



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS ARAPIRACA
CURSO DE ZOOTECNIA - BACHARELADO

ROSIMEIRE OLIVEIRA DE SOUZA

**PLANEJAMENTO DE ÁREA CULTIVADA COM MILHO SOB ESTRESSE
HÍDRICO PARA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS**

ARAPIRACA
2024

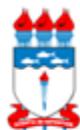
ROSIMEIRE OLIVEIRA DE SOUZA

PLANEJAMENTO DE ÁREA CULTIVADA COM MILHO SOB ESTRESSE HÍDRICO
PARA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC -
apresentado à Universidade Federal de Alagoas –
UFAL, *Campus* de Arapiraca, como pré-requisito
para a obtenção de bacharelado em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
Coorientador: Prof. Dr. Samuel Silva

ARAPIRACA
2024



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Campus Arapiraca - BCA

S729p Souza, Rosimeire Oliveira de
Planejamento de área cultivada com milho sob estresse hídrico para alimentação de vacas leiteiras [recurso eletrônico] / Rosimeire Oliveira de Souza. – Arapiraca, 2024.
52 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Samuel Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Arapiraca, 2024.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
Referências: f. 38-52.

1. Zootecnia. 2. Produção de leite. 3. Silagem. I. Santos, Márcio Aurélio Lins dos. II. Silva, Samuel. III. Título.

CDU 636



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
COMISSÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ATA DA DEFESA PÚBLICA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
ROSIMEIRE OLIVEIRA DE SOUZA, REALIZADA NO DIA 01 DE FEVEREIRO DE 2024

Ao primeiro dia do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, às treze horas e rinta minutos, no auditório do CRAD do Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), foi instalada a sessão pública para julgamento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) elaborado pela discente Rosimeire Oliveira de Souza, matriculada sob número 18110726, intitulado Planejamento de Área Cultivada com Milho sob Estresse Hídrico para Alimentação de Vacas Leiteiras. Após a abertura da sessão, o Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos (UFAL/Arapiraca, AL), Orientador e Presidente da Banca Examinadora, apresentou os demais examinadores: Prof. Dr. Cicero Teixeira Silva Costa (MDA, AL), Engenheira Agrônoma MSc. Maria Damiana Rodrigues Araújo (PPGAA, UFAL/Arapiraca, AL) e Engenheiro Agrônomo MSc. Hugo Rodrigues dos Santos (PPGAA, UFAL/Arapiraca, AL). Em seguida, a palavra foi dada a autora, que expôs seu trabalho. Terminada a exposição, procedeu-se à arguição e respostas da aluna. Ao final, a banca, reunida em separado, atribuiu o parecer: (X) aprovada [(X) com ajustes ou () sem ajustes] ou () reprovada, com a nota final 9,80 (nove vírgula oito).

Observações: _____

Nada mais havendo a tratar, às dezesseis horas e quinze minutos, o presidente da banca examinadora deu por encerrados os trabalhos e lavrou a presente ATA, que será assinada por quem de direito.

Arapiraca – AL., 01 de fevereiro de 2024.

Membros da Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO AURELIO LINS DOS SANTOS**
Data: 07/02/2024 22:43:04-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Márcio Aurélio Lins dos Santos
Presidente e Orientador

Documento assinado digitalmente
 **CICERO TEIXEIRA SILVA COSTA**
Data: 08/02/2024 08:43:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Cicero Teixeira Silva Costa
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 **MARIA DAMIANA RODRIGUES ARAUJO**
Data: 08/02/2024 06:18:10-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Maria Damiana Rodrigues Araújo
Examinadora 2

Documento assinado digitalmente
 **HUGO RODRIGUES DOS SANTOS**
Data: 08/02/2024 08:50:43-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Hugo Rodrigues dos Santos
Examinador 3

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar comigo e me dar a oportunidade de estar vivendo esse momento, o qual sempre foi um sonho e está se realizando. Agradeço a Universidade Federal de Alagoas, por ofertar um ensino de qualidade e excelência a todos.

Agradeço o meu orientador e Prof.^o Dr. Marcio Aurélio, por todo o apoio, por ter acreditado tanto em mim quando eu já não acreditava, por toda a dedicação, paciência e principalmente pelos ensinamentos que me proporcionou, sou imensamente grato a ela pela grande contribuição em minha formação.

Agradeço a todos os professores do curso de Zootecnia do *Campus* de Arapiraca, por todo auxílio no decorrer do curso através de suas disciplinas. Agradeço em especial a Professora Dr. Adriana Aparecida por sempre me ajudar como pessoa e profissional, pelos ensinamentos, pelas conversas e pela paciência ao longo desse curso, professora a senhora foi determinante na minha formação, e ao Prof.^o Dr Vitor Visitin por todo ensinamento repassado, por sempre me atender e tirar minhas dúvidas e por ser esse ser humano tão paciente e humano.

Agradeço a minha família, que sempre acreditaram em mim, sempre me apoiaram e me incentivaram a lutar pelos meus objetivos, sempre torceram pelo meu sucesso, em especial a minha filha Ayla Melissa, a minha mãe Lucineide Ferreira, aos meus irmãos Ricardo, Roberto, Romário e Jéssica.

Agradeço aos meus grandes amigos, irmãos e colegas de curso, que me ajudaram em tantos momentos, e estiveram sempre ao meu lado ao decorrer de todos esses anos, Maria Danila, Rodrigo, Bruno, Eriane, Gabriel, Edmundo, Raffel, Fernanda Silva, Luan, Eloisa, Larissa todo o apoio foi essencial para que chegássemos até o final deste curso e eu serei eternamente grato a vocês por tudo e por tanto.

Agradeço as minhas amigas do ensino médio por todo apoio durante o curso, Danila, Marta, Mônica, Irys, Luciane, Dayse, Larissa, Damiana e Mara. Vocês tem uma contribuição imensurável para minha formação e meu crescimento como pessoa e profissional.

Agradeço as amigas que a cidade me proporcionou Cléria, Jessyca, Géssica, Mãe do Edmundo, Ludiele, em especial a Sara Monique por todo amor e apoio.

Agradeço e dedico esse parágrafo a Maria Danila, que foi durante esses quase 6 anos de cursos um verdadeiro presente em minha vida, uma amiga, uma parceira, uma conselheira, maquiadora, um braço amigo, que comemorou loucamente com cada conquista minha, palavras são insuficientes para descrever minha gratidão por todo esse amor e apoio.

Agradeço e dedico esse parágrafo a minha amiga Sara Monique por ter me acolhido na sua casa durante toda a pandemia, por todos os conselhos e por todo amor, não tem palavras que mensure minha gratidão e amor por você e suas filhas.

Agradeço ao meu namorado, Samuel Silva, por ter acreditado no meu potencial, por sempre me ajudar, por esta presente durante essa fase crucial na minha vida e por todo amor.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho de conclusão de curso, o meu muito obrigada.

RESUMO

O planejamento forrageiro é um fator crucial para o sucesso da pecuária leiteira, pois estabelece a relação entre a oferta e demanda de forragem da propriedade, tendo como principal objetivo manter a oferta de forragem durante todo o ano. Diante disso, objetivou-se elaborar um planejamento forrageiro com silagem de milho produzido sob cenários de estresse hídrico para bovino de leite de diferentes categorias de Consumo de Matéria Seca (CMS). Os tratamentos com estresse no milho foram a partir de: pendoamento (T1), polinização (T2), grão leitoso (T3), grão pastoso (T4) e grão farináceo (T5), sem estresse). O CMS foi utilizado como fator quantitativo de avaliação, compondo tratamentos referentes a 4 categorias de produção de leite (LCG = 8, 16, 24, 32 kg dia⁻¹), resultando em CMS de 13,7; 16,7; 19,7 e 22,6 kg dia⁻¹. As variáveis analisadas foram produtividade de matéria natural (PMN) e matéria seca (PMS), teor de MS e Área para produção de silagem. Houve diferença significativa na PMN entre T1 (21,6 t ha⁻¹) e T5 (65,6 t ha⁻¹), além da PMS entre T1 (6,1 t ha⁻¹) e T5 (26,3 t ha⁻¹) e Teor de MS entre T1 28% e T5 40%. A área de plantio variou de 481,4 m² (CMS = 13,71 kg animal⁻¹ dia⁻¹ em T5) a 3.937 m² (CMS = 22,6 kg animal⁻¹ dia⁻¹ em T1). Para maiores níveis de produção de leite há maior demanda de consumo de matéria seca e, conseqüentemente, requer maior área de plantio.

Palavras-chave: produção de leite; matéria seca; silagem.

ABSTRACT

Forage planning is a crucial factor for the success of dairy farming, as it establishes the relationship between the property's forage supply and demand, with the main objective of maintaining the forage supply throughout the year. Therefore, the objective was to develop a forage plan with corn silage produced under water stress scenarios for dairy cattle of different Dry Matter Intake categories (DMI). The corn stress treatments were: bolting (T1), pollination (T2), milky grain (T3), pasty grain (T4) and mealy grain (T5), without stress). The DMI was used as a quantitative evaluation factor, composing treatments referring to 4 categories of milk production (LCG = 8, 16, 24, 32 kg day⁻¹), resulting in a DMI of 13.7; 16.7; 19.7 and 22.6 kg day⁻¹. The variables analyzed were productivity of natural matter (PMN) and dry matter (PMS), DM content and area for silage production. There was a significant difference in PMN between T1 (21.6 t ha⁻¹) and T5 (65.6 t ha⁻¹), in addition to PMS between T1 (6.1 t ha⁻¹) and T5 (26.3 t ha⁻¹) and DM content between T1 28% and T5 40%. The planting area ranged from 481.4 m² (CMS = 13.71 kg animal⁻¹ day⁻¹ in T5) to 3,937 m² (CMS = 22.6 kg animal⁻¹ day⁻¹ in T1). For higher levels of milk production there is a greater demand for dry matter consumption and, consequently, a larger planting area is required.

Keywords: milk production; dry matter; silage.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	IMPORTÂNCIA DO MILHO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	10
2.2	Manejo da água na produção de milho	11
2.2.1	Evapotranspiração e necessidade hídrica do milho	11
2.2.2	Balanço hídrico	12
2.2.3	Uso da irrigação na produção agrícola	13
2.2.4	Silagem em função da disponibilidade hídrica	13
2.3	EXIGÊNCIA DE MATERIA SECA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS	15
2.3.1	Consumo de matéria seca ao longo da lactação	15
2.3.2	Consumo de matéria seca em função do ambiente produtivo e da genética do animal	19
2.4	ASPECTOS CONSIDERADOS NO PLANEJAMENTO DE ÁREA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE MILHO	24
3.2	RELAÇÕES HÍDRICAS AVALIADAS	26
3.3	DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E TEOR DE MATERIA SECA DO MILHO	28
3.4	ESTIMATIVA DE CONSUMO DE MATERIA SECA POR VACAS LEITEIRAS	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira desempenha um papel crucial no Brasil, tendo impactos econômicos e sociais de grande relevância. O país está atualmente em terceiro lugar no ranking global dos maiores produtores de leite, com uma produção que supera os 34 bilhões de litros anualmente. Notavelmente, 98% dos municípios brasileiros participam ativamente dessa produção (MAPA, 2023).

De acordo com Gurgel *et al.* (2017), ao longo de um intervalo de 25 anos, de 1990 a 2015, a quantidade de leite gerada na região Nordeste experimentou um aumento superior a 100%, ultrapassando 2,07 bilhões de litros em 1990. Esse crescimento substancial contribuiu significativamente para impulsionar a dinâmica econômica regional. Em 2011, a produção de leite do Estado de Alagoas atingiu 229 milhões de litros, o que equivalia a 0,8% do total produzido no Brasil (Silva *et al.*, 2017). A produção leiteira do Estado de Alagoas se destaca nacionalmente, tornando a pecuária leiteira a segunda maior atividade rural em geração de empregos e renda, sendo superada apenas pela produção e cultivo de cana-de-açúcar (Lima *et al.*, 2017).

A alimentação dos animais é um elemento crucial na produção leiteira, uma vez que as vacas destinadas à produção de leite demandam um aporte nutricional significativo. Essas vacas atravessam distintos ciclos metabólicos ao longo de sua vida produtiva e reprodutiva, tornando a nutrição um fator essencial. A fim de otimizar sua habilidade em transformar o alimento ingerido em leite de alta qualidade, esses animais requerem uma oferta adequada de nutrientes em termos de quantidade e qualidade. Assim, é crucial manter uma alimentação apropriada (Souza, 2016).

A utilização de silagens na alimentação animal está em ascensão globalmente, principalmente devido à expansão da cultura do milho, que é altamente adaptada à ensilagem. Essa tendência também é impulsionada pelas oportunidades de mecanização em todo o processo de produção de silagem, resultando em uma redução significativa da dependência de mão-de-obra em comparação com outras formas de conservação de forragem (Cruz, 2023). De acordo com Santos *et al.* (2008), a ingestão de silagens de qualidade inferior resulta, inicialmente, na diminuição do consumo, acarretando conseqüentemente uma redução na produção de leite.

