoas, no período de 20/06/2019 a 28/10/2019 ...	26
Figura 8. Capacidade de água disponível (CAD), armazenamento (ARM) e água facilmente disponível (AFD) em função de dias após o plantio (DAP), de cultivares de soja, na região de Rio Largo, Alagoas, no período de 14 de novembro de 2018 a 28 de fevereiro de 2019	27
Figura 9. Produtividade agrícola de cultivares de soja na região de Rio largo, Alagoas, no período de 20/06/2019 a 28/10/2019	28
Figura 10. Produtividade agrícola de cultivares de soja na região de rio largo, Alagoas, no período de 14 de novembro de 2018 a 28 de fevereiro de 2019	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental do CECA/UFAL, antes da instalação do experimento com soja, Rio Largo – AL, outubro de 2018..... **20**

Tabela 2. Análise de variância para Produtividade agrícola (PA) (kg ha⁻¹) de cultivares de soja irrigadas no período 14 de novembro de 2018 a 04 de março de 2019, e em sequeiro de 20 de junho a 28 de outubro de 2019, em Rio Largo, Alagoas**28**

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

UFAL - Universidade Federal de Alagoas;

ETC - Evapotranspiração da cultura;

P - Precipitação pluvial;

T - Temperatura do ar;

UR - Umidade relativa;

ET - Evapotranspiração de referência;

LIA - Laboratório de Agrometeorologia e Irrigação;

CECA - Campus de engenharia e ciências agrárias;

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

AL – Alagoas;

BHC - Balanço hídrico climatológico;

CAD - Capacidade de água disponível;

CONAB - Companhia nacional de abastecimento;

DAS - Dias após a semeadura;

mm – Milímetro;

ARM – Armazenamento;

VE – Emergência;

AFD - Água facilmente disponível;

IAF - Índice de área foliar;

DAS - Dias após a semeadura;

BHC - Balanço hídrico climatológico;

PA - Produtividade agrícola.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Características da soja.....	16
3.2	Origem e introdução no Brasil.....	16
3.3	Cultivos da soja em Alagoas.....	16
3.4	DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DA SOJA	17
3.6	Produtividade agrícola.....	18
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1	Descrição da área experimental	19
4.2.1	PREPARO DO SOLO	19
4.2.3	IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR.....	21
4.2.4	CONTROLE DE ERVAS DANINHAS E PRAGAS	21
4.3	DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DA CULTURA....	22
4.4	COLHEITA	23
4.5	BALANÇO HÍDRICO.....	23
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1	Variáveis meteorológicas.....	24
5.2	Balanço hídrico.....	26
5.3	Produtividade agrícola	28
6.	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS	32

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta originária da China, faz parte da família Fabaceae assim como a ervilha, o feijão e a lentilha. Trata-se de um grão rico em proteínas, podendo ser consumido tanto por humanos como por animais. Na sua constituição, tem de 18% a 20% de óleo e o teor de proteína de 45%. Na produção alimentícia, é usado como matéria-prima para a produção de leite de soja, carne de soja, tofu (queijo de soja), doces, óleo de soja, farinhas, rações para animais etc (EMBRAPA, 2022).

A crescente demanda mundial por alimentos mantém a soja como umas das principais fontes de proteína vegetal. Componente essencial na fabricação de rações e de importância cada vez maior na alimentação humana, essa oleaginosa é a cultura agrícola que mais cresceu Brasil nas últimas três décadas, chegando a 49% da área plantada com grãos no Brasil que é um dos grandes produtores mundiais do grão, com disponibilidade de diversas tecnologias de produção que permitem o aumento da produtividade (COLUSSI, 2016).

O clima continua a desempenhar um papel crucial nas perdas de produção e na redução da produtividade, especialmente durante eventos climáticos adversos. Esses incidentes têm impactos significativos tanto nas áreas rurais, resultando em perdas financeiras para os agricultores, quanto nas áreas urbanas, onde podem resultar em aumentos nos preços dos produtos agrícolas (MARIANO, 2005).

O entendimento da relação entre as adversidades climáticas e as perdas na produção agrícola destaca a importância do gerenciamento eficaz dos recursos hídricos, especialmente através do estudo e avaliação do balanço hídrico. O balanço hídrico é essencial para avaliar a disponibilidade e distribuição da água no solo, sendo fundamental para determinar o sucesso das safras agrícolas (AGRIQ, 2023).

Durante eventos climáticos extremos, como secas ou chuvas intensas, o conhecimento do balanço hídrico permite aos agricultores ajustar suas práticas de manejo da água e implementar estratégias de irrigação adequadas para mitigar os efeitos negativos sobre a produção. Assim, uma compreensão sólida do balanço hídrico não só contribui para a resiliência das operações agrícolas diante das mudanças climáticas, mas também ajuda a minimizar as perdas de produção e a preservar a produtividade, beneficiando tanto as comunidades rurais quanto urbanas.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar o desenvolvimento e a produtividade agrícola de cultivares de soja em regime de sequeiro e irrigado na região da zona da mata alagoana. Para isso será calculado a evapotranspiração da cultura (ET_c) e evapotranspiração de referência (ET₀), realizado o balanço hídrico, observado a fenologia das plantas, calculado a produtividade da cultura da soja.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

✓ Analisar dois experimentos com cultivares soja, em regime de sequeiro e irrigado, na região de Rio Largo – AL, Zona da Mata alagoana, no período de 2019 a 2021.

