



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PIRANHAS
CURSO SUPERIOR EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

THIAGO PEREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E GRAUS-DIA ACUMULADOS DE CULTIVARES DE SORGO
SOB DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

PIRANHAS, AL
2022

THIAGO PEREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E GRAUS-DIA ACUMULADOS DE CULTIVARES DE SORGO
SOB DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para aprovação no Curso Superior em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Piranhas, para obtenção de grau de Bacharelado de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Gomes Flôr Souza

PIRANHAS, AL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Piranhas
Biblioteca Tabela Cacilda Damasceno Freitas

S586c Silva, Thiago Pereira da.

Crescimento e graus-dia acumulados de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio. / Thiago Pereira da Silva.–2022.

1CD-ROM: (1 arquivo, 304 KB).

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 40 folhas, acondicionado em caixa acrílica (12,5 cm x 14 cm).

Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Instituto Federal de Alagoas, *Campus Piranhas*, Piranhas, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Ênio Gomes Flor Souza

1. Sorghum bicolar L. 2. Agrometeorologia. 3. Espaçamento. 4. Sequeiro. I.Título.

CDD:633.15

Fabio Fernandes Silva
Bibliotecário – CRB- 4/2302

THIAGO PEREIRA DA SILVA

**CRESCIMENTO E GRAUS-DIA ACUMULADOS DE CULTIVARES DE SORGO
SOB DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para aprovação no Curso Superior em Engenharia Agrônômica, do Instituto Federal de Alagoas, *Campus Piranhas*, para obtenção de grau de Bacharelado de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 25/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Ênio Gomes Flôr Souza

Prof. Dr. Ênio Gomes Flôr Souza (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL, *Campus Piranhas*

José Madson da Silva

Prof. Dr. José Madson da Silva

Instituto Federal de Alagoas – IFAL, *Campus Piranhas*

Mônica Lima Alves Pôrto

Prof.^a Dr.^a Mônica Lima Alves Pôrto

Instituto Federal de Alagoas – IFAL, *Campus Maragogi*

A Deus por me conceder força, fé e esperança todos os dias. Aos meus pais, Ezilene Pereira da Silva e Ivanildo da Silva. Bem aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento (Provérbios: 3:13)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que foi e sempre será o meu pilar para que eu nunca desista dos meus sonhos. Agradeço aos meus pais, Ezilene Pereira da Silva e Ivanildo da Silva, que sempre me deram apoio e livre arbítrio para que eu pudesse fazer as escolhas da minha vida, assim, abrindo as portas para que eu encontrasse o curso de Engenharia Agrônômica.

Aos meus irmãos, Isaac Pereira da Silva e Cinthia Vanessa Pereira da Silva, por, sempre que possível, me ajudarem, com dúvidas ou palavras reconfortantes.

Aos meus sobrinhos, Julian Ariel e Lavinia Santana, por sempre me fazer recordar como é bom ter a inocência e a felicidade de uma criança, tornando a vida mais leve mesmo nos dias mais conturbados.

Aos orientadores que tive, Prof. Dr. Ênio Gomes Flôr Souza, Prof^ª. Me. Ellen Abreu da Cruz e a Prof^ª. Dra. Regilane Marques Feitosa, que tiveram tanto compromisso e dedicação, dessa forma proporcionando maiores conhecimentos acadêmicos e preparação para minha vida profissional.

Aos amigos do Grupo de Estudo e Pesquisa Agrícola de Xingó (GEPAX), que ajudaram na execução do experimento, em especial a Raquel Soares, Dalbert Freitas, Denisson Nascimento e Maria Amanda, que estiveram durante todo o experimento ajudando a conduzir e avaliar.

Aos amigos da graduação, que sempre estiveram nos momentos de aprendizados, podendo trocar conhecimentos e ajudar de forma direta ou indireta na execução desse trabalho. Em especial, a Winandy Araujo, André Anjos, Jean Tavares, Luís Paulo, Jenivaldo Araújo, Luciano Ilario e Odair.

Agradeço ao amigo e professor Me. Wilton Carneiro, por se dispor a revisar o texto do presente trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Agrônômica, em especial ao Dr. Fabiano Barbosa de Souza Prates, Dr. Randerson Cavalcante Silva, Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa, Dr. Michelangelo de Oliveira Silva, Me. Fábio José Marques, Dr. José Madson da Silva, Dr. Almir Rogerio Evangelista de Souza, Dra. Francilene de Lima Tartaglia, Me. Élcio Goncalves dos Santos, Dr. Samuel Silva e Dr. Marcilio de Souza Barbosa, pelo crescimento profissional e pessoal.

Agradeço ao Instituto Federal de Alagoas (IFAL), *Campus Piranhas*, por ceder espaço para implantação do projeto.

RESUMO

O estudo sobre o sorgo é de importante relevância para os agricultores e pecuaristas, pois possui grande rusticidade e está entre os cereais mais cultivados no mundo, sendo muito utilizado para alimentação animal na forma de silagem, pastagem e/ou grãos. Conhecer qual a cultivar e a densidade de plantio em relação aos graus-dia acumulados possibilita ao produtor realizar semeaduras em épocas mais indicadas e com maiores chances de obter altas produtividades. Diante disso, o objetivo do presente trabalho é determinar o crescimento e graus-dia acumulados de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em cultivo de sequeiro no Alto Sertão de Alagoas. O experimento foi realizado no período chuvoso de 2019 no campo experimental do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Piranhas, sob delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Os tratamentos se referiram a combinação de três cultivares de sorgo forrageiro (IPA 467, BRS Ponta Negra e Chopper) e um granífero (IPA 1011), com duas densidades de plantio: 187,5 mil plantas ha⁻¹ e 250 mil plantas ha⁻¹. As subparcelas foram constituídas pelos graus-dia acumulados (GDA) de acordo com os dias após o plantio (DAP), sendo esses somados aos 39 DAP (568,86 °C), 53 DAP (762,53 °C), 66 DAP (941,56 °C) e 81 DAP (1.158,27 °C). As características avaliadas foram: altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas por planta. As cultivares e densidades de plantio de sorgo apresentaram alturas de planta semelhantes, exceto para a cultivar Chopper, que obteve menores valores nas duas densidades, com diferença estatística aos 53 DAP (762,53 °C), 66 DAP (941,56 °C) e 81 DAP (1.158,27 °C), apresentando média final na última avaliação de 73,20 cm e 80,86 cm, para as densidades de 250 mil plantas ha⁻¹ e 187,5 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. O diâmetro do colmo não teve diferença significativa aos 39 DAP (568,86 °C) e 66 DAP (941,56 °C), contudo, aos 81 DAP (1.158,27 °C), a cultivar IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ teve diâmetro de 16,10 mm, superando a IPA 1011 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (12,25 mm). Para o número de folhas por planta, não foi verificada diferença estatística aos 39 DAP (568,86 °C) e 53 DAP (762,53 °C), porém nas duas últimas avaliações, houve variação no número de folhas, com a menor média na IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (2,70 folhas por planta), não diferindo da IPA 467 x 187,5 mil plantas ha⁻¹ (3,05 folhas por planta), BRS Ponta Negra x 250 mil plantas ha⁻¹ (4,22 folhas por planta) e a IPA 1011 x 250 mil plantas ha⁻¹ (3,80 folhas por planta). As cultivares de sorgo e densidades de plantas tiveram mesmo comportamento de crescimento, obtendo aumento constante e posterior decréscimo ou estabilização. Entre 66 DAP (941,56 °C) e 81 DAP (1.158,27 °C), houve tendência do número de folhas e diâmetro do colmo diminuírem. A altura de planta teve aumento inicial constante, com posterior estabilização quando os GDA foram de 941,56 °C (66 DAP) a 1.158,27 °C (81 DAP).

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* L. Agrometeorologia. Espaçamento. Sequeiro.

ABSTRACT

The study about the sorghum is of important relevance for farmers and ranchers, because it has great rusticity and is among the most cultivated cereals in the world, being widely used for animal feed in the form of silage, pasture and/or grains. Knowing which the cultivar and planting density in relation to the accumulated degree days allows the producer to carry out sowing at the most suitable times and with greater chances of obtaining high yields. Therefore, the objective of the present work was to determine the growth and accumulated degree days of sorghum cultivars under two planting densities in rainfed cultivation in Alto Sertão de Alagoas. The experiment was carried out in the rainy season of 2019 in the experimental field of the Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Piranhas, under a randomized block, with installments subdivided in time, with four replications. The treatments referred to the combination of three forage sorghum cultivars (IPA 467, BRS Ponta Negra and Chopper) and one grain (IPA 1011), with two planting densities: 187.5 thousand plants ha⁻¹ and 250 thousand plants ha⁻¹. The subplots were constituted by the accumulated degree days (AG) according to the days after planting (DAP), which were added to 39 DAP (568.86 °C), 53 DAP (762.53 °C), 66 DAP (941.56°C) and 81 DAP (1,158.27°C). The characteristics evaluated were: plant height, stem diameter and number of leaves per plant. The sorghum cultivars and planting densities showed similar plant heights, except for the Chopper cultivar, which obtained lower values in the two densities, with a statistical difference at 53 DAP (762.53 °C), 66 DAP (941.56 °C) and 81 DAP (1,158.27 °C), presenting a final average in the last evaluation of 73.20 cm and 80.86 cm, for the densities of 250 thousand plants ha⁻¹ and 187.5 thousand plants ha⁻¹, respectively. The stem diameter had no significant difference at 39 DAP (568.86 °C) and 66 DAP (941.56 °C), however, at 81 DAP (1,158.27 °C), the cultivar IPA 467 at density of 250 thousand plants ha⁻¹ had a diameter of 16.10 mm, surpassing IPA 1011 in the density of 250 thousand plants ha⁻¹ (12.25 mm). For the number of leaves per plant, there was no statistical difference for the treatments when the GDA were 568.86 °C and 762.53 °C, but, in the last two evaluations at 66 DAP and 81 DAP there was a variation in the number of leaves, with the lowest average in the IPA 467 in the density of 250 thousand plants ha⁻¹ (2.70 leaves per plant), when the GDA were of 1,158.27 °C, not differing statistically from the IPA 467 x 187.5 thousand plants ha⁻¹ (3.05 leaves per plant), BRS Ponta Negra x 250 thousand plants ha⁻¹ (4.22 leaves per plant) and IPA 1011 x 250 thousand plants ha⁻¹ (3.80 leaves per plant). The sorghum cultivars and plant densities had the same growth behavior, obtaining a constant increase and subsequent decrease or stabilization. Between 66 DAP (941.56 °C) and 81 DAP (1,158.27 °C), there was a tendency for the number of leaves and stem diameter to decrease. Plant height had an initial constant increase, with subsequent stabilization when the GDA ranged from 941.56 °C (66 DAP) to 1158.27 °C (81 DAP).