A silagem de milho é reconhecida como padrão e comumente utilizada como referência para avaliar o valor em comparação com outras formas de silagem (Henrique *et al.*, 1998). No entanto, a produtividade e qualidade da mesma variam

anualmente devido a diversos fatores, incluindo a disponibilidade de água no solo (Nussio, 1991). A irregularidade na distribuição sazonal de chuvas no Brasil provoca desequilíbrios na produção de forragem (Pimentel *et al.*, 1998). E, a falta de disponibilidade de volumoso durante a estiagem emerge como um fator restritivo na produção pecuária regional (Pires *et al.*, 2013).

Santos *et al.* (2010) ressaltaram que as áreas semiáridas do Nordeste apresentam desafios associados à escassez de água e, principalmente, à distribuição irregular das chuvas, impondo severas limitações à produção agropecuária. Com a escassez em quantidade e distribuição de chuva na região Nordeste, os agricultores recorrem à irrigação para garantir a manutenção da produção forrageira ao longo de todo o ano (Marques, 2007).

Pegorare *et al.* (2009) observaram em trabalho realizado na região de Dourados, MS que existe a produtividade do milho aumenta significativamente com volumes elevados de água, enquanto a escassez hídrica durante os períodos secos reduz essa produtividade. Portanto, a utilização da irrigação como método suplementar provou ser viável para o milho safrinha, especialmente durante épocas de menor disponibilidade de água da chuva, resultando em resultados econômicos positivos.

Dessa forma, para o agricultor que busca manter sua produtividade ao longo de todo o ano, torna-se essencial a produção de volumoso destinado à alimentação do gado durante o período seco (Alves *et al.*, 2017). Porém, ainda são poucos os estudos voltados a produção de volumoso em área irrigada, principalmente no Estado de Alagoas, o que se torna oportuno realizar trabalhos nesta área.

Diante disso, o trabalho teve como objetivo elaborar planejamento forrageiro com silagem de milho produzido sob estresse hídrico para bovino de leite de diferentes categorias de consumo de matéria seca.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IMPORTÂNCIA DO MILHO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância para o mundo e, principalmente para o Brasil, não só do ponto de vista econômico, em função da extensa área cultivada, mas também nutricional, em razão da diversidade de utilização, em que se destacam a alimentação humana e animal, tendo grande importância como matéria-prima para uma infinidade de produtos e co-produtos (Döbereiner *et al.*, 1995). A safra mundial de milho aumentou de 591 milhões para 1 bilhão de toneladas entre 2000 e 2018, correspondendo a um aumento de 82% na área. Dentre os motivos desse aumento, está o uso do grão para a ração animal (Contini *et al.*, 2019). No Brasil, a produção total do grão está estimada em 124,88 milhões de toneladas, influenciada pelo incremento da produção de 8,8% na 1ª safra e de 11% na 2ª (CONAB, 2023).

De acordo com Duarte *et al.*, (2010), o consumo destinado à alimentação animal corresponde em torno de 70% em nível mundial e entre 60 e 80 % no Brasil, tendo o crescimento de consumo uma relação direta com o crescimento na produção de aves e suínos. Diante de tal relevância a cultura se torna indispensável na alimentação animal tendo em vista sua crescente utilização. Paes (2006) ressalta que 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos. Evidenciando assim, sua importância na produção agropecuária do país.

Esta planta é tradicionalmente o material mais utilizado para ensilagem devido à sua composição bromatológica, preenchendo os requisitos para confecção de uma boa silagem (Deminicis *et al.*, 2009) e por possuir características qualitativas e quantitativas favoráveis à sua utilização, com boa aceitação por bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos para a produção de leite e ganhos de peso satisfatórios em animais para corte (Deminicis *et al.*, 2009). Além disso, o cultivo do milho para silagem nas diferentes regiões do Brasil, principalmente no Nordeste, ocorre normalmente no período chuvoso, o qual é relativamente curto e o milho é uma cultura de ciclo rápido (Silva, 2013).

2.2 MANEJO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MILHO

2.2.1 Evapotranspiração e Necessidade Hídrica do Milho

A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final; os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade, e do estágio de desenvolvimento da planta (Folegatti *et al.*, 1997). No caso do milho, este vai da pré-floração ao início do enchimento de grãos (Bergamaschi *et al.*, 2004), em que a quantidade de água consumida pela cultura durante o seu ciclo varia de 400 a 700 mm, dependendo das condições climáticas (Resende *et al.*, 2003).

Entender a necessidade hídrica (evapotranspiração) de uma cultura durante seu desenvolvimento é de grande importância para elaboração de projetos e manejo dos sistemas de irrigação, pois possibilita aumentar sua produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação (Santos *et al.*, 2014).

Lima (2008) define evapotranspiração como o conjunto de perdas evaporativas de uma dada área vegetada. Esse fenômeno é controlado por condições meteorológicas, sendo calculada a partir de dados de energia solar, velocidade do vento, temperatura do ar, umidade atmosférica e outros dados climáticos. Conforme Oliveira *et al.* (2020), a evapotranspiração (ET) pode ser obtida por métodos diretos e indiretos, sendo a lisimetria de pesagem, percolação e flutuação métodos diretos e métodos indiretos, como o tanque classe A, evaporímetros e a partir de equações empíricas que utilizam variáveis meteorológicas.

Carvalho *et al.* (2011) ressalta que uma das alternativas para se racionalizar o uso da água, em projetos agrícolas e manejo da irrigação é estimar a evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida através da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c). Os valores de ET_o são determinados de acordo com a estação meteorológica da localidade, enquanto os valores de K_c são estimados através de experimentos de campo por meio de lisímetros (Fenner *et al.*, 2019).

O consumo de água com base na ET_c possui relação muitas vezes linear com o rendimento de uma cultura (Stewart *et al.*, 1977; Trout; Dejonge, 2017; Djaman *et al.*, 2018a), em que diversos autores sugerem determinar o projeto de irrigação por

meio de um balanço entre a evapotranspiração e a precipitação (Doorenbos e Pruitt, 1977; Silva, 1982; Bernardo, 1995).

2.2.2 Balanço Hídrico

Uma técnica eficiente para determinar o consumo de água pelas culturas para fins de irrigação é o balanço hídrico, uma vez que essa técnica possibilita estimar a variação temporal do armazenamento de água no solo, com estimativas da evapotranspiração real (Phogat *et al.*, 2017), déficit hídrico, excedente hídrico e da lâmina de irrigação suplementar. Freitas (2005) ressalta que o balanço hídrico possui componentes que colaboram positivamente, aumentando a umidade do solo no volume de controle, ou negativamente, onde reduz a disponibilidade de água no solo, sobretudo na profundidade do sistema radicular efetivo.

A exigência hídrica das culturas pode ser determinada através da combinação de modelos do balanço hídrico, sensoriamento remoto e informações meteorológicas (Garrido-Rubio *et al.*, 2018). O estabelecimento de balanços hídricos no campo é difícil e dispendioso, sendo a variabilidade de seus componentes o maior problema para se obter resultados confiáveis (Pinheiro *et al.*, 2010).

Resolver o balanço hídrico de um solo é, na essência, resolver a equação da continuidade para aquele solo. Considerando-se um sistema formado por certa camada de solo, e assumindo-se a água como um fluido incompressível, a diferença entre a quantidade que entra no sistema e a que sai do mesmo sistema é igual à variação do armazenamento de água neste sistema (Camargo, 1990).

Essa variação resulta na deficiência ou excesso de água no solo, sendo crucial manter a umidade entre os limites toleráveis pela cultura. Castellví *et al.* (2004) descrevem que a deficiência hídrica do solo é condicionada pela relação entre a precipitação e a evapotranspiração e por sua capacidade de água disponível, que é variável entre diferentes locais podendo ser modificada pelo manejo adotado. Petry *et al.* (2007) observaram que, em anos secos a restrição hídrica ocasiona impactos expressivos sobre as plantas de milho, reduzindo seu desenvolvimento e produtividade em lavouras não irrigadas. Assim, o balanço hídrico é indispensável para o manejo correto da água aplicada de irrigação.

2.2.3 Uso da Irrigação na Produção Agrícola

O manejo da irrigação refere-se ao uso cuidadoso dos recursos hídricos disponíveis para alcançar um determinado objetivo, como obter alta produtividade das culturas por meio do uso eficiente da água, energia e outros recursos de produção. As práticas convencionais de irrigação baseiam-se em duas especificações-chaves: necessidade de água da cultura e eficiência de uso de água (Silva *et al.*, 2020). Além disso, possui grande importância socioeconômica e é uma opção estratégica de grande alcance na busca por melhoria na qualidade do produto colhido (Andrade, 2009).

Dentre os diversos usos dos recursos hídricos, a irrigação destaca-se pela importância socioeconômica em regiões agrícolas áridas e semiáridas, onde é praticada para suplementar a precipitação natural no atendimento das necessidades hídricas das culturas (Faria *et al.*, 2020). Em alguns casos a precipitação pluvial anual é suficiente para grandes culturas agrícolas, contudo, estas podem estar sujeitas a excesso ou falta de água em seu ciclo de cultivo, o que prejudica a variabilidade anual da produção e conseqüentemente redução nos índices produtivos de algumas regiões (Epperson *et al.*, 1993).

Na elaboração do planejamento, as atribuições de produção água-cultura torna-se o elemento básico de decisão dos planos de desenvolvimento e, relativamente à operação de projetos de irrigação, permitem tomar decisões sobre planos ótimos de cultivo e ocupação de área para produção econômica com base na água disponível (Frizzzone, 1998).

Agricultores com limitação na quantidade de água para a irrigação, muitas vezes tem que escolher entre opções de destino do uso da água como: reduzir a área irrigada e optar por irrigar totalmente uma cultura ou porção da sua área cultivada; utilizar a irrigação deficitária e irrigar parcialmente seus cultivos, mas com possibilidade de irrigar uma área maior; optar por cultivar culturas com menor exigência hídrica; ou investir em sistemas mais eficientes de irrigação (English *et al.*, 2002; Martin *et al.*, 1989).

2.2.4 Silagem em Função da Disponibilidade Hídrica

A utilização de silagem na alimentação animal é uma prática importante na sustentabilidade dos sistemas produtivos, considerando os custos com alimentação animal, principalmente nos períodos seco do ano. O uso de silagens de forrageiras tropicais ou de restos de culturas tem se tornado cada vez maior na produção animal, notadamente de ruminantes, como forma de utilização do excedente da produção de forragem do período favorável do ano para minimizar a questão de escassez de alimento no período seco (Santos *et al.*, 2010).

A distribuição irregular de chuvas, durante o ciclo de desenvolvimento da planta, pode explicar muito a variabilidade do seu rendimento ao longo dos anos (Bergamaschi *et al.*, 2007). Esta sazonalidade na produção das plantas forrageiras, provocada principalmente por questões climáticas, exige o planejamento e execução de práticas que visem à conservação de forragem para utilização durante períodos críticos (Lupatini *et al.*, 2004).

Apesar de não ser prática comum devido à elevação nos custos de produções, o cultivo do milho para ensilagem também pode ser realizado utilizando-se irrigação suplementar, especialmente em regiões semiáridas em anos com baixos índices pluviométricos em que a demanda por silagem é elevada devido à baixa disponibilidade de pastagens para o rebanho (Silva, 2013).

O conhecimento sobre distribuição e volume das precipitações pluviais é fundamental para o planejamento das atividades agrícolas, como definição das datas mais apropriadas para semeadura, tratos culturais e manejo de sistemas de irrigação visando evitar o estresse hídrico nas plantas (Klar *et al.*, 2006). A situação no semiárido é crítica, pois essas regiões estão sujeitas ao déficit hídrico, que é o principal estresse abiótico, responsável por reduzir a produtividade de biomassa em todo o mundo (Chaves e Oliveira, 2004; Turner e Rao, 2013).

Em regiões com limitações hídricas, além da seleção de híbridos ou cultivares de milho mais produtivas e que apresentam boa qualidade de biomassa, é indispensável a identificação de materiais com alta eficiência no uso da água, o que pode aumentar o sucesso da atividade, determinado pela tolerância ao déficit hídrico (Simões *et al.*, 2017).

Albuquerque e Resende (2009) verificaram que, na cultura do milho, o déficit anterior ao embonecamento reduz a produtividade em 20 a 30%, no embonecamento em 40 a 50% e após em 10 a 20%.

Costa *et al.* (2008) observaram que a cultura do milho é afetada de diferentes formas, pela deficiência hídrica, com alterações no crescimento das plantas e expansão da área foliar durante os estádios vegetativos e da produção de matéria seca da parte aérea, quando ocorreu disponibilidade hídrica insuficiente nos estádios reprodutivos do ciclo da cultura.