2.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Contabilizar, ao longo do período experimental de desenvolvimento da cultura, as variáveis meteorológicas: precipitação e evapotranspiração de referência (ET₀);
- ✓ Fazer o balanço hídrico da cultura da soja para os cultivos de sequeiro e irrigado na zona da mata alagoana;
- ✓ Estimar a produtividade da soja em regime de sequeiro e irrigado na região de Rio Largo, AL.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características da soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma planta herbácea pertencente a classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), da ordem Fabales e da família Fabaceae. Com grande variabilidade genética que pode ser expressa tanto no ciclo vegetativo (período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores), como no reprodutivo (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura). O ambiente exerce um papel muito importante no cultivo, variáveis como fotoperíodo, temperatura, e pluviosidade são de suma importância para tomadas de decisão em relação ao manejo do cultivo (MOTTA 2000).

3.2 Origem e introdução no Brasil

A primeira referência encontrada na literatura sobre a soja no Brasil data de 1882. Nesse ano, D'utra (1882) relatou os resultados dos primeiros testes feitos com algumas variedades no Estado da Bahia. A partir de então, diversos estudos foram feitos em diferentes regiões do Brasil. Essas tentativas foram de fundamentais para o estabelecimento da cultura no país.

A cultura da soja encontrou no Brasil condições propícias para sua implantação e expansão, diversos fatores contribuíram para a sua fixação e o seu desenvolvimento. Entre esses fatores, podem ser destacados a fácil adaptação das variedades e das técnicas de cultivo oriundas do sul dos Estados Unidos, a possibilidade da cultura ser utilizada em sucessão ao trigo, possibilitando o aproveitamento da mesma área, das máquinas e equipamentos, dos armazéns e da mão-de-obra, possibilidades de mecanização total da cultura, condições favoráveis de mercado, carência de óleos vegetais comestíveis para substituir a gordura animal, desenvolvimento rápido do parque de processamento, garantindo a total absorção da matéria prima e participação de cooperativas nos processos de produção e comercialização (EMBRAPA 2023).

3.3 Cultivos da soja em Alagoas

No ano de 2019 nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, o regime de chuva se mostrou consistente e bem distribuído com uma precipitação anual de 1.290 mm, essa condição proporcionou excelentes resultados no cultivo de soja tanto em plantios comerciais como em experimentos de campo (CANAL RURAL).

Esses resultados foram obtidos em experimentos de campo realizados pela EMBRAPA em Alagoas e em cultivos comerciais nos últimos cinco anos, em áreas tradicionalmente ocupadas por cana-de-açúcar, onde as medias de produtividade foram superiores às médias nacionais (cerca de 56 sacas por hectare), enquanto as medias dos estados alcançaram de 62 a

72 sacas por hectare. Isso é o que apontam os resultados de ensaios de campo feitos pela Embrapa em Alagoas e os dados de começo de colheita em áreas de produtores que vêm apostando na cultura do grão no estado, tradicionalmente canavieiro, nos últimos cinco anos (CANAL RURAL, 2023).

Entre os materiais utilizados nos experimentos e selecionados para cultivo pelos produtores do estado, alguns atingiram níveis de produtividade superiores às médias nacionais (em torno de 56 sacas por hectare) e comparáveis aos grandes produtores nacionais, com resultados de 62 até 72 sacas por hectare (EMBRAPA, 2023).

3.4 DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DA SOJA

A água é um fator determinante em qualquer sistema de produção agrícola, por isso o manejo com o monitoramento correto da umidade adequada do solo e conhecimento das necessidades hídricas das culturas pode potencializar os lucros e mitigar os impactos ambientais. Assim como a previsão do estado de umidade do solo, associado às necessidades hídricas das culturas, torna-se, portanto, fator básico num processo de decisão que envolva a escolha de culturas e áreas para explorar, além de fornecer subsídios valiosos para o manejo adequado de áreas cultivadas (EMBRAPA, 2024). O conhecimento de como as plantas utilizam a água no solo e de como respondem aos níveis de armazenagem a partir do balanço hídrico, pode ser uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo visando aumentar a eficiência de uso das reservas de água no solo pelas culturas (Fátima Mariano;2010)

A produtividade agrícola da soja esta diretamente ligada aos fatores edafoclimáticos da região de cultivo, entre eles a disponibilidade hídrica no solo, o alto nível de investimentos com irrigação evidencia a importância da água em quantidades suficientes nas fases críticas de desenvolvimento das plantas como floração e enchimento de grãos, principalmente em períodos de estiagens ou veranicos. (KUSS, 2006).

3.5 Balanço hídrico

Em todo o mundo, são identificadas baixas nas produtividades agrícolas causadas por déficits hídricos. É de grande importância conhecer a época em que ocorre o período de estiagem em cada região. Nesse sentido, o monitoramento da água em um sistema agrícola é essencial para uma produtividade satisfatória e sem prejuízos (passos, 2016O balanço hídrico climatológico (BHC) desenvolvido por THORNTHWAITE e MATHER (1955) para determinar o regime hídrico de uma localidade, sem a necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para sua execução, deve-se definir o armazenamento máximo no solo (CAD - Capacidade de Água Disponível), e de se ter a medida da chuva total, e a estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com essas três informações básicas, o BHC permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período (PEREIRA; 2005).

