



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



MARCELO AUGUSTO DA SILVA SOARES

**CULTIVO DO MILHO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES
DE NITROGÊNIO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS**

Rio Largo – AL

2019

MARCELO AUGUSTO DA SILVA SOARES

**CULTIVO DO MILHO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E
DOSES DE NITROGÊNIO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

ORIENTADOR

Prof. Dr. Iêdo Teodoro

Rio Largo- AL

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

S676c Soares, Marcelo Augusto da Silva

Cultivo do milho sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, Alagoas. Rio Largo-AL – 2019.
76 f.; il; 33 cm

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

Orientador(a): Prof. Dr. Iêdo Teodoro

1. Altura do dossel.
 2. Componentes de produção.
 3. Produtividade agrícola.
- I. Título.

CDU: 633.15

TERMO DE APROVAÇÃO

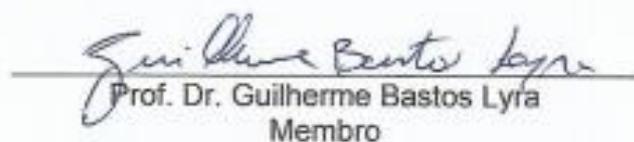
MARCELO AUGUSTO D SILVA SOARES
(Matricula 17130226)

"Cultivo de milho sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, Alagoas"

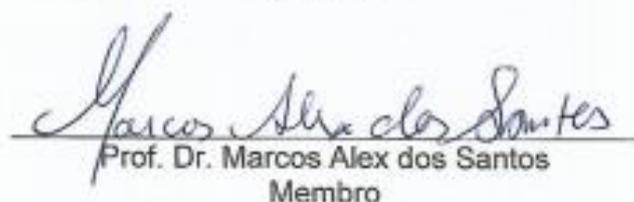
Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em um de fevereiro de 2019, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção vegetal do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.



Prof. Dr. Teodoro Teodoro
Presidente



Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra
Membro



Prof. Dr. Marcos Alex dos Santos
Membro

Rio Largo - AL
Fevereiro/2019

Primeiramente, a Deus, pela saúde e a proteção;

Ao meu pai, Manoel Soares da Silva Filho pelo apoio, honestidade, amizade, caráter e ética de ter conduzindo minha educação e acreditado em meu potencial, e por nunca deixar que faltasse o mais importante na minha formação, à educação, e o exemplo de homem a ser seguido. A minha querida mãe, Edicleide Ferreira da Silva Soares pelo amor, carinho, paciência e companheirismo que sempre esteve lado a lado em todos os momentos da minha vida, é meu maior exemplo de força e alegria;

A minha querida irmã, Manoela Patrícia da Silva Soares que sempre acreditou em meu esforço e na perseverança em vencer, e a força que me deu durante todos os anos de minha formação.

A minha namorada Ana Beatriz pelo o amor, apoio, incentivo e por sempre está ao meu lado em todas as horas de dedicação acadêmica;

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Alagoas por intermédio do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal-CECA/UFAL, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Iêdo Teodoro, pelo conhecimento transmitido ao longo da minha vida acadêmica, pelo respeito, ética com que conduz a profissão de docente.

Ao Prof. Dr. Guilherme Bastos Lyra, pelos ensinamentos, suporte, confiança, conselhos, incentivo e oportunidades.

Aos demais Professores da Pós-Graduação em Agronomia-CECA/UFAL, por contribuir significativamente em meu mestrado.

Aos amigos do Setor de Irrigação e Agrometeorologia, Allan Moura, Aristides Constantino, Arthur Cantarelli, Augusto César, Constantino Júnior, Ivomberg Dourado, Lekson Rodrigues, Jeferson Miguel, Samuel Silva, Carlos Humberto, Luís Carlos, Rodrigo Caio, Madson, Ednaldo, Wemerson Saulo, Marcos Antônio e Antônio Costa. Pela força no desenvolvimento dos experimentos, conselhos, e boa convivência.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela fomentação da bolsa de mestrado.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Distribuição da produção de milho dos continentes na safra 2015/16.....	16
Figura 2. Ranking dos países com maior produção de milho, adaptado de Fancelli (1986).....	16
Figura 3. Fases de desenvolvimento da cultura do milho, adaptado de Fancelli (1986).....	19
Figura 4. Croqui detalhado da área experimental.....	27
Figura 5. Preparo do solo (A), adubação de fundação (B), plantio (C) e aplicação de herbicida (D).....	29
Figura 6. Detalhes do espaçamento entre as linhas de plantio do milho e do posicionamento da fita gotejadora.....	30
Figura 7. Contagem do número de grãos por espiga (A), pesagem da massa de grãos por espiga (B) e determinação da produtividade agrícola (C).....	33
Figura 8. (A) – Chuva, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c) decendiais. (B) – Balanço hídrico da cultura do milho com déficits e excessos hídricos nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, na região de Rio Largo, AL.....	36
Figura 9. Altura do dossel vegetativo (cm) do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de 20/12/2017 a 02/03/2018.....	28
Figura 10. Índice de área foliar do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de 20/12/17 a 02/03/2018.....	39
Figura 11. Número de grãos por espiga (NGE) e Massa de grãos por espiga (MGE) do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação + precipitação efetiva, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....	41
Figura 12. Produtividade agrícola ($PA - t ha^{-1}$) do milho AG 7088 e eficiência no uso da água (EUA), sob diferentes lâminas de irrigação + precipitação efetiva, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....	43

Figura 13. Distribuição e cobertura do adubo nitrogenado.....	49
Figura 14. Chuva, evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração da cultura (ET _c) decendiais, na região de Rio Largo, AL, no período novembro de 2017 a março de 2018.....	53
Figura 15. Altura do dossel vegetativo (cm) do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: 0 (N0), 75 (N1), 150 (N2) e 225 kg de N ha ⁻¹ (N3), na região de Rio Largo, de 20/12/17 a 02/03/2018.....	55
Figura 16. Índice de área foliar do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: : 0 (N0), 75 (N1), 150 (N2) e 225 kg de N ha ⁻¹ (N3), na região de Rio Largo, de 20/12/17 a 02/03/2018.....	56
Figura 17. Número de grãos por espiga (NGE) e Massa de grãos por espiga (MGE) do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: 0, 75, 150 e 225 kg de N ha ⁻¹ , na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....	59
Figura 18. Produtividade agrícola (PA - t ha ⁻¹) do milho híbrido AG 7088 e eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN), em função das doses de nitrogênio: 0, 75, 150 e 225 kg de N ha ⁻¹ , na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....	61

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Estádios de desenvolvimento da cultura do milho estabelecido por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006).....18
- Tabela 2.** Tratamentos (L), irrigação total (IT – mm), precipitação pluviométrica efetiva total (P. efetiva – mm), e IT + P. efetiva (em percentagem da evapotranspiração da cultura - % da ET_c), na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2017 a março de 2018.....36
- Tabela 3.** Análise de variância com valores de quadrado médio dos componentes de produção: nº de grãos por espiga (NGE); massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola ($PA - t ha^{-1}$), em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....40
- Tabela 4.** Análise de variância com valores de quadrado médio dos componentes de produção: nº de grãos por espiga (NGE); massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola ($PA - t ha^{-1}$), em função das doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.....57

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO GERAL	13
2 – OBJETIVO	14
2.1 – Geral	14
2.2 Específicos.....	14
a – CAPÍTULO I. Cultivo do milho sob lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, Alagoas.....	14
b – CAPÍTULO II. Cultivo do milho sob doses nitrogênio, região de Rio Largo, Alagoas.....	14
3 – REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 – Origem e botânica da cultura do milho.....	15
3.2 – Importância econômica na produção do milho.....	15
3.3 – Crescimento e fenologia do milho.....	17
3.4 – Demanda hídrica e irrigação da cultura do milho.....	19
3.5 – Balanço hídrico.....	20
3.6 – Nutrição mineral.....	21
CAPÍTULO I	23
4 - CULTIVO DO MILHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS	23
4.1 – INTRODUÇÃO	25
4.2 – MATERIAL E MÉTODOS	27
4.2.1 – Localização e caracterização da área do experimento.....	27
4.2.2 – Delineamento estatístico.....	27
4.2.3 – Plantio e tratos culturas.....	28

4.2.4 – Irrigação.....	29
4.2.5 – Variáveis agrometeorológicas e balanço hídrico climatológico.....	30
4.2.6 – Fenologia.....	31
4.2.7 – Crescimento.....	31
4.2.8 – Colheita e rendimento de grãos.....	32
4.2.9 – Função de produção.....	33
4.2.10 – Eficiência no uso da água.....	34
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.3.1 – Variáveis agrometeorológicas e lâminas de irrigação.....	35
4.3.2 – Balanço hídrico.....	37
4.3.3 – Altura do dossel.....	37
4.3.4 – Índice de área foliar.....	39
4.3.5 – Rendimento agrônômico.....	40
a- Número e massa de grãos por espiga.....	40
b – Produtividade agrícola, produtividade física máxima e eficiência no uso da água.....	42
4.4 – CONCLUSÕES.....	44
CAPÍTULO II.....	45
5 – CULTIVO DO MILHO SOB DOSES DE NITROGÊNIO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS.....	45
5.1 – INTRODUÇÃO.....	47
5.2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	48
5.2.1 – Localização e caracterização da área do experimento.....	48
5.2.2 – Delineamento estatístico.....	48
5.2.3 – Plantio e tratos culturais.....	48

5.2.4 – Variáveis agrometeorológicas.....	49
5.2.5 – Fenologia.....	50
5.2.6 – Crescimento.....	50
5.2.7 – Colheita e rendimento agrícola.....	51
5.2.8 – Eficiência agrônômica do nitrogênio.....	51
5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.3.1 – Variáveis agrometeorológicas.....	53
5.3.2 – Altura do dossel.....	54
5.3.3 – Índice de área foliar.....	55
5.3.4 – Rendimento agrônômico.....	57
a – Número e massa de grãos por espiga.....	58
b – Produtividade agrícola e eficiência agrônômica do nitrogênio.....	59
5.4 – CONCLUSÕES.....	62
6 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

1 - INTRODUÇÃO GERAL

O milho é utilizado, principalmente, como fonte alimentar humana e animal, consumido na forma de grãos, inatura, fubás, silagem ou transformado em ração (DEMARCHI, 2011).

O levantamento da FAOSTAT (2016) aponta que o continente americano produz 51% do total mundial de grãos de milho, seguido por Ásia, Europa, África e Oceania com respectivamente 29,6%, 12,1%, 7,2% e 0,1%. O Brasil na safra 2017/18 produziu 81,35 milhões de toneladas, com produtividade média de 4,89 toneladas hectare. Os Estados com maiores produções de milho no Nordeste são: Bahia (2,29 milhões de toneladas e 3,75 t ha⁻¹), Maranhão (1,88 milhões de toneladas e 3,89 t ha⁻¹) e Piauí (1,48 milhões de toneladas 3,04 t ha⁻¹). O Estado de Alagoas ocupa o oitavo lugar, com produção anual de 28,6 mil toneladas e rendimento médio de aproximadamente de 1,09 t ha⁻¹ (CONAB, 2018). Esse baixo rendimento agrícola comparado com os demais Estados do NE ocorre pelo manejo incorreto dos fertilizantes, principalmente os nitrogenados e pela má distribuição da precipitação pluvial durante a época de cultivo que mesmo durante a estação chuvosa há pequenos veranicos (SILVA et al., 2005 e SOUZA et al., 2004).

O conhecimento da relação entre variáveis de crescimento e de produção submetidas a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio são essenciais para aumentar o rendimento agrônômico dos cultivos agrícolas. Dentre os elementos químicos, o nitrogênio (N) é o nutriente extraído em maior quantidade pela cultura do milho e o que mais onera a produção, porém é o que tem maior influência na produtividade e qualidade dos grãos (CRUZ et al., 2008 e SILVA et al., 2005).

A maioria dos cultivos na região do semiárido nordestino é feito em regime de sequeiro. Por isso, a precipitação pluvial é o principal fator limitante da produção agrícola (KUNZ et al., 2007), principalmente, devido a irregularidade na distribuição das chuvas durante o ciclo agrícola da cultura, afetando o desenvolvimento das plantas e causando déficit produtivo. A irrigação além de suprir esta deficiência, ainda pode favorecer o cultivo de uma segunda safra durante a estação seca (BARBOSA, 2017). Por isso, foi realizado um experimento na região de Rio Largo, Al, cujos objetivos e resultados são apresentados a seguir nos capítulos I e II.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Geral

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento agrícola do milho submetido lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na região de Rio Largo, Alagoas.

2.2 - Específicos

a – CAPÍTULO I. Cultivo do milho sob lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, Alagoas

- Realizar o balanço hídrico para cada nível de irrigação;
- Medir o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho em função das lâminas de irrigação;
- Determinar a lâmina de irrigação que proporciona o maior número e massa de grãos por espiga e a produtividade física máxima da cultura do milho;
- Calcular a eficiência no uso da água.

b - CAPÍTULO II. Cultivo do milho sob doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, Alagoas

- Medir o crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho em função das doses de nitrogênio;
- Determinar a dose de nitrogênio que proporciona o maior número e massa de grãos por espiga e a maior produtividade agrícola da cultura do milho;
- Calcular a eficiência da adubação nitrogenada no milho.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – Origem e botânica da cultura do Milho

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal, originado da América, mais especificamente no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004). É uma monocotiledônea pertencente à família das Poaceae e gênero *Zea*. É uma planta herbácea, monóica, portanto possuem os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes, completa seu ciclo em quatro a cinco meses caracterizando-se uma planta anual. Pertence ao gênero de plantas C4 que tem por característica alta eficiência na fixação de CO₂.

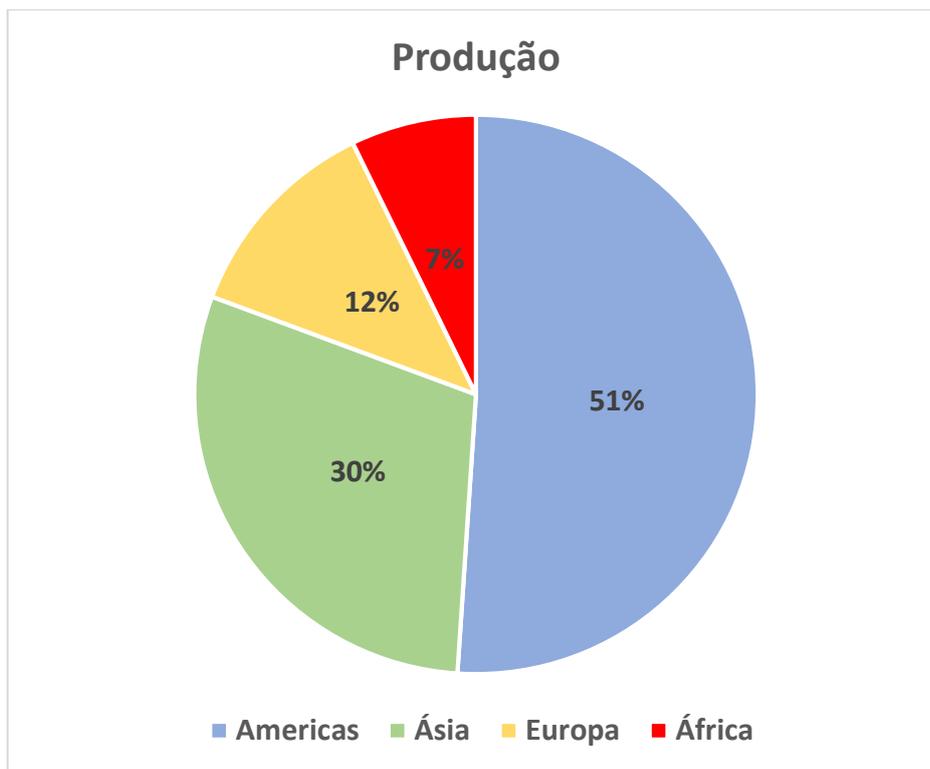
O milho é o cereal mais eclético do mundo, podendo ser encontrado em inúmeros países, porque pode ser cultivado de altitudes que vão desde o nível do mar até 3 mil metros (LERAYER, 2006).