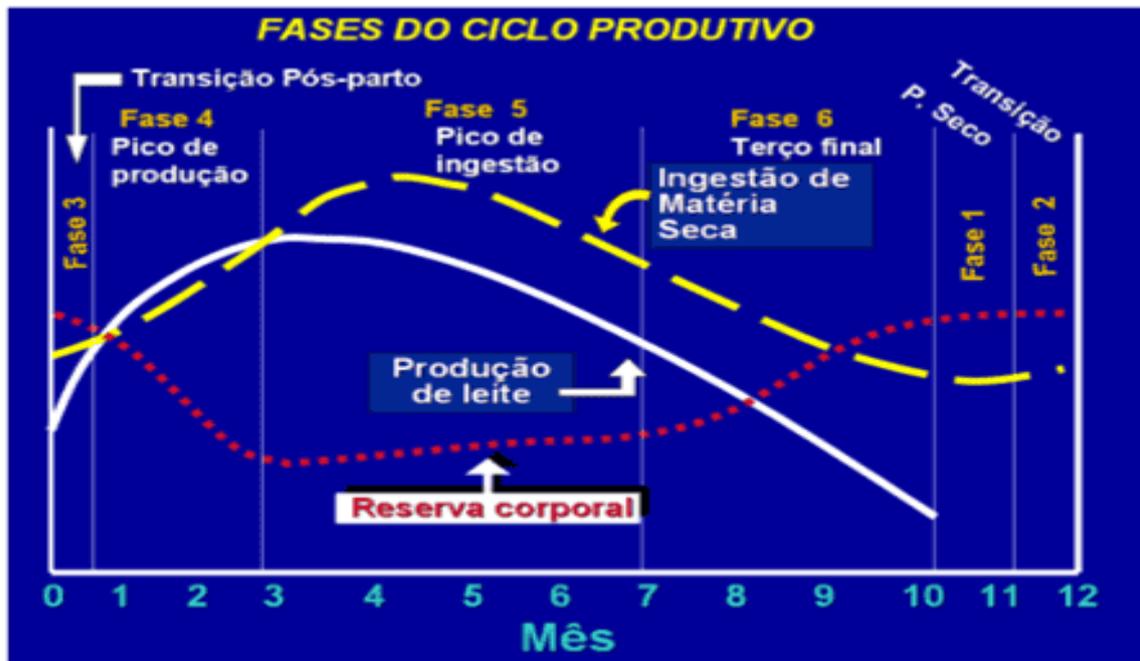
Amaral *et al.* (2016) estudaram o desempenho de cultivares de milho sob estresse hídrico e verificaram que a biomassa seca da parte aérea é influenciada pelas lâminas, porém, a redução de até 30% na lâmina de água aplicada não causou redução significativa no rendimento dos genótipos. Por outro lado, reduções nas lâminas de irrigação maiores que 50% reduziram a produtividade de biomassa seca de todos os materiais analisados. Essa produção de biomassa seca deve ser planejada conforme a necessidade da propriedade, quando se trata de alimentação animal, a fim de evitar desbalanço nutricional.

2.3 EXIGÊNCIA DE MATERIA SECA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

2.3.1 Consumo de Matéria Seca ao Longo da Lactação

O propósito fundamental de qualquer sistema de alimentação em fazendas leiteiras é proporcionar a quantidade adequada de nutrientes necessária para atender às demandas individuais de vacas (ou outras categorias), ao mesmo tempo em que possibilita a implementação de diversas práticas ou estratégias de manejo alimentar, de acordo com as preferências da propriedade (Gonçalves *et al.*, 2009). As necessidades nutricionais de animais leiteiros apresentam variações substanciais ao longo das diferentes fases do ciclo produtivo, incluindo o período seco, pré-parto, início de lactação e pós-pico de lactação (Figura 1). Essas variações decorrem das diferenças na capacidade de ingestão de matéria seca (IMS), no peso corporal e na produção de leite (Gonçalves; Zambom, 2015).

Figura 1 - Representação do ciclo produtivo de uma vaca leiteira em diferentes fases.



Fonte: Martinez (2010)

Nos primeiros dias após o parto, as vacas enfrentam dificuldades em consumir alimentos em quantidade suficiente para atender à crescente produção de leite até atingir o pico, geralmente por volta da sétima semana pós-parto. Por essa razão, é crucial fornecer uma dieta que permita a máxima ingestão de nutrientes possível para garantir o suporte adequado durante esse período crítico. Assim, devem ser manejadas em pastejos de boa qualidade e que possam permitir a alta ingestão de matéria seca necessária (Carvalho *et al*, 2003).

As recomendações da National Research Council (1989 e 2001) referentes aos requisitos nutricionais de vacas leiteiras foram formuladas com base na compreensão de que, nas primeiras semanas de lactação, é necessário um aumento na ingestão de proteína dietética para compensar a redução no consumo de alimentos em relação à demanda durante esse período.

Conduzindo experimentos com vacas de alta produção (produzindo entre 30 e 40 kg de leite por dia) em diversas fases de lactação, foram fornecidas dietas com variação nos níveis de proteína. Essas dietas foram compostas por 55% de silagem de alfafa e milho (em proporção 3:2), servindo como volumosos com base na matéria seca, Wu & Satter (2000) verificaram que as respostas na produção de leite variaram com o estágio de lactação. Assim, a recomendação é que, no início da lactação, a dieta seja composta por 17,5% de proteína bruta (PB) e entre 35% e 37% de proteína

não degradável no rúmen (PNDR). A partir da 30ª semana de lactação, sugere-se que o teor proteico da dieta seja ajustado para 16%.

Com uma gestão alimentar apropriada, poder-se-á obter de 500 a 1.000 litros de leite suplementar por vaca/lactação/ano. Ao contrário, um manejo inadequado poderá provocar uma redução da produção leiteira, uma diminuição da eficiência reprodutiva e um aumento de problemas metabólicos durante o período pré e pós-parto (Reis *et al.*, 2009).

Para o NRC (1989), vacas de elevada produção, produzindo entre 35 a 40 kg de leite por dia, durante o terço inicial de lactação, demandam dietas contendo 16 a 18% de proteína bruta (PB). Adicionalmente, é recomendado que a proteína não degradável no rúmen (PNDR) represente de 37 a 38% do total de proteína ou equivalha a 6,2 a 7,0% da matéria seca da dieta.

O ponto decisivo na produção animal é o consumo de matéria seca (CMS), uma vez que ele determina o patamar de produtividade e estabelece a quantidade de nutrientes contidos na matéria seca, a capacidade dos animais de ingerir alimentos em quantidade suficiente para atender às suas exigências nutricionais de manutenção e produção é definida por esse fator. Portanto, o consumo de matéria seca é considerado o parâmetro mais significativo na avaliação de dietas. (Campos *et al.*, 2010). Mertens (1987) Observou-se que o consumo de matéria seca (CMS) pode representar de 60 a 90% das variações no desempenho dos bovinos, enquanto apenas de 10 a 40% das demais variações estão relacionadas à qualidade nutricional dos alimentos.

De acordo com National Research Council - NRC (2021), a ingestão de matéria seca é um importante fator na formulação de uma dieta para vacas leiteiras de alta produção.

Conforme Almeida (2006) As dietas destinadas a vacas leiteiras são formuladas com base na matéria seca, uma vez que esses animais requerem quantidades específicas de nutrientes secos diariamente para atender às suas necessidades de manutenção, crescimento, gestação e produção de leite. Vacas de alto potencial produtivo devem alcançar um consumo de matéria seca equivalente a pelo menos 4% do seu peso vivo durante o pico de ingestão. Além disso, vacas submetidas a três ordenhas diárias consomem 5 a 6% mais matéria seca em comparação com aquelas ordenhadas duas vezes ao dia (Gado de Leite, 2002).

Diversos modelos matemáticos estão disponíveis para prever o consumo de matéria seca (CMS), contribuindo para tornar a produção mais economicamente viável. Conforme Dumas *et al.* (2008), a modelagem matemática emprega equações para descrever ou simular processos em um sistema, sendo uma ferramenta útil para obter informações mais detalhadas sobre a ingestão de alimentos, contudo, há uma falta de precisão nas equações de previsão do consumo de matéria seca (CMS), possivelmente atribuível a variáveis como manejo, dieta, características individuais dos animais e o ambiente em que o modelo foi desenvolvido. (Mcmenimam *et al.*, 2009).

Para bovinos de leite, os modelos mais utilizados são Cornell Net Carbohydrate and Protein System (Cncps-fox *et al.*, 1992; Tylutki *et al.*, 2008) e National Research Council (NRC, 1989; 2001), ambos originados nos Estados Unidos, utilizando dados provenientes de regiões de clima temperado, animais da raça Holandesa e alimentos típicos do sistema de produção norte-americano. Enquanto o CNCPS estima as demandas a partir da produção de leite e da massa corporal do animal, o NRC incorpora também informações sobre a composição do leite e a fase específica da lactação (Zanin *et al.*, 2017).

Em uma extensa abordagem sobre modelos de previsão de consumo de matéria seca (CMS), Pittroff e Kothmann (2001) analisando 12 equações distintas, constatou-se que, independentemente do nível de complexidade e sofisticação matemática, 10 delas consideraram o peso corporal, destacando a significativa importância da inclusão dessa variável nas equações de previsão do consumo de matéria seca (CMS).

Para satisfazer essas necessidades nutricionais, as vacas necessitam de um consumo substancial de alimentos com elevada qualidade e densidade energética. Essa exigência por nutrientes varia em cada fase específica da lactação. (NRC, 1989; NRC, 2001).

O fornecimento de uma dieta de boa qualidade, para vacas leiteiras é algo amplamente discutido, pois pode influenciar diretamente na produção, qualidade do leite, saúde e capacidade reprodutiva desses animais. Nos últimos anos, as pesquisas têm indicado que o conteúdo ideal de matéria seca (MS) das dietas deve ser superior a 45% e inferior a 60% para que não restrinja o consumo por excesso ou falta de umidade (Schingoethe, 2017).

As tabelas de exigências nutricionais para bovinos de leite têm sido utilizadas amplamente pelos nutricionistas, sendo geradas a partir de dados provenientes de países de clima temperado como Estados Unidos (NRC, 1989, 2001) e Inglaterra (ARC, 1980).

2.3.2 Consumo de Matéria Seca em Função do Ambiente Produtivo e da Genética do Animal

A produção e a qualidade do leite da vaca, por sua vez, são influenciadas por fatores ambientais, onde se destaca, principalmente, a alimentação (Restle *et al.*, 2003), e por fatores genéticos (Albuquerque *et al.*, 1993). Para Brito *et al.* (2009), as estruturas devem assegurar padrões de higiene, saúde e eficácia no manejo, ao mesmo tempo em que apresentam simplicidade, visando à redução de custos e à maximização do potencial genético dos animais.

Vacas consumido uma dieta com maior teor nutricional registraram um aumento na produção de leite, resultando em bezerros com maior ganho médio de peso diário durante o período pré-desmame. (Restle *et al.*, 2004).

A produção de leite está fortemente relacionada às condições ambientais em que os animais são criados, bem como à capacidade desses animais de manter sua temperatura corporal dentro da faixa termoneutra. Nesse estado, eles não precisam realocar nutrientes destinados à produção para a regulação térmica do corpo (Silva 2000). Dessa forma, a fim de manter a temperatura dentro desses limites, os animais têm a tendência de ajustar sua fisiologia de maneira mais ou menos pronunciada, buscando se adaptar ao ambiente e às condições climáticas em que estão inseridos. (Baêta e Souza 2010).

De acordo com Torres *et al.* (2000) a duração da lactação é mais influenciada por fatores ambientais do que por fatores genéticos. Observaram ao analisar os dados de produção de leite das vacas da raça Guzerá, que aquelas criadas em ambientes com sombreamento apresentaram uma produção superior em comparação com as vacas mantidas em ambientes sem sombreamento. (Lemos *et al.*, 2023).

De acordo com Martello *et al.*, (2004) A literatura destaca diversos estudos sobre ambiência e conforto térmico em animais, no entanto, são limitados os trabalhos que estabelecem uma relação direta entre o ambiente e as respostas fisiológicas e

produtivas. Conforme Nããs (1989), estudos indicam que a eficiência do desempenho animal resulta do adequado funcionamento do seu sistema homeotérmico, sendo que disfunções nesse sistema podem ocasionar alterações significativas na eficácia da produção.

Geralmente, os animais reagem ao estresse térmico com aumento na frequência respiratória, elevação da temperatura retal, diminuição no consumo de matéria seca e redução na produção de leite. Essas respostas, entretanto, variam de acordo com fatores como o nível e estágio de produção, proporção de volumosos na dieta, quantidade e qualidade da proteína fornecida, e variações nas condições ambientais (Chandler, 1987; Chen *et al.*, 1993). Temperaturas oscilando entre 27 e 27,7°C, juntamente com umidade variando de 72,3 a 74,4% resultaram em uma redução na produção de leite de vacas holandesas, na faixa de 3,6 a 4,5% (Aguiar *et al.*, 1996) em comparação à condição de conforto térmico.

Ao estudar a influência da temperatura ambiente no verão sobre a produção de leite de vacas Holandesas criadas a pasto, (Nascimento *et al.*, 2017) observaram uma redução de 20% na produção diária de leite durante a tarde em comparação com o período matutino. Essa diminuição foi associada às elevadas temperaturas atmosféricas nesse horário, bem como à notável variação térmica dentro da sala de ordenha entre os dois períodos avaliados (aproximadamente 10 °C), exercendo um impacto negativo na produção das vacas da raça Holandesa.

As reduções constatadas na produção de leite em vacas sob estresse térmico resultam de uma interação de efeitos que afetam a regulação térmica, o balanço energético e alterações endócrinas, entre outros fatores. (Johnson, 1985). A principal razão para a redução da produção de leite em climas quentes é a redução no consumo de matéria seca (MS) (Mcdowell *et al.*, 1976; Mcguire *et al.*, 1989; e Chen *et al.*, 1993).