Os componentes de entrada do balanço hídrico de uma zona radicular hipotética podem ser representados através de um diagrama esquemático. Nesta representação considera-se somente o movimento vertical de água dentro do volume de solo analisado, o que entra neste sistema é apenas a água da precipitação e o que sai é resultado da evapotranspiração real e da água percolada abaixo do alcance do sistema radicular das plantas que ali se encontram (TOMASELLA et.al 2005).

3.6 Produtividade agrícola

Conforme dados da companhia nacional de abastecimento (CONAB), a safra de soja no país, no ciclo 2022/2023, pode chegar a 150,36 milhões de toneladas, com a produção liderada pelos estados de Mato Grosso 45.600,5 toneladas; Paraná com 22.384,9; Rio Grande do Sul 13.018,4; Goiás 17.734,9 (EMBRAPA 2023). O clima ainda é o responsável pelas perdas de produção e da produtividade, causadas principalmente pela má distribuição hídrica, refletindo no meio urbano com o aumento nos preços dos produtos agrícolas para o consumidor final (MARIANO, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área experimental

Foram realizados dois experimentos com a cultura da soja, ambos na mesma área (1.155 m²) localizada no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), Rio Largo – AL (9°28'29,1''S; 35°49'43,6''O; Altitude: 127,0 m).

O primeiro experimento correspondeu ao cultivo de soja irrigada por aspersão, sendo conduzido no período de 14 de novembro de 2018 a 03 de abril de 2019. O segundo experimento foi destinado a avaliar o cultivo de soja em sequeiro, dentro do período de 20 de junho de 2019 a 09 de outubro de 2019.

Os dados meteorológicos do período experimental foram cedidos pelo Laboratório de Agrometeorologia e Irrigação (LIA), que mantém uma estação agrometeorológica automática (Micrologger – CR 1000, Campbell Scientific, Logan, Utah), distante 30 m da área experimental. Em intervalos de 10 minutos, os seguintes elementos meteorológicos foram medidos temperatura (T, °C) e umidade relativa do ar (U, %), velocidade do vento a 2 m de altura (u^2 , m s⁻¹), precipitação pluvial (P, mm).

4.2 Delineamento estatístico e manejo da cultura

As cultivares plantadas foram: AS 3730, BMX-POTÊNCIA, BRS 9383, M 6210, M 8349 e M 6410 que apresentam alto potencial de produtividade agrônômica e diferentes 8 grupos de maturação relativo (GM). A implantação dos experimentos foi realizada em uma área de 0,12 ha, com delineamento estatístico de bloco casualizados, com cinco repetições e o total de trinta parcelas, cada parcela é formada por dez linhas de 5 m de comprimento, espaçadas à 0,5 m.

4.2.1 PREPARO DO SOLO

Antes da instalação do experimento, foi realizado a coleta da amostra do solo, nas profundidades de 0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m para análise química (Tabela 1). Em seguida realizou-se o preparo de solo, com duas gradagens e a adubação de fundação foi determinada com base na análise química e a recomendação para a cultura da soja, foi: 640 kg ha⁻¹ da fórmula 15-30-23, nível de 96, 192 e 147 kg há⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental do CECA/UFAL, antes da instalação do experimento com soja, Rio Largo – AL, outubro de 2018.

¹ Prof.	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	² CT Ct
m	H2O	---mg dm ⁻³ --	Cmol.dm ⁻³ -----						
		--	-						
0 – 0,2	5,5	3	20	10	1,89	1,23	0,09	4,66	3,3
0,2 – 0,4	6,1	4	25	10	2,5	1,89	0	3,12	4,49
Prof.	³ CTCT	MO	4V	5m	Sat. Ca	Sat. Mg	Sat. K	Sat. Na	-
m	Cmol.d m ⁻³	g kg ⁻¹	-----%						
0 – 0,2	7,87	26,3	41	3	24	15,6	0,6	0,5	-
0,2 – 0,4	7,61	29	59	0	32,9	24,8	0,8	0,5	-

¹Profundidade (Prof.); Capacidade de troca de cátions efetiva (CTCt);

Capacidade de troca decátions total (CTCT); ⁴Saturação por bases (V);

⁵Saturação por alumínio (m).

Fonte: Autor, 2024.

Antes dos plantios, foram realizados um teste de germinação com cem sementes de cada cultivar para definir a densidade de semeio para atingir 350.000 plantas por hectare. No plantio das cultivares AS 3730, BMX POTÊNCIA e BRS 9383 foram distribuídas 24 sementes por metro e as cultivares M6210, M8349 e M6410 foram semeadas com 21 sementes por metro linear.

Figura 1. Utilização do gabarito de PVC com diferentes medidas de densidades utilizado para semeadura.