3.2 – Importância econômica na produção do milho

A importância da cultura do milho ainda está relacionada ao aspecto social, visto que maioria dos produtores não dispõe de assistência técnica e não possui grandes áreas, mas dependem dessa produção para viver. Dados do IBGE (1996), mostram que 60% dos estabelecimentos que produzem milho consomem a produção na propriedade, no entanto, esse alto percentual só corresponde a 25% da produção total do país (DUARTE, 2016).

O continente americano produz 51% do total mundial de grãos de milho, seguido por Ásia, Europa, África e Oceania com respectivamente 29,6%, 12,1%, 7,2% e 0,1% (FAOSTAT, 2016), Figura 1. Os maiores produtores mundiais de milho são Estados Unidos - 370,9 milhões de toneladas, China - 259,0 milhões de toneladas e Brasil - 97,7 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2018), Figura 2. Os principais consumidores são Estados Unidos - 14,6 milhões de toneladas, China - 226,0 milhões de toneladas e União Europeia - 73,8 milhões de toneladas (DEAGRO/FIESP, 2016). O milho tem diversas utilidades, porém, na cadeia produtiva de suínos e aves, é consumido aproximadamente 70% do milho produzido no mundo e entre 70 e 80% do milho produzido no Brasil (MIRANDA, 2012). O Brasil consome 69,5 % do milho que produz, o restante é exportado.

Figura 1. Distribuição da produção de milho dos continentes na safra 2015/16.



Fonte: FAOSTAT (2016).

Figura 2. Ranking dos países com maior produção de milho na safra 2017/18.



Fonte: FAOSTAT (2018).

Os principais produtores brasileiros são o Mato Grosso e Paraná com 26,4 e 11,98 milhões de toneladas, respectivamente. No Nordeste os Estados que mais produziram milho na safra 2017/18 foram: Bahia (2,29 milhões de toneladas e 3,75 t ha⁻¹), Maranhão (1,88 milhões de toneladas e 3,89 t ha⁻¹) e Piauí (1,44 milhões de toneladas 3,04 t ha⁻¹). O Estado de Alagoas ocupa o oitavo lugar, com produção anual de 28,6 mil toneladas e rendimento médio de aproximadamente de 1,09 t ha⁻¹ (CONAB, 2018). A baixa produtividade do Estado pode ser explicada uma vez que a maioria dos cultivos de milho é feito por pequenos produtores da agricultura familiar com poucas informações técnicas referentes a cultura, pouca tecnologia utilizada e não dispõem de auxílio de profissionais, além disso em sua maioria utiliza o sistema de cultivo do tipo roça com espaçamento de 2 metros entre linhas por 1 metro entre covas, em cada cova são colocadas de 3 a 4 sementes, que termina com densidades de 15.000 a 20.000 plantas por hectare, consideradas muito baixas para obter-se produtividades elevadas.

O Estado de Alagoas em 2015 implantou o programa mais grãos, e com isso houve maior incentivo à produção da cultura do milho, o que acarretou em aumento do nível tecnológico empregado nos cultivos, e como consequência disso houve incrementos na produtividade.

3.3 – Crescimento e fenologia do milho

Há uma diferença entre os termos “crescimento” e “desenvolvimento”. O crescimento é o aumento do tamanho da planta que é potencializado por condições favoráveis, como umidade adequada, nutrientes, temperatura, etc.; E o desenvolvimento é a mudança no estágio da planta para um estágio mais avançado (PIONEERSEMENTES, 2017).

O monitoramento do crescimento em geral é feito utilizando técnicas destrutivas, mas para reduzir o gasto de tempo, pode-se adotar modelos matemáticos que forneçam informações prévias a respeito do cultivo (LYRA et al., 2003 e LYRA et al., 2008).

As variáveis de crescimento podem, muitas vezes, confundir o pesquisador, pois, nem sempre nas plantas em que se observa maiores crescimentos, pode-se inferir que esta terão maiores produtividades de grãos (SILVA, 2016).

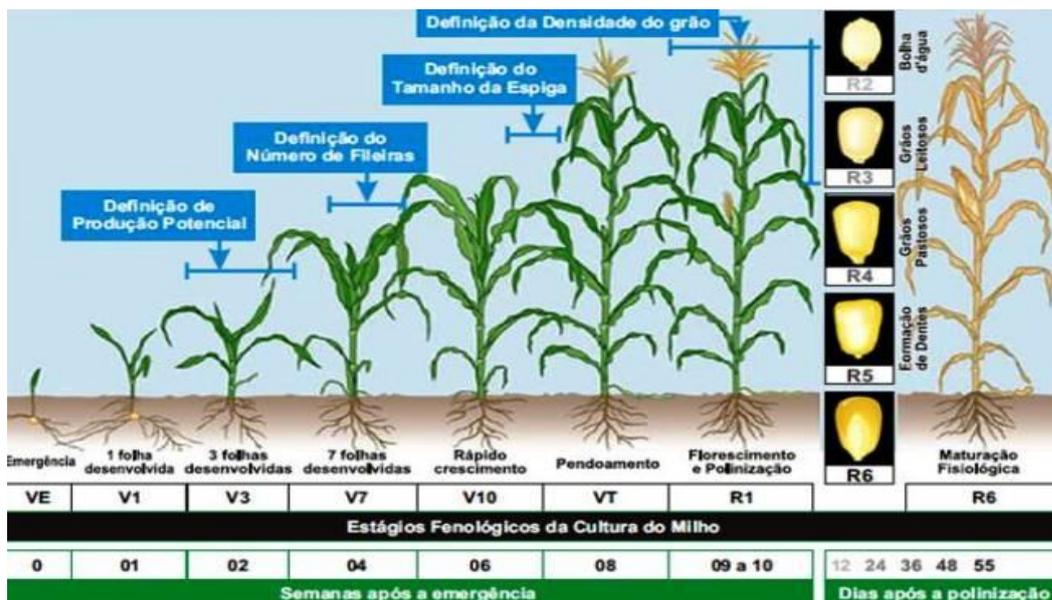
A fenologia é definida como o ramo da ecologia que estuda os fenômenos periódicos dos seres vivos e suas relações com o ambiente (BERGAMASCHI, 2007). A fenologia tem diversas aplicações importantes no ramo da agricultura, sendo indispensável em vários aspectos, como: zoneamento agroclimáticos, calendário de semeadura e plantio, modelagem de cultivos, monitoramento de safras, avaliação de riscos climáticos, cultivos protegidos, adubação e irrigação, entre outras práticas, otimizando assim o manejo, resultando em uma maior produtividade da cultura (BERGAMASCHI, 2014 e ROCHA et al., 2011).

Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006) realizaram adaptações nos trabalhos de Hanway (1963) e dividiram o ciclo da cultura do milho em dois grupos: fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1. Estádios de desenvolvimento da cultura do milho estabelecido por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006).

VEGETATIVO	REPRODUTIVO
V_E – Emergência;	R₁ – Florescimento;
V₁ – 1ª folha desenvolvida;	R₂ – Grão leitoso;
V₂ – 2ª folha desenvolvida;	R₃ – Grão pastoso;
V₃ – 3ª folha desenvolvida;	R₄ – Grão farináceo;
V_N – N-ésima folha desenvolvida;	R₅ – Grão farináceo duro;
V_T – Pendoamento	R₆ – Maturidade fisiológica

Figura 3. Fases de desenvolvimento da cultura do milho, Adaptado de Fancelli (1986).



Fonte: Adaptado de Fancelli (1986).

3.4 - Demanda hídrica e irrigação da cultura do milho

Dentre os fatores climáticos, a precipitação pluvial é a que mais interfere no crescimento e na produtividade do milho, que em Alagoas é em média 1.800 mm anuais (CARVALHO et al., 2013). Porém, essa precipitação pluvial é distribuída de forma irregular no decorrer do ano, com 70% ocorrendo nos meses de abril a agosto e os 30% restantes nos meses de setembro a março (SOUZA et al., 2004). As regiões com incidência ou que sofrem por irregularidade de chuvas, em boa parte das safras tem sua produtividade reduzida (MENEZES, 2015).

Para uma boa produção a cultura do milho necessita de 400 a 600 mm de água (MACHADO, 2016), sendo umas das culturas mais eficientes no uso da água, isto é, produz grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida. Souza et al. (2011) estudando a eficiência do uso da água na cultura do milho sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro, obtiveram maior eficiência no uso da água com a lâmina de irrigação correspondente a 75% da evapotranspiração de referência (ET_0), com 31,3 e 13,1 kg de grãos por m^{-3} de água aplicada, respectivamente para os tratamentos exclusivo e consorciado. Brito et al. (2013), verificaram maior eficiência em

lâminas de irrigação inferiores (60 a 40% da ET_c), porém, estas proporcionaram estresses às plantas que implicaram em menor crescimento e produtividade.

A planta só realiza os processos de germinação e emergência na presença de água. A falta de água pode acarretar em prejuízos na disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes. É de extrema importância o fornecimento de água à cultura, principalmente na fase reprodutiva no período de pendoamento ao espigamento, sendo época crucial 15 dias antes e 15 dias depois do pendoamento (SILVA et al., 2010). Por exemplo, se na fase de florescimento, a cultura passar por dois dias de “stress” hídrico o rendimento é afetado em 20%, se o “stress” hídrico se estender de quatro a oito dias a produção reduz em torno de 50% (MORAES, 2009).

O cultivo do milho irrigado é essencial para aumentar a produção. Visto que, a produtividade dessa cultura, em condições irrigadas, pode ser superior em 30 a 40% em relação à área de sequeiro (BORGES, 2003). Nessa situação, a cultura do milho irrigado pode ser uma boa opção no cultivo de uma segunda safra durante a estação seca.

A altura do dossel possui forte ligação com o rendimento de grãos. Almeida (2016), verificou que a altura do dossel vegetativo do milho irrigado com 150% ET_c , é 219 cm e com 50% e 70% da ET_c pode chegar a 198 e 207 cm, respectivamente. E, Parizi et al. (2009) estudando o efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho, observaram que a lâmina de irrigação equivalente a 100% da ET_0 proporcionou o maior número de grãos por espiga (411,52 grãos por espiga), e conforme Oliveira e Caires (2003) o número de grãos por espiga é um componente de produção decisivo da produtividade agrícola do milho.

A produtividade da cultura do milho irrigado com 175% da ET_c , nas condições edafoclimáticas da região de Piranhas, Alagoas, chega a 11,3 t ha⁻¹, (SILVA et al., 2017). Bergamaschi et al. (2006) verificou que a produtividade agrícola do milho irrigado com 401 mm é 8,95 t ha⁻¹, na região de Eldorado do Sul, Rio grande de Sul.

3.5 - Balanço hídrico

O solo armazena determinada quantidade de água, aplicada via precipitação pluvial ou por irrigação, essa água é perdida por percolação, escoamento superficial, evaporação e transpiração da cultura. O balanço hídrico é a quantificação das entradas (precipitação pluvial e irrigação) e saídas (percolação, escoamento superficial, drenagem,

evaporação e evapotranspiração) de água no solo em um determinado intervalo de tempo. A princípio ele é feito sobre uma vegetação padrão (gramado) esse é chamado de balanço hídrico climatológico, porém quando ele é feito com uma cultura instalada em uma área é chamado de balanço hídrico da cultura (PEREIRA, 2005).

O principal fator climático causador da variabilidade no rendimento de grãos durante os anos é a disponibilidade de água para as plantas. Com a determinação do balanço hídrico é possível definir a melhor forma de manejo das culturas e assim aumentar a produtividade, além de, em casos extremos, justificar frustrações de safras (TERAMOTO, 2003 e TEODORO, 2011).

Thornthwaite e Mather (1957) publicaram um método climatológico bastante utilizado e difundido pelo mundo que possibilita estimar a evapotranspiração real, o excedente e a deficiência hídrica (MARCHIORI, 2004).

O conhecimento deste balanço hídrico permite a determinação das melhores épocas de semeadura ou cultivo das culturas agrícolas de acordo com as características de cada região climática. O balanço hídrico também é utilizado como ferramenta para determinar os períodos em que a planta está sujeita a estresses hídricos.

3.6 - Nutrição mineral

A exigência nutricional das culturas é um parâmetro fundamental para o manejo correto da adubação, de modo a se obter a máxima eficiência. A cultura do milho extrai durante o ciclo elevadas quantidades de nutrientes do solo, que varia de acordo com a região (COELHO e FRANÇA, 1995). O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o nitrogênio exerce importante função nos processos bioquímicos da planta (SCHLICHTING, 2012).

Os resultados de experimentos conduzidos por Coelho et al. (dados não publicados), observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho refere-se a nitrogênio e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Porém, sua ausência pode ocasionar importantes alterações no metabolismo da planta. O nitrogênio corresponde cerca de 75% dos custos com fertilizantes usados na agricultura (ANDA, 2015).

O nitrogênio na agricultura para Veloso et al. (2009) é o nutriente mais absorvido e exportado, como também o de maior custo e o que mais influencia na produtividade do milho. Pois, o crescimento e acúmulo de matéria seca da planta depende desse elemento para constituir as proteínas e enzimas, principalmente as que atuam na fotossíntese, além das moléculas de clorofila e ácidos nucleicos, afeta também o crescimento do sistema radicular, o tamanho de espigas, o número e a massa de grãos e a sanidade de grão (FORNASIERI FILHO, 2007 e PIONNER, 1995). Segundo Bredemeier e Mundstock (2000) o nitrogênio influencia mais do que qualquer outro elemento no crescimento da planta.

De acordo com Coelho (2006), no Brasil cerca de 70 a 90% dos experimentos de adubação nitrogenadas com milho realizados em campo obtiveram altas produtividades. Conforme Farinelli (2012), no Brasil as lavouras comerciais de milho utilizam, em média, 60 kg de N ha⁻¹, enquanto nos Estados Unidos e na China a dose média é de 150 e 130 kg ha⁻¹, respectivamente. Em cultivos com expectativa de altas produtividades, a recomendação técnica é utilizar 60 a 100 kg de N ha⁻¹ em cobertura, para cultivo em sequeiro, e 120 a 160 kg de N ha⁻¹, para cultivo irrigado (SOUZA et al., 2003; AMARAL FILHO et al., 2005; COELHO, 2007; PAVINATO et al., 2008).

Barbosa (2017) em trabalho com as doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 Kg ha⁻¹) na cultura do milho, verificou que doses superiores a 150 Kg de N ha⁻¹ proporcionam aumento na altura do dossel, no índice de área foliar, no número e na massa de grãos por espiga e na produtividade agrícola.

O uso eficiente de fertilizantes nitrogenados depende muito do dimensionamento adequado das adubações. Portanto, a análise dos efeitos das doses de nitrogênio é fundamental para permitir que sejam avaliadas as respostas obtidas com aplicações sucessivas na produção (BARBOSA, 2017).

O efeito do nitrogênio pode variar, conforme o sistema de cultivo, às condições edafoclimáticas e tipo de fertilizante. Tendo grande importância estudos com fontes nitrogenadas, em virtude de os fertilizantes terem comportamentos distintos quando aplicados ao solo (FIGUEIREDO et al., 2005).

Dentre as principais fontes de N utilizadas no Brasil a uréia corresponde a 47% do consumo, seguida por nitrato de amônio 33% e sulfato de amônio 20% (POTAFOS, 2006).