A influência dos fatores ambientais sobre os animais é reconhecida como uma das questões mais impactantes que afetam a produtividade leiteira no país, devido à ampla variabilidade de microclimas e à diversidade de raças produtoras de leite (Pinheiro *et al.*, 2015). Por exemplo, o sistema de confinamento Compost Barn apresenta algumas vantagens, tais como: maior conforto aos animais, possibilitando que os animais se deitem em qualquer posição e circulem livremente; redução das lesões de casco, baixos níveis de escore de sujidade de úbere; melhor observação de

cio; facilidade no aproveitamento da cama como fertilizante, dentre outras (Peixoto, 2017).

A baixa eficiência produtiva em bovinos, quando relacionada ao estresse térmico, decorre principalmente da reduzida ingestão de alimentos, seguida pela diminuição da atividade enzimática oxidativa, da taxa metabólica e de alterações na concentração de diversos hormônios (Pereira *et al.*, 2008).

A maioria do rebanho brasileiro é composta por vacas mestiças, sendo a escolha desses animais motivada por diversas razões. Essas vacas representam uma excelente opção para sistemas de pastagem devido à sua robustez, permitindo que resistam a variações ambientais e de manejo. Além disso, destacam-se pela maior longevidade e oferecem vantagens em termos de custo de produção em comparação com sistemas que empregam animais de linhagem pura (Vasconcellos *et al.*, 2003).

Em se tratando do fator genética, num estudo no qual se verificou a produção e composição de leite de vacas zebuínas em diferentes ordens de parto, Ribeiro *et al.* (2009) observaram produção de leite de até 10 kg por dia. Galvão Júnior *et al.* (2010) avaliaram a produção de leite nas raças Guzerá, Gir e Sindi e observaram variação de 8,4 a 20,2 kg dia⁻¹.

No entanto, Dorneles *et al.* (2009) analisaram a produção de leite em vacas da raça Holandesa durante o período de 23 a 292 dias de lactação, constatando-se uma variação na produção diária entre 17,9 e 23,4 kg.

Facó *et al.* (2007) observaram melhores desempenhos nos animais dos grupos genéticos 1/2 e 3/4 da raça Girolando. Freitas *et al.* (1998) relataram que touros mestiços 3/4 e 7/8 estiveram associados a maiores produções de leite em comparação aos touros 5/8, enquanto Mellado *et al.* (2011) registraram maiores produções de leite no grupo H (Holandês), seguido dos grupos 1/4 e 1/2.

Cobuci *et al.* (2000) observaram a composição do leite em vacas da raça Guzerá e concluiu que animais mais jovens exibiram produções iniciais mais baixas e uma taxa de declínio na qualidade do leite inferior em comparação com vacas mais maduras. Essa relação inversa é atribuída principalmente ao aumento na produção de leite observado em matrizes multíparas.

Araújo *et al.* (2006) ao conduzirem pesquisas com vacas da raça Holandesa em Minas Gerais observaram que a maior parte da variação genética na produção de leite é influenciada por genes que têm efeito durante todo o período da lactação. Isso

sugere que a seleção para um determinado estágio da lactação resultará em ganhos em todos os outros estágios desse processo.

Vercesi-Filho *et al.* (2007) observaram uma forte correlação genética (0,93) entre a produção de leite e a duração da lactação em bovinos mestiços de leite no Brasil. Essa constatação sugere que lactações mais curtas, que são normalmente encerradas, não devem ser excluídas das avaliações genéticas.

Os animais da raça Holandês são caracterizados por grande tamanho adulto, peso médio 550 kg, aptidão especializada para produção de leite, sendo considerada a melhor raça para esta atividade, devido à eficiência em transformar nutrientes da sua ração em leite. Apresenta como limitação a exigência de conforto e clima, sua criação fica restrita para regiões mais frias, pois em ambientes quentes, apresentam estresse térmico, o que interfere na produção de leite, causando prejuízo para o produtor (Silva *et al.*, 2011).

Já os da raça Jersey são de pequeno porte, peso varia entre 300 kg a 600 kg, aptidão especializada em produção de leite, com elevadas porcentagens de sólidos, como gordura e proteína, para indústria de lácteos seu aproveitamento é superior em relação ao leite produzido pela raça holandesa (Silva *et al.*, 2011).

Pardo-Suiça esses animais, de grande porte e aptidão dupla, possuem fêmeas com um peso variando entre 550 kg e 750 kg de peso vivo. Destacam-se pela eficiência na produção de leite quando submetidos à criação a pasto (Silva *et al.*, 2011).

A presença das raças zebuínas na pecuária brasileira é notável, considerando a quantidade significativa de rebanhos zebus e azebuados dedicados à produção de leite. A raça Gir destaca-se como a mais empregada em cruzamentos com raças europeias especializadas na produção leiteira, visando a obtenção de mestiços (Wenceslau *et al.*, 2000).

2.4 ASPECTOS CONSIDERADOS NO PLANEJAMENTO DE ÁREA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

A utilização de silagens tem se revelado uma solução eficaz para os períodos de escassez na produção de forragens, oferecendo uma fonte de volumoso de alta qualidade amplamente empregada na alimentação de ruminantes (Possenti *et al.*,

2005). Para a produção de silagem de milho de boa qualidade, com alto valor nutritivo, um fator importante é escolha da cultivar. A cultivar deve ser ajustada à região e apresentar, além das características comuns, como resistência a doenças e ao acamamento, uma notável produção de massa, combinada com uma alta produtividade de grãos. As plantas provenientes de híbridos de ciclo precoce, devido à sua menor estatura, viabilizam a produção de silagem com uma maior proporção de grãos, resultando em um valor nutritivo superior em comparação com os híbridos de ciclo normal (Resende, 1997).

O entendimento do teor de matéria seca presente na silagem é crucial, pois é com base nesse dado que se realiza o cálculo da dieta, uma vez que o consumo do alimento pelos animais é expresso em kg de matéria seca por animal por dia. Portanto, quanto menor o teor de matéria seca, maior será o consumo. A silagem de milho é classificada como padrão devido ao atendimento aos requisitos essenciais para a produção de uma silagem de qualidade, incluindo um teor de matéria seca situado entre 30% a 35%, pelo menos 3% de carboidratos solúveis na matéria original, um poder tampão reduzido, além de favorecer uma fermentação microbiana eficaz (Cruz *et al.*, 2001; Von Pinho *et al.*, 2007).

Conforme Nussio (1993), para que a silagem de milho desempenhe sua função como um recurso forrageiro de alto valor nutritivo, é necessário que ela contenha uma proporção substancial de grãos, aproximadamente entre 40% a 50% da matéria seca total da planta. Os grãos devem estar no estágio farináceo-duro, iniciando a formação de uma estrutura dentada (Backes *et al.*, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE MILHO

O experimento de milho utilizado neste trabalho foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas/Campus Piranhas (-09°37'12"; -37°46'12"; 187 m) de 28/02/2019 a 03/06/2019 (Figura 2 e 3). A classificação climática da região pelo método de Köppen é do tipo Bsh, clima muito quente, semiárido, tipo estepe, com estação chuvosa centrada nos meses de abril, maio e junho. A precipitação pluvial média anual da região é de 483 mm (Sousa *et al.*, 2010).

Figura 2 - Stand de plantas de milho submetido ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas durante os meses de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas - AL.



Fonte: SOUZA (2022)

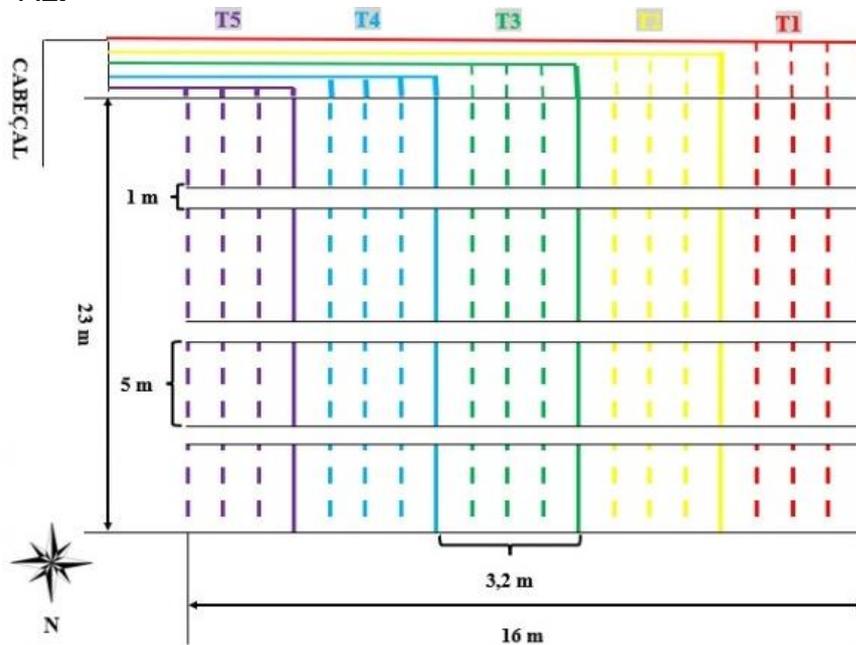
Figura 3 - Mapa e imagem de satélite do IFAL – Campus Piranhas, localizado na cidade de Piranhas-AL, destacando a área do experimento (quadro com borda laranja).



Fonte: Google Maps, adaptado por SOUZA (2022).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados organizados em faixas com quatro repetições. Os tratamentos foram cinco períodos de submissão da cultura ao estresse hídrico, o qual ocorreu a partir das seguintes fases: pendoamento (T1), polinização (T2), grão leitoso (T3), grão pastoso (T4) e grão farináceo (T5, sem estresse), correspondendo aos 45, 55, 65, 75 e 85 dias após o plantio (DAP), respectivamente. As parcelas foram compostas por 4 fileiras de 5,0 m de comprimento espaçadas a 0,80 m, resultando numa área total de 16 m², sendo que a área útil foi composta pelos 3 m centrais das duas linhas do meio (Figura 4).

Figura 4 - Croqui do experimento no período de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas - AL.



Fonte: SOUZA (2022)

O híbrido de milho M274 foi semeado em sulcos abertos manualmente, colocando-se duas sementes a cada 0,20 m, e quando as plantas atingiram 4 folhas totalmente expandidas, foi feito o desbaste para uma planta, resultando em 62.500 plantas por hectare.

A análise física e química do solo foi realizada após o preparo do solo via gradagem, em que foram coletadas 20 amostras simples de solo nas camadas de 0-20 cm de profundidade, sendo obtidas duas amostras compostas, as quais foram devidamente acondicionadas e enviadas ao Laboratório de Fertilidade e Laboratório

de Física do solo do Campus para análise dos atributos físicos (Tabela 1) e químicos (Tabela 2).

Tabela 1 - Atributos físicos do solo da área experimental em Piranhas - AL, 2019.

Atributos físicos				
Camadas	Areia (g kg⁻¹)	Silte (g kg⁻¹)	Argila (g kg⁻¹)	Textura
0-20 cm	812,0	3,0	185,0	Franco Arenoso
	CC (%)	PMP (%)	Densidade do solo (g cm⁻³)	
0-20 cm	22	8,14	1,21	

CC: Capacidade de Campo; PMP: Ponto de murcha permanente

Fonte: SOUZA (2022)

Tabela 2 - Atributos químicos do solo da área experimental em Piranhas - AL, 2019.

Amostra	pH_{H2O}	Na⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	H+Al	Al³⁺	S	T	V	P
Cm	1:2,5					----- cmol _c dm ⁻³ -----				-%-	---mg L ⁻¹ --
0-20	6,9	0,1	9,3	2,5	5,4	3,3	0	17,3	20,6	84	39

H+Al: Acidez Potencial, S: Soma de Base, T: Capacidade de Troca Catiônica, V: Saturação por Bases e Na, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H+Al, Al³⁺ extraídos por Mehlich⁻¹

Fonte: SOUZA (2022)

A adubação foi feita em função da análise do solo e da produtividade esperada de 10 t ha⁻¹, de acordo com Coelho (2007), em que se aplicaram em fundação 96,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 20 kg ha⁻¹ de N mais a metade do potássio, equivalente a 91,2 kg ha⁻¹ de K₂O. A segunda metade do potássio mais o restante do nitrogênio (180 kg ha⁻¹ de N) foram aplicados na adubação de cobertura aos 15 dias após o plantio (DAP). As fontes de adubo utilizadas foram o superfosfato simples com 18% de P₂O₅, cloreto de potássio com 60% K₂O e sulfato de amônio com 21% N. Aos 22 DAP foi aplicado também um mix via foliar com 0,35; 0,88; 3,49; 0,88; 0,17 e 0,16 kg ha⁻¹ correspondentes a Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, e Ni respectivamente.

O controle de pragas e doenças foi feito através do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD), sendo utilizado inseticida químico à base de metomil na dose de 0,5 Lha⁻¹ nas fases inicial (V2) e crescimento (V9 e V15) aos 8, 26 e 40 DAP para o controle de *Spodoptera frugiperda*. O controle de ervas espontâneas foi realizado através de capina manual.

3.2 RELAÇÕES HÍDRICAS AVALIADAS

A irrigação foi feita via sistema de gotejamento com vazão nominal de 7,5 L h⁻¹ m⁻¹, pressão nominal de 10 mca e espaçamento entre gotejadores de 20 cm. O manejo da irrigação foi realizado com turno de rega diário e manutenção da umidade do solo

próximo à capacidade de campo, em que o monitoramento foi realizado com uso de tensímetro digital instalado a 20 cm de profundidade (Figura 4).