Fonte: Autor, 2024

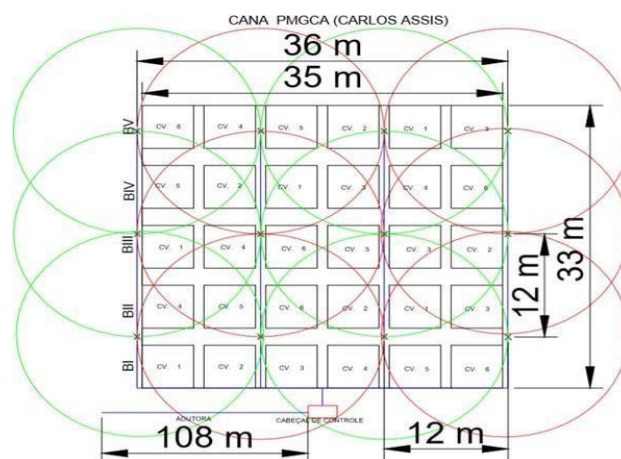
4.2.2 IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR

A irrigação foi realizada por aspersão convencional, com aspersores espaçados a 12 x 12 m (Figura 2) e a quantidade de água aplicada foi determinada com base na evapotranspiração da cultura – ET_c , obtida pela equação 1. As variáveis meteorológicas (ET_o e chuva) foram cedidas pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA) do CECA/UFAL, que possui uma estação agrometeorológica automática ao lado da área experimental.

$$ET_c = ET_o * kc$$

em que: ET_c - evapotranspiração da cultura, (mm dia^{-1}); ET_o - evapotranspiração de referência, (mm dia^{-1}) e coeficiente da cultura – kc (ALLEN et al., 1998).

Figura 2. Croqui da área experimental irrigada, Rio Largo/AL.



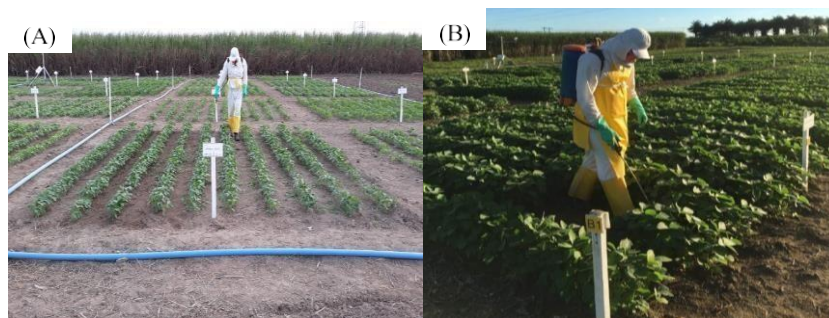
Fonte: BARBOSA, 2021.

4.2.3 CONTROLE DE ERVAS DANINHAS E PRAGAS

O manejo de plantas daninhas foi efetuado em pré-emergência (Flumioxazina 500 g L⁻¹) e em pós-emergência foi utilizado glifosato N-(fosfometil) glicina – 370 g L⁻¹ + Glifosato 445 g L⁻¹ (Figura 3A). O controle de pragas foi realizado com a aplicação de inseticidas

(Imidacloprido 700 g kg⁻¹) e (Lambda – cialotrina 50 g L⁻¹). O fungicida (Tebuconazol 200 g L⁻¹ + Trifloxistrobina 100 g L⁻¹) foi utilizado como forma de prevenção contra doenças fúngicas (Figura 3B).

Figura 3. Aplicação de herbicida para o controle de ervas daninhas (A) e fungicida (B).



Fonte: BARBOSA, 2021.

4.3 DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DA CULTURA

O desenvolvimento e crescimento das plantas foi acompanhado quinzenalmente, tomando como referência a coleta de 1 metro linear de plantas por parcela (Figura 4A) e posteriormente, 5 plantas ao acaso, garantindo a representação significativa da área de estudo. Foram realizadas observações dos estágios fenológicos diariamente. Para auxiliar o avaliador, foram marcadas 5 plantas por parcela (Figura 4B) que foram monitoradas da emergência até a maturação fisiológica.

As variáveis analisadas foram: comprimento da planta, altura do dossel, número de plantas, diâmetro do caule, número de folhas, número de ramas, número de vagens, área foliar, índice de área foliar, massa fresca do caule, massa fresca das folhas, massa fresca da raiz, massa fresca das vagens, biomassa fresca total, massa seca do caule, massa seca das folhas, massa seca da raiz, massa seca das vagens, biomassa seca total.

Figura 4. Coleta de plantas para posterior avaliação das variáveis (A) e marcação de plantas para análises fenológicas (B).



Fonte: BARBOSA, 2021.

4.4 COLHEITA

A colheita foi realizada manualmente, A área útil de cada parcela foi de 4,0 m², de onde foram colhidas as plantas para posterior coleta das seguintes variáveis: altura da inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta, peso de cem vagens, comprimento da vagem, diâmetro da vagem, peso seco da vagem, peso seco da vagem por planta, peso de mil grãos, rendimento de grãos.

4.5 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico foi realizado pelo método de Thorntwaite e Mather (1957) e os dados meteorológicos de precipitação pluvial (P), utilizados para o balanço hídrico, foram cedidos pelo Laboratório de Agrometeorologia e Irrigação (LIA) da UFAL que possui uma estação no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA).