4 - CAPÍTULO I

CULTIVO DO MILHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS

RESUMO

A disponibilidade de água no solo é o fator mais importante para o crescimento e desenvolvimento do milho. O objetivo com esse trabalho foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento agrícola do milho (*Zea mays* L.) sob lâminas de irrigação, na região de Rio Lago, Alagoas. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no período de 11/2017 a 03/2018. O delineamento estatístico foi blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com 20 tratamentos e quatro repetições. A cultura foi irrigada por gotejamento, submetida a cinco níveis de irrigação (40, 80, 120, 160 e 200% da evapotranspiração da cultura - ET_c) e quatro doses de adubação nitrogenada (0, 75, 150 e 225 quilogramas de nitrogênio (N) por hectare). Os valores totais de precipitação pluvial, ET_o e ET_c durante o ciclo de cultivo foram 367, 536 e 460 mm, respectivamente. A interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio não foi significativa, por isso, os efeitos dos tratamentos foram analisados de forma independentes, sem desdobramentos. O número e massa de grãos por espiga e produtividade agrícola, foram influenciados pelos níveis de irrigação aplicados, a 5% de probabilidade, pelo teste F. Os maiores valores de altura do dossel (247,2 cm), índice de área foliar (4,4), número de grãos por espiga (635,0 grãos), massa de grãos por espiga (195,0 g) e produtividade agrícola (8,4 t ha⁻¹) são obtidos com lâminas de irrigação equivalente a 160% da evapotranspiração da cultura. As variáveis índice de área foliar, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e produtividade agrícola ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático. Enquanto que, a altura do dossel ajustou-se melhor ao modelo exponencial de primeira ordem. A maior eficiência no uso da água (EUA) foi de 3,85 Kg de grãos por metro cúbico de água utilizada (precipitação pluvial efetiva mais irrigação) obtida com a lâmina de irrigação de 172,4 mm (40% da ET_c), porém, esta proporcionou estresses às plantas que implicou em menores crescimento e produtividade.

Palavras-chave: Altura do dossel, componentes de produção, produtividade agrícola.

CULTIVATION OF MAIZE UNDER IRRIGATION LEVELS, IN THE REGION OF RIO LARGO, ALAGOAS

ABSTRACT

The availability of water in the soil is the most important factor for the growth and development of maize. The objective of this work was to evaluate the growth, development and agricultural yield of maize (*Zea mays* L.) under irrigation levels, in the region of Rio Lago, Alagoas. The experiment was done at the Agricultural Sciences Center of the Federal University of Alagoas, from 11/2017 to 03/2018. The statistical design was randomized blocks in the scheme of subdivide plots, with 20 treatments and four replications. The crop was irrigated by drip irrigation system, submitted to five irrigation levels (40, 80, 120, 160 and 200% of crop evapotranspiration - ET_c) and four nitrogen fertilization rates (0, 75, 150 and 225 kilograms of nitrogen per hectare). The total values of rainfall, ET_o and ET_c during the growing cycle were 367, 536 and 460 mm, respectively. The interaction between the irrigation levels and the nitrogen fertilizer was not significant. So the effects of the treatments were analyzed independently, without unfolding. The number and mass of grains per ear and agricultural productivity were influenced by the irrigation levels applied, at 5% of probability, by the F test. The highest values of canopy height (247,2 cm), leaf area index (4,4), number of grains per ear (635,0 grains), grain mass per ear (195,0 g) 8,4 t ha⁻¹) are produced with irrigation levels equivalent to 160% of crop evapotranspiration. The variables index of leaf area, number of grains per ear, grain mass per ear and agricultural productivity were adjusted to the quadratic polynomial model. While, the canopy height was better adjusted by the first order exponential model. The greatest efficiency in water use was 3.85 kg of cubic meter of water, with a 172.4 mm irrigation depth (40% of ET_c), but this provided stresses to plants that imply lower growth and productivity.

Keywords: Canopy height, production components, agricultural productivity

4.1 – INTRODUÇÃO

A cultura de milho no Brasil representa em torno de 40% da produção total de grãos do país, com 81,4 milhões de toneladas e produtividade média de $4,9 \text{ t ha}^{-1}$ na safra 2017/18 (CONAB, 2018). A produtividade agrícola de milho no Nordeste brasileiro é $2,5 \text{ t ha}^{-1}$, 47,8 % inferior à média nacional e no Estado de Alagoas é $1,1 \text{ t ha}^{-1}$, esse baixo rendimento alagoano ocorre devido, principalmente, à irregularidade de chuvas (SILVA et al., 2005). Na região de Rio Largo, Alagoas, chove em média 1.800 mm anuais. Porém, 70% das chuvas ocorre nos meses de abril a agosto e os 30% restantes nos meses de setembro a março. De modo que, no primeiro período (estação chuvosa) sempre ocorre excesso de chuva e no último período há grande probabilidade de ocorrer deficiência de água no solo (SOUZA et al., 2004).

As reduções de crescimento e de produtividade agrícola da cultura do milho, depende da fase de desenvolvimento fenológico que ocorre os déficits e excessos hídricos. Da mesma forma, a tolerância ou resistência da cultivar aos estresses hídricos e a duração e intensidade de falta e excesso de água no solo podem interferir no grau de danos às lavouras (MACHADO, 2016). O déficit hídrico decorrente de instabilidades do regime de chuvas pode acarretar decréscimo de 25%, na produtividade agrícola do milho se a deficiência hídrica ocorrer antes da emissão dos estigmas e de 50% se acontecer na fase de florescimento e enchimento de grãos, devido à extrema sensibilidade das plantas dessa cultura à falta de água durante essas fases fenológicas (MALDANER et al., 2014 e WAGNER et al., 2009). A altura do dossel vegetativo e o índice de área foliar, também são severamente prejudicados pela falta de água no solo. A alternativa para mitigar ou eliminar os efeitos da deficiência hídrica na agricultura é a irrigação.

A irrigação que é a adição de água nos cultivos agrícolas, de forma antrópica, neutraliza ou minimiza os efeitos negativos dos déficits hídricos. Almeida (2016), verificou que a altura do dossel vegetativo do milho irrigado com 150% da evapotranspiração da cultura (ET_c), é 219 cm e com 50% e 70% da ET_c pode chegar a 198 e 207 cm, respectivamente. E, Parizi et al. (2009) estudando o efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho, observaram que a lâmina de irrigação equivalente a 100% da evapotranspiração de referência (ET_0) proporciona o maior número de grãos por espiga

(411,5 grãos por espiga), e conforme Oliveira e Caires (2003) o número de grãos por espiga é um componente de produção decisivo da produtividade agrícola do milho.

A produtividade da cultura do milho irrigado com 175% da ET_c , nas condições edafoclimáticas da região de Piranhas, Alagoas, chega a $11,3 \text{ t ha}^{-1}$ (SILVA et al., 2017). Bergamaschi et al. (2006) verificaram que a produtividade agrícola do milho irrigado com 401 mm, na região de Eldorado do Sul, Rio grande do Sul, é $8,95 \text{ t ha}^{-1}$.

A contabilidade da quantidade de água que entra e que sai em um determinado volume de solo é definida como balanço hídrico que é o método mais utilizado para estimar as necessidades de irrigação nos cultivos agrícolas e definir a lâmina de irrigação que proporciona a maior produtividade física da cultura e de maior eficiência no uso da água (EUA). De modo que o conhecimento das relações entre as variáveis de crescimento e de produção do milho em relação as características hídricas do solo são essenciais para aumentar o rendimento agrônômico dos cultivos agrícolas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento agrícola do milho submetido a lâminas de irrigação na região de Rio Largo, Alagoas. Para isso, foi realizado o balanço hídrico da cultura e foram feitas as medidas de altura do dossel, índice de área foliar, número e massa de grãos por espiga e estimativas de produtividade agrícola, lâmina de irrigação que proporciona a produtividade física máxima e a eficiência do uso da água.

4.2 - MATERIAL E MÉTODOS

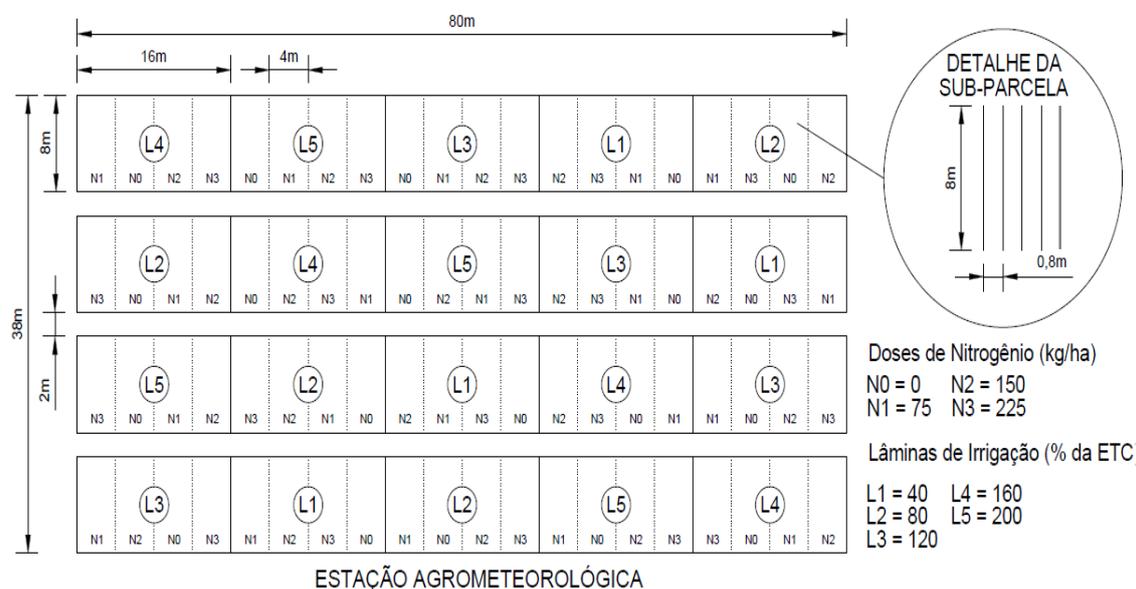
4.2.1 - Localização e caracterização da área do experimento

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, em uma área com dimensões de 80,0 m de comprimento por 38,0 m de largura, totalizando 3.040,0 m², cujas coordenadas geográficas são: 09°28'02" S e 35°49'43" W, 127 m de altitude, com declividade inferior a 2%. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de textura média argilosa, com umidade de 0,24 m³ m⁻³, na capacidade de campo (θ Cc) e 0,14 m³ m⁻³, no ponto de murcha permanente (θ Pmp). A densidade do solo é 1,50 Kg dm⁻³, a porosidade total é 0,42 m³ m⁻³ e a velocidade de infiltração básica (VIB) é 52 mm h⁻¹ (CARVALHO, 2003).

4.2.2 - Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco lâminas de irrigação, 40%, 80%, 120%, 160% e 200% da ET_c (Figura 4), nas parcelas de 20 linhas com 8,0 m de comprimento e espaçamento de 0,80 m (128,0 m²). Nas subparcelas foram colocadas quatro doses de nitrogênio. Mas nesse trabalho foi avaliado apenas os efeitos das lâminas de irrigação.

Figura 4. Croqui detalhado da área experimental.



4.2.3 - Plantio e tratos culturais

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens: uma pesada e profunda (± 30 cm) para destruir e incorporar as plantas daninhas remanescentes de outros cultivos; e outra niveladora para quebrar os torrões deixados pela primeira e nivelar o terreno (Figura 5a).

A adubação de fundação (nível = 100 kg de P_2O_5 e 94 kg de K_2O por hectare) foi feita com base na análise química do solo, visando uma produtividade agrícola média de grãos de $10,0 \text{ t ha}^{-1}$, conforme Coelho (2007). A adubação nitrogenada foi realizada aos 15 dias após o plantio (DAP), em média com 250 Kg de uréia, correspondente a 112,5 kg de nitrogênio por hectare (Figura 5b).

O plantio foi realizado no período de 19 a 22 de novembro de 2017, com a cultivar AG 7088 VTPRO2. As sementes foram distribuídas de forma manual na profundidade de 5,0 cm, colocando-se 2 sementes a cada 25 cm, para garantir o *Stand* de plantas e quando as plantas encontravam-se no estágio de quatro folhas totalmente expandidas, foi feito o desbaste deixando apenas 4 plantas por metro, densidade de 50.000 plantas por hectare (Figura 5c).

O controle das plantas nativas foi realizado em dois períodos: em 28/12/2017 (39 DAP) e 06/01/2018 (48 DAP). A primeira pulverização foi efetuada com o herbicida glifosato, na dosagem de 500 mL por bomba de 20 L, o que correspondeu à dose de $3,9 \text{ L ha}^{-1}$ e na segunda aplicação foi utilizado $3,6 \text{ L ha}^{-1}$ do herbicida tordon. Nos dias 05/12 (16 DAP) e 17/12/2017 (28 DAP) foi aplicado o inseticida metomil 50 mL por bomba de 20 L, correspondendo a $0,65 \text{ L ha}^{-1}$ para controlar a lagarta-do-cartucho (Figura 5d).

Figura 5. Preparo do solo (A), adubação de fundação (B), plantio (C) e aplicação de herbicida(D).



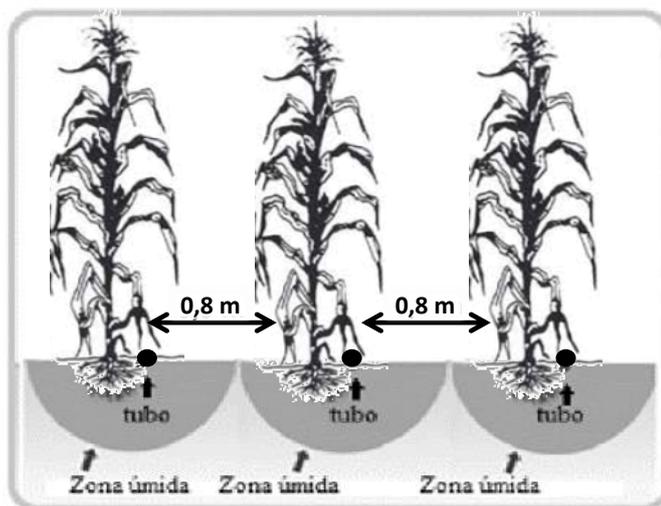
Fonte: Autor (2019).

4.2. 4 – Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento superficial com fitas gotejadoras de 16 mm de diâmetro, com emissores a cada 0,2 m, com 1 fita por linha de plantio. A vazão observada por emissor foi $1,12 \text{ L h}^{-1}$, equivalente a $5,6 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, pressão de serviço de 7 m.c.a e intensidade de aplicação de $7,0 \text{ mm h}^{-1}$. O turno de rega adotado foi 2 dias (Figura 6).

Os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação até os 20 dias após o plantio, para garantir a germinação e evitar a morte precoce das plantas por falta de água. Porque o cultivo foi realizado durante a estação seca.

Figura 6. Detalhes do espaçamento entre as linhas de plantio do milho e do posicionamento da fita gotejadora.



4.2.5 – Variáveis agrometeorológicas e balanço hídrico climatológico

As variáveis agrometeorológicas: precipitação pluvial (P), velocidade do vento (U), umidade relativa do ar (HR) e evapotranspiração de referência (ET_o) foram cedidas pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA) que mantém uma estação automática de aquisição de dados ao lado do experimento.

O balanço hídrico foi feito conforme a metodologia recomendada por Pereira et al. (2002). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada multiplicando-se a ET_o pelo coeficiente de cultura (Kc). O Kc utilizado foi o da *Food Agriculture Organization* (FAO), cujos valores da fase inicial, intermediário e final foram 0,40, 1,2 e 0,6, respectivamente. O Kc inicial foi corrigido pelo método gráfico, em função da ET_o e da frequência de irrigação. O Kc Intermediário e Kc final foram corrigidos conforme a Equação 1 (ALLEN et al., 1998).

$$Kc \text{ final} = Kc \text{ final}_{(Tab)} + [0,04 (U_2 - 2) - 0,004(RH_{\min} - 45)] (H/3)^{0,3} \quad (1)$$

Em que: $Kc \text{ final}_{(Tab)}$ é valor fornecido no boletim da FAO, U_2 é o valor médio para velocidade do vento diário medido a 2 m de altura sobre a grama durante a última fase do estágio de crescimento, RH_{\min} é o valor da umidade relativa mínima diária média durante

a última fase do estágio de crescimento [%], para $20\% \leq RH_{min} \leq 80\%$, H é a altura da planta média durante a última fase do estágio de crescimento [m], para $0,1 \text{ m} \leq h \leq 10 \text{ m}$.