Keywords: *Sorghum bicolor* L. Agrometeorology. Spacing. Dryland.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Valores médios de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica acumulada (mm) entre 11 de junho e 9 de setembro de 2019, em Piranhas, Alto Sertão de Alagoas | 17 |
| Figura 2 – Croqui da parcela experimental e área útil do experimento com cultivares de sorgo, no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019..... | 18 |
| Figura 3 – Abertura de covas (A) e semeadura manual (B) de cultivares de sorgo no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019 | 19 |
| Figura 4 – Avaliações de altura de planta (A), diâmetro do colmo (B) e número de folhas por planta (C) de cultivares de sorgo sob diferentes densidades de plantio, no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019 | 20 |
| Figura 5 – Relação entre graus-dia acumulados e dias após o plantio na produção de cultivares de sorgo sob densidades de plantio no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019 | 23 |
| Figura 6 – Altura de planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019..... | 26 |
| Figura 7 – Diâmetro do colmo de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019..... | 29 |
| Figura 8 – Número de folhas por planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019 .. | 31 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Análises químicas do solo da área experimental do sorgo (profundidade de 0 a 0,20 m), no inverno de 2019, no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas | 19 |
| Tabela 2 – Resumo da análise de variância (valores de quadrado médio) para altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC) e número de folhas por planta (NF) de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio (parcelas) e épocas de avaliação de crescimento (subparcelas), no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas..... | 24 |
| Tabela 3 – Valores médios de altura de planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento, no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas | 25 |
| Tabela 4 – Valores médios de diâmetro de colmo de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas | 27 |
| Tabela 5 – Valores médios de número de folhas por planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento no Ifal, <i>Campus</i> Piranhas, Alto Sertão de Alagoas | 30 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 10 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1 IMPORTÂNCIA DO SORGO PARA O SEMIÁRIDO NORDESTINO..... | 12 |
| 2.2 CULTIVARES DE SORGO | 13 |
| 2.3 DESENVOLVIMENTO ADENSADO DE PLANTAS E CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DO SORGO..... | 14 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 17 |
| 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL | 17 |
| 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS..... | 18 |
| 3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO | 18 |
| 3.4 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS | 20 |
| 3.5 CÁLCULO DE GRAU-DIA | 20 |
| 3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 21 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 22 |
| 4.1 DADOS AGROMETEOROLÓGICOS | 22 |
| 4.2 ANÁLISE DE CRESCIMENTO | 23 |
| 5. CONCLUSÕES | 32 |
| REFERÊNCIAS | 33 |

1. INTRODUÇÃO

O estudo sobre a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) tem crescido linearmente nos últimos anos devido às características que essa cultura possui, por exemplo, a alta rusticidade, adaptabilidade e baixa exigência hídrica. Uma das características que torna o sorgo uma forrageira tão bem vista pelos produtores é o crescimento que essa planta tem, podendo atingir mais de dois metros de altura, além da possibilidade de rebrota e produtividades elevadas de massas verde e seca. Tão logo, em regiões semiáridas, sabe-se que as precipitações são muito irregulares e que muitas vezes podem comprometer a lavoura. Diante dessas circunstâncias, pesquisadores têm buscado cada vez mais por cultivares de sorgo que possuam melhor desempenho diante dessas condições.

Além das incertezas dos agricultores, devido às irregulares distribuições pluviométricas, ainda existem as problemáticas que ocorrem nas lavouras devido ao mau arranjo de plantas. Estes, quando manejados incorretamente, podem ocasionar competição por água, luz e nutrientes, diminuindo a produtividade. Relacionado com o arranjo de plantas, tem-se a densidade de plantio que, por sua vez, é controlada pelo espaçamento entre linhas, espaçamento entre plantas e quantidade de plantas deixadas por cova, de forma que evite a competição entre as mesmas e que tenha melhor aproveitamento da área.

A densidade de plantio também se torna um dos fatores que tem influência direta sobre o crescimento do sorgo, pois a distribuição espacial das plantas tem que respeitar a arquitetura e a forma de crescimento da mesma, evitando qualquer tipo de competição entre elas, além do que a densidade de plantio também possibilita benefícios sobre o controle de plantas invasoras, uma vez que as plantas sombreiam a área de tal forma que impede a incidência de luz para as plantas invasoras.

Sabendo que as plantas possuem respostas diretas em relação à luminosidade, o estudo dos graus-dia acumulados tornou-se uma ferramenta essencial quando o produtor pensa em instalar suas lavouras. Essa característica possibilita que esses produtores possam escolher as melhores épocas para a semeadura e a colheita, levando em consideração o ciclo da cultura e a necessidade de graus-dia acumulados da mesma. Determinar qual a melhor cultivar diante das diferentes densidades de plantio se torna um ponto de grande relevância para os produtores, logo existem possíveis hipóteses de que as cultivares possam apresentar respostas diferentes de acordo com as condições em que se encontram. Tendo em vista que a densidade de plantio e a escolha da melhor cultivar de sorgo são fatores que influenciam diretamente no

desenvolvimento dessa planta, existe, então, a possibilidade de que haja uma melhor resposta de uma determinada cultivar em relação aos diferentes níveis de densidades de plantio a serem submetidas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DO SORGO PARA O SEMIÁRIDO NORDESTINO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é uma gramínea cultivada em inúmeras regiões do mundo, sendo de origem africana e pertencente à família *Poaceae*. É utilizado na alimentação de animais de criação e, em alguns países, na alimentação humana (LANDAU *et al.*, 2020). É cultivado desde os primórdios da agricultura e vem ganhando espaço no mercado mundial de grãos devido a sua ampla adaptabilidade, versatilidade e rusticidade (SANTOS *et al.*, 2015). O sorgo é o quinto cereal mais plantado no globo, após o trigo, o arroz, o milho e a cevada, sendo cultivado em regiões tropicais e semiáridas (FAO, 2019). De acordo com a CONAB (2022), na safra de 21/22, o Brasil chegou a produzir cerca de 2,4 milhões de toneladas de sorgo, em uma área de 841,3 mil hectares, com produtividade de 2.858 kg ha⁻¹ e com variação de 18,6% maior que a safra 20/21.

A cultura tem potencial para ser utilizada na alimentação de animais, sobretudo nas regiões semiáridas do nordeste brasileiro, por ser resistente à seca, produzir em solos rasos e com baixa fertilidade, em altas temperaturas e por apresentar elevada produtividade (SILVA *et al.*, 2017). Dentre os mecanismos responsáveis por tal efeito, pode-se destacar o sistema radicular profundo e ramificado, a capacidade de entrar em dormência quando ocorre estresse hídrico e o número elevado de estômatos (APPRATTO, 2017).

Uma grande vantagem do sorgo é a capacidade de rebrota das soqueiras após a colheita dos grãos ou da parte aérea das plantas (SILVA *et al.*, 2017), possibilitando viabilizar outras safras de grãos ou de silagem, sem a necessidade de se instalar a cultura novamente, ou mesmo conduzir a rebrota da lavoura para pastejo em programas de integração agricultura-pecuária, ou utilizar a regeneração das plantas para produção de palhada para cobertura do solo no sistema de plantio direto (FOLONI *et al.*, 2008). No espaço semiárido, o sorgo praticamente não apresenta frustração de safra quando comparado ao milho. Nesse âmbito, em face do tipo de manejo empregado no sistema de produção do sorgo, notadamente quanto à sua natureza e da cultivar a ser utilizada, há uma adequação maior em favor das variedades desenvolvidas para a região (TABOSA *et al.*, 2008).

2.2 CULTIVARES DE SORGO

O potencial produtivo de forrageiras como o milho e sorgo pode ser explorado pelo implemento criterioso de aspectos técnicos, como a escolha da cultivar que se adapte às condições de cultivo, uso de espaçamento e manejo correto (SILVA *et al.*, 2021). Diversas variedades de sorgo são lançadas no mercado, mas ainda é necessário que haja mais estudos que caracterizem e originem recomendações para melhor utilização, especificando tipos de sistemas e as melhores regiões para o uso de uma determinada cultivar (PERAZZO *et al.*, 2013). As cultivares de sorgo são plantadas de acordo com a finalidade que se pretende obter em seu cultivo, se é para silagem, grãos ou outros fins. A cultura do sorgo para silagem surgiu no Brasil pela introdução de variedades de porte alto e com elevada produtividade de massa verde, entretanto, para se obter produtividade satisfatória e permitir a ensilagem, recomenda-se o uso de cultivares adaptadas ao sistema produtivo e à região (JÚLIO *et al.*, 2017). Há também vários estudos que foram realizados para determinar as melhores cultivares de sorgo para silagem, como, por exemplo, os materiais IPA 2502, BRS 655, BR 601, BRS 506 e BRS 610 lançados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) (NEVES *et al.*, 2015).

A cultivar BRS Ponta Negra também é uma variedade adaptada à região Semiárida do Nordeste, tolerante à seca, altura média de 2,20 m e produtividade de massa verde que pode atingir valores superiores a 50 t ha⁻¹ (SANTOS *et al.*, 2007). A cultivar de sorgo do tipo variedade BRS Ponta Negra foi obtida pela Embrapa Milho e Sorgo a partir da seleção em gerações segregantes de cruzamento, visando tolerância à toxicidade de alumínio e à seca, apresenta menor porte, maior precocidade e boa proporção de panículas na massa total, em relação às cultivares disponíveis para plantio na região (PEREIRA, 2017). O sorgo IPA 467 é considerado uma cultivar sacarina de elevada produção de biomassa para corte e silagem, podendo atingir 3,50 m de altura e produtividade de massa seca de 15 t ha⁻¹ (IPA, 2020). IPA 467 são influenciadas pelo tempo e pelo tipo de adubo utilizado (ANDRADE NETO; ARAÚJO, 2018). A cultivar Chopper é um híbrido de sorgo para silagem, com grãos brancos e ausência de tanino (AGRANDA SEMENTES, 2020). O Chopper é um híbrido que se encaixa nas necessidades dos cerrados. Produto extremamente resistente a seca, mantém o seu porte mesmo em plantios mais tardios, preservando altos níveis de produção (PESCUMO; IGARASI, 2013). A variedade IPA 1011 é uma cultivar granífera com altura média de 1,70 m e elevada produtividade de grãos (1,5-3,0 t ha⁻¹) (SEAGRI-AL, 2008). De acordo com Guimarães (2017),

os sorgos IPA 1011 e BRS Ponta Negra são cultivares tolerantes à salinidade quando comparadas a outras cultivares.

O sorgo forrageiro tem se destacado por apresentar características que o coloca entre as melhores gramíneas para o processo de ensilagem, produzindo, em quantidades satisfatórias, massa verde e massa seca, além de uma quantidade significativa de proteína bruta (FIDELIS *et al.*, 2016). De acordo com Rodrigues (2000), algumas cultivares de sorgo forrageiro apresentam alto potencial de produtividade chegando a produzir até 90 t de massa verde por hectare e em torno de 14 t de massa seca por hectare, em três cortes. Do mesmo modo, o sorgo granífero também mostra grande importância para alimentação animal em períodos de estiagens. Albuquerque *et al.* (2011) relataram que produtores de regiões semiáridas utilizam as panículas do sorgo granífero (grãos de sorgo + panículas) de forma farelada para alimentação de bovinos, armazenada em paióis de madeira ou alvenaria. Tabosa *et al.* (2016) afirmaram que é importante o estudo de cultivares que apresentam relação entre produtividades e diferentes ciclos fenológicos, principalmente em face das adversidades ambientais, sendo importante aquelas de ciclos precoces. Entre as cultivares também se tem o sorgo granífero, que se constitui em um substituto ao milho, por se desenvolver mais em condições com limitações hídricas, ter características nutricionais semelhantes, e ter custo de produção menor em relação ao milho (SILVA *et al.*, 2019).