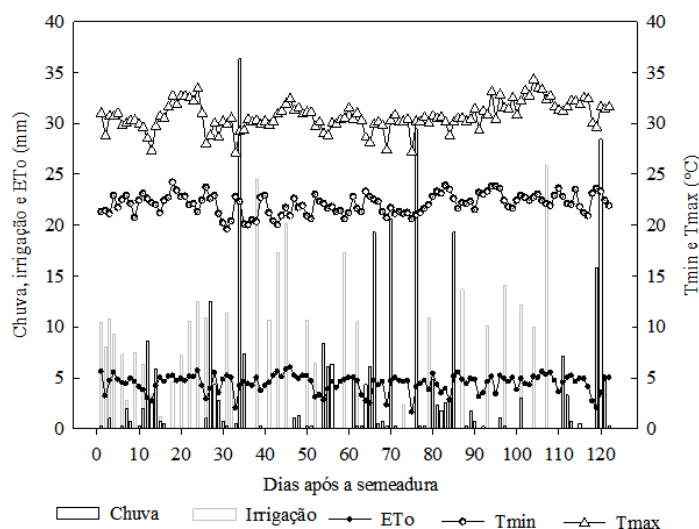
Lyra et al. (2010) adaptaram o balanço hídrico proposto Thorntwaite e Mather (1955), para culturas agrícolas, considerando a Capacidade de Armazenamento de Água Disponível (CAD), a Água Facilmente Disponível (AFD) e o Armazenamento de água no solo (ARM) ao longo do ciclo das culturas. Conforme os autores, a CAD é a parte do total de água armazenada no solo que as plantas conseguem absorver, essa é definida pela diferença entre os valores de base úmida do solo (θ , m³ m⁻³) na capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) multiplicada pela profundidade do sistema radicular das plantas (z), que varia conforme o crescimento das plantas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis meteorológicas

A temperatura mínima e máxima do ar, nos 125 dias de cultivo, no período de 14 de novembro de 2018 a 18 de março de 2019, oscilou entre 22,0 e 30,5 °C, com média de 25,7 °C (Figura 2). De acordo com Bastisti e Sentelhas (2014) as condições térmicas são favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, uma vez que os dados apresentam valores muito próximos aos ideais, entre 20 e 30 °C. A evapotranspiração de referência variou entre 1,64 e 6 mm, média de 4,42 mm dia⁻¹, com total 552,90 mm. Nesse mesmo período choveu 234,80 mm, por isso foram aplicados 345,82 mm de irrigação. Portanto, não foi verificada deficiência hídrica, já que a chuva mais irrigação totalizaram 589,62 mm.

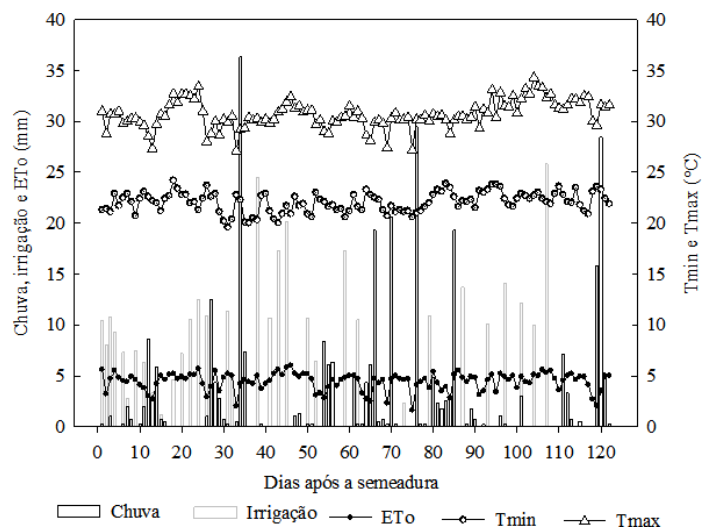
Figura 5. Chuva, evapotranspiração de referência (ET₀) e temperatura mínima e máxima do ar em relação aos Dias Após a Semeadura (DAS), no período de 14 de novembro de 2018 a 18 de março de 2019, na região de Rio Largo, AL



Fonte: Autor, 2024.

A temperatura mínima e máxima do ar foram 19,6 e 27,9 °C (Figura 1), média de 23,2°C. A evapotranspiração de referência, nos 111 dias de cultivo, no período de 20 de junho de 2019 a 09 de outubro de 2019, oscilou entre 1,5 mm no dia 08 de agosto de 2019 e 4,9 mm nos dias 06, 07 e 08 de outubro de 2019, média de 3,5 mm dia⁻¹, com total 389,8 mm, com isso, a evapotranspiração de referência total foi 373 mm.

Figura 6. Chuva, evapotranspiração de referência (ETo) e temperatura mínima e máxima do ar em relação aos dias após a semeadura, no período de 20 de junho de 2019 a 09 de outubro de 2019, na região de Rio Largo, AL.