4.2.6 – Fenologia

A fenologia foi feita com base na escala proposta por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006) que divide o ciclo da cultura do milho em duas fases principais: fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), conforme a Tabela 1. O desenvolvimento das plantas foi monitorado com observações diárias que começaram logo após a semeadura e a data de ocorrência de cada estágio fenológico foi considerada quando 50% +1 das plantas apresentaram as características pré-definidas do referido estágio. Para a identificação da fase vegetativa, as folhas foram marcadas com o barbante. Nos estágios de R2 a R6 efetuou-se abertura da palha nas espigas para verificar o grau de desenvolvimento dos grãos.

Tabela 1. Estádios de desenvolvimento da cultura do milho estabelecido por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006).

VEGETATIVO	REPRODUTIVO
V_E – Emergência;	R_1 – Florescimento;
V_1 – 1ª folha desenvolvida;	R_2 – Grão leitoso;
V_2 – 2ª folha desenvolvida;	R_3 – Grão pastoso;
V_3 – 3ª folha desenvolvida;	R_4 – Grão farináceo;
V_N – N-ésima folha desenvolvida;	R_5 – Grão farináceo duro;
V_T – Pendoamento	R_6 – Maturidade fisiológica

4.2.7 – Crescimento

As análises de crescimento foram realizadas quinzenalmente, com base nas variáveis altura do dossel (AD) e índice de área foliar (IAF), em 20 plantas marcadas por parcela.

O IAF foi calculado pela Equação 2.

$$IAF = \frac{AF \times NP}{\epsilon \times H} \quad (2)$$

Em que, AF é a área foliar (m^2), N_p é o número de plantas na linha de contagem, ϵ é o espaçamento médio entre linhas (m) e H é o comprimento da linha de contagem das plantas (m)

A área foliar foi determinada pela a equação: $AF = 0,75 C L (NF+2)$, conforme a metodologia de Hermann e Câmara (1999), em que 0,75 o fator de correção de forma das folhas, C é o comprimento da “folha +3”, L a largura da “folha +3” e NF é o número de folhas totalmente expandidas por planta.

As curvas de IAF foram estimadas pelo modelo polinomial quadrático e a da altura do dossel pelo modelo exponencial de primeira ordem.

4.2.8 – Colheita e rendimento de grãos

A colheita foi realizada no dia 16/03/2018 (117 DAP). As espigas foram colhidas e identificadas por tratamento, e em seguida foram selecionadas quarenta espigas de milho para a análise das variáveis: número grãos por espiga (NGE - Figura 7a) e massa de grãos por espiga (MGE - Figura 7b).

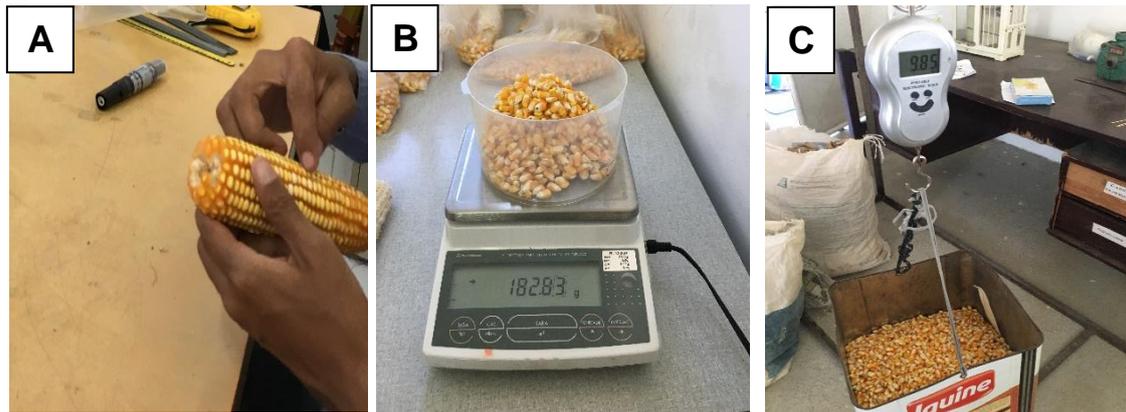
A produtividade agrícola (PA - $kg ha^{-1}$) foi obtida a partir da pesagem de todos os grãos colhidos na área útil ($38,4 m^2$) de cada parcela (Figura 7c), conforme a Equação 3:

$$Y = 10.000 \frac{M}{C \epsilon}$$

Em que, Y é a produtividade agrícola ($kg ha^{-1}$), M é a massa colhida na área amostrada (kg), C é o comprimento total das linhas colhidas (m), ϵ é o espaçamento entre linhas (m) e 10.000 é o fator de conversão para hectare.

Os dados de NGE, MGE e PA foram submetidos à análise variância, por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008) e analisados por regressão linear e/ou polinomial quadrática a ($P \leq 0,05$).

Figura 7. Contagem do número de grãos por espiga (A), pesagem da massa de grãos por espiga (B) e determinação da produtividade agrícola (C).



Fonte: Autor (2019).

4.2.9 - Função de produção

A função de resposta da cultura do milho aos tratamentos foi obtida através de curvas de regressão polinomial quadrática em função das lâminas de irrigação, conforme a Equação 4 (Frizzone, 1998):

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad (4)$$

Em que, Y são as variáveis de produção, x é lâmina de irrigação aplicada e b_0 , b_1 e b_2 são os coeficientes da equação.

A equação utilizada para estimar a lâmina de irrigação que maximiza a produção foi deduzida igualando-se a primeira derivada da função de produção a zero, conforme as Equação 5:

$$X_{m\acute{a}x} = -\frac{b_1}{2b_2} \quad (5)$$

Em que, $X_{m\acute{a}x}$ é a lâmina de irrigação que proporciona o maior rendimento. Posteriormente, O rendimento máximo ($Y_{m\acute{a}x}$) será estimada substituindo-se X por $X_{m\acute{a}x}$ na Equação 4.

4.2.10 - Eficiência no uso da água

A eficiência no uso da água (EUA), em quilogramas de milho por metro cúbico de água, foi calculada de acordo com a Equação 6:

$$EUA = \frac{PA}{W} \quad (6)$$

Em que, PA é a produtividade agrícola (kg ha^{-1}) e W é o volume total de água utilizado (m^3).

4.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 – Variáveis agrometeorologias e lâminas de irrigação

A precipitação pluvial durante o cultivo foi de 367 mm, considerada inferior às exigências de água do milho, que é em média de 400 a 600 mm (MACHADO, 2016). Na fase vegetativa e reprodutiva ocorreram 118 mm e 249 mm de chuva, respectivamente. Os dois períodos mais chuvosos foram o terceiro decêndio dezembro com 71 mm e o terceiro decêndio de janeiro com 66 mm. Devido aos déficits hídricos ocorridos durante o ciclo de cultivo, foram aplicadas as lâminas de irrigação totais de 39, 138, 316, 454 e 585 mm, nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5.

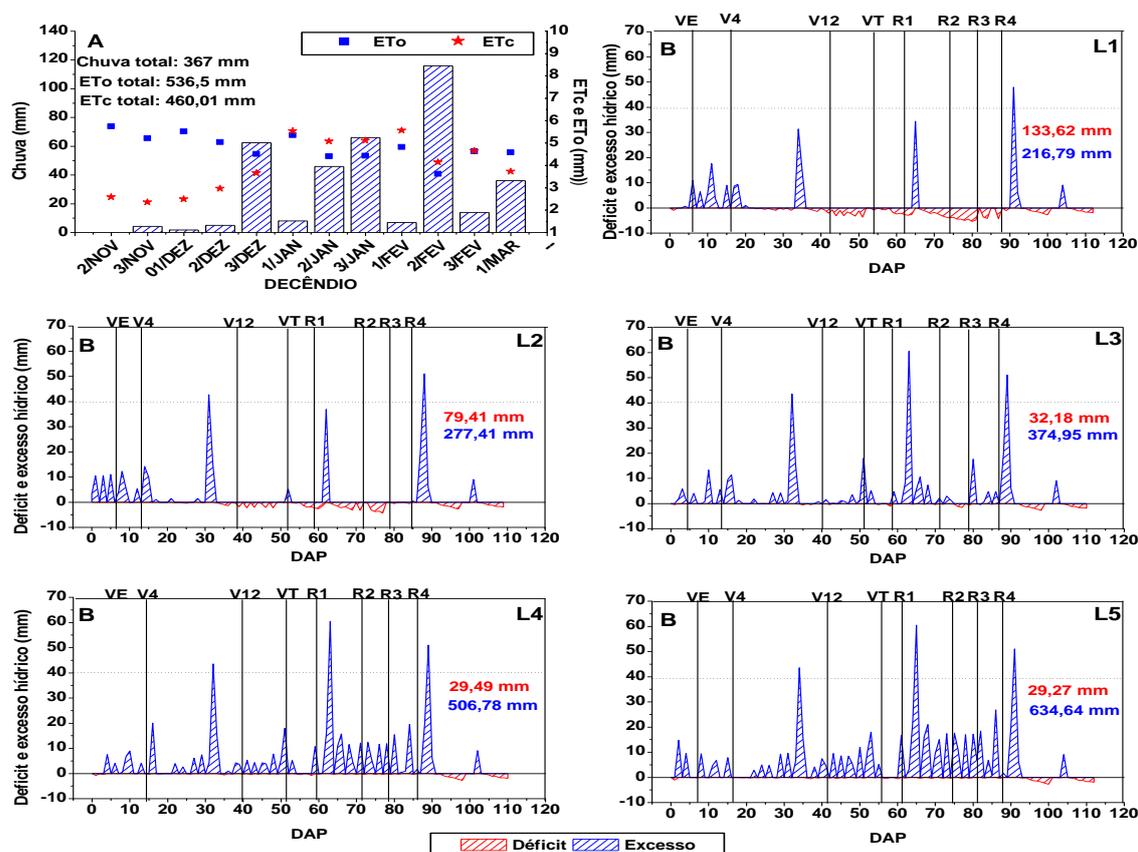
A precipitação pluvial efetiva (P. efetiva) foi maior nos tratamentos L1 e L2 com 133 e 129 mm, respectivamente. Isso aconteceu porque o solo submetido a déficit hídrico tem umidade sempre abaixo da capacidade de campo. E, nos tratamentos L3, L4 e L5, irrigados com 120%, 160% e 200% da ET_c , o solo estava sempre com umidade acima da capacidade de armazenamento e a maior parte da chuva percolava e escoava superficialmente. Os somatórios das lâminas de irrigação com a P. efetiva foram 172, 267, 396, 530 e 661 mm, nos tratamentos irrigados com 40% (L1), 80% (L2), 120% (L3), 160% (L4) e 200% (L5) da ET_c , respectivamente. A ET_o total durante o cultivo (110 DAP) foi 536,5 mm, com a máxima diária de 6,3 mm aos 19 DAP (08/12/2017) e média de 4,6 mm dia⁻¹. A ET_c total foi 460,0 mm, com média de 4,0 mm dia⁻¹ e aos 60 DAP (18/01/2018) quando a planta encontrava-se no estágio fenológico de florescimento ocorreu a ET_c máxima diária de 6,3 mm (Tabela 2 e Figura 8).

Tabela 2. Tratamentos (L), irrigação total (IT-mm), precipitação pluvial efetiva total (P. efetiva - mm), IT + p. efetiva (mm), e IT + p. efetiva (em porcentagem da evapotranspiração da cultura - % da ET_c), na região de Rio Largo, AL, no período de novembro de 2017 a março de 2018.

L	IT (mm)	P. efetiva (mm)	IT + P. efetiva (mm)	% da ET_c
L1	39	133,4	172,48	40%
L2	138	129,1	266,80	80%
L3	316	79,5	395,70	120%
L4	454	75,8	530,21	160%
L5	585	75,8	660,73	200%

Fonte: Autor (2019).

Figura 8. (A) - Chuva, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c) decendiais. (B) - Balanço hídrico da cultura do milho com déficits e excessos hídricos nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, na região de Rio Largo, AL, no período novembro de 2017 a março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

4.3.2 – Balanço hídrico

O déficit e hídrico na cultura do milho, contabilizados através do balanço hídrico de Thorntwaite e Mather, na região de Rio Largo, AL, no período de 19 de novembro de 2017 a 16 de março de 2018 (Figura 8), foi 134, 79, 32, 30, 29 mm e os excessos hídricos foram 217, 277, 375, 507, 635, nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, respectivamente. Todavia, a deficiência hídrica dos tratamentos L3, L4 e L5 ocorreu após o estágio fenológico de grão farináceo. Portanto não influenciou no crescimento e no rendimento de grãos da cultura do milho.

O déficit hídrico ocorrido no tratamento L1, na fase vegetativa, foi 33 mm, na fase reprodutiva 100 mm, e do pendoamento ao florescimento foi 17 mm. Esse último período de deficiência hídrica é o mais crítico para a cultura do milho (BERGAMASCHI et al., 2004). Nas parcelas irrigadas com 80 % da ET_c (L2), durante a fase vegetativa, houve deficiência hídrica de 16 mm e excesso hídrico de 154 mm. Na fase reprodutiva, o déficit hídrico foi 63 mm e excesso 123 mm.

Os excessos hídricos ocorridos nos tratamentos L3, L4 e L5, durante a fase vegetativa foram 158 mm, 198 mm e 243 mm e na fase reprodutiva 217 mm, 308 mm e 392 mm, respectivamente.

4.3.3 - Altura do dossel

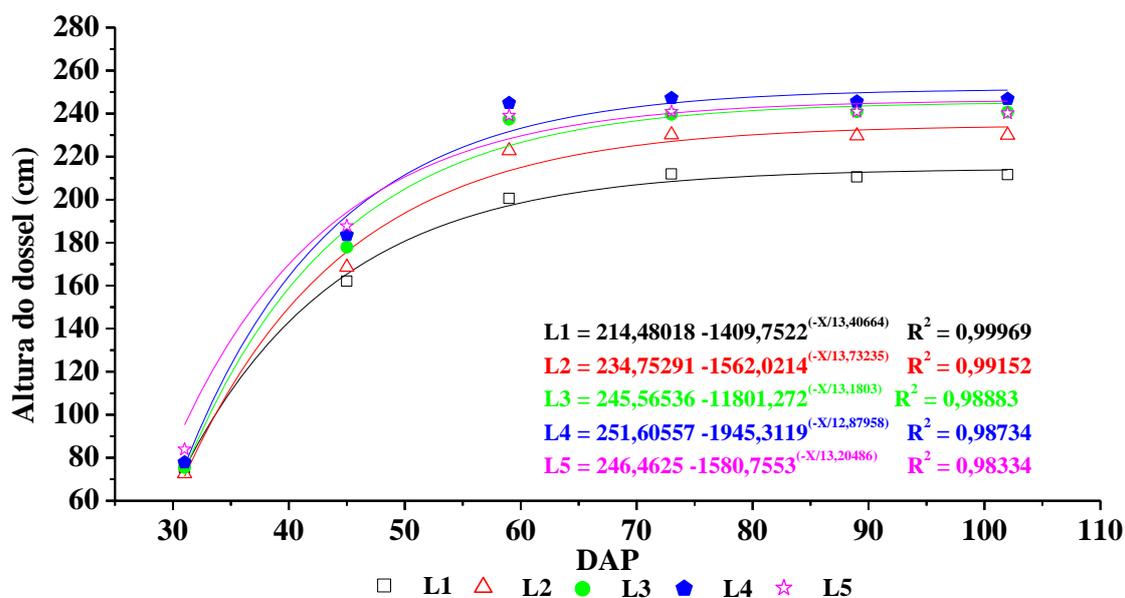
Os valores máximos da altura do dossel foram observados aos 73 DAP: 211,9 cm, 230,2 cm, 239,7 cm, 247,2 cm e 240,9 cm, respectivamente nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5, diferença de 14,3% na altura do dossel no tratamento L4 em relação ao L1 (Figura 9). A justificativa para redução da altura do dossel nos tratamentos irrigados com 40 e 80% da ET_c é que, conforme Taiz et al. (2013), plantas em condições de deficiência hídrica tendem a fechar seus estômatos e, conseqüentemente, reduz a taxa fotossintética, o crescimento e a fixação de CO_2 . Santos (2016), relata que a baixa disponibilidade de água é um fator que acarreta decréscimo na altura de plantas. Esses resultados corroboram com o obtido por Costa et al. (2016), que verificaram maior altura do dossel de 229,2 cm com a variedade Jabotão aos 70 DAP e que a partir desse momento o crescimento da cultura se estabiliza porque os fotoassimilados são direcionados para a produção e acumulação de amido nos grãos. Barbosa (2017) avaliando a resposta da cultivar de milho AG 7088 sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada nos tabuleiros

costeiros de Alagoas, observou maior altura do dossel de 244,1 cm, valor similar a deste trabalho.