2.3 DESENVOLVIMENTO ADENSADO DE PLANTAS E CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DO SORGO.

Além da escolha de uma cultivar adequada, o espaçamento e a densidade no cultivo de culturas influenciam diretamente na produtividade e na qualidade da produção (COSTA *et al.*, 2020). O manejo da densidade de plantio é uma das práticas culturais mais importante para determinar a produtividade de massa, grãos ou outras finalidades de cultivo, pois o estande afeta a arquitetura das plantas, altera o crescimento e o desenvolvimento, e influência na produção e na participação de fotoassimilados, fazendo com que tenha uma maior produção (GIROTTO; RODOVALHO; NAKAO, 2021).

A densidade de plantio se destaca por favorecer o controle de plantas daninhas e proporcionar maior eficiência no aproveitamento dos recursos do ambiente, como luz, água e nutrientes (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012), além de favorecer na produtividade de grãos e/ou massa seca em função do arranjo de plantas na área. Essa característica mostrou-se positiva

para as cultivares de sorgo forrageiro e granífero (JONES; JOHNSON,1997; BAUMHARDT; HOWELL, 2006; ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

O sorgo possui crescimento variado dependendo de qual cultivar está se trabalhando, pois existem os sorgos forrageiros, graníferos, sacarinos e também aqueles de dupla aptidão. A avaliação do crescimento permite melhorar a compreensão da resposta da planta às condições de estresse (SANTOS *et al.*, 2020). O crescimento dessa planta pode, então, sofrer influência do ambiente em que a mesma está sendo cultivada, a exemplo da taxa de luminosidade ou também do déficit hídrico, que podem influenciar no seu desenvolvimento. O sorgo é considerado uma planta tolerante à altas temperaturas e à seca, mas havendo déficit hídrico, a sua taxa de crescimento diminui (SUCUPIRA JUNIOR, 2018). Essa gramínea possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (MASOJIDEK *et al.*, 1991).

Entre as variedades de sorgo, o forrageiro está entre aqueles que possui maior porte. O sorgo forrageiro compreende um tipo de sorgo de porte alto, com altura de planta superior a dois metros, muitas folhas e elevada produção de forragem (MENEZES *et al.*, 2021). É o mais cultivado em regiões onde o objetivo principal é a pecuária e a alimentação com silagem. Pode ser chamado também de silageiro pelo fato da sua aptidão ser principalmente para silagem (DIPAP, 2010).

Logo, é importante considerar as características ambientais dessa planta para que ela possa atingir alturas satisfatórias. O sorgo é uma planta de clima quente, apresentando características xerófitas e mecanismos eficientes de tolerância à seca, acidez de solo, baixa disponibilidade de água, baixa fertilidade de solo e altas temperaturas (ALMEIDA JUNIOR *et al.*, 2020). Dentre os fatores climáticos importantes para a determinação do desenvolvimento das culturas têm-se os graus-dia acumulados (GDA). Oliveira *et al.* (2014) verificaram um total de graus-dia necessários para completar o ciclo do sorgo no período semeadura-maturação foi de 1.202,7 GDA, utilizando como temperatura basal 16 °C. O conhecimento da temperatura base inferior (T_b) dos genótipos de sorgo é de suma importância para compreender processos de desenvolvimento e crescimento da cultura, visto que existe uma soma térmica necessária para completar os eventos de ontogenia no decorrer do ciclo da cultura (BANDEIRA *et al.*, 2016).

Entre os fatores climáticos mais influentes para o bom desenvolvimento do sorgo, destacam-se as precipitações pluviométricas e as demandas hídricas. A demanda hídrica do

sorgo pode ser verificada através da evapotranspiração do mesmo. De acordo com Schwenck *et al.* (2020), a cultura do sorgo tem uma média de evapotranspiração total de 492,2 mm em um ciclo de 92 dias. Durante o ciclo da planta, a quantidade de água exigida varia de 450 a 500 mm (SUCUPIRA JUNIOR, 2018). Santos *et al.* (2020) destacaram que toda a mesorregião do Sertão Alagoano fica inserida na região do semiárido brasileiro, sendo essa predominantemente caracterizada por períodos prolongados de estiagem, afetando diretamente a população, uma vez que é comum a prática da agricultura de subsistência. Desse modo, devido à má distribuição de chuvas em regiões semiáridas, conhecer as cultivares que apresentam melhor desempenho com um ciclo mais precoce, torna-se um ponto vantajoso para os agricultores e pecuaristas dessas regiões. Assim, torna-se imprescindível a disponibilidade de cultivares comerciais de sorgo tolerantes ao estresse hídrico, principalmente no período de pós-florescimento (TARDIN *et al.*, 2013).

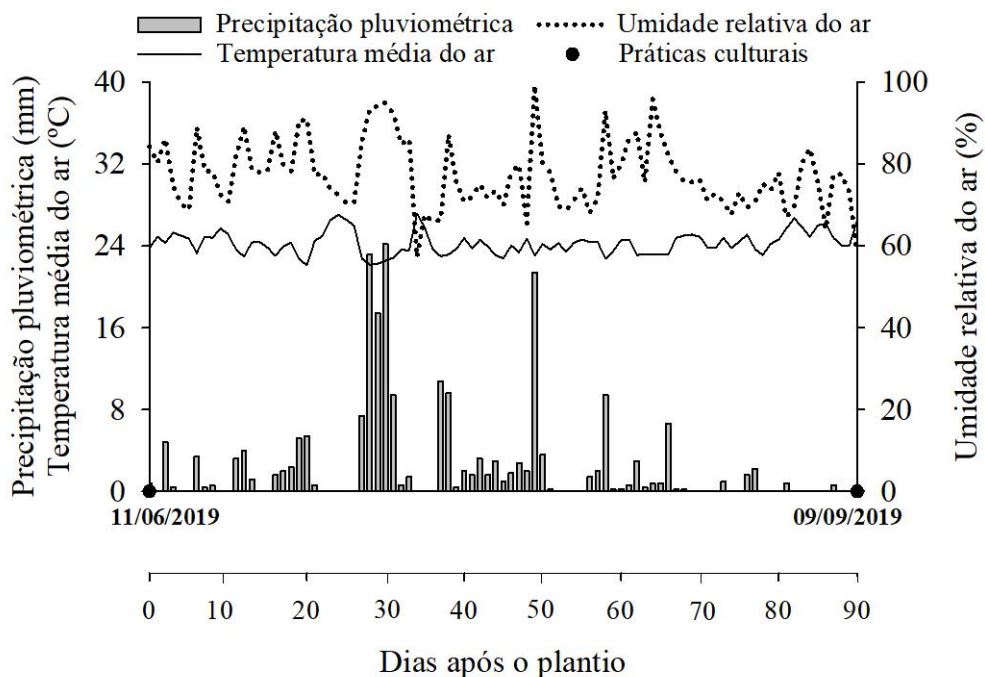
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em campo na área experimental do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), *Campus Piranhas*, localizado no município de Piranhas-AL, Semiárido brasileiro ($9^{\circ} 37'22,42''S$, $37^{\circ}46'1,51''W$; 178 m de altitude). De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Piranhas é BSh, tropical, semiárido, com estação chuvosa entre abril e julho, precipitação média anual de 492,2 mm, umidade relativa em torno de 74,4 % e temperatura média do ar variando entre 23,5 °C e 28,2 °C (SANTOS *et al.*, 2017).

Os dados meteorológicos médios foram obtidos ao longo do experimento, por meio de uma estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no Ifal, *Campus Piranhas*, cuja temperatura média do ar foi de 24,2 °C, umidade relativa do ar de 77,6 % e a precipitação pluviométrica acumulada de 216,6 mm (Figura 1). O fotoperíodo no início do experimento foi de 11,45 horas e no final de 11,90 horas.

Figura 1 – Valores médios de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica acumulada (mm) entre 11 de junho e 9 de setembro de 2019, em Piranhas, Alto Sertão de Alagoas



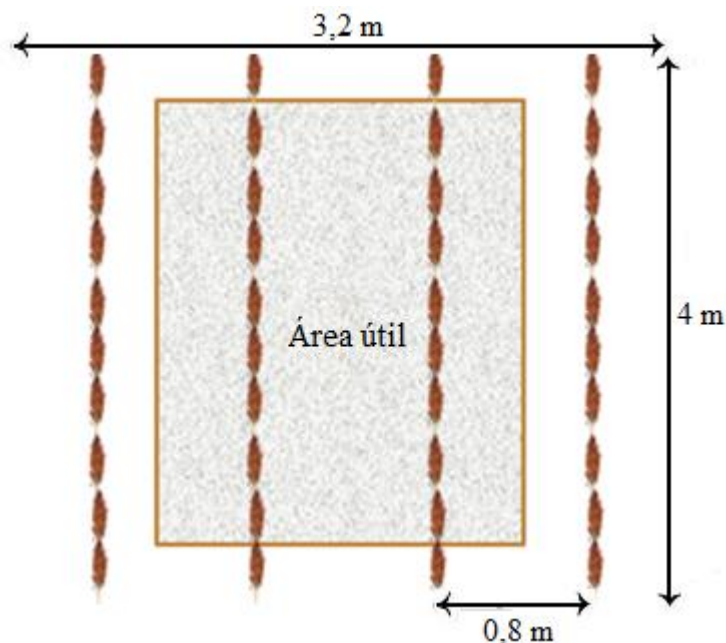
Fonte: Silva, 2022.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com tratamentos arranjados em parcelas subdivididas no tempo. Os tratamentos consistiram em quatro cultivares de sorgo, três forrageiras (IPA 467, BRS Ponta Negra e Chopper) e uma granífera (IPA 1011), combinadas com duas densidades de plantio: 187,5 mil plantas ha^{-1} e 250 mil plantas ha^{-1} , totalizando oito tratamentos. As subparcelas foram constituídas por quatro épocas de avaliação de crescimento das plantas: aos 39 dias após o plantio – DAP (568,86 °C), 53 DAP (762,53 °C), 66 DAP (941,56 °C) e 81 DAP (1.158,27 °C).

Cada parcela foi constituída por quatro linhas de quatro metros de comprimento, com 0,80 m de espaçamento entre si (12,80 m^2). As duas linhas centrais, descartando-se 0,20 m de cada extremidade, foram consideradas como área útil da parcela (5,76 m^2) (Figura 2).

Figura 2 – Croqui da parcela experimental e área útil do experimento com cultivares de sorgo, no Ifal, Campus Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



Fonte: Silva, 2022.