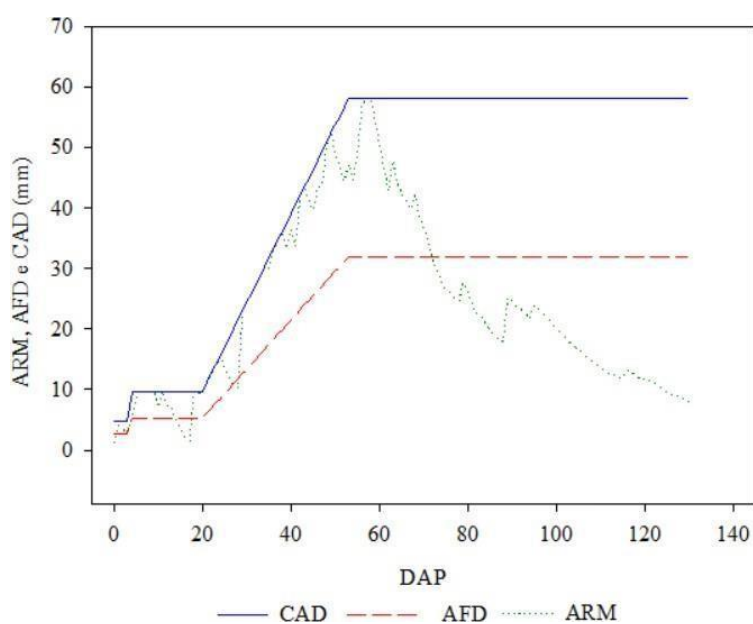
Fonte: Autor, 2024.

Nesse mesmo período choveu 573,6 mm, conseqüentemente, não houve deficiência hídrica, de modo que ainda ocorreu excesso hídrico total de 164 mm, por conta das chuvas de 56,6 e 33,8 mm nos dias 19 e 20 de julho de 2019. A demanda hídrica da cultura da soja ficou abaixo da faixa descrita como ideal que varia entre 450 e 800 mm (SEDIYAMA, 2015), porém a precipitação supriu o mínimo recomendado.

5.2 Balanço hídrico

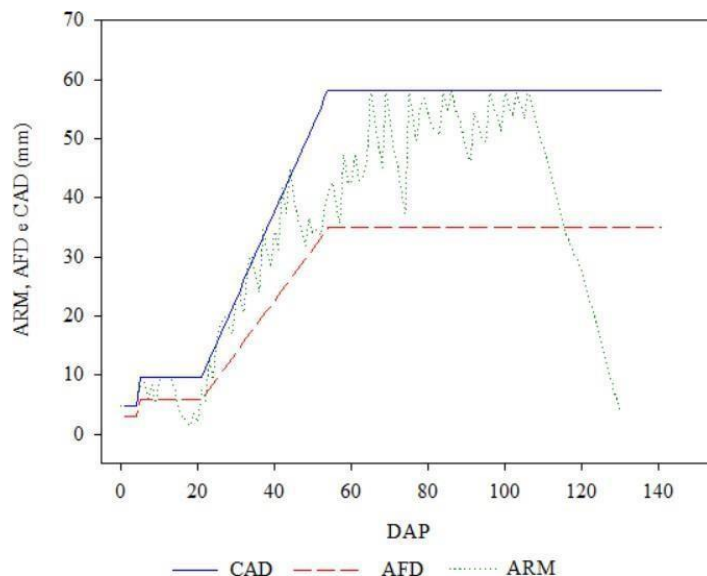
O balanço hídrico do solo (Figura 7), verifica-se que houve água disponível nas fases (QUAIS) em que as plantas mais necessitam de umidade do solo. Com o armazenamento (ARM) máximo de 58,2 (mm) e mínimo de 1,26 (mm), na emergência (VE) 5,22 (mm), aos 5 DAP, enchimento de grãos (R5) 43,88 (mm) aos 48 DAP, até as vagens ficarem completamente cheias (R6). Aos 73 DAP, o Armazenamento (ARM) voltou a ficar menor que a água facilmente disponível (AFD), permanecendo assim até o final do ciclo de produção totalizando um déficit hídrico de 1.068 (mm), o ciclo da cultura totalizou 130 dias de cultivo.

Figura 7. Capacidade de água disponível (CAD), armazenamento (ARM) e água facilmente disponível (AFD) em função de dias após o plantio (DAP), E as principais fases fenológicas de cultivares de soja, na região de Rio Largo, Alagoas, no período de 20/06/2019 a 28/10/2019.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 8. Capacidade de água disponível (CAD), armazenamento (ARM) e água facilmente disponível (AFD) em função de dias após o plantio (DAP), de cultivares de soja, na região de Rio Largo, Alagoas, no período de 14 de novembro de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.



Fonte: Autor, 2024.

O balanço hídrico do solo (Figura 8), verifica-se que houve água disponível nas fases em que as plantas mais necessitam de umidade do solo. Com o armazenamento (ARM) máximo de 58,2(mm) e mínimo de 1,26(mm), na emergência (VE) 5,22 (mm), aos 5 dias após o plantio (DAP), enchimento de grãos (R5) 36,43 (mm) aos 48 DAP, até as vagens ficarem completamente cheias (R6). Aos 118 DAP, o Armazenamento (ARM) voltou a ficar menor que a água facilmente disponível (AFD), permanecendo assim até o final do ciclo de produção totalizando um déficit hídrico de 81,27 (mm), o ciclo da cultura totalizou 140 dias de cultivo.

As lâminas de irrigação totalizaram 345,30 mm, precipitações de 375 mm, houve incremento na disponibilidade de água a cultura, observada pela soma de chuva e irrigação de 720,3 mm.

5.3 Produtividade agrícola

As cultivares geraram diferença significativa, a 1% de probabilidade para produtividade de grãos, em ambos os experimentos (Tabela 2.4).

Tabela 2. Análise de variância para Produtividade agrícola (PA) (kg ha⁻¹) de cultivares de soja irrigadas no período 14 de novembro de 2018 a 04 de março de 2019, e em sequeiro de 20 de junho a 28 de outubro de 2019, em Rio Largo, Alagoas.