A maior altura de dossel vegetativo foi 247,2 cm observada com a lâmina total de 530 mm, correspondente a 160% ET_c (Figura 9). Blanco et al. (2011), estudando o efeito de lâminas de irrigação no milho verde, na região de Teresina, PI, observaram maior altura do dossel de 219 cm com irrigação total de 603 mm. Almeida (2016), analisando o comportamento do milho submetido a déficits e excessos hídricos, verificou menores alturas do dossel (198 e 207 cm), com irrigação equivalente a 50% e 70% da ET_c e maior altura do dossel (219 cm) nos tratamento submetido ao nível de irrigação de 150% ET_c . Conforme Mello et al. (2004) a altura do dossel possui forte ligação com a produtividade agrícola. Portanto é uma variável que deve ser observada para se obter uma estimativa de produção.

A altura do dossel em relação as lâminas de irrigação aplicadas ajustaram-se ao modelo exponencial de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,99; 0,99; 0,98; 0,98 e 0,98, respectivamente nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5 (Figura 9).

Figura 9. Altura do dossel vegetativo (cm) do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de 20/12/17 a 02/03/2018.



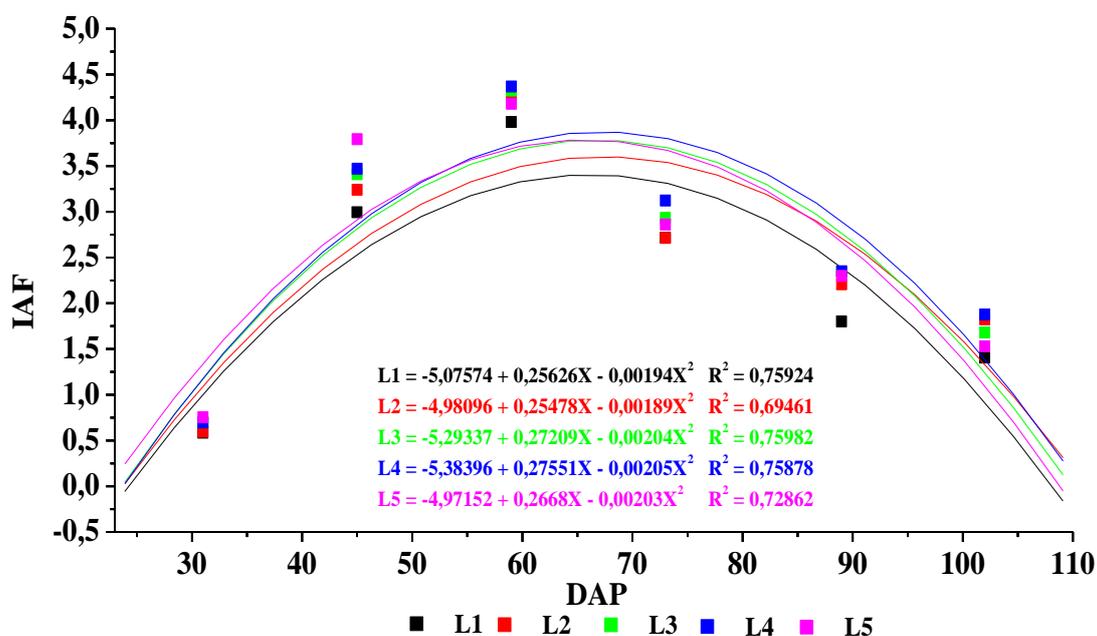
Fonte: Autor (2019).

4.3.4 - Índice de área foliar

O IAF do milho irrigado, em todos tratamentos, atingiram o máximo aos 59 dias após o plantio (DAP), no estágio de polinização, média de 4,2, com maior valor observado de 4,4 no tratamento L4 e o menor de 4,0 no L1, uma redução de 8,9% em relação ao valor do IAF máximo. A justificativa para essa redução do IAF no tratamento irrigado com 40% da ET_c é que as plantas submetidas ao déficit hídrico tem como consequência imediata a diminuição da expansão celular que causa redução da área foliar. A redução da área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta e do IAF (BERGAMASCHI, 2014). Quando as plantas atingiram o IAF máximo começaram a translocar os fotoassimilados para a espiga e o IAF começou a decrescer devido a senescência das folhas mais velhas (Figura 10). Resultados semelhantes foram obtidos por (BARBOSA, 2017; COSTA et al., 2016; FRANÇA et al., 2011). Silva et al. (2015) verificaram que o maior índice de área foliar resulta em maiores produtividades e no presente estudo foi observado a mesma tendência.

O modelo matemático de regressão quadrático mostrou bom ajuste, com R^2 de 0,75, 0,69, 0,75, 0,75 e 0,72, respectivamente nos tratamentos L1, L2, L3, L4 e L5.

Figura 10. Índice de área foliar do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de 20/12/17 a 02/03/2018.



Fonte: Autor (2019).

4.3.5 - Rendimento agrônômico

Na Tabela 3, observa-se que houve diferença significativa no nível de 5% de probabilidade, pelo teste F, entre as lâminas de irrigação e as variáveis número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola (PA).

Os resultados da interação entre lâminas de irrigação e doses de nitrogênio não foram significativos pelo teste F em todas os componentes de produção avaliados e na produtividade agrícola. Por isso, os efeitos dos tratamentos de níveis de irrigação sobre essas variáveis foram avaliados de forma independentes, sem desdobramentos.

Tabela 3. Análise de variância com os valores dos quadrados médios dos componentes de produção: nº de grãos por espiga (NGE); massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola (PA - t ha⁻¹), em função das lâminas de irrigação, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.

Fontes de Variação	¹ GL	Valores de Quadrados Médios		
		NGE	MGE	PA
Bloco	3	2634,10 ^{NS}	479,86 ^{NS}	2,42 ^{NS}
Lâminas de irrig. (L)	4	12352,91*	4104,47*	7,97*
Erro	12	3927,7567	1158,6549	2,13
CV (%)		10,26	18,51	18,76

¹Graus de liberdade; *significativo à nível de 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Fonte: Autor (2019).

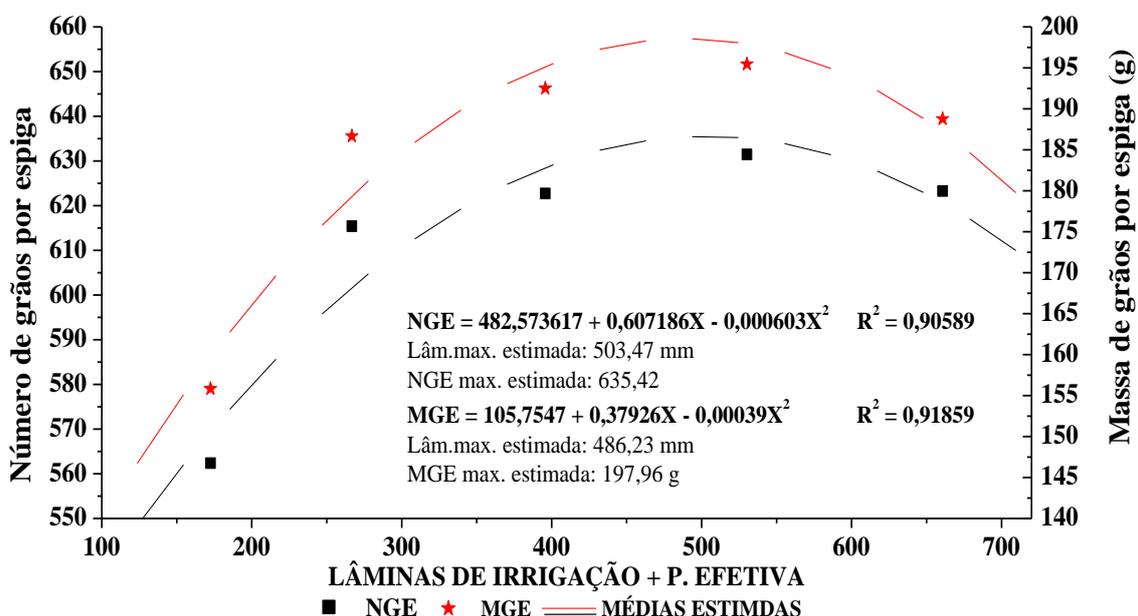
a - Número e massa de grãos por espiga

Os valores máximos observados de NGE e MGE foram de 635 grãos e 195 g, respectivamente obtidos com a lâmina de irrigação de 530 mm, correspondente a 160% da ET_c (L4) e os menores valores observados em ambas variáveis foram 562 grãos e 155 g, respectivamente nas parcelas irrigadas com 172,4 mm, correspondente a 40% da ET_c (L1). Um incremento de 11,5% no NGE e 20,5% na MGE no tratamento L4 em relação ao tratamento L1. Essa redução do número e da massa de grãos por espiga, em plantas submetidas à restrição hídrica se deve à baixa taxa de suprimento de assimilados aos ovários, provocando abortamento de grãos (SCHUSSLER e WESTGATE, 1991). E conforme Jensen (1981), a ocorrência de déficit hídrico, principalmente nas fases de floração e enchimento de grãos é responsável pela redução do número e da massa de grãos por espiga que são componentes determinantes da produtividade agrícola.

O número e a massa de grãos por espiga em função dos níveis de irrigação, se ajustaram ao modelo matemático de regressão polinomial quadrático, com valores de coeficientes de determinação $R^2 = 0,90$ e $0,91$, respectivamente. O valor máximo estimado pela função de produção para o NGE e MGE foi de 635 grãos e 197 g, com a lâmina de 503 mm e 486 mm, respectivamente (Figura 11).

Parizi et al. (2009) estudando o efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho, observaram que o maior número de grãos por espiga, média de 411 grãos, foi obtido com o tratamento de 100% da ET_0 e o menor média de 341 grãos, no tratamento sem irrigação. Almeida (2016) constatou menores valores de NGE em áreas irrigadas com 50 e 70% da ET_c .

Figura 11. Número de grãos por espiga (NGE) e Massa de grãos por espiga (MGE) do milho híbrido AG 7088, em função das lâminas de irrigação + precipitação efetiva, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

b - Produtividade agrícola, produtividade física máxima e eficiência no uso da água

A produtividade agrícola (PA - t ha⁻¹) em função das lâminas de irrigação mostraram efeito significativo, pelo teste F a 5% de probabilidade (Tabela 3) e os dados ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, com coeficiente de determinação R² = 0,98 (Figura 12).

A produtividade agrícola física máxima estimada pela função de produção polinomial de segundo grau foi 8,4 t ha⁻¹, superou a média nacional que é 4,9 t ha⁻¹ (CONAB, 2018), em aproximadamente 41,92%, incremento de 3,5 t ha⁻¹ com a aplicação de 528 mm durante o ciclo de produção. Cruz et al. (2010) consideram a lâmina de irrigação de 600 mm é suficiente para a cultura do milho atingir seu potencial de produtividade agrícola.

Silva et al. (2017), avaliando o cultivo do milho irrigado por gotejamento na região do sertão alagoano, verificaram produtividade agrícola de 11,3 t ha⁻¹, obtida com lâmina total de irrigação de 919 mm (175% da ET_c).

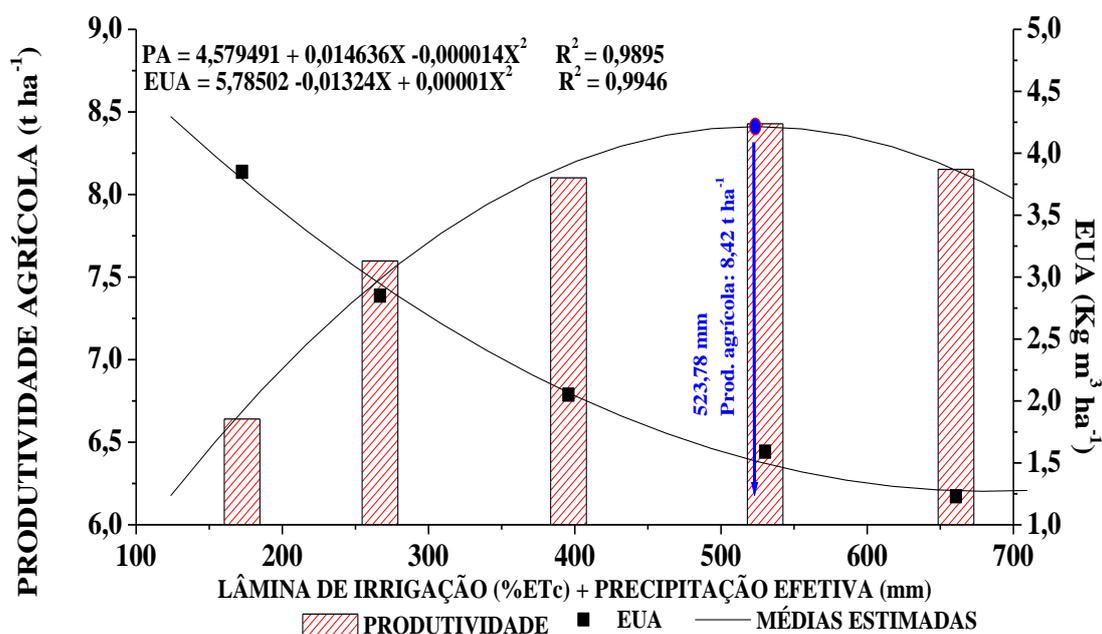
Os tratamentos submetidos ao déficit hídrico foram menos produtivos, com médias de 6,6 t ha⁻¹ e 7,6 t ha⁻¹, respectivamente nos tratamentos L1 e L2, incremento de 21,1% no tratamento L4 em relação ao L1 e 9,6% em relação ao L2. A redução de produtividade nas parcelas irrigadas com 40% da ET_c (L1) foi devido ao déficit hídrico de 80 mm na fase de pendramento e enchimento de grãos e no tratamento irrigado com 80% da ET_c (L2) ocorreu 40 mm de deficiência de água na fase de enchimento de grãos. A ocorrência de déficit hídrico na fase de florescimento e enchimento de grãos pode acarretar redução na produtividade em torno de 50%, devido à extrema sensibilidade à falta de água durante essas fases fenológicas, (MALDANER et al., 2014 e WAGNER, 2009). De acordo com Magalhães et al. (2002) dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento em mais de 20% e de quatro a oito dias diminuem em mais de 50%.

A produtividade agrícola teve incremento diretamente proporcional ao aumento das lâminas de irrigação até o tratamento L4. Porém, o rendimento de grãos começou a cair no tratamento submetido ao excesso hídrico, nas parcelas irrigadas com 200% da ET_c (L5), cuja produtividade foi 8,1 t ha⁻¹. Uma explicação para isso é que, de acordo com Taiz e Zeiger (2013), o excesso de água acarreta injúrias nas plantas e consequentemente

diminuição da produtividade. Matos et al. (2012) e Machado (2016), relataram que o excesso de água é prejudicial a cultura do milho. Magalhães et al. (2008), observaram que a alta umidade no solo, devido a excessos hídricos, pode causar morte das plantas, no início da fase reprodutiva e o excesso de água inviabiliza os grãos de pólen de milho.

Os valores da eficiência no uso da água (EUA) observados decresceram com o aumento da lâmina de irrigação aplicada (3,8, 2,8, 2,0, 1,6 e 1,2 Kg m³, respectivamente para L1, L2, L3, L4 e L5) e ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, com R² = 0,99 (Figura 12). Esses resultados corroboram com os de Brito et al. (2013), que verificaram maior eficiência em lâminas de irrigação inferiores (60 a 40% da ET_c), porém, estas proporcionaram estresses hídricos às plantas que implicaram em menor crescimento e produtividade. Souza et al. (2015) e Schittenhelm et al. (2010), observaram redução da EUA com o aumento da lâmina de irrigação porque esses fatores são inversamente proporcionais. Uma explicação para essa redução de eficiência com o aumento da lâmina de irrigação, conforme a “Lei dos mínimos” de Liebig (1840), é que de nada adianta ter fatores de produção em quantidade adequada se um estiver em falta. Isso implica dizer que a água deixou de ser um fator limitante no rendimento de grãos enquanto outros fatores passaram a limitar a produtividade.