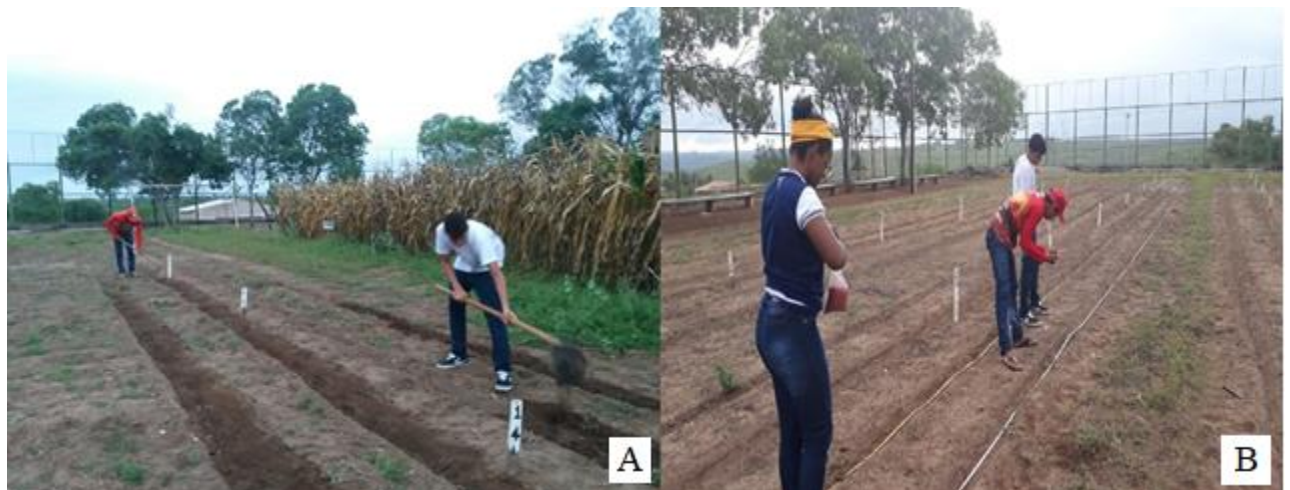
3.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

No preparo do solo, foram realizadas duas gradagens cruzadas a uma profundidade média de 20 cm. Em seguida, as parcelas experimentais foram demarcadas e sulcos foram

abertos para a semeadura manual das sementes de sorgo (Figura 3A), no qual foram colocadas de seis a oito sementes por cova (Figura 3B). Quinze dias após o plantio, foi realizado o desbaste de acordo com as diferentes densidades de plantas: 187,5 mil plantas ha⁻¹ (três plantas por cova a cada 0,20 m) e 250 mil plantas ha⁻¹ (duas plantas por cova a cada 0,10 m).

Antes do plantio do experimento, foi realizada análise de solo da profundidade entre 0-0,20 m (Tabela 1). A adubação foi realizada conforme recomendações de Tabosa, Tavares Filho e Brito (2008), a partir dos resultados de análise de solo realizada antes do plantio, sendo a adubação parcelada aos 20 e 40 DAP, aplicando-se ureia (45 % de N) nas doses de 30 e 60 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Não foi necessária adubação com fósforo e potássio. Durante a condução do experimento, o controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais, conforme necessário, sendo essas aos 15 e 45 DAP.

Figura 3 – Abertura de covas (A) e semeadura manual (B) de cultivares de sorgo no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



Fonte: Silva, 2022.

Tabela 1 – Análises químicas do solo da área experimental do sorgo (profundidade de 0 a 0,20 m), no inverno de 2019, no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas

| P | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | H+Al |
|---------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|-------|
| mg dm ⁻³ | -----cmolc dm ⁻³ ----- | | | | | |
| 220,00* | 0,43 | 10,80 | 3,50 | 0,13 | 0,00 | 1,76 |
| pH | CE* | MO* | Cu | Fe | Mn | Zn |
| H ₂ O | dS m ⁻¹ | g kg ⁻¹ | -----mg dm ⁻³ ----- | | | |
| 6,70 | 0,98 | 16,20 | 1,00 | 122,30 | 90,90 | 16,80 |

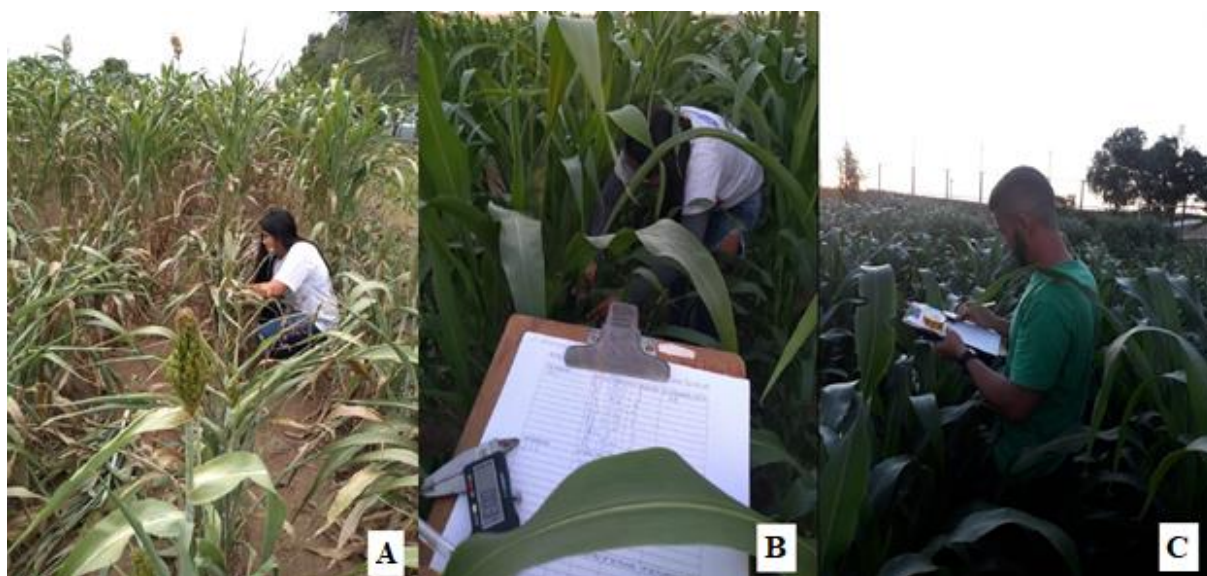
*Extratores – P, K e Na: Mehlich (HCl + H₂SO₄); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: KCl 1 mol L⁻¹. CE – condutividade elétrica; MO – matéria orgânica.

3.4 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS

As avaliações de crescimento foram realizadas aos 39, 53, 66 e 81 dias após o plantio, ou seja, entre 7 de julho e 31 de agosto de 2021, utilizando-se dez plantas da área útil das parcelas para se determinar as seguintes características: altura de plantas, diâmetro do colmo e número de folhas por planta.

A altura da planta (cm) foi determinada com fita métrica do colo da planta até a bainha da última folha estendida (Figura 4A). O diâmetro do colmo (mm) foi medido com o auxílio de paquímetro digital a dez centímetros da superfície do solo (Figura 4B). O número de folhas por planta foi realizado por meio da contagem das folhas totalmente expandidas (colar e bainha foliar visíveis) (Figura 4C).

Figura 4 – Avaliações de altura de planta (A), diâmetro do colmo (B) e número de folhas por planta (C) de cultivares de sorgo sob diferentes densidades de plantio, no Ifal, *Campus Piranhas*, Alto Sertão de Alagoas, 2019



Fonte: Silva, 2022

3.5 CÁLCULO DE GRAUS-DIA

O GDA foi estimado a partir do somatório dos graus-dia diários (GD) (SANTOS *et al.*, 2020). Os graus-dia de crescimento acumulados foram calculados com uma temperatura base de 10 °C (GERIK; BEAN; VANDERLIP, 2003):

$$GD = t_{\text{média}} - t_b$$

$T_{\text{média}}$: Temperatura média do ar, °C;

T_b : Temperatura basal do sorgo, °C;

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e tratados em programa estatístico Sisvar, Versão 5.6 (FERREIRA, 2011), aplicando-se o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, para comparar as médias dos tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

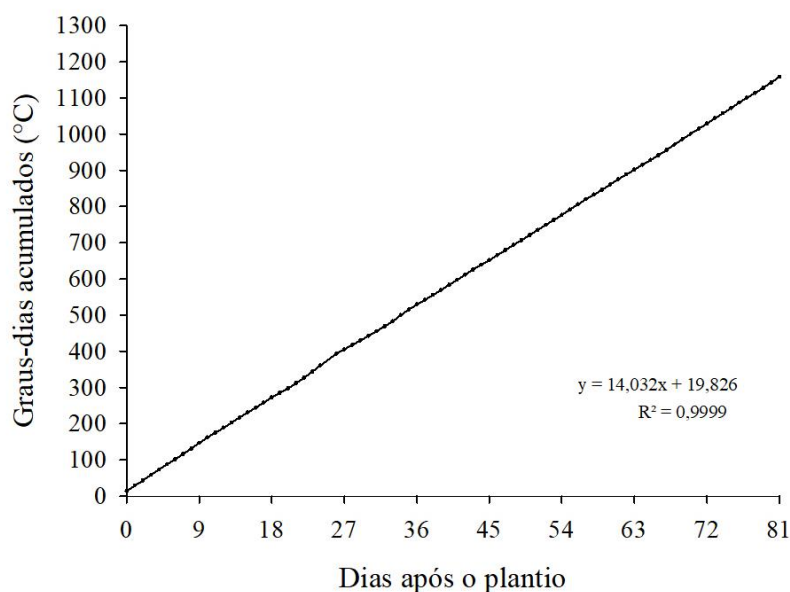
4.1 DADOS AGROMETEOROLÓGICOS

Durante o período do experimento, os dados meteorológicos de precipitações, umidades e temperaturas máximas e mínimas foram coletados através da estação meteorológica de Piranhas-AL. Em relação às temperaturas máximas e mínimas, que foram de 33,8 °C e 16,7 °C durante o período do dia e noite, essa variação tem uma importante influência no desenvolvimento do sorgo, uma vez que essa planta necessita de temperaturas mais elevadas em sua maior parte de desenvolvimento. Em relação ao clima, o Estado de Alagoas apresenta uma alta variabilidade espacial entre as três mesorregiões. As temperaturas médias anuais variam de 22 a 26 °C, exceto em algumas áreas serranas (COMISSO; MEDEIROS, 2021). Fato este que demonstra que a região do Sertão alagoano é apta ao plantio do sorgo quando o requisito é temperatura. A temperatura base ou limite de temperatura inferior de desenvolvimento do sorgo é de 10 °C, enquanto o limite superior é de 37 °C (GERIK *et al.*, 2003).

Entre os fatores meteorológicos que mais influenciaram o desenvolvimento das cultivares de sorgo, tem grande destaque as precipitações pluviométricas, visto que durante os 81 dias que o experimento esteve em campo choveu apenas 216,6 mm (O fotoperíodo no início do experimento foi de 11,45 horas e no final de 11,90 horas.

De acordo com Sucupira Junior (2018), a quantidade de água exigida pela cultura varia entre 450 a 500 mm. A baixa quantidade de chuvas ocasionou um encurtamento no ciclo do sorgo, tendo em vista que aos 81 DAP muitas plantas já se encontravam em senescência, sendo que algumas cultivares não chegaram nem ao ponto de pendoamento, demonstrando que o plantio mais tardio no período do inverno pode ocasionar riscos na lavoura. Santos *et al.* (2020) relataram que as secas prolongadas no Sertão alagoano podem potencializar os prejuízos no setor pecuário, causando diversos transtornos à sociedade, em especial, aos produtores e as famílias que residem nesta região. Com o passar dos dias os GDA foram sendo elevados, uma vez que ocorre o acúmulo pelas plantas, tendendo a chegar até o ponto limite que cada cultivar de sorgo suporta sem que haja interferência em seu desenvolvimento. De modo geral, as cultivares de sorgo apresentaram comportamento semelhante quando foi ocorrendo a elevação dos GDA, pois essas estavam em pleno crescimento.