Figura 5 - Distribuição das linhas (A), fita gotejadora distribuídas na área do experimento (B), tensímetro digital utilizado para verificar a tensão (D) e adição de água na haste do tensímetro (C) utilizados durante a condução do experimento no período de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas - AL.



Fonte: SOUZA (2019).

As variáveis agrometeorológicas necessárias foram obtidas numa estação automática de aquisição de dados pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia- (INMET) e localizada no Ifal-Campus Piranhas, em que foram coletados os dados de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação pluvial e radiação solar global. Estes dados foram utilizados no cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) pelo método do coeficiente da cultura único ($ET_c = ET_o \times K_c$), sendo ET_o (mm dia^{-1}) a evapotranspiração de referência, estimada pelo modelo de Penman-Monteith parametrizado no boletim FAO 56 (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) de ALLEN et al. (1998) e K_c o coeficiente da cultura. Os valores de K_c utilizados foram ajustados conforme a metodologia do boletim.

Tabela 3 - Valores de Kc tabelado e ajustado para o milho irrigado por gotejamento na região de Piranhas-AL, durante fevereiro a junho de 2019.

Fases	Duração (Dias)	Kc Tabelado	Kc Ajustado
Inicial	18	0,4	0,65
Crescimento	14	Interpolado	Interpolado
Intermediária	18	1,2	1,12
Final	45	0,6	0,53

Fonte: SOUZA (2022)

3.3 DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE E TEOR DE MATERIA SECA DO MILHO

Aos 76 DAP, foram coletadas 5 plantas da área útil para determinar a produtividade de matéria natural (PMN) e matéria seca (PMS), em kg ha⁻¹, além do teor de MS (PMS/PMN x 100) as quais foram colocadas em estufa de secagem a 65°C até estabilizar a pesagem.

3.4 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE MATERIA SECA POR VACAS LEITEIRAS

O consumo de matéria seca pelos animais foi determinado utilizando o modelo NRC (2001):

$$CMS = 0,372 \times LCG + 0,0968 \times MC^{0,75} \times \{1 - e^{[-0,192 \times (SL+3,67)]}\}$$

Em que:

CMS = consumo de matéria seca (kg dia⁻¹);

LCG = produção de leite corrigido para 4% de gordura (kg dia⁻¹);

MC = massa corporal (kg), foi considerado peso médio do animal igual a 550 kg;

SL = semanas de lactação;

e = base dos logaritmos naturais.

O CMS foi utilizado como fator quantitativo de avaliação neste trabalho, compondo tratamentos referentes a 4 categorias de produção de leite (LCG = 8, 16, 24, 32 kg dia⁻¹), resultando em CMS de 13,7; 16,7; 19,7 e 22,6 kg dia⁻¹.

Foi determinada a relação percentual de consumo de MS através da relação entre o CMS e o peso vivo (PV):

$$\text{Relação CMS/PV} = \frac{\text{CMS}}{\text{PV}} \times 100$$

Em que:

PV = peso vivo do animal, em kg.

3.5 DIMENSIONAMENTO DE ÁREA PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

O dimensionamento de área para produção de silagem foi realizado como:

$$AP = \frac{(\text{CMS} \times 90) \times 10.000}{\text{PMS}}$$

Em que:

AP = área de plantio (m²) necessária por animal;

CMS x 90 = consumo de MS por animal durante 90 dias do ciclo de produção do milho;

PMS = produtividade de matéria seca do milho (kg ha⁻¹).

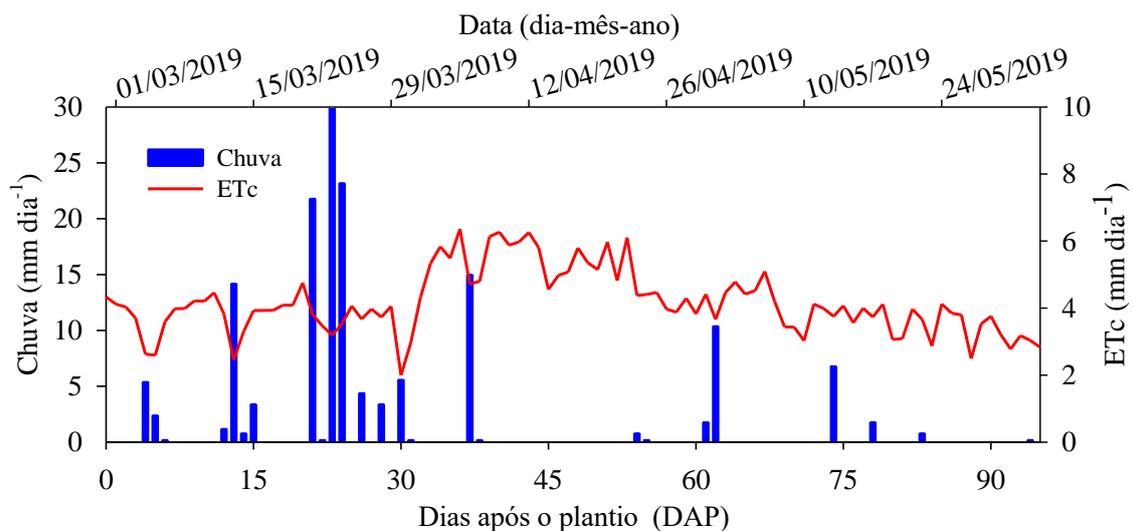
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A variável AP resultante dos tratamentos de estresse hídrico x categorias de CMS foi submetida à análise de variância pelo teste F e, após verificação de variação estatística, foi submetida ao teste de Tukey com 5% de significância e análise de regressão, uma vez que os tratamentos com estresse no milho (a partir de: pendoamento (T1), polinização (T2), grão leitoso (T3), grão pastoso (T4) e grão farináceo (T5), sem estresse) são do tipo qualitativos e as categorias de CMS (13,7; 16,7; 19,7 e 22,6 kg dia⁻¹) são tratamentos quantitativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluvial durante o ciclo de produção do milho, somou 156 mm (Figura 6), enquanto a evapotranspiração total da cultura (ETc) foi 399 mm. Apesar deste período do ano corresponder à estação chuvosa da região, essa disponibilidade hídrica foi insuficiente para atender a demanda de água da cultura. Conforme Machado (2016), para uma boa produção, o milho necessita de 400 a 600 mm de água durante o ciclo. Considera-se que a cultura do milho apresenta alta demanda por água, mas também é uma das mais eficientes no seu uso, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida (Cavalcante *et al.*, 2018).

Figura 6 - Valores diários de chuva e ETc de fevereiro a junho de 2019 durante o cultivo de milho submetido ao déficit hídrico em diferentes fases fenológicas em Piranhas – AL.

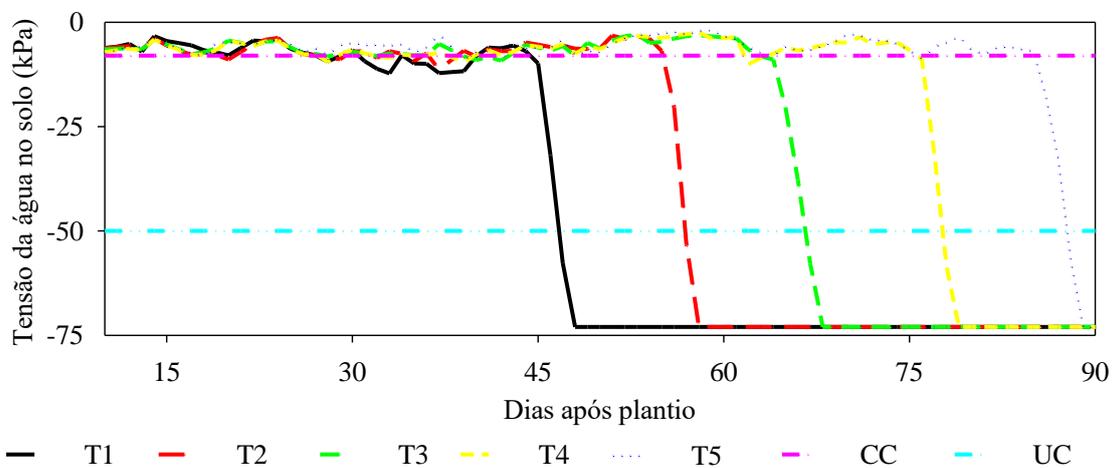


Fonte: SOUZA (2022)

A irrigação aplicada no cultivo, do plantio até o final da fase de crescimento da cultura (0-45 DAP), fez com que todos os tratamentos estivessem com a umidade próxima à capacidade de campo (CC), equivalente a -8,0 kPa (Figura 7). A partir do estágio de pendramento, a tensão de água no solo em T1 esteve abaixo do ponto de umidade crítica (-50 kPa) pelo fato da suspensão da irrigação. Nos tratamentos T2, T3, T4 e T5 a tensão de água no solo permaneceu próximo à CC até aos 55, 65, 75 e 85 DAP, que corresponde, respectivamente, aos estádios de polinização, grão leitoso, grão pastoso e grão farináceo atingidos pela cultura.

A partir desses períodos de suspensão da irrigação em todos os tratamentos (pendoamento ao grão farináceo), a tensão diminuiu drasticamente, ultrapassando o ponto de umidade crítica para a cultura. Isso refletiu negativamente nas variáveis de crescimento e produtividade da cultura, exceto o T5, que teve a suspensão do fornecimento de água quando não havia mais efeito da umidade do solo no enchimento de grãos.

Figura 7 - Tensão de água no solo durante cultivo de milho submetido a déficit hídrico em diferentes fases fenológicas do período de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas - AL.



Fonte: SOUZA (2022)

Os resultados obtidos do experimento do milho mostram, conforme a Tabela 4, que houve diferença significativa entre os tratamentos para Matéria Natural (MN) e Matéria Seca (MS) ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F, enquanto para Teor de MS a significância foi de 5%.

Tabela 4 - Quadrados médios e análise de variância da Matéria Natural (MN), Matéria Seca (MS) e Teor de MS do milho cultivado na região de Piranhas-AL, durante fevereiro a junho de 2019.

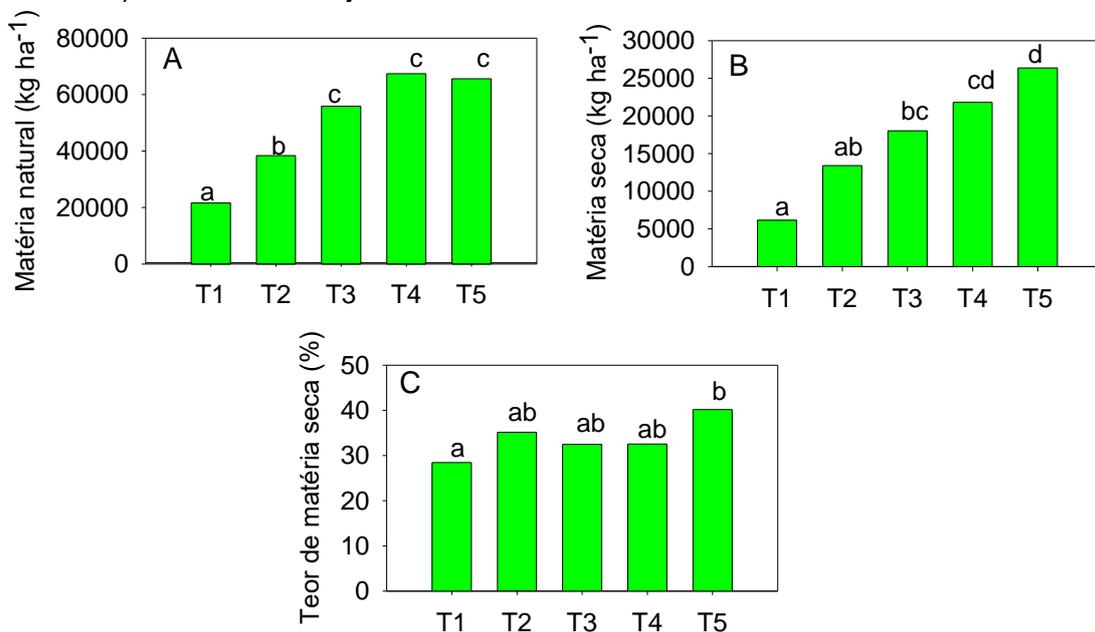
FV	GL	MN	MS	TEOR MS (%)
Bloco	3	263.397.017,16**	18.493.078,85 ^{ns}	22,58 ^{ns}
Tratamento	4	1,52x10 ⁹ **	242.685.463,55**	74,58*
Erro	12	40.706.696,39	12.236.711,99	19,16
Total	19			
CV (%)		18,81	20,4	12,96
Média geral (kg ha⁻¹)		49.786,93	17.150,87	33,76

**significativo a 1%, *significativo a 5% e ns não significativo pelo teste F

Fonte: Própria autora (2024)

A produtividade de Matéria Natural foi igual nos tratamentos T3 (55,9 t ha⁻¹), T4 (67,4 t ha⁻¹) e T5 (65,6 t ha⁻¹), os quais diferiram de T1 (21,6 t ha⁻¹) e T2 (38,4 t ha⁻¹) pelo teste de Tukey (Figura 8A). A diferença entre os valores mínimo (T1) e máximo (T4) foi de 45,8 t ha⁻¹, sendo este valor equivalente ao dobro de T1 e superior a T2 em 20%. Já a Matéria Seca diferiu isoladamente entre T1 (6,1 t ha⁻¹) e T5 (26,3 t ha⁻¹), enquanto T2 (13,4 t ha⁻¹) e T3 (18,00 t ha⁻¹) foram iguais entre si estatisticamente (Figura 8B). T4 (21,8 t ha⁻¹) e T5 (26,4 t ha⁻¹) também apresentaram MS semelhante. O tratamento T1 não produziu espigas, pois o suprimento de água da irrigação foi interrompido muito antes das mesmas começarem a ser formadas, fazendo com que não houvesse umidade no solo suficiente no período de formação da espiga. Com isso, a produção de matéria seca total em T1 foi equivalente a apenas 30% de T5, o qual teve irrigação plena até à maturação fisiológica.