Figura 12. Produtividade agrícola (PA - t ha⁻¹) do milho híbrido AG 7088 e eficiência no uso da água (EUA), sob diferentes lâminas de irrigação + precipitação efetiva, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

4.4 – CONCLUSÕES

Os maiores valores de altura do dossel (247,2 cm), índice de área foliar (4,4), número de grãos por espiga (635,0 grãos) e massa de grãos por espiga (195,0 g) são obtidos com lâminas de irrigação equivalente a 160% da evapotranspiração da cultura.

A produtividade agrícola física máxima de 8,4 t ha⁻¹ é obtida com a lâmina de irrigação mais precipitação pluvial efetiva de 524 mm (aproximadamente 160 % da ET_c) e a maior eficiência no uso da água é 3,8 quilogramas de grãos por metro cúbico de água, obtida com aplicação de 172 mm de irrigação, o que corresponde a 40% da ET_c.

5 - CAPÍTULO II

CULTIVO DO MILHO SOB DOSES DE NITROGÊNIO, NA REGIÃO DE RIO LARGO, ALAGOAS

RESUMO

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura do milho irrigado e o que mais limita produtividade de grãos. O objetivo com esse trabalho foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e rendimento agrícola do milho (*Zea mays* L.) sob doses de nitrogênio, na região de Rio Largo, Alagoas. O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, no período de 11/2017 a 03/2018. O delineamento foi blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas, com 20 tratamentos e quatro repetições. A cultura foi irrigada por gotejamento, em que foi submetido a cinco níveis de irrigação (40, 80, 120, 160 e 200 % da evapotranspiração da cultura - ET_c) e quatro doses de adubação nitrogenada (0, 75, 150, 225 quilograma de nitrogênio (N) por hectare). Os valores totais de precipitação pluvial, ET_o e ET_c durante o ciclo de cultivo foram 367, 536 e 460 mm, respectivamente, e a irrigação foi suplementar a falta de chuva. A interação entre as lâminas de irrigação e as doses de nitrogênio não foi significativa, por isso, os efeitos dos tratamentos foram analisados de forma independentes, sem desdobramentos. O número e massa de grãos por espiga e produtividade agrícola, foram influenciadas pela adubação nitrogenada, com probabilidade menor ou igual a 1%, pelo teste F. Os maiores valores de altura do dossel (240,2 cm), índice de área foliar (4,4), número de grãos por espiga (639,0 grãos), massa de grãos por espiga (203,0 g) e produtividade agrícola ($9,0 \text{ t ha}^{-1}$) são obtidos com a dose de 225 quilogramas de nitrogênio por hectare. As variáveis: índice de área foliar, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga e produtividade agrícola ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático. Enquanto que a altura do dossel ajustou-se melhor ao modelo exponencial de primeira ordem. A eficiência agrônômica diminui quando à adubação ultrapassa 150 kg de nitrogênio por hectare.

Palavras-chave: Altura do dossel, componentes de produção, produtividade agrícola.

CULTIVATION OF MAIZE UNDER NITROGEN RATES, IN THE REGION OF RIO LARGO, ALAGOAS

ABSTRACT

Nitrogen is the nutrient required in greater quantity by irrigated maize crop and what most limits grain yield. The objective of this work was to evaluate the growth, development and agricultural yield of maize (*Zea mays* L.) under nitrogen rates in the region of Rio Largo, Alagoas. The experiment was carried out in Agricultural Sciences Center of the Federal University of Alagoas, between 11/2017 and 03/2018. The design was randomized blocks in the scheme of subdivide plots, with 20 treatments and four replications. The crop was irrigated by drip irrigation system, in which it was submitted to five irrigation levels (40, 80, 120, 160 and 200% of crop evapotranspiration - ET_c) and four nitrogen fertilization rates (0, 75, 150, 225 kilograms nitrogen (N) per hectare). The total values of rainfall, ET_o and ET_c during the growing cycle were 367, 536 and 460 mm, respectively, and irrigation was supplementing the lack of rainfall. The interaction between the irrigation levels and the nitrogen rates was not significant. So the effects of the treatments were analyzed independently, without unfolding. The number and mass of grains per ear and agricultural productivity were influenced by nitrogen fertilization, with probability less than or equal to 1%, by the F test. The highest values of canopy height (240,2 cm), leaf area index (4,4), number of grains per ear (639,0 grains), grain mass per ear (203,0 g) and agricultural productivity (9,0 t ha⁻¹) are obtained with a rate of 225 kilograms of nitrogen per hectare. The variables: leaf area index, number of grains per ear grain mass per ear and agricultural productivity were adjusted to the quadratic regression model. While the canopy height was better adjusted by first order exponential model. The agronomic efficiency decreases when the fertilization exceeds 150 kg of nitrogen per hectare.

Keywords: Canopy height, production components, agricultural productivity.

5.1 – INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo devido à sua importância na alimentação humana e animal (GOES et al., 2013). Ele representa em torno de 21% da nutrição humana no planeta (GERVÁSIO, 2018). O Brasil produziu 81,4 milhões de toneladas de milho na safra 2017/18, com rendimento médio de 4,9 toneladas por hectare (CONAB, 2018). No Estado de Alagoas o rendimento agrícola é 1,1 t ha⁻¹, 77,7% inferior à média nacional. Um dos fatores que acarretam essa baixa produtividade agrícola alagoana é o manejo incorreto do nitrogênio que é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e que mais influencia nas respostas do crescimento e produtividade de grãos (FRANÇA et al., 2011 e KAPPES et al., 2014), porque exerce funções importantes no metabolismo das plantas como constituinte de proteínas, de ácidos nucléicos e da clorofila - molécula que atua na fotossíntese (FORNASIERI FILHO, 2007). E por outro lado, é o nutriente que mais onera o custo de produção da cultura (SILVA et al., 2005). Dessa forma, torna-se imprescindível avaliar as doses de nitrogênio que melhora o crescimento e a produtividade de grãos nas lavouras de milho.

O conhecimento das relações entre as variáveis de crescimento e de produção submetidas a doses de nitrogênio são essenciais para aumentar o rendimento agrônomico dos cultivos agrícolas, pois a altura do dossel, o índice de área foliar e o número e massa de grãos por espiga possuem forte ligação com a produtividade agrícola da cultura do milho. Lyra et al., (2014), avaliando o crescimento e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, observaram máxima produtividade de grãos de 5,5 t ha⁻¹ com a dose de 200 kg de N ha⁻¹ e a dose de 100 kg de N ha⁻¹ favorece a altura do dossel vegetativo e índice de área foliar, 146,3 cm e 4,7, respectivamente. Na mesma região Barbosa (2017) em trabalho com as doses de nitrogênio de 0, 75, 150 e 225 Kg ha⁻¹ na cultura do milho, verificou que doses superiores a 150 Kg de N ha⁻¹ proporcionam aumento na altura do dossel, no índice de área foliar, no número e na massa de grãos por espiga e na produtividade agrícola.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento, desenvolvimento e o rendimento agrícola do milho sob níveis de adubação nitrogenada na região de Rio Largo, Alagoas. Para isso, foram feitas as medidas de altura do dossel, o índice de área foliar, o número e massa de grãos por espiga e eficiência agrônômica do nitrogênio.

5.2 - MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 - Localização e caracterização da área do experimento

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL, em uma área com dimensões de 80,0 m de comprimento por 38,0 m de largura, totalizando 3.040,0 m², cujas coordenadas geográficas são: 09°28'02" S e 35°49'43" W, 127 m de altitude, com declividade inferior a 2%. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de textura média argilosa, com umidade de 0,24 m³ m⁻³, na capacidade de campo (θ Cc) e 0,14 m³ m⁻³, no ponto de murcha permanente (θ Pmp). A densidade do solo é 1,50 Kg dm⁻³, a porosidade total é 0,42 m³ m⁻³ e a velocidade de infiltração básica (VIB) é 52 mm h⁻¹ (CARVALHO, 2003).

5.2.2 - Delineamento estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco lâminas de irrigação, nas parcelas de 20 linhas com 8,0 m de comprimento e espaçamento de 0,80 m (128,0 m²). Nas subparcelas foram colocadas quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹). Mas nesse trabalho foi avaliado apenas os efeitos das doses de nitrogênio (Figura 4).

5.2.3 - Plantio e tratos culturais

O preparo do solo foi realizado com duas gradagens: uma pesada e profunda (\pm 30 cm) para destruir e incorporar as plantas daninhas remanescentes de outros cultivos; e outra niveladora para quebrar os torrões deixados pela primeira e nivelar o terreno (Figura 5a).

A adubação de fundação (nível = 100 kg de P₂O₅ e 94 kg de K₂O por hectare) foi feita com base na análise química do solo, de acordo com Coelho (2007), visando uma produtividade agrícola de grãos média de 10,0 t ha⁻¹ (Figura 5b). A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após o plantio (DAP), utilizando uréia como fonte de nitrogênio, distribuindo as doses conforme cada tratamento (Figura 13).

O plantio foi realizado no período de 19 a 22 de novembro de 2017, com a cultivar AG 7088 VTPRO2. As sementes foram distribuídas de forma manual na profundidade de

5,0 cm, colocando-se 2 sementes a cada 25 cm, para garantir o *Stand* de plantas e quando as plantas encontravam-se no estágio de quatro folhas totalmente expandidas, foi feito o desbaste deixando apenas 4 plantas por metro, densidade de 50.000 plantas por hectare (Figura 5c).

O controle das plantas nativas foi realizado em dois períodos: em 28/12/2017 (39 DAP) e 06/01/2018 (48 DAP). A primeira pulverização foi efetuada com o herbicida glifosato, na dosagem de 500 mL por bomba de 20 L, o que correspondeu à dose de 3,9 L ha⁻¹ e na segunda aplicação foi utilizado 3,6 L ha⁻¹ do herbicida tordon. Nos dias 05/12 (16 DAP) e 17/12/2017 (28 DAP) foi aplicado o inseticida metomil 50 mL por bomba de 20 L, correspondendo a 0,65 L ha⁻¹ para controlar a lagarta-do-cartucho (Figura 5d).

Figura 13. Distribuição e cobrimento do adubo nitrogenado.



Fonte: Autor (2019).

5.2.4 - Variáveis agrometeorológicas

As variáveis de precipitação pluvial (P) e evapotranspiração de referência (ET_o) foram cedidos pelo Laboratório de Irrigação e Agrometeorologia (LIA) que mantém uma estação automática de aquisição de dados ao lado do experimento.

5.2.5 - Fenologia

A fenologia foi feita com base na escala proposta por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al. (2006) que divide o ciclo da cultura do milho em duas fases principais: fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R), conforme a Tabela 1. O desenvolvimento das plantas foi monitorado com observações diárias que começaram logo após a semeadura e a data de ocorrência de cada estágio fenológico foi considerada quando 50% +1 das plantas apresentaram as características pré-definidas do referido estágio. Para a identificação da fase vegetativa, as folhas foram marcadas com o barbante. Nos estágios de R2 a R6 efetuou-se abertura da palha nas espigas para verificar o grau de desenvolvimento dos grãos.

Tabela 1. Estádios de desenvolvimento da cultura do milho estabelecido por Fancelli e Dourado Neto (2004) e Magalhães et al., (2006).

VEGETATIVO	REPRODUTIVO
V_E – Emergência;	R₁ – Florescimento;
V₁ – 1ª folha desenvolvida;	R₂ – Grão leitoso;
V₂ – 2ª folha desenvolvida;	R₃ – Grão pastoso;
V₃ – 3ª folha desenvolvida;	R₄ – Grão farináceo;
V_N – N-ésima folha desenvolvida;	R₅ – Grão farináceo duro;
V_T – Pendoamento	R₆ – Maturidade fisiológica

5.2.6 - Crescimento

As análises de crescimento foram realizadas quinzenalmente, com base nas variáveis altura do dossel (AD) e índice de área foliar (IAF), em 5 plantas marcadas por subparcela.

O IAF foi calculado pela Equação 2.

$$IAF = \frac{AF \times NP}{\epsilon \times H} \quad (2)$$

Em que, AF é a área foliar (m^2), NP é o número de plantas na linha de contagem, ϵ é o espaçamento médio entre linhas (m) e H é o comprimento da linha de contagem das plantas (m).

A área foliar foi determinada pela equação $AF = 0,75 C L (2+NF)$, conforme a metodologia de Hermann e Câmara (1999), em que 0,75 é o fator de correção de forma das folhas, C é o comprimento da “folha +3”, L a largura da “folha +3” e NF é o número de folhas totalmente expandidas por planta.

As curvas de IAF foram estimadas pelo modelo polinomial quadrático e a da altura do dossel pelo modelo exponencial de primeira ordem.

5.2.7 - Colheita e rendimento agrícola

A colheita foi realizada no dia 16/03/2018 (117 DAP). As espigas foram colhidas e identificadas por tratamento, e em seguida foram selecionadas dez espigas de milho por sub parcela, nas 20 repetições, para a análise das variáveis: número grãos por espiga (NGE - Figura 7a) e massa de grãos por espiga (MGE - Figura 7b).

A produtividade agrícola (PA - kg ha^{-1}) foi obtida a partir da pesagem de todos os grãos colhidos na área útil ($9,6 \text{ m}^2$) de cada subparcela (Figura 7c), conforme a Equação 3:

$$Y = 10.000 \frac{M}{C \epsilon}$$

Em que, Y é a produtividade agrícola (kg ha^{-1}), M é a massa colhida na área amostrada (kg), C é o comprimento total das linhas colhidas (m), ϵ é o espaçamento entre linhas (m) e 10.000 é o fator de conversão para hectare.

Os dados de NGE, MGE e PA foram submetidos à análise variância, por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008) e analisados por regressão linear e/ou polinomial quadrática a ($P \leq 0,05$).

5.2.8 - Eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN)

A eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN), em quilograma de grãos por quilograma de nitrogênio, foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Fageria e Baligar (2005), Equação 7:

$$EAN = \frac{PGcf - PGsf}{QNa} \quad (7)$$

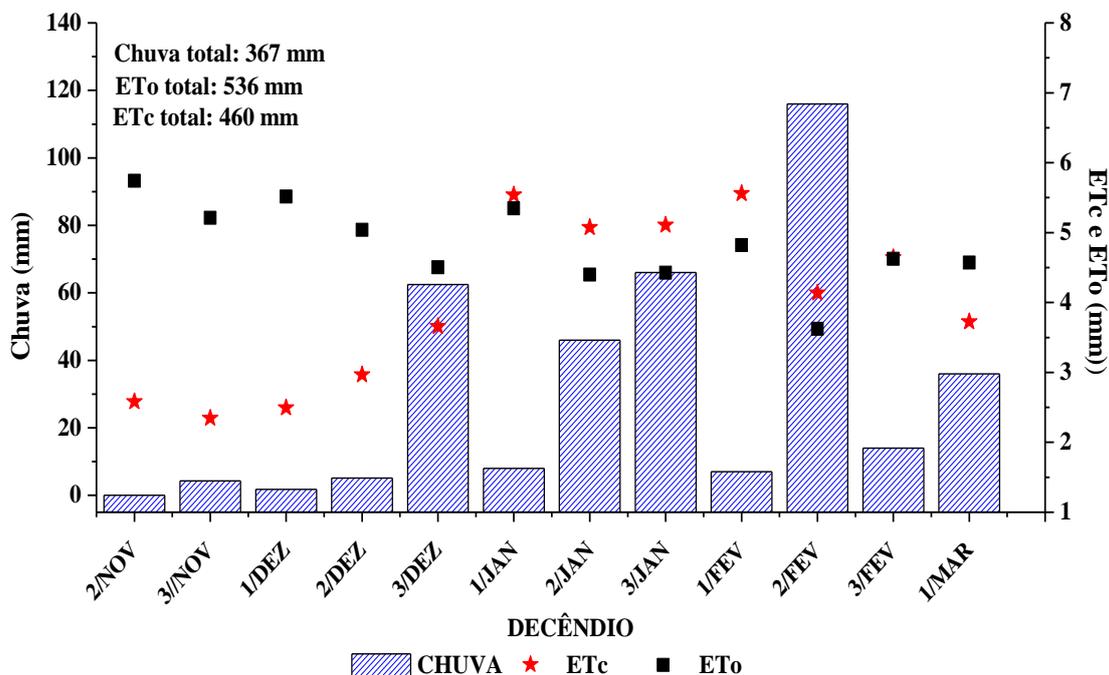
Em que, PGcf é a produção de grãos com fertilizante nitrogenado, PGsf a produção de grãos sem fertilizante nitrogenado e QNa a quantidade de nitrogênio aplicada (em kg).