Figura 5 – Relação entre graus-dia acumulados e dias após o plantio na produção de cultivares de sorgo sob densidades de plantio no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



Os GDA iniciaram em 13,54 °C e chegaram até 1.158,27 °C (Figura 5), valor máximo que as plantas acumularam mesmo já estando em senescência. De acordo com Sans e Guissem (2002), o acúmulo térmico (graus-dia) é uma estimativa aproximada usada para definir a resposta do desenvolvimento da planta em relação à temperatura, na qual ao utilizarem a temperatura basal de 10 °C, encontraram uma média de acúmulo de 1.473 °C em cultivares de sorgo, do período da semeadura até maturidade fisiológica. Diferença de 315 °C do presente estudo, inferindo a possibilidade de que se houvesse chuvas mais regulares, as cultivares teriam mais dias para completar o ciclo normalmente.

4.2 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

De acordo com a análise de variância, houve efeito significativo para a interação das parcelas e subparcelas para as variáveis altura de plantas (AP), a 1 % de probabilidade, e para diâmetro do colmo (DC) e número de folhas por planta (NF), a 5 % de probabilidade (Tabela 2). As médias gerais foram de 80,30 cm, 13,53 mm e 5,67 folhas planta⁻¹ para a altura de planta, diâmetro do colmo e número de folhas, respectivamente.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância (valores de quadrado médio) para altura de plantas (AP), diâmetro de colmo (DC) e número de folhas por planta (NF) de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio (parcelas) e épocas de avaliação de crescimento (subparcelas), no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas

| Causas de variação | GL | QM | | |
|----------------------|----|-------------|----------|----------------------------------|
| | | AP | DC | NF |
| Blocos | 3 | 404,56 ns | 12,36* | 2,90** |
| Parcelas | 7 | 5.826,56** | 11,95* | 6,34** |
| Resíduo 1 | 21 | 233,64 | 3,46 | 0,40 |
| Subparcelas | 3 | 69.781,92** | 255,63** | 41,05** |
| Parcelas*Subparcelas | 21 | 628,10** | 3,81* | 1,11* |
| Resíduo 2 | 72 | 63,47 | 2,16 | 0,63 |
| CV 1 (%) | | 19,03 | 13,74 | 11,21 |
| CV 2 (%) | | 9,92 | 10,86 | 13,99 |
| Média geral | | 80,30 cm | 13,53 mm | 5,67 folhas planta ⁻¹ |

ns, ** e *: não significativo, significativo a 1 % e 5 % de probabilidade, pelo teste F, respectivamente; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação.

A altura de planta não teve diferença significativa entre as cultivares de sorgo quando as mesmas se encontravam aos 39 DAP (568,86 °C) (Tabela 3). Logo, quando as plantas completaram 53 DAP (762,53 °C) foi verificado que a cultivar Chopper apresentou a menor altura de plantas nas duas densidades avaliadas. O mesmo resultado foi observado aos 66 (941,56 °C) e 81 DAP (1.158,27 °C). As demais cultivares apresentaram valores superiores e iguais, os quais variaram de 69,55 cm (IPA 467 e 187,5 mil plantas ha⁻¹) a 82,15 cm (BRS Ponta Negra e 187,5 mil plantas ha⁻¹) aos 53 DAP. Aos 63 DAP, os resultados das cultivares IPA 467, BRS Ponta Negra e IPA 1011, em ambas as densidades de plantio, permaneceram semelhantes e superiores aos obtidos pela cultivar Chopper, encontrando-se em um intervalo ente 122,32 cm (IPA 467 e 187,5 mil plantas ha⁻¹) a 138,30 cm (IPA 1011 e 250 mil plantas ha⁻¹).

Upadhyaya, Vetriventhan e Azevedo (2021), ao avaliarem a variação de fotoperíodo e sensibilidade à temperatura em cultivares de sorgo, verificaram variação na altura do sorgo que foi de 117-501 cm na estação chuvosa em 2011 e 126-406 cm na estação chuvosa de 2010, no qual essas tiveram os graus-dia acumulados variando de 758 a 2.403 °C em 2010 e 731 a 2.275 °C na estação chuvosa de 2011. O déficit hídrico causa modificações no mecanismo de funcionamento das plantas, tais como o fechamento dos estômatos, redução da assimilação

de CO₂ e inibição do processo de fotossíntese, tanto no que tange ao transporte de elétrons, como nos eventos de atividade enzimática da planta, tendo como consequência a diminuição da altura das plantas (LARCHER, 1986; TAIZ; ZEIGER, 1998). A baixa estatura da cultivar Chopper (Tabela 3) pode ser explicada devido à resposta dessa às condições ambientais e às exigências meteorológicas do genótipo. A variação encontrada na altura de plantas de sorgo em diferentes trabalhos demonstra a capacidade de adaptação da planta a diferentes condições ambientais (BARCELOS, 2019).

Tabela 3 – Valores médios de altura de planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento, no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas

| Cultivares e Densidades de Plantio | Altura de planta (cm) | | | |
|--|---|-----------|-----------|-------------|
| | Dias após o plantio (DAP) e Graus-dia acumulados (°C) | | | |
| | 39 DAP | 53 DAP | 66 DAP | 81 DAP |
| | 568,86 °C | 762,53 °C | 941,56 °C | 1.158,27 °C |
| IPA 467 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 20,00 a | 69,55 a | 122,32 a | 130,00 bc |
| IPA 467 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 21,89 a | 75,67 a | 130,57 a | 120,72 c |
| BRS Ponta Negra e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 23,55 a | 82,15 a | 132,12 a | 143,45 ab |
| BRS Ponta Negra e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 22,87 a | 77,87 a | 135,50 a | 148,62 a |
| IPA 1011 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 23,90 a | 74,02 a | 125,20 a | 120,60 c |
| IPA 1011 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 22,20 a | 71,32 a | 138,30 a | 135,97 abc |
| Chopper e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 18,12 a | 33,39 b | 77,35 b | 80,86 d |
| Chopper e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 17,87 a | 31,27 b | 69,15 b | 73,20 d |

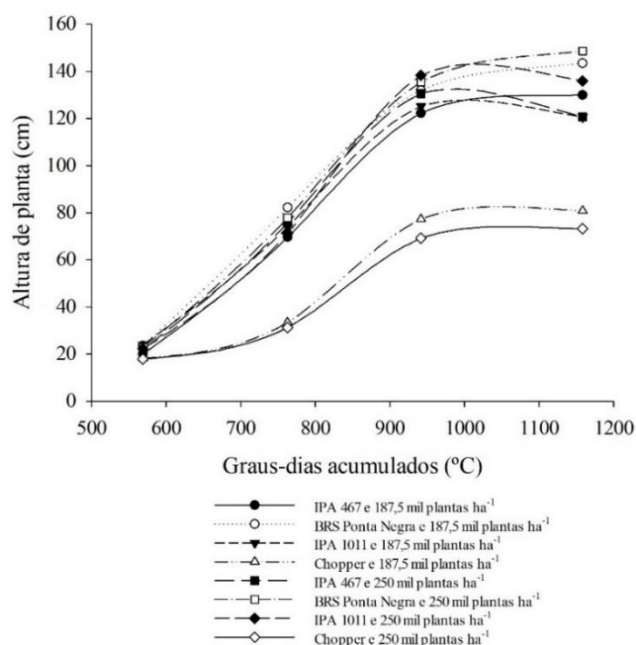
¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Aos 81 DAP (1.158,27 °C), a cultivar BRS Ponta Negra, nas duas densidades de plantio, apresentou os maiores resultados para a altura de plantas, tendo a média de 148,62 cm com 250 mil plantas ha⁻¹, não diferindo da densidade de 187,5 mil plantas ha⁻¹ (143,45 cm), e também da cultivar IPA 1011 x 250 mil plantas ha⁻¹, com 135,97 cm (Tabela 3). Ambas as densidades de plantio tiveram alturas de plantas semelhantes, uma vez que as duas densidades de plantio podem ser consideradas plantios adensados quando comparados com as recomendações padrões do mercado. Segundo Veloso (2020), a recomendação para o plantio de sorgos forrageiro e granífero é de 60 cm entre linhas e 10 sementes por metro linear, uma média de 166 mil plantas há⁻¹, quantidade inferior as duas densidades de plantas do presente estudo. De acordo com Braz *et al.* (2019), a semeadura mais adensada do sorgo pode

proporcionar a obtenção de plantas com estatura mais elevada na ocasião da colheita, quando comparado com o tratamento em que foi utilizada a população recomendada pela empresa detentora da cultivar.

O desenvolvimento das cultivares de sorgo seguiram um padrão semelhante entre si, mostrando pouca influência em relação às densidades de plantio. Quanto à altura de plantas em função dos graus-dia acumulados, foi observado um crescimento sigmoidal (Figura 6), no qual, até os 66 DAP, quando os GDA foram de 941,56 °C, houve aumento na altura, em seguida, o crescimento das plantas se estabilizou, sendo observado menor altura na cultivar Chopper nas duas densidades de plantio avaliadas, estabilizando-se o crescimento aos 66 DAP. As plantas de sorgo são altamente variáveis em altura de planta de 0,5 a 5 m (PODDER, 2019). Andrade Neto *et al.* (2010) verificaram comportamento semelhante ao estudar o crescimento do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde, em que o crescimento do sorgo teve um padrão entre todos os tratamentos até os 80 dias após a semeadura, com decréscimo ou estabilização logo em seguida.

Figura 6 – Altura de planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



A cultivar BRS Ponta Negra, nas densidades de 187,5 mil plantas ha⁻¹ e 250 mil plantas ha⁻¹, apresentou maior altura de plantas quando os GDA chegaram a 1.158,27 °C aos 81 DAP, atingindo média de 143,45 cm a 148,62 cm, respectivamente (Figura 6). A cultivar que apresentou o menor porte foi a Chopper nas duas densidades avaliadas. De acordo com Monteiro

et al. (2004), apesar da altura das plantas de sorgo serem um caráter significativo, nem sempre a maior altura implica em maior produção.

Pode-se verificar os valores médios do diâmetro do colmo das cultivares de sorgo nas densidades de plantio de 187,5 e 250 mil plantas ha⁻¹ (Tabela 4). Aos 39 DAP (568,86 °C), as cultivares não tiveram diferença significativa, variando de 8,25 a 11,25 mm. Quando os GDA foram de 762,53 °C (53 DAP), a cultivar Chopper na densidade de 187,5 mil plantas ha⁻¹ foi a que apresentou maior diâmetro de colmo, com 17,96 mm, superando a BRS Ponta Negra (14,63 mm) na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹, a IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (14,53 mm) e a IPA 1011 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (13,76 mm). No entanto, foi considerada semelhante aos demais tratamentos, sendo possível observar que a cultivar Chopper foi superior a todas as outras cultivares que foram submetidas a densidade de 250 mil plantas ha⁻¹.