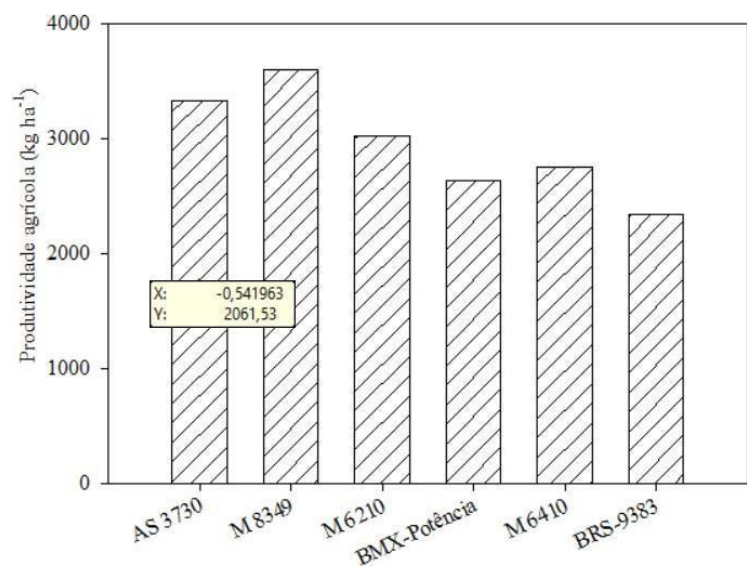
Fontes de variação	G L	Valores de quadrado médio	
		Irigado	Sequeiro
Cultivares (C)	5	914.70**	314.07**
Bloco	4	51,92 ⁿ _s	13.36 ^{ns}
Resíduo	20	119.22	18.55
Total	29	-	-
CV (%)		12.3	8.75

1Graus de liberdade; 2**Significativo à nível de 1% pelo teste F

Fonte: BARBOSA. (2021).

As produtividades das cultivares, que atingiram as maiores medias foram a M 6410, com 3.624 kg ha⁻¹ e a BRS-9383 foi a menos produtiva (de 2.328 kg ha⁻¹), A produtividade média do experimento foi 2.952 kg ha⁻¹, equivalente a 49,20 sacas de 60 kg por hectare, esse valor é menor que a média da produtividade agrícola nacional na safra 2022/23 que foi de 3.508 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2023), 58 sacas ha⁻¹.

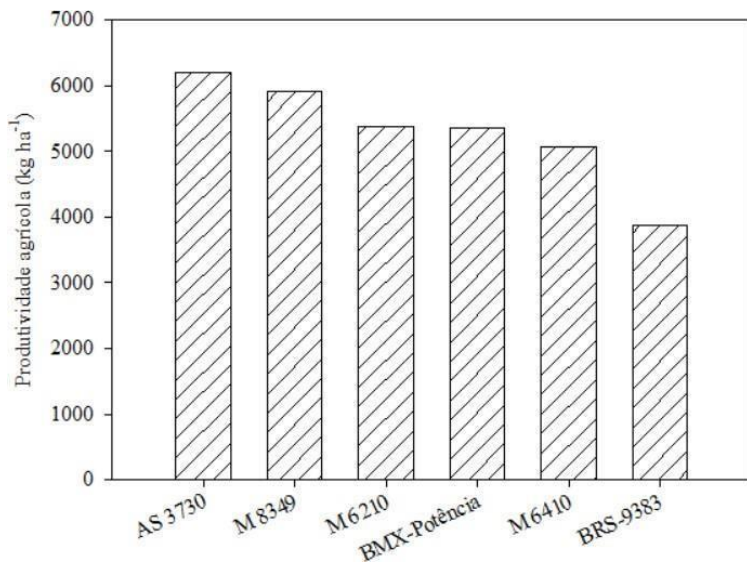
Figura 9. Produtividade agrícola de cultivares de soja na região de Rio largo, Alagoas, no período de 20/06/2019 a 28/10/2019.



Fonte: Autor, 2024.

A cultivar com maior produtividade de grãos foi a AS 3730 com 6.198 kg ha⁻¹ e a BRS- 9383 foi a menos produtiva (3.871 kg ha⁻¹), A produtividade média do experimento foi 5.296 kg ha⁻¹, equivalente a 88,27 sacas de 60 kg por hectare, valor que superou a média da produtividade agrícola nacional na safra 2022/23 que foi de 3.508 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2023), 58 sacas ha⁻¹.

Figura 10. Produtividade agrícola de cultivares de soja na região de Rio largo, Alagoas, no período de 14 de novembro de 2018 a 28 de fevereiro de 2019.



Fonte: Autor, 2024.

Se tratando da produtividade agrícola, houve redução de cerca de 55,75% das médias gerais das cultivares de soja quando se compara a médias geral das cultivares sob irrigação (5.296 kg ha-1) com a de sequeiro (2.952.33 kg ha-1). Com relação à produtividade, as cultivares mostraram diferença significativa, a 1% de probabilidade, em ambos os experimentos (Tabela 1).