Figura 8 - Produtividade de Matéria Natural (A) e Matéria Seca (B) e Teor de Matéria seca (C) do milho submetido a períodos de estresse hídrico (a partir de: pendoamento (T1), polinização (T2), grão leitoso (T3), grão pastoso (T4) e grão farináceo (T5, sem estresse) de fevereiro a junho de 2019 em Piranhas - AL.



Colunas com letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Própria autora (2024)

Lavezzo *et al.* (1997), ao analisarem híbridos de milho em quatro estádios de maturidade: ML (milho com grãos no ponto leitoso), MP (milho com grãos no ponto

pamonha), MF (milho com grãos no ponto farináceo) e MSD (milho com grãos no ponto semiduro), encontraram valor médio de 32,2 toneladas de matéria verde por hectare, bem aquém das produções de 48,1 a 55,9 t ha⁻¹ registradas por Evangelista *et al.* (1982) e Valente *et al.* (1984). No entanto, deve-se considerar que a densidade do plantio adotada foi menor que a encontrada na literatura. Em relação à produção de MS, houve diferença (P<0,05) entre os estádios de maturidade, sendo maiores para o MSD (9.896 kg ha⁻¹) e MF (9.866 kg ha⁻¹), seguido pelo MP (8.736 kg ha⁻¹) e ML (7.460 kg ha⁻¹).

Costa *et al.* (2008) ao estudarem a cultura do milho sob diferentes níveis de água no solo, observaram que para os tratamentos com 100, 75 e 50% da AD (água disponível) e PMP (ponto de murcha permanente), a produção de matéria seca foi de 132, 95, 82 e 64 g planta⁻¹, evidenciando que há redução na matéria seca da planta sob condição de estresse hídrico.

O teor de Matéria Seca total da planta apresentou resultados semelhantes nos tratamentos T2 (35%), T3 (32%) e T4 (33%) e diferente para o T1 (28%) e T5 (40%), sendo essa diferença equivalente a 41% a mais em relação a T1 (Figura 8C). Esses valores corroboram com os encontrados por Mello *et al.* (2005), os quais mediram teor de MS entre 29 e 32% em seis híbridos de milho.

Em consonância com as descobertas observadas, Wu *et al.* (2011), ao investigar a reação fisiológica e o crescimento das plantas de milho sob condições de escassez de água, constataram uma diminuição na massa seca das plantas e na taxa de transpiração, especialmente quando o solo era mantido com uma umidade inferior a 90% da Capacidade de Campo (CC). Quando a disponibilidade de água diminui, a planta geralmente diminui o fluxo de transpiração e implementa mecanismos de ajuste osmótico para assegurar a absorção de água e manter a turgidez das células (Taiz; Zeiger, 2009). É importante destacar que esse processo requer gastos de energia, o que pode afetar a produção de matéria seca.

O consumo diário de matéria seca (CMS) pela vaca, estimado de acordo com a metodologia da NRC (2001), em que se levou em consideração 4 níveis de produção de leite (8, 16, 24, 32 kg dia⁻¹) e resultou em CMS de 13,7; 16,7; 19,7 e 22,6 kg dia⁻¹, foi a base utilizada para a estimativa da área necessária ao cultivo do milho utilizado na produção da silagem utilizada na alimentação do animal.

Conrad *et al.* (1964) relataram que em dietas com uma faixa de digestibilidade da matéria seca (MS) entre 52% e 66%, o consumo de MS está intimamente ligado ao peso corporal (PC), ao resíduo indigestível e à digestibilidade da MS. Por outro lado, em dietas com uma digestibilidade variando de 67% a 80%, o consumo está associado ao peso metabólico, à produção e à digestibilidade.

A área de plantio para produção de silagem de milho baseado na necessidade de consumo da vaca apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com significância de 1% para os fatores CMS e Estresse, enquanto a interação entres os dois fatores não diferiu estatisticamente.

Tabela 5 - Quadrado médio e análise de variância da área de plantio de milho para silagem utilizada na alimentação de vacas leiteiras no semiárido Alagoano, em função do nível de consumo de matéria seca (CMS) e épocas de submissão do milho ao estresse hídrico.

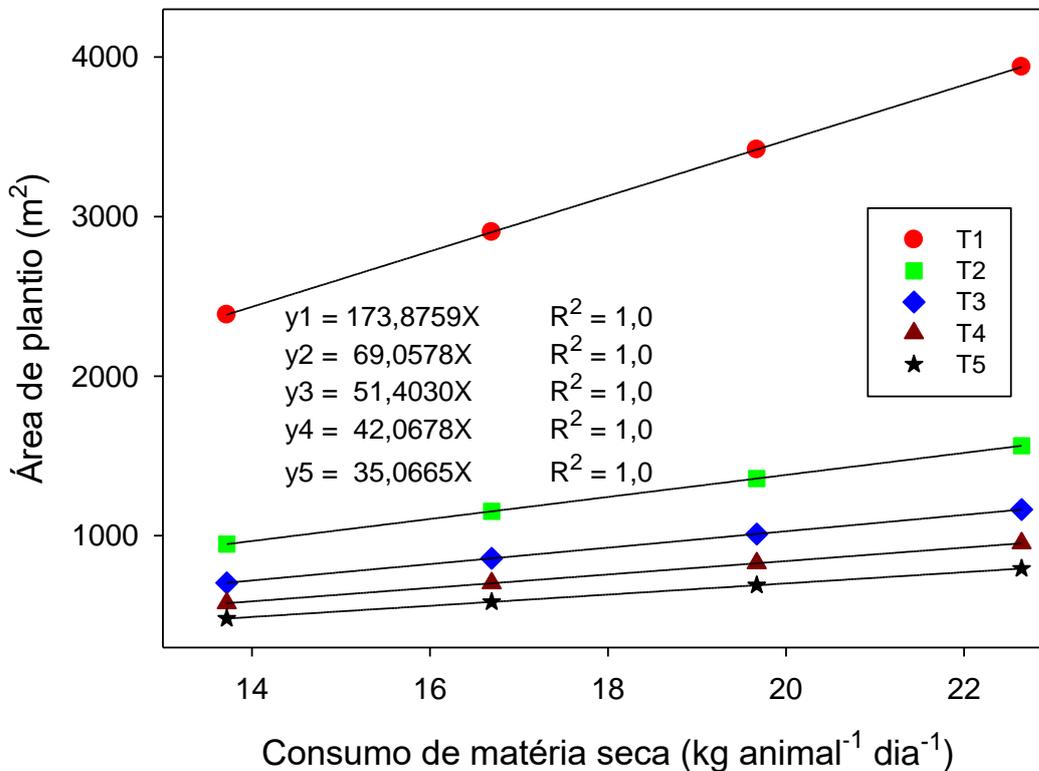
FV	GL	ÁREA
Bloco	3	170.293,03**
CMS	3	1.629.501,48**
Estresse	4	17.250.396,65**
CMS x Estresse	12	192.561,14 ^{ns}
Erro 1	9	19.009,38
Erro 2	48	458.074,86
Total	79	
CV 1 (%)	10,21	
CV 2 (%)	50,1	
Média geral: (m ²)	1.350,82	

**significativo a 1% e ns não significativo pelo teste F

Fonte: Própria autora (2024)

A área dimensionada para plantio do milho e produção de silagem teve resposta linear em função do CMS para todos os tratamentos com estresse hídrico no milho (Figura 9). Em T1 a variação foi de 2.385 m² (CMS = 13,7 kg animal⁻¹ dia⁻¹) a 3.937 m² (CMS = 22,6 kg animal⁻¹ dia⁻¹). Já em T2, para esses mesmo níveis de CMS, a área variou de 947 a 1.563 m², respectivamente. Observa-se que houve grande diferença na área estimada entre T1 e T2, uma vez que em T1 o nível de estresse hídrico foi severo a ponto de não ser possível formar espiga, reduzindo drasticamente a produtividade de matéria seca.

Figura 9 - Área de plantio de milho para silagem utilizada na alimentação de vacas leiteiras no semiárido Alagoano, em função do nível de consumo de matéria seca (CMS) para épocas de submissão do milho ao estresse hídrico (a partir de: pendoamento (T1), polinização (T2), grão leitoso (T3), grão pastoso (T4) e grão farináceo (T5, sem estresse)).



Fonte: Própria autora (2024)

Em T3, para o menor CMS, a área foi de 705 m², enquanto para o maior CMS a área necessária foi de 1.164 m². Já em T4, houve diferença de 375 m² entre os níveis extremos de CMS. Em T5, essa diferença foi de 65% a mais em relação ao menor CMS. Observa-se que a diferença média de área estimada entre T2, T3, T4 e T5 foi de nível bem menor quando se compara com o T1. Isso mostra a importância de se realizar o manejo adequado da irrigação no cultivo da forragem e fornecer a quantidade de água correta e no momento necessário.

Bergonci *et al.* (2001) ao estudar a cultura do milho com e sem irrigação durante quatro anos, observaram que em uma área de um hectare foi possível produzir de 14.209 a 17.043 kg de MS sem irrigação, enquanto com o uso da irrigação se produziu de 22.201 a 27.838 kg de MS, reforçando a importância de se utilizar irrigação para se produzir mais MS na mesma área ou planejar o cultivo em uma menor área.

É importante também utilizar materiais genéticos de alto rendimento no que diz respeito à produção de matéria seca com o objetivo de se produzir mais biomassa em uma mesma área ou reduzir a área de cultivo. Mello *et al.* (2005) observou que em um hectare a produção de matéria seca de diferentes híbridos variou entre 6,64 e 11,31 t ha⁻¹.

De forma geral, este trabalho pode ser utilizado em recomendações técnicas para estratégias administrativas no planejamento tanto de cultivo de forrageiras para silagem quanto na estratégia alimentar do rebanho leiteiro, observando-se que os tratamentos culturais agregados a qualidade genética tanto vegetal quanto dos animais são cruciais para se obter retorno econômico satisfatório.

5 CONCLUSÃO

O consumo de silagem por vacas leiteiras é determinado pelo nível de produção de leite.

É utilizado na determinação da área necessária para se produzir a cultura forrageira, a qual depende ainda das condições hídricas fornecidas.

O milho sob condições de estresse hídrico produz menos biomassa.

Para maiores níveis de produção de leite há maior demanda de consumo de matéria seca e, conseqüentemente, requer maior área de plantio.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, I.S., BACCARI JR., F., GOTTSCHALK, A.F. Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 33., 1996., Fortaleza, CE. **Anais** [...]. Fortaleza: SBZ, 1996. p.617-619.
- ALBUQUERQUE, L. G.; ELER, J. P.; COSTA, M. J. R. P. Produção de leite e desempenho do bezerro na fase de aleitamento em três raças bovinas de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 22, n. 5, p. 745-754, 1993.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. de; RESENDE, M. **Manejo de Irrigação**. 5 ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Sistema de produção 2. Versão Eletrônica).
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p.1598-1624, 2000.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ALMEIDA, R. **A importância de determinar rotineiramente a matéria seca dos alimentos na fazenda**. [S. l.: s. n.], 2006.
- ALVES, N. P.; SOUZA, T. F.; RODRIGUES, J. F; OLIVEIRA, V. A. V.; VELOSO, L. C. Viabilidade econômica da silagem de milho irrigado no Norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 56-62, 2017.
- AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. L. T.; SOUZA, V. F.; PAIXÃO, J. S. **Resposta de cultivares de milho ao estresse hídrico**. Sete Lagoas: Milho e Sorgo, 2016. 25 p. (Milho e Sorgo. Documentos, 207).
- ANDRADE, C. de L.T. de; BRITO, R.A.L. Irrigação: viabilidade de irrigação de milho. *In: CRUZ, J.C. (Ed.). Cultivo do milho*. 5. ed. Sete Lagoas: Milho e Sorgo, 2009. (Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1).
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. 20th edn., São Paulo, SP: Instituto FNP, 2015.
- ARAUJO, C.V.; TORRES, R.A.; COSTA, C.N. et al. Uso de funções ortogonais para descrever a produção de leite no dia de controle por meio de modelos de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, supl., p. 967-974, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO - ABIMILHO. **Oferta e Demanda do Milho – Brasil**.
- BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. Desempenho de novilhos Santa Gertrudis confinados submetidos a dietas com diferentes fontes protéicas e

silagem de milho, com ou sem inoculante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2121-2125, 2001.

BAÊTA, F.; SOUZA, F. C. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010.

BENJAMIN, J.G.; NIELSEN, D.C.; VIGIL, M.F.; MIKHA, M.M.; CALDERON, F. Water deficit stress on corn (*Zea mays*L.) root: shoot ratio. **Journal of Soil Science**, v. 4, p. 151-160, 2014.