Tabela 4 – Valores médios de diâmetro de colmo de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas

| Cultivares e Densidade de Plantio | Diâmetro de colmo (mm) | | | |
|--|---|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | Dias após o plantio (DAP) e Graus-dia acumulados (°C) | | | |
| | 39 DAP 568,86 °C | 53 DAP 762,53 °C | 66 DAP 941,56 °C | 81 DAP 1.158,27 °C |
| IPA 467 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 8,46 a ¹ | 15,52 ab | 15,12 a | 12,92 ab |
| IPA 467 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 9,21 a | 14,53 b | 13,95 a | 16,10 a |
| BRS Ponta Negra e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 9,80 a | 15,60 ab | 15,40 a | 14,14 ab |
| BRS Ponta Negra e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 8,50 a | 14,63 b | 14,03 a | 13,45 ab |
| IPA 1011 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 11,25 a | 14,92 ab | 15,27 a | 13,65 ab |
| IPA 1011 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 9,01 a | 13,76 b | 14,46 a | 12,25 b |
| Chopper e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 10,67 a | 17,96 a | 16,59 a | 14,79 ab |
| Chopper e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 8,25 a | 16,56 ab | 17,17 a | 15,16 ab |

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

O plantio adensado possui inúmeras vantagens, porém também pode ocasionar a restrição de alguns parâmetros das plantas, às vezes favorecendo uma característica e desfavorecendo outra. A utilização de maiores densidades de plantas por metro linear contribui para que aconteça a competição intraespecífica, especialmente por luz e nutrientes (KAPPES *et al.*, 2011). Souza *et al.* (2021), ao avaliarem o desenvolvimento do sorgo em função de diferentes adubos e densidades de plantas aos 60 e 90 dias de emergência, encontraram valores

bem próximos ao do presente estudo, uma vez que, verificaram variação de 11,9 mm e 12,4 mm.

Aos 66 DAP, quando os GDA foram de 941,56 °C, as cultivares não diferiram entre si, variando os valores de 13,94 mm (IPA 467 e 250 mil plantas ha⁻¹) a 17,16 mm (Chopper e 250 mil plantas ha⁻¹) (Tabela 4). Esse comportamento mostra que algumas cultivares possuem um aumento do diâmetro do colmo mais rápido que outras cultivares, mas que, com o passar dos dias, esse diâmetro estabiliza permitindo que as outras cultivares fiquem similares em seus diâmetros. Segundo Luz e Marreiros (2020). ao avaliarem o sorgo em diferentes espaçamentos de semeadura, verificaram que os tratamentos com maiores espaçamentos resultaram em diâmetros de colmos maiores, pois nas maiores densidades os diâmetros foram menores devido as plantas estiolarem por busca de luminosidade.

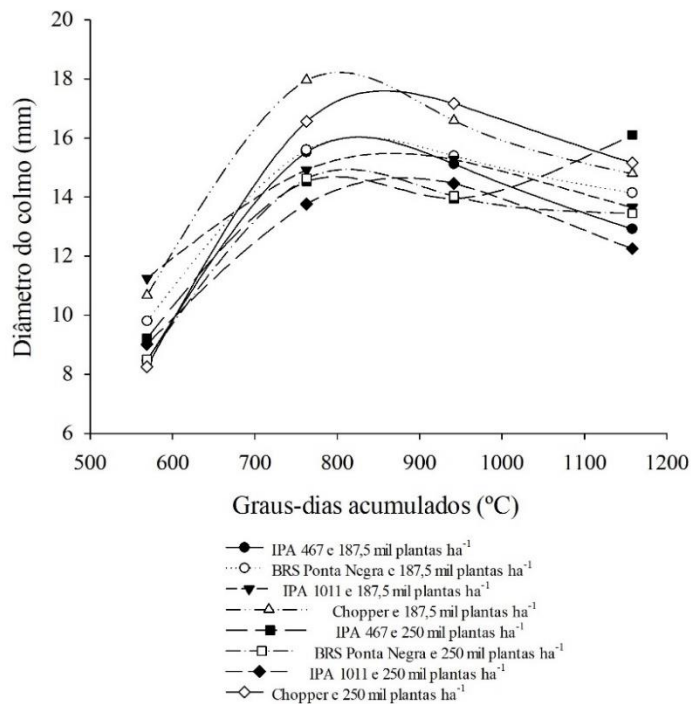
Quando os GDA chegaram a 1.158,27 °C, a cultivar IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ teve média de 16,10 mm, superando a IPA 1011 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ com 12,25 mm (Tabela 4), porém, foi semelhante as outras cultivares, incluindo a IPA 1011 na densidade de 187,5 mil plantas ha⁻¹, que teve o diâmetro de 13,65 mm. Albuquerque *et al.* (2013) verificaram médias de diâmetro do colmo bem próximas ao presente estudo, ao estudarem as características agrônômicas de genótipos de sorgo forrageiro. Os autores alcançaram 14,53 mm no genótipo SHS 500 e 13,87 mm no genótipo Exp 866. Oliveira *et al.* (2019) observaram que ao aumentar a densidade de plantas em 10.000 ha⁻¹, ocorreu um decréscimo de 4 mm no diâmetro do colmo, pois com o aumento de plantas houve o aumento pela competição por fatores primordiais ao desenvolvimento da planta, como nutrientes, luz solar e água.

Para o diâmetro do colmo foi observado valores crescentes até os 53 DAP (Figura 7) quando os GDA foram de 762,53 °C, logo, quando os GDA chegaram a 1.158,27 °C, as cultivares apresentavam decréscimo para o diâmetro do colmo em suas respectivas densidades de plantio, exceto a IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ que apresentou comportamento diferente, chegando aos 81 DAP com 16,06 mm. O diâmetro de colmo em espécies forrageiras possui extrema importância pelo fato de que os animais ingerem também os colmos (KIRCHNER *et al.*, 2020). Rabelo *et al.* (2012) encontraram no sorgo granífero, média de 19,3 mm quando utilizou dez plantas por metro linear e 18,5 mm com doze plantas por metro linear.

Conforme pode se observar na Figura 7, os maiores diâmetros do colmo foram verificados quando os GDA foram de 762,53 °C (53 DAP) a 941,56 °C (66 DAP), e pode ser

explicado devido nesse período a planta estar em pleno desenvolvimento, acumulando água e fotoassimilados por várias partes, incluindo o colmo, e com o passar dos dias a redução do diâmetro do colmo pode ter ocorrido devido à perda de água e translocação desses fotoassimilados para outras partes da planta, principalmente por causa das precipitações terem sido muito irregulares nos últimos 20 dias em que as plantas estiveram em campo e consequentemente também ocorreram temperaturas mais elevadas (Figura 1). Corroborando com tal afirmativa, Amaral *et al.* (2003), ao estudarem o comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidos a déficits hídricos em condições controladas, verificaram que os efeitos ocasionados pelos déficits hídricos acarretaram na perda de turgescência celular do sorgo.

Figura 7 – Diâmetro do colmo de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



Quanto aos valores médios do número de folhas por planta, foi possível observar que não houve variação significativa quando os GDA foram de 568,86 °C e 762,53 °C, entre as cultivares e densidades de plantio avaliadas (Tabela 5). A variação que ocorreu nos GDA de 568,86 °C (39 DAP) foi entre 4,87 folhas por planta na IPA 467 e 187,5 mil plantas ha⁻¹ e 6,25 folhas por planta na Chopper e 250 mil plantas ha⁻¹. Quando os GDA foram de 762,53 °C (53 DAP), o número de folhas por planta variou entre 5,37 a 6,32 folhas por planta na IPA 467 x 187,5 mil plantas ha⁻¹ e IPA 1011 x 187,5 mil plantas ha⁻¹, respectivamente. Souza *et al.* (2021)

observaram números de folhas bem próximos ao presente estudo, ao avaliarem nas densidades médias de 142 mil plantas ha⁻¹ e 216 mil plantas ha⁻¹ sob diferentes fontes de adubos, uma vez que, o número de folhas variou de 6,1 a 7,1 folhas por plantas na densidade de 142 mil plantas ha⁻¹ e 6,3 a 7,3 folhas por planta na densidade de 216 mil plantas ha⁻¹ (valores encontrados aos 60 dias de emergência).

Tabela 5 – Valores médios de número de folhas por planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio e épocas de avaliação de crescimento no Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas

| Cultivares e Densidades de Plantio | Número de folhas por planta | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | 39 DAP | 53 DAP | 66 DAP | 81 DAP |
| | 568,86 °C | 762,53 °C | 941,56 °C | 1.158,27 °C |
| IPA 467 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 4,87 a | 5,37 a | 5,00 c | 3,05 bc |
| IPA 467 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 5,75 a | 5,40 a | 5,72 bc | 2,70 c |
| BRS Ponta Negra e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 5,50 a | 5,72 a | 6,97 ab | 4,60 ab |
| BRS Ponta Negra e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 5,75 a | 5,97 a | 5,72 bc | 4,22 abc |
| IPA 1011 e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 6,00 a | 6,32 a | 7,67 a | 4,47 ab |
| IPA 1011 e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 6,00 a | 5,92 a | 7,92 a | 3,80 abc |
| Chopper e 187,5 mil plantas ha ⁻¹ | 5,87 a | 6,07 a | 7,92 a | 5,43 a |
| Chopper e 250 mil plantas ha ⁻¹ | 6,25 a | 5,60 a | 7,67 a | 5,27 a |

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Ao atingir os GDA de 941,56 °C (66 DAP), a cultivar IPA 467 na densidade de 187,5 mil plantas ha⁻¹ foi a que apresentou o menor número de folhas por planta (Tabela 5), com cinco folhas, não diferindo da IPA 467 na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (5,72 folhas por planta) e da BRS Ponta Negra na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ (5,72 folhas por planta).

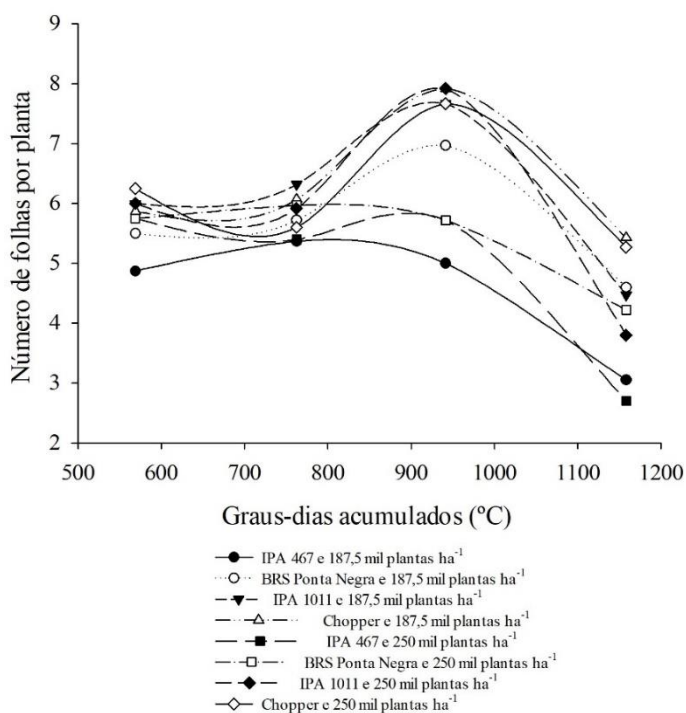
Aos 81 DAP, quando os GDA foram de 1.158,27 °C, as plantas encontravam-se diminuindo o número de folhas por planta, uma vez que, apresentavam senescência devido às faltas de chuvas (O fotoperíodo no início do experimento foi de 11,45 horas e no final de 11,90 horas).