6. CONCLUSÕES

A evapotranspiração da cultura no experimento irrigado foi 589 mm, durante 140 dias de cultivo. Já em sequeiro, foi 422 mm, em 130 dias de cultivo. E, a demanda hídrica tem grande influência na produtividade da soja, comprovado pelo aumento da produtividade agrícola no experimento irrigado.

As cultivares M 6410 e M 8349 foram as mais produtivas e são indicadas para o plantio na região de Rio Largo, Al.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiração das culturas: diretrizes para o cálculo da necessidade de água nas culturas. Documento de Irrigação e Drenagem 56, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Roma, Itália, 1998.
- ANTONELLO, Marília Cossetin et al. Simulação do balanço hídrico e rendimento de grãos da soja em condições irrigada e de sequeiro no Rio Grande do Sul. 2018.
- BARBOSA, WEMERSON SAULO DA SILVA et al. COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE SOJA NO TABULEIRO COSTEIRO DE ALAGOAS EM CULTIVOS DE SEQUEIRO E IRRIGADO. *IRRIGA*, v. 26, n. 4, p. 906-923, 2021.
- BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C. New agroclimatic approach for soybean sowing dates recommendation: A case study. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 11, p. 1149-1156, 2014. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1149-1156>.
- Bonato, Emídio Rizzo. A soja no Brasil: história e estatística por Emídio Rizzo Bonato e Ana Lúcia Variani Bonato. Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1987.
- COLUSSI, J.; WEISS, C.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A. Uma análise da rentabilidade do cultivo da soja no Brasil. *Revistas Espacios*, vol. 37, 2016, pág. 23, 2016.
- CINTRA, Fernando Luis Dutra; LIBARDI, Paulo Leonel; SAAD, Antonio Melhem. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, p. 23-28, 2000.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/46794352/cultivares-de-soja-atingem-alta-productividade-em-alagoas>. Acesso em: 17/11/2023.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção de soja. Londrina, 2020. Disponível em: <>. Acesso em: 06/03/2024.
- Fátima Mariano, Zilda de. PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS E A CULTURA DA SOJA EM GOIÁS. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, vol. 9, núm. 1, dezembro, 2010, pp. 121-134 Universidade Federal do Ceará Fortaleza, Brasil.
- KUSS, Rejane Cristina Roppa et al. Populações de plantas e estratégias de controle na cultura da soja. 2006.

MOTTA, Ivo S. et al. Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 22, n. 2, p. 153-162, 2000.

PASSOS, Máximo Lages Vieira; ZAMBRZYCKI, Geraldo Cesar; PEREIRA, Reginaldo Sérgio. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016.

PEREIRA, A.P.A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba (RS): Agropecuária.

PEREIRA, Antonio Roberto. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. *Bragantia*, v. 64, p. 311-313, 2005.

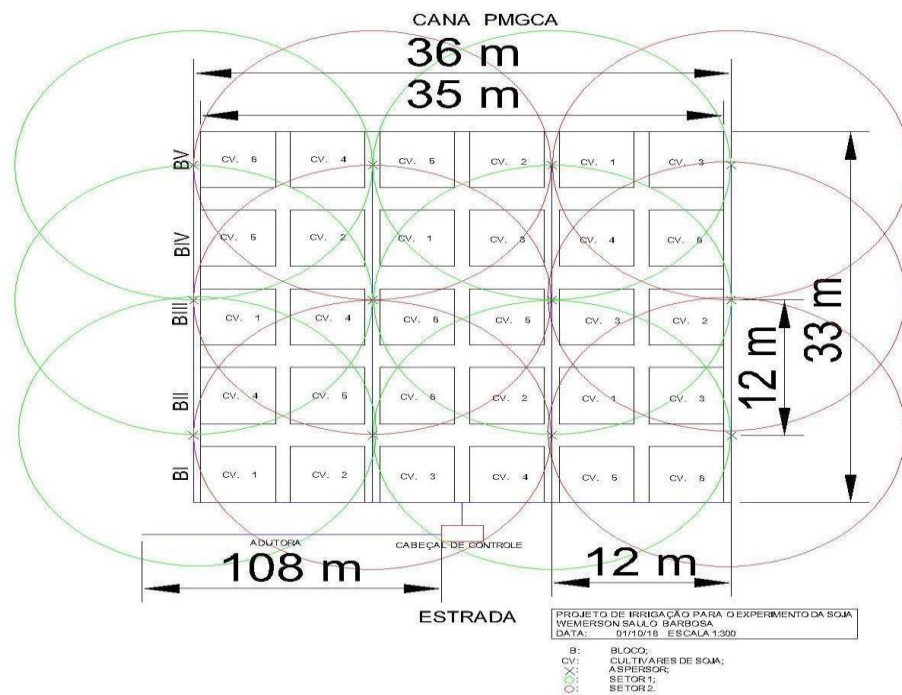
SANTOS JÚNIOR, Edimar Pereira dos. Variação da disponibilidade de água para o cultivo da soja (Glycine Max) no município de Foz do Iguaçu (PR) por meio do balanço hídrico, para os períodos de 1961-1990 e 1991-2017. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. UNILA.

SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, UFSM, v. 4, p. 1-12, 1996.

TOMASELLA, Javier; ROSSATO, Luciana. Balanço hídrico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2005.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Croqui da área experimental.



Fonte: BARBOSA. (2021)

Figura 2 - Fotografias da área experimental



Fonte: BARBOSA. (2021)