5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 - Variáveis agrometeorologias

A precipitação pluvial durante os 110 dias de cultivo foi 367 mm, considerada inferior às exigências de água do milho, que é de 400 a 600 mm (MACHADO, 2016). Na fase vegetativa (55 dias) e reprodutiva (55 dias) ocorreram 118 mm e 249 mm de chuva, respectivamente. Os dois períodos mais chuvosos foram o terceiro decêndio dezembro com 71 mm e o terceiro decêndio de janeiro com 66 mm. A ET_o total durante o cultivo (110 DAP) foi 536 mm, com a máxima diária de 6,3 mm aos 19 DAP (08/12/2017) e média de 4,6 mm dia^{-1} e a ET_c total foi 460,0 mm, com média de 4,0 mm dia^{-1} e aos 60 DAP (18/01/2018) quando a planta encontrava-se no estágio fenológico de florescimento ocorreu a ET_c máxima diária de 6,3 mm (Figura 14).

Figura 14. Chuva, evapotranspiração de referência (ET_o) e evapotranspiração da cultura (ET_c) decendiais, na região de Rio Largo, AL, no período novembro de 2017 a março de 2018



Fonte: Autor (2019).

5.3.2 - Altura do dossel

Os valores máximos da altura do dossel foram observados aos 73 DAP: 225,6 cm, 232,7 cm, 237,8 cm e 240,2 cm, respectivamente nos tratamentos: testemunha, sem nitrogênio (N0), 75 kg de N ha⁻¹ (N1), 150 kg de N ha⁻¹ (N2) e 225 kg de N ha⁻¹ (N3), diferença de 6,1% da altura do dossel no tratamento N3 em relação ao N0 (Figura 15). E, a partir desse momento o crescimento da cultura se estabilizou porque os fotoassimilados passaram a ser direcionados para a produção e acúmulo de amido nos grãos. Esses resultados corroboram com o obtido por Costa et al. (2016), que verificaram maior altura do dossel de 229,2 cm com a variedade Jabotão aos 70 DAP. A justificativa para redução da altura do dossel nos tratamentos N0 e N1 é que, conforme Fornasieri filho (2007), o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e que mais influencia no crescimento do milho, pois exerce funções importantes no metabolismo das plantas, como constituinte de proteínas, ácidos nucleicos e da clorofila (molécula que atua na fotossíntese).

Saeed et al. (2010) e Khatun et al. (2012) verificaram 223,8 cm de altura do dossel com a aplicação de 250 kg de N ha⁻¹ e 192,3 cm com 150 kg de N ha⁻¹. Rocha et al. (2014) avaliando o crescimento e produtividade do milho Pioneer 30F35, submetido a doses de nitrogênio nos tabuleiros costeiros de Alagoas, obtiveram 206,4 cm de altura do dossel com 150 kg N ha⁻¹, no entanto, a dose de 250 kg N ha⁻¹ apresentou crescimento similar de 206,2 cm. Lyra et al. (2014), na mesma região que Rocha et al. (2014) realizou seus estudos, observaram 201,0 cm de altura máxima do dossel com a dose de 100 Kg de N ha⁻¹ e menor altura de 173,1 cm com o tratamento sem nitrogênio.

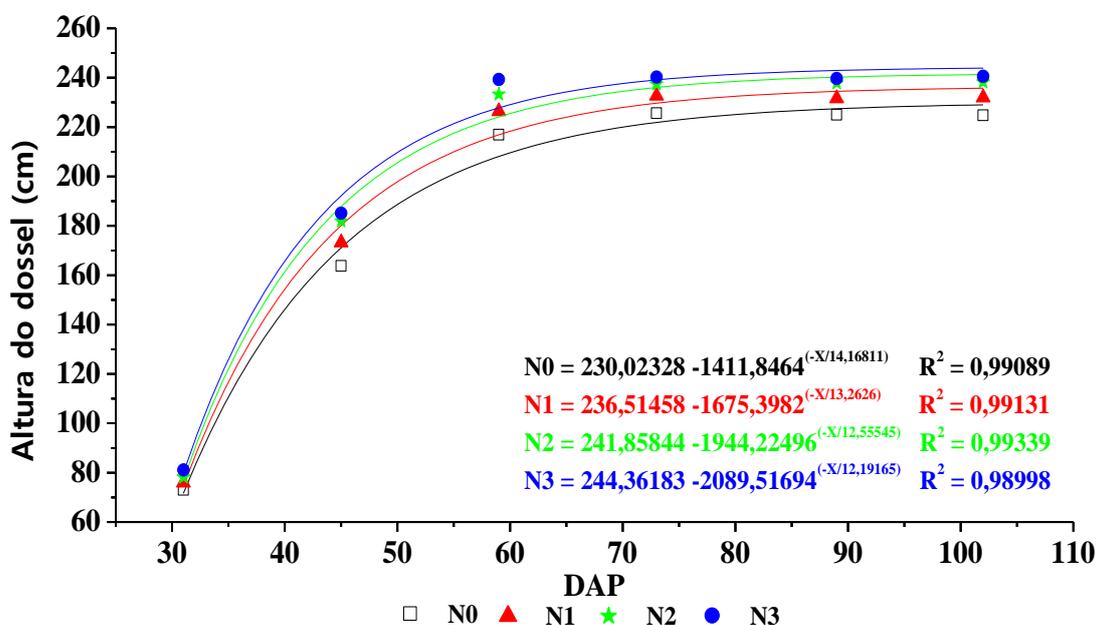
Kappes et al. (2014) avaliaram o comportamento da cultura do milho em relação a diferentes doses de N, observaram que as características morfológicas são influenciadas pelas doses de N, e constataram que a medida que aumenta as doses de nitrogênio, ocorre incremento linear nas alturas de planta, com valor de 255,0 cm de altura do dossel obtido com a dose de 150 Kg de N ha⁻¹. Portugal et al. (2017) também observaram aumento linear na altura de plantas com o incremento das doses de nitrogênio, com 120,0 cm na dose de 120 Kg de N ha⁻¹.

A altura do dossel possui forte ligação com a produtividade agrícola, provavelmente porque passaram por menos déficits nutricionais durante o seu desenvolvimento e acumularam maiores quantidades de reserva no colmo (MELLO et

al., 2004 e SILVA, 2006). Portanto é uma variável que deve ser observada para se obter uma estimativa de produção.

A altura do dossel em função das doses de nitrogênio ajustou-se ao modelo exponencial de primeira ordem, com coeficientes de determinação (R^2) de 0,99, 0,99, 0,99 e 0,98, respectivamente para as parcelas adubadas com os seguintes tratamentos: N0, N1, N2 e N3 (Figura 15).

Figura 15. Altura do dossel vegetativo (cm) do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: 0 (N0), 75 (N1), 150 (N2) e 225 kg de N ha⁻¹ (N3), na região de Rio Largo, AL, de 20/12/17 a 02/03/2018.



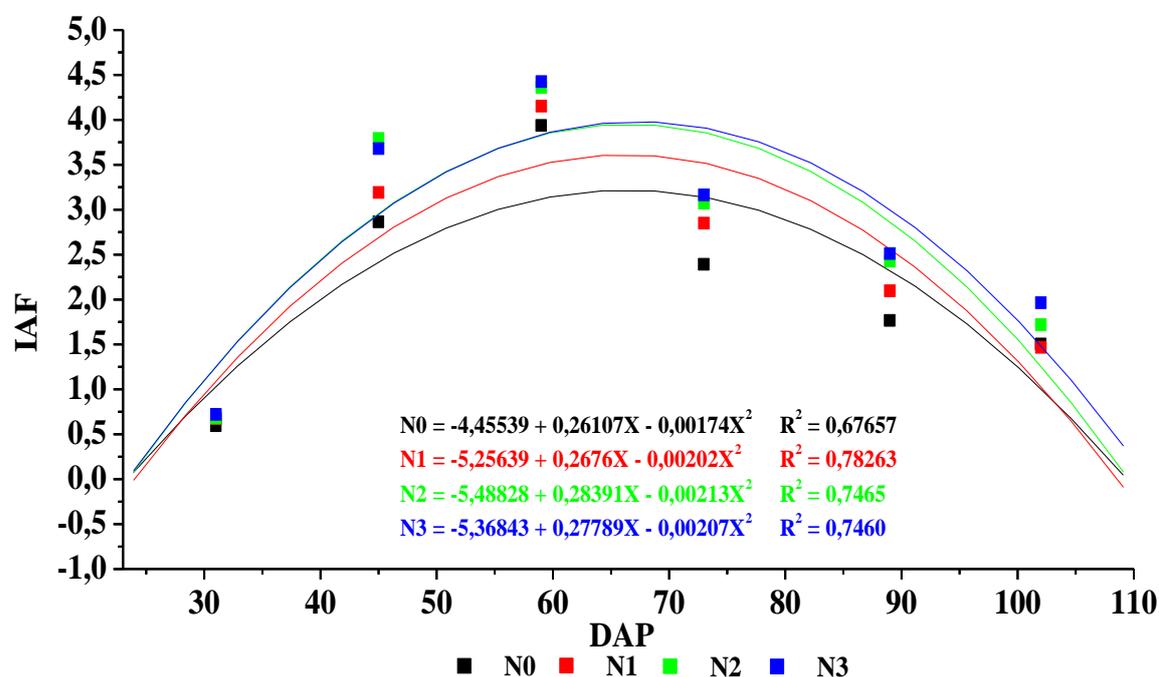
Fonte: Autor (2019).

5.3.3 - Índice de área foliar

O índice de área foliar durante o ciclo da cultura apresentou incremento com o aumento das doses de nitrogênio. O IAF em todos tratamentos, atingiram o máximo aos 59 DAP, no estágio de polinização, com valores de 3,9, 4,1, 4,3 e 4,4, observados nos tratamentos N0, N1, N2 e N3, respectivamente, ou seja, houve diferença de 11% no índice de área foliar das parcelas adubadas com 225 Kg de N por ha⁻¹ em relação as parcelas

cultivadas sem nitrogênio. A justificativa para essa redução do IAF nos tratamentos N0 e N1 é que, conforme Taiz e Zeiger (2013) e Veloso et al. (2009), plantas de milho submetidas a ausência e/ou deficiência de nitrogênio tem seu crescimento e desenvolvimento inibidos, porque esse nutriente está relacionado com a divisão e expansão celular. Quando as plantas atingiram o IAF máximo começaram a translocar os fotoassimilados para a espiga e o IAF começou a decrescer devido a senescência das folhas mais velhas (Figura 16). França et al. (2011) avaliando o crescimento do milho adubado com nitrogênio, obtiveram resultados semelhantes, em que o IAF máximo ocorre aos 65 DAP, no estágio de polinização, com valor de 4,4. Lopes et al. (2009) relataram que o IAF máximo do milho ocorreu entre 60 a 75 DAP com valor de 6,2, em plantios convencionais.

Figura 16. Índice de área foliar do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: 0 (N0), 75 (N1), 150 (N2) e 225 kg de N ha⁻¹ (N3), na região de Rio Largo, AL, de 20/12/17 a 02/03/2018.



Fonte: Autor (2019).

Lyra et al. (2014) avaliando o crescimento do milho submetido a doses de N, da cultivar Pioneer 30F35, nos tabuleiros costeiros de Alagoas, observaram IAF máximo de 4,7 com a dose de 100 Kg de N ha⁻¹. Os mesmos autores constataram que após a cultura do milho atingir o IAF máximo a participação de fotoassimilados se destina principalmente a formação das espigas e enchimento de grãos. Barbosa (2017),

trabalhando com quatro doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 Kg de N ha⁻¹), no milho híbrido AG 7088, na mesma região em que Lyra et al. (2014) fizeram seus trabalhos, observou IAF máximo de 3,5 com a dose de 225 Kg de N ha⁻¹ e 3,1 obtido com o tratamento sem nitrogênio, diferença de 13% na dose máxima aplicada em relação a testemunha. Silva et al. (2015) verificaram que no genótipo AG 30A91 quando o índice de área foliar é maior, também há maiores produtividades, resultados semelhantes aos dessa pesquisa.

5.3.4 - Rendimento agrônômico

Na Tabela 4, observa-se que houve diferença significativa no nível de 1% de probabilidade, pelo teste f, entre as doses de nitrogênio e as variáveis número de grãos por espiga (NGE), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola (PA). Com coeficientes de variação de 6,5%, 9,8% e 14,2%, respectivamente para o NGE, MGE e PA.

Os resultados da interação entre lâminas de irrigação e doses de nitrogênio não foram significativos pelo teste F em todas os componentes de produção avaliados e na produtividade agrícola. Por isso, os efeitos dos tratamentos de adubação nitrogenada sob essas variáveis foram avaliados de forma independentes, sem desdobramentos.

Tabela 4. Análise de variância com os valores dos quadrados médios dos componentes de produção: nº de grãos por espiga (NGE); massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade agrícola (PA - t ha⁻¹), em função das doses de nitrogênio, na região de Rio

Fontes de Variação	¹ GL	Valores dos Quadrados Médios		
		NGE	MGE	PA
Bloco	3	2634,10 ^{NS}	479,86 ^{NS}	2,42 ^{NS}
Doses de nitrogênio N	3	19782,33**	7226,90**	36,00**
Erro	45	1570,5574	323,5071	1,23
CV (%)		6,49	9,78	14,26

¹Graus de liberdade; **Significativo à nível de 1% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

Largo, AL, no período de março de 2018.