Na Tabela 5 é possível verificar que a cultivar que apresentou o maior número de folhas foi a Chopper nas densidades de 187,5 mil plantas ha⁻¹ e 250 mil plantas ha⁻¹, com 5,43 e 5,27 folhas por planta, respectivamente. A cultivar Chopper superou a IPA 467 nas densidades de 187,5 mil plantas ha⁻¹ e 250 mil plantas ha⁻¹, que tiveram médias de 3,05 e 2,70 folhas por planta, respectivamente. Contudo, um possível motivo das quantidades de folhas na IPA 467 terem reduzido, deve-se a esta ter sido mais susceptível ao ataque de Antracnose

(*Colletotrichum graminicola*) que ocorreu devido às altas umidades e temperaturas durante as chuvas no período em que o experimento estava entre 30 a 50 DAP (Figura 1), refletindo na última avaliação. O número de folhas por planta pode ser considerada uma característica positiva, uma vez que essas terão mais possibilidade de realizar sínteses de fotoassimilados. Os fatores que determinam o número de folhas no sorgo são cultivar, fotoperíodo e temperatura (CLERGET *et al.*, 2008).

O número de folhas por planta no início das avaliações variou de 4,87 folhas a 6,25 quando os graus-dia acumulados foram de 568,86 °C (39 DAP), tendo um pico máximo de 9,72 folhas por planta na cultivar IPA 1011 na densidade de 187,5 mil plantas ha⁻¹, quando os GDA chegaram em 941,56 °C (Figura 8). Aos 81 DAP (1.158,27 °C), quando foram realizadas as últimas avaliações do experimento, as plantas encontravam-se em senescência e com o número de folhas por planta diminuindo, chegando a um valor mínimo de 3,05 folhas por planta na IPA 467 quando esta estava com 187,5 mil plantas ha⁻¹.

Figura 8 – Número de folhas por planta de cultivares de sorgo sob duas densidades de plantio em função de graus-dia acumulados, Ifal, *Campus* Piranhas, Alto Sertão de Alagoas, 2019



As chuvas irregulares associadas à baixa umidade e às altas temperaturas influenciaram o desenvolvimento das cultivares de sorgo, principalmente no final do ciclo da planta (O fotoperíodo no início do experimento foi de 11,45 horas e no final de 11,90 horas.

Tal situação pode ter ocasionado o encurtamento dos dias necessários para que a mesma pudesse completar as funções fisiológicas normalmente, ocorrendo, então, a senescência do sorgo e, conseqüentemente, a diminuição no número das folhas, pois foi observado tal comportamento para todas as cultivares e densidades de plantio avaliadas quando essas chegaram aos 81 DAP (1.158,27 °C). A diminuição no número de folhas também pode ter ocorrido devido à vida foliar possuir limites em função dos graus-dia. De acordo com Rodrigues *et al.* (2018), ao avaliarem variáveis morfogênicas e estruturais no sorgo forrageiro com diferentes arranjos populacionais sob pastoreio contínuo, verificaram que a duração de vida foliar média obtida foi de 351,68 °C dia. No presente estudo, entre as duas últimas avaliações, ocorreu uma diferença de 216,71 °C, o que foi suficiente, quando junto com o estresse hídrico, para reduzir significativamente o número de folhas.

5. CONCLUSÕES

A cultivar IPA 1011 foi a cultivar que teve o ciclo mais desenvolvido em comparação as demais cultivares, sendo ela de ciclo mais precoce e podendo ser recomendada em casos de plantios mais tardios, visto que na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ não diferiu estatisticamente da IPA 467 na altura de planta.

Quando os graus-dia acumulados foram aumentando, houve tendência de diminuição nos valores do número de folhas e diâmetro do colmo, quando esses acumularam 941,56 °C a 1.158,27 °C. Contudo, para a altura de plantas, a tendência foi de estabilização quando os GDA foram de 941,56 °C a 1.158,27 °C. Logo, os graus-dia acumulados mais indicados para as cultivares e densidades de plantio estudadas estaria em torno dos 941,56 °C em casos de estresses hídricos.

O desenvolvimento das cultivares de sorgo seguiram um padrão semelhante entre si, mostrando pouca influência em relação às densidades de plantio e, devido ao déficit hídrico ocorrido nos últimos 15 dias em que o experimento esteve em campo, houve encurtamento do ciclo do sorgo, ocasionando senescência das plantas e, conseqüentemente, diminuição nos números de folhas e diâmetro do colmo.

REFERÊNCIAS

- AGRANDA SEMENTES. **Semente de sorgo forrageiro Chopper**. 2020. Disponível em: <<https://www.agranda.com.br/produto/semente-de-sorgo-forrageiro-chopper-atlantica>>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; TARDIN, F. D.; PARRELLA, R. A. C.; GUIMARÃES, A. S.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. J. Sorgo Sacarino em Diferentes Arranjos de Plantas e Localidades de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p. 69-85, abr. 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66189/1/Sorgo-sacarino-2.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 494-501, jun. 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/VMcQsGH4djtQS4DzXPk8jMC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 jan. 2022.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; JARDIM, R. R.; ALVES, D. D.; GUIMARÃES, A. S.; PORTO, E. M. V. Características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 164-182, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104507/1/Caracteristicas-agronomicas.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2022.
- ALMEIDA JUNIOR, J. J.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A.; PEROZINI, A. C.; SOUSA, J. V. A.; RIBEIRO JUNIOR, L. F.; SILVA, R. F.; ARAÚJO, S. L.; DUTRA, J. M.; LIBERATO, P. V. Utilização de fertilizante agroecologicamente correto no sorgo granífero BRG 21320 em diferentes doses, plantado em segunda safra no Sudoeste Goiano. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 87904-87915, 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/19840/15912>>. Acesso em: 03 fev. 2022.
- AMARAL, S. R.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, V. F. Comportamento de linhagens de sorgo forrageiro submetidas a déficit hídrico sob condição controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p.973-979,2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/nnhTjBycVxkrZwbZrQSmpjR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 1 fev. 2022.
- ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124-130, fev. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/b3NbHgDyxG6bmYsTdQzVfrG/?lang=pt>>. Acesso em: 2 fev. 2022.

ANDRADE NETO, R. C.; ARAÚJO, J. M. CRESCIMENTO DO SORGO FORRAGEIRO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO VERDE. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 1, p. 177-187, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1477/1060>>. Acesso em: 15 Mar. 2022.

APPRATTO, L. D. V. F. B. **Produtividade da cultura do sorgo forrageiro sob diferentes regimes de irrigação superficial em vasos com reúso de efluente da suinocultura**. 48p. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/rii/1929>>. Acesso em: 3 fev. 2022.

BANDEIRA, A.; H.; MEDEIROS, S. L. P.; EMYGDIO, B. M.; BIONDO, J. C.; SILVA, N. G.; LEAL, L. T. Temperatura base inferior e exigência térmica de genótipos de sorgo sacarino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 240-250, 2016. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/571/1220>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

BARCELOS, C. F. A. **Correlação espacial entre atributos físicos do solo e morfológicos e produtividade de *Sorghum bicolor* (L.) Moench**. 2019. 11 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30288/1/CorrelaçãoEspacialAtributos.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T. A. Seeding practices, cultivar maturity, and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 3, p. 462-470, 2006. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/download/3627/pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

BRAZ, G. B. P.; MACHADO, F. G.; DO CARMO, E. L.; ROCHA, A. G. C.; SIMON, G. A.; FERREIRA, C. J. B. Desempenho agrônômico e supressão de plantas daninhas no sorgo em semeadura adensada. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, p. 170-177, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/13536>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CLERGET, B.; DINGKUHN, M.; GOZÉ, E.; RATUNDE, H. F. W.; NEY, B. Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive *Sorghum* varieties. **Annals of Botany**, v. 101, n. 4, p. 579-594, 2008. Disponível em: <<https://academic.oup.com/aob/article/101/4/579/158561?login=false>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

COMISSO, H. S.; MEDEIROS, E. S. Mapeamento da precipitação no estado de Alagoas por meio de técnicas geoestatísticas. **Revista Univap**, v. 27, n. 55, 2021. Disponível em: <<http://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/2580/1686>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **5º Levantamento - Safra 2021/22**. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 9 fev. 2022.

COSTA, A. S.; MAIA, C. P.; BARBOSA, D. P.; GUIMARÃES, A. K. V.; PONTES, M. L. Composição bromatológica do sorgo cv. Ss-318 em monocultivo e em consórcio com soja, em dois espaçamentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75852-75862, out. 2020. Disponível em:

<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17882>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

FAO. **FAOSTAT Production crops**. Roma, 2019. Disponível em:

<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

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

<<https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

FIDELIS, R. R.; GONZAGA, L. A. M.; SILVA, R. R.; ANDRADE, C. A. O. Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 2, p. 204, nov. 2016. Disponível em:

<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6294668>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; DUNDES, L. R. Rebrotas de soqueiras de sorgo em função da altura de corte e da adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 102-108. 2008. Disponível em:

<<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3301/1187>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

GERIK, T.; BEAN, B. W.; VANDERLIP, R. Sorghum Growth and Development; **Texas FARMER Collection**; Texas A & M System: College Station, TX, USA, 2003. Disponível em:

<https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/87184/pdf_1724.pdf?sequence=>

GIROTTI, H. C.; RODOVALHO, W. M. A.; NAKAO, A. H. Parâmetros agronômicos de cultivares de sorgos forrageiros em primeiro corte e rebrotas em razão da densidade de semeadura em solos arenosos. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, v. 10, n. 12, p. 1-17, jul. 2021. Disponível em:

<<https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/4140/4099>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

GUIMARÃES, Miguel Julio Machado. **Tolerância de variedades de sorgo granífero à salinidade em condições semiáridas**. 2017. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em:

<http://www.pgea.ufrpe.br/sites/www3.pgea.ufrpe.br/files/documentos/tese_-_miguel_julio_machado_guimaraes.pdf#page=78>. Acesso em: 07 mar. 2022.

IPA. Instituto Agronômico de Pernambuco. **IPA 467 (Seleção 2000)**: sorgo sacarino de elevada produção de biomassa para corte e silagem. 2009. Disponível em:

<<http://www.ipa.br/pdf/Sorgo%20467-4-2.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

JONES, O. R.; JOHNSON, G. L. **Evaluation of a short season, high density production strategy for dryland sorghum**. Texas: USDA-ARS, 1997. p. 97-101. Disponível em:

<<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=67021>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

JÚLIO, B. H. M.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBEIRO, P. C. O.; SANTOS, C. V.; JÚLIO, M. P. M.; OLIVEIRA, I. C. M.; MENEZES, C. B. Potencial forrageiro de sorgo silageiro. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/CNPq. 2017, Sete Lagoas **Anais** [...]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171839/1/Potencial-forrageiro.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; ROSSO, R. B. Altura de plantas e diâmetro de colmos de sorgo forrageiro irrigado em função de cortes. **Irriga**, v. 25, n. 2, p. 223-233, jun. 2020. Disponível em: <<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3944/2659>>. Acesso em: 01 fev. 2022.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. (Ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília: Embrapa, 2020. v. 2, cap. 38, p. 1243-1269. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122548/dinamica-da-producao-agropecuaria-e-da-paisagem-natural-no-brasil-nas-ultimas-decadas-produtos-de-origem-vegetal>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

LANDAU, E. C.; SILVA, G. A.; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. **Evolução da Produção de Sorgo Granífero**. In: LANDAU, Elena Charlotte; SILVA, Gilma Alves da; MOURA, Larissa; HIRSCH, André; GUIMARAES, Daniel Pereira. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal**. Brasília: Embrapa, 2020.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda 1986, 319 p.