BERBIGIER, P. **Bioclimatologie des ruminants domestiques em zone tropicale**. Paris: INRA, 1988. 237 p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; WHEELER, T. R.; CHALLINOR, J. A.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 603-613, 2007.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 949-956, 2001.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 1995. 657p.

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 293-300, 2007.

BRANCO, R.H.; RODRIGUES, M.T.; SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, C.A.F, QUEIROZ, A.C.; ARAUJO, F.L. Efeito dos níveis de fibra da forragem sobre o consumo, a produção e a eficiência de utilização de nutrientes em cabras lactantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 2477-2485, 2010.

BRITO, A. S.; NOBRE, F. V.; FONSECA, J. R. R. **Bovinocultura leiteira: informações técnicas e de gestão**. Natal: SEBRAE/RN. 2009. 320 p.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. **Sinais vitais 2000: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro**. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

BURMAN, R.; POCHOP, L. O. **Evaporation, evapotranspiration and climatic data**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 278p.

CAMARGO. **Metodologia de evapotranspiração**. 1990.

CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P; GOMES, A. T; MIRANDA, J. E. C; RIBEIRO, A. C. C. L. **Alimentação de vacas em lactação**. 2003.

- CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; CASTRO NETO, P. Evapotranspiração de referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.
- CASTELLVÍ, F.; MORMENEO, I.; PEREZ, P. J. Generation of daily amounts of precipitation from standard climatic data: A case study for Argentina. **Journal of Hydrology**, v. 289, p. 286- 302, 2004.
- CHAVES, M.M.; OLIVEIRA, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 2365-2384, 2004.
- CHEN, K.H.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; ARMSTRONG D. V.; WANDERLEY R. C.; SIMAS, J. M.; CHAN, S. C.; SULLIVAN J. L. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. **Journal of Dairy Sci.**, v. 76, n. 3, p. 816-825. 1993.
- CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para portaenxerto de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.
- COBUCI, J. A.; EUCLYDES, R. F.; VERNEQUE, R.S.; TEODORO, R. L.; LOPES, P. S.; SILVA, M. A. Curva de lactação na raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1332-1339, 2000.
- COELHO DA SILVA, J. F E M.I LEÃO. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, V. 1, safra 2013/14, N. 6 -Sexto Levantamento. Brasília: Conab, 2014. 83p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos, 2023**. Brasília: Conab, 2023.
- CONRAD, M. K.; PRATT, A. D.; HIBBS, J. W. Regulation of feed intake in dairy cows I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 47, n. 1, p. 54-62, 1964.
- CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. 2019
- COSTA, J. R. da; PINHO, J. L. N. de; PARRY, M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p. 443-450, 2008.

- CRUZ, J. C. Cultivares de milho para silagem. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais [...]**. Viçosa: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p. 92-114.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de milho para silagem. *In*: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUEZ, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Milho e Sorgo, 2001. p.11-38.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 111-136, jul./set. 1995.
- DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; ARAÚJO, S. A. C.; NETO, A. C.; OLIVEIRA V. C.; LIMA, E. S. Silagem de milho- Características agrônômicas e considerações. REDVET. **Revista electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.
- DERAL - Departamento de Economia Rural. **Pecuária de leite** – 15 de janeiro de 2020, Paraná, p. 1-7, 15 jan. 2020. diariocarapiraca.com.br.
- DINPASHOH, A.Y. Study of reference crop evapotranspiration in I.R. of Iran. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, n. 84. p. 123–129., 2006.
- DJAMAN, K.; K.K.; K, L. K, M, N. Sum of hourly vs. daily Penman-Monteith grass-reference evapotranspiration under semiarid and arid climate. **Irrigation and Drainage Systems Engineering**, Milan, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2018a.
- DJOKOVIĆ, R.; CINCOVIC, M; KURCUBIC, V.; PETROVIC, M.; LALOVIC, M.; STANIMIROVIC, Z. Endocrine and metabolic status of dairy cows during transition period. **Thai Journal of Veterinary Medicine**, Bangkok, v. 44, n. 1, p. 59-66, 2014.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, DF: -SPI; Itaguaí: CNPAB, 1995. 60 p.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144p. Irrigation and Drainage Paper, 24
- DORNELES, C. K. P.; COBUCI, J.A.; RORATO, P.R.N.; WEBER, T.; LOPES, J. S.; OLIVEIRA, H. N. Estimação de parâmetros genéticos para produção de leite de vacas da raça Holandesa via regressão aleatória. **Revista Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 407-412, 2009.
- DUARTE, S. L.; PEREIRA, C. A.; ALMEIDA, L. C. F. de; TAVARE, M.; REIS, E. A. Análise das variáveis dos custos de produção do milho no período da safra. *In*: VII SEGeT – SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010. Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: AEDB, 2010.

DUMAS, A.J.; DIJKSTRA, J.; FRANCE J. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. **Journal of Agricultural Science**, v.146, p.123-142, 2008.

ENGLISH, M.; NAVAID, S. Perspectives on deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 32, p. 1-14, 1996

ENGLISH, M.J.; SOLOMON, K.H.; HOFFMAN, G.J. A paradigm shift in irrigation management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 128, p. 267–277, 2002.

EPPERSON, J.E.; HOOK, J.E.; MUSTAFA, Y. Dinamicprogramming for improving irrigation scheduling strategies ofmaize. **Agricultural Systems**, Oxford, v. 42, p. 85-101, 1993.

EVANGELISTA, A.R.; GALVÃO, J.D.; GARCIA, R. Associação milho-soja: produção de massa verde e de matéria seca. **Revista Ceres**, v. 29, n. 162, p.155-163, 1982.

FACO, O.; MARTINS FILHO, R.; LOBO, R. N. B.; OLIVEIRA, S. M. P.; AZEVEDO, D. M. M. R.; MARTINS, G. A. Heterogeneidade de (co)variância para a produção de leite nos grupos genéticos formadores da raça Girolando. **Revista de Ciência Agronômica**, v. 38, n. 3, p. 304–309, 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba-RS: Ed. Agropécuaría. 2000. 360p.

FARIA, R. T. de; CAMPECHE, F. de S. M.; CHIBANA, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 237-242, 2006.

FARIA, R. A. de; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, C. A. Á. S. Demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 46-50, 2000.

FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. Editado por Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p.323-348.

FELTRIN, R. M. **Comportamento das variáveis hidrológicas do balanço hídrico do solo em lisímetros de drenagem**. 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

FELTRIN, R. M.; PAIVA, J. B. D. de. Instalação e avaliação de um lisímetro volumétrico utilizado no balanço hídrico em uma bacia experimental no sul do Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais** [...]. Campo Grande, 2009.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FARIA JUNIOR, C. A.; FREITAS, P. S. L.; QUEIROZ, T. M. D.; SANTI, A. Development, calibration and validation of

weighing lysimeters for measurement of evapotranspiration of crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 297-302, 2019.

FERREIRA, J. J. Características qualitativas e produtivas da planta de milho e sorgo para silagem. *In*: CRUZ, J. C. *et al.* **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Milho e sorgo, 2001. cap. 15, p. 383-404

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.D. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p.1608-1615, 2000.

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). *In*: CONGRESSO CHILENO DE ENGENIERIA AGRÍCOLA, 2., 1997., Chillán. **Anais [...]**. Chillán, 1997. Disquete.

FREITAS, A. F.; WILCOX, C. J.; COSTA, C. N. Breed group effects on milk production of Brazilian crossbred dairy cows. **Journal. Dairy Sci**, v.8 1, n. 8, p. 2306–2311, 1998.

FREITAS, A. J.; LANA, R. P.; MAGALHÃES, A. L. R.; SOUZA, J. C. Predição e validação do desempenho de vacas de leite nas condições brasileiras. **Arquivo Latino Americano de Produção Animal**, v. 14, p. 120-134, 2006.

FREITAS, E. D. de. **Notas de aula da Disciplina ACA-0429 Agrometeorologia**. São Paulo: USP/ Departamento de Ciências Atmosféricas, 2005.

FRIZZONE, J.A. Função de produção. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 27., 1998., Poços de Caldas. **Anais [...]**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 87-116.

GARRIDO-RUBIO, J.; ALFONSO, C. B.; LORENA, F.E.; IRENE, A. A.; MARIO, B. M.; ISIDRO, C.R.; RAQUEL, B.R. Remote sensing-based soil water balance for irrigation water accounting at the Spanish Iberian Peninsula. **Proceedings of IAHS**, v. 380, p. 29–35, 2018.

GONÇALVES, J. A. G.; ZAMBOM, M. A. **Nutrição de vacas de alta produção**. Ciências agrárias, 2015.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentação de Gado de Leite**. Belo Horizonte: Editora FEPMVZ, 2009. 418 p

GONÇALVES, L.C., SILVA, J.F.C., ESTEVÃO, M.M. 1991. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v. 20, n. 4, p. 384-395, 1991.

GURGEL, I. A.; NUNES, E.M.; MENDONÇA, A. F. **Dinâmica econômica da cadeia produtiva do leite no contexto do desenvolvimento territorial rural: limites e desafios da produção de leite do nordeste**, 2018.

- HENRIQUE, W.; ANDRADE, J. B.; SAMPAIO, A. A. M. Silagem de milho, sorgo, girassol e suas consorciações. II. Composição bromatológica. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOTECNIA*, 35., 1998., Botucatu. **Anais [...]**. Botucatu: SBZ, 1998. p. 379-381.
- JIMENEZ FILHO, D. L. Estresse calórico em vacas leiteiras: implicações e manejo nutricional. **Revista Pubvet**, v. 7, n. 25, 2013.
- JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; ROSA B. Desenvolvimento de microrganismos durante a utilização de silagens de grãos úmidos de milho e de espigas de milho sem brácteas. **Acta Scientiarum**, v. 21, n.3, p. 671-676, 1999.
- JOHNSON, H.D. Physiological responses and productivity of cattle. *In: YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock*: v. 2. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1985. p. 3-22.
- GALVÃO JÚNIOR, J. G. B., RANGEL, A. H. N., MEDEIROS, H. R., SILVA, J. B. A., 23 AGUIAR, E. M., MADRUGA, R. C., LIMA JÚNIOR, D. M. Efeito da produção diária e da 37^a ordem de parto na composição físico-química do leite de vacas de raças Zebuínas. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 4, n. 1, p. 25-30, 2010.
- KLAR, A. E.; JADOSKI, S. O.; LIMA, J. P. P. Peroxidase activity as an indicator of water stress in sweet pepper plants. **Revista Irriga**, v.11, p.441-447, 2006.
- LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.M.; CAMPOS NETO, O. Estádio de desenvolvimento do milho. Efeito sobre produção, composição da planta e qualidade da silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 675-682, 1997.
- LEMO, M. J.; THIAGO, V. S. B.; LEITE, D. K. V. H.; GALINDO, E. L. O. Efeito climático sobre a produção de leite de vacas Guzera criadas em dois ambientes diferentes: Climate effect on milk production of Guzera cows reared in two different environments. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1721-1726, 2023.
- LIMA, C. M. D.; SILVA, E. S.; OLIVEIRA, A. R. N.; SILVA, C. S. S.; MOURA, D. M. F. A pecuária leiteira no estado de Alagoas. **Diversitas Journal**, v. 2, n. 2, p. 203-211, 2017.
- LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; SOARES, W. A.; SILVA, I. F. Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de penman-monteith. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 11, n. 04, p. 477- 491, 2006.
- LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2008.
- LOSS, C.; GAYLER, S.; PRIESACK, E. Assessment of water balance simulations for large-scale weighing lysimeters. **Journal of Hydrology**, v. 335, p. 259-270, 2007.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, p.193-203, 2004.

MAIA NETO, R. F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n. 9, p. 21-32, 1997.

MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A.; TEIXEIRA, M. B. O estado da arte da irrigação por gotejamento subsuperficial. **Colloquium Agrariae**, p. 17-31, 2007.

MARTINS, J. D.; RODRIGUES, G. C.; PAREDES, P.; CARLESSO, R.; OLIVEIRA, Z. D.; KNIES, A. E.; PETRY, M. T.; PEREIRA L. S. Dual crop coefficients for maize in Southern Brazil: Model testing for sprinkler and drip irrigation and mulched soil. **Biosystems Engineering**, 2013.

MATZENAUER, R. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. 1994. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. [S. l.]: Mallow Chalcombe Publications, 1991. 340p.

McDOWELL, R. E.; HOOVEN, N. M.; CAMOENS, J. K. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. **Journal Dairy Science**, v. 59, n. 5, p. 965-973. 1976.

McGUIRE, M. A.; BEEDE, D. K.; DELorenzo, M. A.; WILCOX C. J.; HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K.; COLLIER, R. J. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating Holstein cows. **Journal Animal Science**, v. 67, p. 1050-1060. 1989.

MEDEIROS, P. V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empíricoteóricas com base na equação de PenmanMonteith**. 2008. 241f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2008.

MELLADO, M.; CORONEL, F.; ESTRADA, A. E.; RIOS, F. G. Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. **Trop. Subtrop. Agroecosyst**, v. 14, n. 3, p. 927–931, 2011.

MELLO, R.; NORBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 01, 2005.