LUZ, F. S. C.; MARREIROS, E. O. Características fenológicas do sorgo boliviano gigante em diferentes espaçamentos. **Revista Cultivando o Saber**. v. Edição especial, p. 11-18, 2020. Disponível em: <<https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1034>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991. Disponível em: <<https://academic.oup.com/plphys/article/96/1/198/6086742>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MENEZES, C. B.; FERNANDES, E. D. A.; PARRELLA, R. D. C.; SCHAFFERT, R.; RODRIGUES, J. **Importância do sorgo para o abastecimento de grãos, forragem e bioenergia no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa. 2021. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1138284/1/Cap-1-Importancia-do-sorgo.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

MONTEIRO, M. C. D.; ANUNCIACÃO FILHO, C. J.; TABOSA, J. N.; OLIVEIRA, F. J.; REIS, O. V.; BASTOS, G. Q. Avaliação do Desempenho de Sorgo Forrageiro para o Semi-

Árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 52-61, abr. 2004. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/89/90>>. Acesso em: 1 fev. 2022.

NEVES, A. L. A.; SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; OLIVEIRA, G. F.; SCHERER, C. B.; VERNEQUE, R. S.; MCALLISTER, T. Agronomic characteristics, silage quality, intake and digestibility of five new Brazilian sorghum cultivars. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 2, p. 371-380, jul. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Pereira-24/publication/271948134_Agronomic_characteristics_silage_quality_intake_and_digestibility_of_five_new_Brazilian_sorghum_cultivars/links/54eb26a10cf27a6de1173aaa/Agronomic-characteristics-silage-quality-intake-and-digestibility-of-five-new-Brazilian-sorghum-cultivars.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2022.

OLIVEIRA, A.F.M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, J. G. A.; ALVES, A. S.; CAVALCANTE JUNIOR, E. G. Influência da Temperatura e das Mudanças Climáticas no Comportamento da Evapotranspiração da Cultura do Sorgo Ponta Negra. *In: II INOVAGRI International Meeting, 2014, Fortaleza. Anais [...] Fortaleza, 2014*. Disponível em: <<http://www.bibliotekevvirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/simposios/221-ii-inovagri-2014/1560-ii-inovagri-2014-a185.html>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

OLIVEIRA, N. G.; PELLOSO, M. F.; SILVA, M. G.; SILVA, A. P. Desempenho agrônomico do sorgo sacarino em função do espaçamento entrelinhas e população de plantas. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 4, p. 1-16, 2019. Disponível em: <<https://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/22045>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

PERAZZO, A. F., SANTOS, E. M., PINHO, R. M. A., CAMPOS, F. S., RAMOS, J. P. D. F., AQUINO, M. M. D.; BEZERRA, H. F. C. Características agrônomicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1771-1776, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/f3BWz4rvbSndhFvX5xQhZjN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 03 fev. 2022.

PEREIRA, M. G. **Características morfológicas de sorgo cv. BRS Ponta Negra irrigado com água salina e adubado com esterco bovino**. 2017. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40305>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, A. C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 1, p. 31-38, 1993.

PESCUMO, D. P.; IGARASI, M. S. Híbridos de milho e sorgo para silagem na alimentação de bovinos leiteiros. **PUBVET**, v. 7, n. 6, p. 1513, Mar. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Igarasi/publication/312246934_Hibridos_de_milho_e_sorgo_para_silagem_na_alimentacao>

de_bovinos_leiteiros/links/5eab203345851592d6ae563b/Hibridos-de-milho-e-sorgo-para-silagem-na-alimentacao-de-bovinos-leiteiros.pdf>. Acesso: 07 mar. 2022.

PODDER, Swarup. **Screening for forage sorghum genotypes with chilling tolerance**. 2019. Tese (Degree of master of Science). Faculty of Agriculture and Applied Science, North Dakota State University, Fargo, 2019. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/30e89f8f13437f3886f044d08cbade44/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>>. Acesso em: 02 fev. 2022.

RABELO, F. H. S.; RABELO, C. H. S.; DUPAS, E.; NOGUEIRA, D. A.; REZENDE, A. V. Parâmetros agronômicos do sorgo em razão de estratégias de semeadura e adubação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 47-66, abr. 2012. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1615/1675>>. Acesso em: 1 fev. 2022.

RODRIGUES, J.A.S. Utilização de forragem fresca de sorgo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) sob condições de corte e pastejo. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2000, Lavras. **Anais [...]** Lavras: UFLA, 2000. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/484691>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

RODRIGUES, L. S.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; SILVA, V. S.; PAULA, P. C.; ADAMS, S. M.; MARTINI, P. M.; MARTINI, A. P. M. Variáveis morfogênicas e estruturais de sorgo forrageiro implantado com diferentes arranjos populacionais sob pastoreio contínuo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 1, p. 287-296, jan. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3cVYt9QPW5JM5GH9ZjQsjnb/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 1 fev. 2022

SANS, L. M. A.; GUISTEM, J. M. Estimativa do período de florescimento e maturidade fisiológica da cultura do sorgo por meio de graus-dias, calculado com diferentes valores de temperatura base. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Epagri, 2002. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/485711/1/Estimativaperiodo.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

SANTOS, F. G. S.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P.; PITTA, G. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S. **BRS Ponta Negra Variedade de Sorgo Forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/474346/1/Com145.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

SANTOS, G. C. L.; GARCIA, P. H. M.; VIANA, T.B.L.; BORGES, P.F.; ARAUJO, L.S.; GONZAGA NETO, S. Crescimento e eficiência do uso da água do sorgo sob distintos regimes hídricos contínuos. **Archivos de zootecnia**, v. 69, n. 266, p. 164-171, 2020. Disponível em: <<http://uco.eu/uopress/az/index.php/az/article/view/5111/3295>>. Acesso em: 03 fev. 2022.

SANTOS, G. R.; SANTOS, E. M. C.; LIRA, E. S.; GOMES, D. L.; SOUZA, M. A.; ARAUJO, K. D. Análise da precipitação pluvial e temperatura média do ar de Olho D'Água do Casado, Delmiro Gouveia e Piranhas, Alagoas. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 3,

n. 1, p. 16-27, 2017. Disponível em:

<<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10845/8546>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

SANTOS, M. A. A.; SANTOS, D. P.; SILVA, C. B.; ALBUQUERQUE, J. M. C.; COSTA, R. H.; SILVA, T. S. S.; SANTOS, M. A. L. Diagnóstico do uso da água e do solo na pecuária no do Canal do Sertão de Alagoas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 52093-52107, 2020. Disponível em:

<<https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/14008/11711>>. Acesso em: 03 fev. 2022.

SANTOS, R. F.; PLACIDO, H. F.; GARCIA, E. B.; CANTÚ, C.; ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P. FRIGO, K. D. A. Sorgo sacarino na produção de agroenergia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 1, p. 1-12, jan. 2015. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/39690/pdf_37>. Acesso em: 25 jan. 2022.

SCHWENCK, V. A. X.; QUEIROZ, L. S.; GARCIA, A. D. B. LEITE, K. J. ARNDT, S.; OLVEIRA, E. M. Coeficiente de cultura por lisímetria da variedade de sorgo forrageiro SF-15 (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 3960-3967, 2020. Disponível em:

<http://inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1146/pdf_605>. Acesso em: 03 fev. 2022.

SEAGRI-AL. Secretaria de Agricultura de Alagoas. **Sorgo granífero: nova opção para produção de grãos no semi-árido de Alagoas**. Maceió: SEAGRI/DIPAP, 2008. Disponível em: <http://www.agricultura.al.gov.br/relatorio/Folder%20Sorgo%20Granifero%20Fev%202008.pdf/at_download/file>. Acesso em: 24 jun. 2020.

SILVA, D. F.; GARCIA, P. H. M.; SANTOS, G. C. L.; FARIAS, I. M. S. C.; PÁDUA, G. V. G.; PEREIRA, P. H. B.; SILVA, F. E.; BATISTA, R. F.; GONZAGA NETO, S.; CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 12310313172-12310313172, 8 mar. 2021. Disponível em:

<<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13172>>. Acesso em: 07 mar. 2022.

SILVA, K. C. A. THEOTONIO, D. M.; SOUSA, N. T.; JOIA, N. F. R.; CEZÁRE, M.; TOLFO, A. L. T. Estado nutricional de híbridos de sorgo granífero cultivados em Argissolo do Noroeste Paulista. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 2, n. 4, p. 1338-1344, jul./set. 2019. Disponível em:

<<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/2981/2935>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

SILVA, T. I.; SANTANA, L. D.; CAMARA, F. T.; PINTO, A. A.; BRITO, L. L. M.; MOTA, A. M. D. Produtividade de variedades de sorgo em diferentes arranjos populacionais em primeiro corte e rebrota. **Revista Espacios**, v. 38, n. 27, p. 16-27, 2017. Disponível em:

<<http://www.revistaespacios.com/a17v38n27/17382716.html>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SOUZA, A. I. M.; GOES, G. B.; PRUDÊNCIO, R. M.; ANDRADE, A. G. M.; BORGES, D. M.; FONTENELE, R. M. Avaliação do desenvolvimento do sorgo (*sorghum bicolor* l. Moench) em função de diferentes adubos e densidades de plantas aos 60 e 90 dias de

emergência. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.3, p. 29671-29677, 2021. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/26889>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SUCUPIRA JUNIOR, G. **Cultivar BRS ponta negra irrigado com efluentes agroindustriais**. 2018. 47 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2672>>. Acesso em: 03 fev. 2022.

TABOSA, J. N.; RODRIGUES, J. A. S.; SIMPLICIO, J. B.; BRITO, A. R. M. B.; SANTOS, V. F.; NASCIMENTO, M. M. A. Variedades experimentais de sorgo forrageiro no semiárido brasileiro: parâmetros genéticos de produção em solos salinos. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2016, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149883/1/Variedades-experimentais.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J.; BRITO, A. R. Sorgo forrageiro. *In*: CAVALCANTI, F. J. A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3. ed. rev. Recife: IPA, 2008. p. 191.

TABOSA, N. J.; TAVARES, J. A.; REIS, O. V.; SIMPLÍCIO, J. B.; LIMA, J. M. P.; CARVALHO, H. W. L.; NASCIMENTO, M. M. A. Potencial do sorgo granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. *In*: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2008, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: IAPAR, 2008. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BB876D0E9-4784-4272-BE79-FEDA61096193%7D_216_2.pdf>. Acesso em: 10. jul. 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology 2nd ed Sinauer Associates. **Inc., Publ. Saunderland, Massachusetts**. 792p, 1998

TARDIN, F. D.; ALMEIDA FILHO, J. E.; OLIVEIRA, C. M.; LEITE, C. E. P.; MENEZES, C. B.; MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero cultivados sob irrigação e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 102-117, ago. 2013. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewFile/423/746>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

UPADHYAYA, H. D; VETRIVENTHAN, M.; AZEVEDO, V. C. R. Variation for Photoperiod and Temperature Sensitivity in the Global Mini Core Collection of Sorghum. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1100, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.571243/full>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

VELOSO, Carlos Alberto Costa. Sorgo granífero e forrageiro. *In*: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIEGAS, I. J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2020. p. 263-264. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218418/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-265-266.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2022.