MELO, G. L. **Caracterização de sistemas de cultivo em áreas irrigadas por aspersão no Rio Grande do Sul**. 2006. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. *In*: FAHEY, G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison, WI: Am. Soc. Agron. Crop Sci. Soc. Am. Soil Sci. Soc. Am., 1994. p.450-493.

MERTENS, R. D. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do leite**. 2023.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.

NASCIMENTO, S. T.; ROSETTO, Y. P.; SILVA, A. A.; MAC-LEAN, P. A. B.; TENÓRIO, J. P. L. Influência da temperatura ambiente no verão na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Pubvet**, v.11, p. 217-223, 2017.

NASEM - National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press, 2021.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1989. 158p.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. rev. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.

NOLLER, C. H. Grass legume silage. *In*: HEATH, M.E.; METCALF, D.S.; BARNES, RF. (ed.). **Forages: The Science of grass land agriculture**. 3. ed. Ames: Iowa State University Press, 1978. p.558- 568

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. *In*: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991., Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: FEALQ, p.59-168, 1991.

NUSSIO, L. G. **Milho e sorgo para a produção de silagem**: Volumosos para bovinos. Piracicaba: FEALQ, 1993. il.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. *In*: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 2001, Maringá-PR. **Anais [...]**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. v. 1, p.127- 145

OLIVEIRA PIMENTEL, J. J.; SILVA, J. F. C.; FILHO, S. C. V.; CECON, P. R.; SANTOS, P. S. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 5, p. 1042-1049, 1998.

OLIVEIRA SANTOS, W.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho

verde nas condições do semiárido brasileiro. **Revista Irriga**, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014.

OLIVEIRA, E. R.; SILVA, C. T.; RAMOS, R. F. O. Evapotranspiração de referência em Januária-MG pelos métodos tanque classe “A” e Hargreaves-Samani. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v.16, n.1, p.48-54, 2020.

OLIVEIRA, J. S. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. **Gado de leite, circular técnica**, Juiz de Fora, n. 47, p. 1-34, 1998.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. 2006.

PAHLOW, G; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F. Microbiology of ensiling. *In*: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PAIVA, J. A. J. **Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, 1976.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; ZOLIN, C.A.; ROMÁN, R.M.S.; JOSÉ, J.V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário 2006. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho” safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PEIXOTO, M. S. M. **Termorregulação de bovinos leiteiros confinados em instalação compost barn em região semiárida**. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de sistemas agrícolas) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

PEREIRA, A. M. F.; BACCARI, F.; TITTO, E. A. L.; ALMEIDA, J. A. A. Effect of thermal stress on physiological parameters, feed intake and plasma thyroid hormones concentration in Alentejana, Mertolenga, Frisian and Limousine cattle breeds. **International Journal Biometeorology**, v. 52, p. 199-208, 2008.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges**. Dordrecht: Springer, 2009. 382 p

PEREIRA, O. G., SANTOS, E. M. Microbiologia e o processo de fermentação em silagens. *In*: PEREIRA, O. G., OBEID, J. A., NASCIMENTO JÚNIOR, D., FONSECA., D.M. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM. 3., 2006., Viçosa. Anais [...]. Viçosa, 2006. p.393-430.

PERRIER, A. Updated evapotranspirations and crop waterrequirements definitions. *In*: INRA. **Les besoins en eau descultures: crop water requirements**. Paris, 1984. 927p.

PERUCHI, F. **Evapotranspiração real a partir de medidas lisimétricas e sob diferentes condições de disponibilidade hídrica.** 2009. 143f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 2009.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KHUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 531-539, 2007.

PHOGAT, V.; SKEWES, M.A.; MCCARTHY, M.G.; COX, M.; SIMUNEK, J.; PETRIE, P. Evaluation of crop coefficients water productivity, and water balance components for wine grapes irrigated at different deficit levels by a sub-surface drip. **Agricultural Water Management, Wageningen**, v. 180, part. A, p. 22-34, 2017.

PINHEIRO, A. C.; SARAIVA, E. P.; SARAIVA, C. A. S.; FONSECA, V. F.; ALMEIDA, M. E. V.; DOS SANTOS, S. G. C.; AMORIM, M. L. C. M.; NETO PEDRO, J. R. Características anatomofisiológicas de adaptação de bovinos leiteiros ao ambiente tropical. **Revista AGROTEC**. v. 36, n. 1, p. 280-293, 2015.

PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V.; ZUCCO, E.; DEPINÉ, H.; CASTRO, N. M. R.; PERAZZOLI, M. Avaliação das variáveis hidrológicas do balanço hídrico em área agrícola com cultivo de milho (zea mays) através de uso de lisímetro. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau. v. 12, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2010.

PIRES, D. A. de A.; VICENTE JÚNIOR, R. R.; SALES, E. C. J.; DOS REIS, S. T.; JAYME, D. G.; CRUZ, S. S.; LIMA, L. O. B.; TOLENTINO, D. C.; ESTEVES, B. L. C. Características das silagens de cinco genótipos de sorgo cultivados no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 1, p. 68-77, 2013.

PIRES, M. F. A. **Comportamento, parâmetros fisiológicos e reprodutivos de fêmeas da raça Holandesa confinadas em ‘free stall’, durante o verão e o inverno.** 1997. Tese (Doutorado em Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

PITTROFF, W.; KOTHMANN, M. M. Quantitative prediction of feed intake in ruminants II. Conceptual and mathematical analysis of models for cattle. **Livestock Production Science**, v. 71, p. 151-169, 2001.

PIZARRO, E.A. Conservação de forragens. L Silagem. **Inf Agropec.**, Belo Horizonte, v. A, n. A7, p. 20-30, 1978.

POSSENTI, R. A.; FERRARI JUNIOR, E.; BUENO, M. S.; BIANCHINI, D.; LEINZ, F. F.; RODRIGUES, C. F. Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1185-1189, 2005.

PUPPO, L.; PETILLO-G, M. Determinacion del consumo de agua del duraznero por lisimetria. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental**, v.14, n.1, p.25-31, 2010.

REIS, B. R.; SOUSA, B. M.; OLIVEIRA, M. A. **Alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009.

RESENDE, H. A. Produção de milho para silagem. *In*: DIAS, J. C.; COSTA, J. L. (Org.). São Paulo: Tortuga; Juiz de Fora: – CNPGL, 1997. p.17-25.

RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COUTO, L. **Cultura do milho irrigado**. Brasília: Informação Tecnológica, 2003. 317p.

RESTLE, J.; PACHECO, P.S.; MOLETTA, J.L. Grupo genético e nível nutricional pós-parto na produção e composição do leite de vacas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p.585-597, 2003.

RIBEIRO, A. B.; TINOCO, A. F. F.; LIMA, G. F.C.; GUILHERMINO, M. M.; RANGEL, A. H. N. Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. **Revista Caatinga**, v. 22 n. 3, 2009.

RITCHIE, J. T. Soil water balance and plant water stress. *In*: TSUJI G. Y.; HOOGENBOOM, G.; THORNTON, P. K. (Ed.). **Understanding options for agricultural production**. Dordrecht: Kluwer, p. 41-54, 1998.

ROMAN-PONCE, H. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **Journal Dairy Science**, v. 60, n. 3, p. 424-430. 1977.

SALES, D. L. A.; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; SOUZA, J.M.F. Estimativa de evapotranspiração e coeficiente de cultura do tomateiro industrial utilizando o algoritmo SAFER. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 3, 2017.

SALMAN, A. K. D. **Conceito de manejo de pastagem ecológica**, 2007. 19p.

SANTOS, F. X.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, J. R.; SOUZA, E. R. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.

SANTOS, G. T. **Bovinocultura de leite: Inovação tecnológica e sustentabilidade**. Maringá: Eduem, 310 p., 2008.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; AZEVÊDO, J. A. G.; DE MORAES, S. A.; COSTA, C. T. F. Características agrônômicas de variedades de milho para produção de silagem. *Acta Scientiarum*. **Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

SCHINGOETHE, D. J. Revisão de 100 anos: Alimentação total por ração mista de vacas leiteiras. **Journal of Dairy Science**, Amsterdam, v. 100, p.10143-10150. 2017.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R. TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. **Revista Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, p. 28-34, 2009.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Editora Nobel. 286p., 2000.

SILVA, C.J.; FRIZZONE, J.A.; SILVA, C.A.; PONTES, N.C., SILVA, L.P.M.; BASILIO, E.E. Desenvolvimento do tomateiro industrial em resposta a diferentes níveis de irrigação. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 432-448, 2020.

SILVA, C. L. **Estimativa do uso consumitivo de água e da irrigação suplementar, para algumas culturas no Vale do Rio São Francisco**. 1982. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 46p., 1982.

SILVA, F. A. **Produção de milho para ensilagem e espigas verdes em função de períodos de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2013. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

SILVA, J. C. P. M; VELOSO, C. M. **Raças de gado leiteiro**. Viçosa, MG: Aprenda fácil editora, 2011. 149p.

SILVA, R. P.; PEDROSO, L. G.; LAGES, A. M. G. Um estudo da competitividade da cadeia produtiva do leite no Estado de Alagoas: uma análise da produção familiar. **Revista Custos e Agronegócio**, v. 13, n. 3, p. 377-401, 2017.

SILVEIRA, A. C. Técnicas para produção de silagem. *In*: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2., 1975., Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: ESALQ, 1975. p.156-186.

SIMÕES, W. L.; GUIMARÃES, M. J. M.; OLIVEIRA NETO, H. T.; OLIVEIRA, A. R.; VOLTOLINI, T. V. Ajuste da lâmina de irrigação no cultivo de milho para silagem no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Científica Intelletto**, v. 2, n. 3, p. 95-104, 2017.

SOUZA, J. E. **Agrometeorologia e produtividade de milho sob déficit hídrico no sertão alagoano**, Piranhas – AL, 2022.

SOUZA, W. F.; RIGUEIRA, J. P. S.; ROSA, L. O.; DA CUNHA, L. R.; CHAVES, K. S.; FERREIRA, C. L. L. F. Papel da fermentação propiônica na produção de silagem. **Revista PUBVET**, Londrina, v. 3, n. 4, 2009.

STEWART, J. I et al. **Optimizing crop production through control of water and salinity levels in the soil**. Utah Water Research Laboratory, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed, Porto Alegre: ARTMED, 2009. 819p.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in climatology, New Jersey, **Drexel Institute of Technology**, v. 8, n. 1, 104 p., 1955

TORRES, R. A.; BERGMANN, J. A. G.; COSTA, C. N.; PEREIRA, C. S.; VALENTE, J.; PENNA, V. M.; FILHO, R. D. A. T.; ARAÚJO, C. V. Heterogeneidade de variância e avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.1050-1059, 2000.

TROU, T. J.; DEJONGE, K. C. Water productivity of maize in the US high plains. **Irrigation Science**, v.35, p. 251–266, 2017.

TURNER, N. C.; RAO, K. P. C. Simulation analysis of factors affecting sorghum yield at selected sites in eastern and southern Africa, with emphasis on increasing temperatures. **Agricultural Systems**, v.121, p.53-62, 2013.

VALADARES FILHO, S. C.; BRODERICK, G. A.; VALADARES, R. F. D.; CLAYTON, M. K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 1, p. 106-114, 2000.

VALENTE, J. O.; SILVA, J. F. C.; GOMIDE, J. A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays* L), e de quatro variedades de sorgo para silagem. 1. Produção e composição do material ensilado e das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.13, n.1, p.67-73, 1984.

VASCONCELLOS, B.; PÁDUA, J. T.; MUNOZ, M. F. C.; TONHAT, H. Efeitos genéticos e ambientais sobre a produção de leite, o intervalo de partos e a duração da lactação em um rebanho leiteiro com animais mestiços, no Brasil. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 23, n. 1, p. 39-45, 2003.

VERCESI FILHO, A. E.; MADALENA, F. E.; ALBUQUERQUE, L. G.; FREITAS, A. F.; BORGES, L.E.; FERREIRA, J. J.; TEODORO, R. L.; FARIA, F. J. C. Parâmetros genéticos entre características de leite, de peso e a idade ao primeiro parto em gado mestiço leiteiro (*Bos taurus* x *Bos indicus*). **Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 983-990, 2007.

WALDO, D. R.; JORGENSEN, N. A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. **Journal of Dairy Science**, v. 64, n. 1, p.1207-1229, 1981.

WENCESLAU, A.A.; LOPES, P.S.; TEODORO, R.L.; VERNEQUE, R.S.; EUCLYDES, R.F.; FERREIRA, W.J.; SILVA, M.A. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p.153-158, 2000.

WOOLFORD, M. K.; SAWCZYK, M. K. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. 1. Strain selection. **Grass Forage Science**, v. 39, n. 1, p. 139-148, 1984.

WU, Y.; HUANG, M.; WARRINGTON, D. N. Growth and transpiration of maize and winter wheat in response to water deficits in pots and plots. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 71, n. 1, p. 65–71, 2011.

WU, Z.; SATTER, L. D. Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amount of protein. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 5, p. 1042-1051, 2000.

WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G. M. B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 621-33, 2000.

XU, C. Y.; SINGH, V. P. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland. **Water Resources Management, Dordrecht**, v. 16, n. 3, p. 197-219, 2002.

ZANIN, E.; HENRIQUE, D. S.; FLUCK, A. C. Avaliação de equações para estimar o consumo de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, p. 76-88, 2017.