Fonte: Autor (2019).

a - Número e massa de grãos por espiga

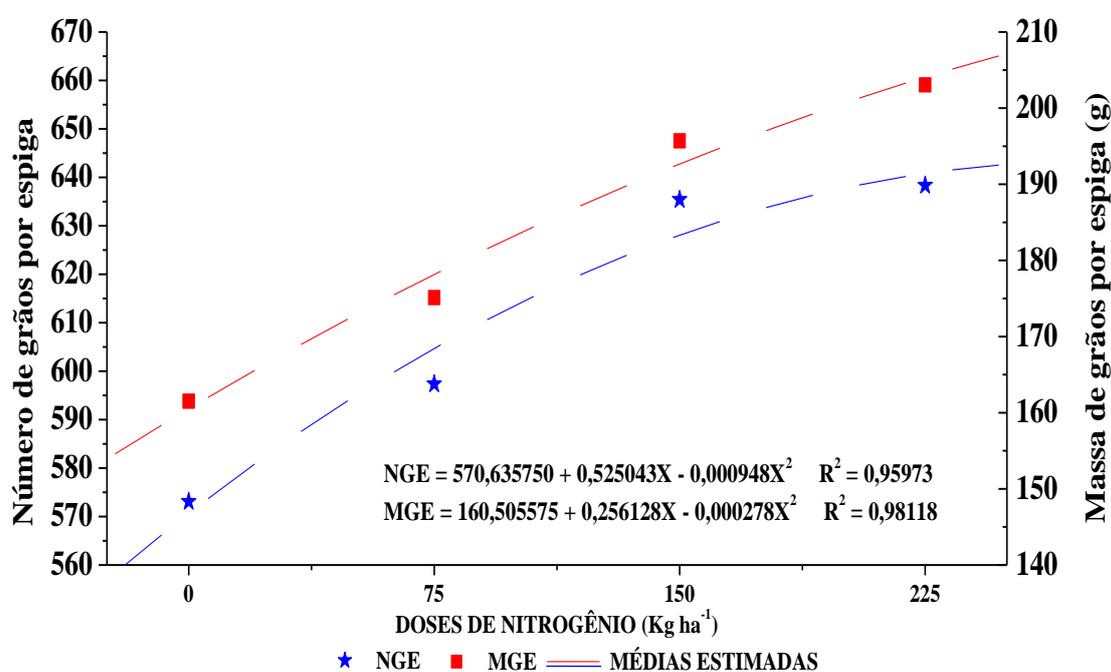
Os valores máximos observados de NGE e MGE foram de 639 grãos e 203 g, respectivamente, obtidos com a dose de 225 Kg de N ha⁻¹ (N3) e os menores valores observados em ambas variáveis foram de 573 grãos e 161 g, respectivamente, nas parcelas sem nitrogênio. Um incremento de 10,3% no NGE e 20,4% na MGE no tratamento N3 em relação ao tratamento N0 (Figura 17). A justificativa para redução do número e da massa de grãos por espiga nos tratamentos N0 e N1 é que, conforme Mengel (2001), plantas com deficiência de nitrogênio apresentam, após o florescimento, senescência precoce de folhas o que está relacionado com a redução da influência do N na síntese e translocação de citocinina. Com a senescência das folhas o N é direcionado para os grãos, via remobilização de nitrogênio foliar e a deficiência desse nutriente acelera esse processo após o florescimento do milho. E isso reduz a radiação absorvida pelas folhas, a fixação de CO₂, a produção de fotoassimilados, a biomassa total, a massa e o número de grãos por espiga (SANGOI, 2013). O número e massa de grãos por espiga são componentes de produção decisivos para o aumento da produtividade de grãos (OLIVEIRA e CAIRES, 2003). As variáveis de crescimento e de produção devem ser observadas para se obter estimativas de produção. No presente estudo foi observado que as plantas mais altas e com maior número e massa de grãos por espigas foram as mais produtivas, a mesma tendência foi verificada no experimento realizado por Kappes et al. (2014), em que as plantas mais altas foram as mais produtivas.

Barbosa (2017) obteve valor semelhante de NGE máximo de 615, com a dose de 173 Kg de N ha⁻¹. Lana et al. (2014) realizaram um experimento para analisar o comportamento da cultivar AG 8021 em diferentes doses de N, no município de Toledo, Paraná e observaram aumento linear no número e na massa de grãos por espiga com doses crescentes de nitrogênio. Esses resultados corroboram com os observados por Kappes et al. (2011). Sangoi (2013) realizou dois experimentos consecutivos e observou que a elevação das doses de N aumenta linearmente o número e massa de grão por espiga, até a dose de 159 kg de N ha⁻¹. Large et al. (2014) observaram efeito do nitrogênio sob o número de grãos por espiga apenas quando aplicada a dose de 75 kg de N ha⁻¹. Goes et al. (2013) obteve ajuste quadrático no número de grãos por espiga em função das doses de N, com ponto máximo em 98,1 kg de N ha⁻¹. Souza et al. (2011) e Raasch et al. (2016), também verificaram efeito significativo das doses de N em cobertura sobre o número de grãos por espiga. Resultados contraditórios foram obtidos por Falador et al. (2014), que

não constatarem incremento no número de grãos por espiga com o aumento das doses de N. Esse efeito contraditório é justificado devido a esta característica ser influenciada pela genética do híbrido, resultando em mínima variação da resposta da adubação.

As variáveis NGE e MGE em função das doses de N ajustaram-se ao modelo matemático de regressão polinomial quadrático, com coeficientes de determinação $R^2 = 0,95$ e $0,98$, respectivamente.

Figura 17. Número de grãos por espiga (NGE) e Massa de grãos por espiga (MGE) do milho híbrido AG 7088, em função das doses de nitrogênio: 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

b - Produtividade agrícola e eficiência agronomia do nitrogênio

A produtividade agrícola, em função das doses de nitrogênio teve efeito significativo, pelo teste F a 1% de probabilidade e os dados ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,95$ (Tabela 4).

A produtividade agrícola máxima observada foi 9,0 t ha⁻¹, obtida com a dose máxima aplicada (N3) e superou a média nacional (4,9 t ha⁻¹), em aproximadamente 45,8%, incremento de 4,1 t ha⁻¹ no rendimento de grãos com a aplicação de 225 kg de N ha⁻¹ comparado com a média nacional (CONAB, 2018). Em contrapartida, a menor produtividade agrícola observada foi 6,2 t ha⁻¹, com o tratamento sem nitrogênio. O incremento de produtividade agrícola do milho adubado com 225 kg de N ha⁻¹ (N3) em relação ao tratamento sem nitrogênio foi 31% (Figura 18).

Farinelli et al. (2012), estudando o efeito do nitrogênio em cobertura na cultura do milho, na Região de Botucatu, SP, verificaram que a produtividade de grãos em relação as doses de N em cobertura ajustaram-se a um modelo de regressão quadrático, em que a maior produtividade foi 8,9 t ha⁻¹, com aplicação de 151 kg de N ha⁻¹. Barbosa (2017), avaliou a produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio nos tabuleiros costeiros de Alagoas, e obteve maior produtividade de grãos de 8,0 t ha⁻¹, com a dose de 171 kg de N ha⁻¹. Lyra et al. (2014), avaliando o efeito da adubação nitrogenada na cultura do milho, na mesma região de Barbosa (2017), obtiveram maior rendimento de grãos (5,4 t ha⁻¹), com a dose de 200 kg de N ha⁻¹. Souza et al. (2011), analisaram o comportamento do milho safrinha irrigado, em dois anos consecutivos e verificaram que no primeiro experimento a produtividade agrícola se ajustou a função quadrática, com a máxima produtividade alcançada com 142 kg de N ha⁻¹. Já no experimento seguinte, a produtividade agrícola cresceu linearmente de 4,6 a 7,6 t ha⁻¹ de grãos, com as doses 0 (zero) e 200 kg de N ha⁻¹. Kappes et al. (2014), obtiveram incremento linear na produtividade à medida que aumentaram as doses de nitrogênio. Os mesmos autores relataram que embora a resposta tenha sido linear, a aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ proporcionou maior produtividade do milho. Santos et al. (2013), estudando o efeito de doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos, observaram produtividade agrícola de 16,8 t ha⁻¹, com a dose de 340 kg de N ha⁻¹. Pavinato et al. (2008), em condições irrigadas, obtiveram maior rendimento de grãos sob a aplicação de 280 kg de N ha⁻¹. Na literatura, os trabalhos são distintos, quanto à resposta do rendimento agrícola do milho, em relação ao sistema de manejo adotado e a quantidade de N aplicada.

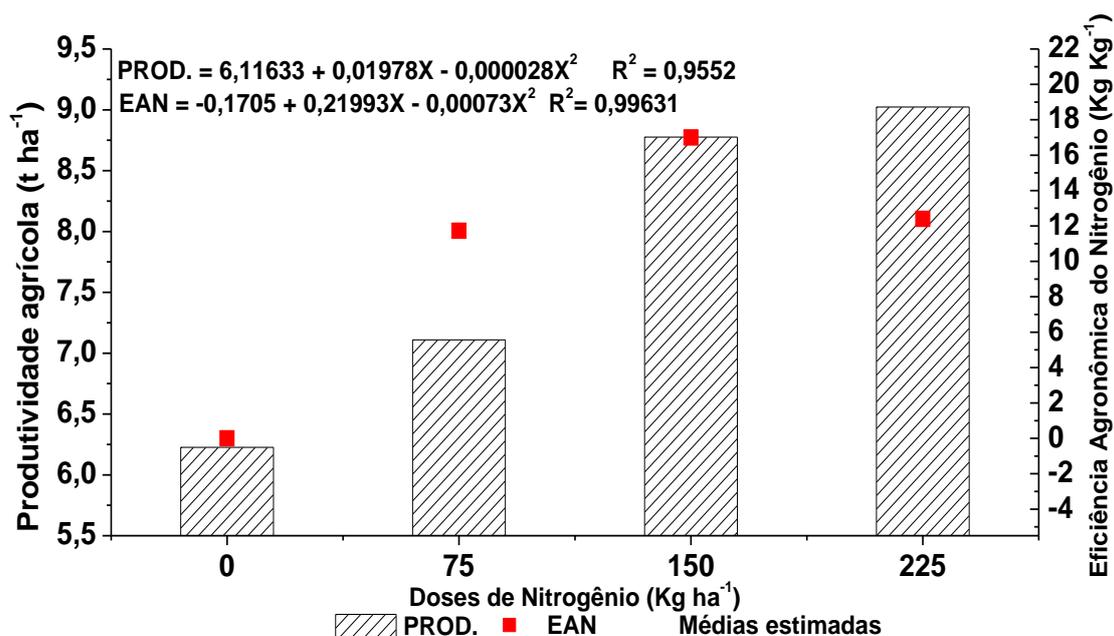
Quanto a eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN), houve variação em função das doses de N aplicadas em cobertura e a maior eficiência foi obtida com 150 kg de nitrogênio por hectare, 17 kg de grãos kg⁻¹ de N (Figura 18). Adubações superiores a essa dose diminuí os valores da EAN, visto que o suprimento de N excede as necessidades da

cultura, que é em média de 120 a 160 kg⁻¹ de N ha⁻¹, em cultivos irrigados e começa a ter efeitos negativos sobre as plantas de milho (COELHO, 2007).

Rambo et al. (2007) realizaram dois experimentos em argissolo: no experimento I verificaram maior eficiência agrônômica do nitrogênio com doses que variam de 100 a 130 kg de N ha⁻¹ e no experimento II a maior EAN foi verificada com 130 kg de N ha⁻¹. Cazetta (2010), obteve maior eficiência agrônômica do nitrogênio no milho com 120 kg de N ha⁻¹.

Farinelli et al. (2012), avaliando o efeito do nitrogênio em cobertura no cultivo do milho em preparo convencional, verificaram resposta positiva na EAN até a dose de 77 kg de N ha⁻¹. Barbosa (2017), observou valores semelhantes, com a diminuição da EAN quando a adubação nitrogenada ultrapassa 75 kg ha⁻¹. Farinelli e Lemos (2010), relataram que essa diminuição é devido a prováveis perdas de amônia e perdas de nitrato por lixiviação após o processo de nitrificação, que aumentam com a dose aplicada, e esse aumento pode ser linear ou exponencial.

Figura 18. Produtividade agrícola (PA) (t ha⁻¹) do milho híbrido AG 7088 e eficiência agrônômica do nitrogênio (EAN), em função das doses de nitrogênio: 0, 75, 150 e 225 kg de N ha⁻¹, na região de Rio Largo, AL, no período de março de 2018.



Fonte: Autor (2019).

5.4 – CONCLUSÕES

Os maiores valores de altura do dossel (240,2 cm), índice de área foliar (4,4), número de grãos por espiga (639,0 grãos), massa de grãos por espiga (203,0 g) e produtividade agrícola (9,0 t ha⁻¹) são obtidos com 225 quilogramas de nitrogênio por hectare. E, a maior eficiência agrônômica é 17 quilogramas de grãos por quilograma de nitrogênio, obtida com 150 Kg de nitrogênio por hectare.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALMEIDA, B. M. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho (*Zea mays L.*) em ambiente protegido**. 2016. Tese de doutorado (doutorado em ciências). Piracicaba.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, 2005.

ANDA. **Agência Nacional de Difusão de Adubos**. 2010.

BARBOSA, W. S. S. **Milho cultivado sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. 2017. Dissertação de mestrado (mestrado em Produção Vegetal). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M. MÜLLER, A.G. COMIRAN, F. e HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 39,9: 831-839. 2004.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. p. 84. 2014.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FILHO, F. R. F.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.5, p.524-530, maio 2011

BORGES, I.D. **Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho**. 2003. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 02, p. 365-372, 2000.

BRITO, M.E.B.; ARAÚJO FILHO, G.D.; WANDERLEY, J.A.C.; MELO, A.S.; COSTA, F.B.; FERREIRA, M.G.P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.5, p.1244-1253, 2013.

CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; SILVA, E. C. Estação chuvosa e de cultivo para a região de Rio Largo, Alagoas baseada em métodos diretos e sua relação com o El Niño – Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.2, p.192-198, 2013.

CARVALHO, O. M: **Classificação e caracterização físico-hídrica de solos de Rio Largo cultivados com cana-de-açúcar**. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

CAZETTA, D. A. **ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NA EFICIÊNCIA DE USO NA CULTURA DO MILHO**. Tese de doutorado. (doutorado em Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja doutor do seu milho: Nutrição e Adubação. **POTAFOS**, Piracicaba, 1995. 25 p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, n. 2).

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Circular técnica, 96).

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 10p. (Embrapa-CNPMS. Circular técnica, 78), 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Brasília. V.5. safra 2017/18 – N. 12 – decimo segundo levantamento de safra. Setembro 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

COSTA, C. T.; TEODORO, I.; SILVA, S.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; MORAIS, W. A.; SILVA, N. F.; GOMES, F. H. F.; CABRAL, B. S. Desempenho agrônômico, componentes de produção e Produtividade agrícola de cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Afr. J. Agric. Res.** 2016.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M. V.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. **Cultivo do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010.

DEAGRO/FIESP – Departamento DO agronegócio/federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra mundial de milho 2016/17 - 7º levantamento do USDA**. Informativo DEAGRO, novembro de 2016. Acessado: 23/12/2016. Disponível em: http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2016/11/boletim_milho_novembro2016.pdf

DEMARCHI, M. **Análise da conjuntura agropecuária – Safra 2011/12 milho**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural, Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/ar>. Acesso em 5 ago. 2013.

DUARTE, J. O. MATTOSO, M. J. GARCIA, J. C. **AGEITEC – AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA**. Acessado: 23/12/2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html

DURAES, T. O. M.; SNTOS, M. X.; GAMA, E. E. G.; MAGALHÃES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARÃES, C. T. Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para o uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores. 2004. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 35).

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, n. 03, p. 97-185, 2005.

FALADOR, G. L.; ASSMANN, J. E.; AGUIAR, G. C. de. Nitrogênio em cobertura em diferentes densidades de milho de segunda safra. **Revista cultivando o saber**, Cascavel, v. 7, n. 3, p. 242 - 253, 2014.

FANCELLI, A.L. e DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 4ª Ed., Livro ceres piracicaba, 2004, 360 p.

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION. Novembro de 2016. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/q/qc/e>. Acesso em 07/11/2016

FAOSTAT – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION. Janeiro de 2019. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FARINELLI, R.; BORGES, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FERREIRA, P. V. Estatística experimental aplicada às ciências agrárias. **Editora UFV**. p. 482-484. 2018.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; URQUIAGA, S. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.11, p.1143–1151, 2011.

FRIZZONE, J. A. **Função de Produção**. In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELLA, L. A. A.; SILVA, A. M. (Ed.) Manejo de Irrigação, Lavras: UFLA/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, p. 87-116, 1998.

GERVÁSIO, E. W. **Análise da conjuntura agropecuária – Safra 2017/18 milho**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural, Paraná, 2018. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br>. 2018.

GILO, E. G.; SILVA, J. C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho em cerrado Sul-Mato-Grossense sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**. Uberlândia 27(6):908-914. 2011.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O. Características agronômicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 250-259, 2013

HANWAY, J., J. Growth Stages of Corn (*Zea mays*, L.). In: JOURNAL PAPER N° J – 45–46 OF THE IOWA AGRICULTURAL AND HOME ECONOMICS EXPERIMENT STATION, Ames, Iowa. Project n°. 1516, 1963.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, v.17, n.5, p.32-35, 1999.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Acessado: 23/12/2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/1995_1996/

JENSEN, M. E. Summary and challengers. In: CONFERENCE IRRIGATION SCHEDULING, 2., Chicago, 1981. **Proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1981. p. 225.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, V. M.; FERREIRA, J.P. Desempenho de múltiplos tamanhos de arranjos espaciais de plantas. *Bragantia*, 70: 334-343. 2011.

KAPPES, C.; ARF, O.; DALBEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 201-217, 2014.

KHATUN, S.H.A. et al., (2012). Effect of Irrigation and Nitrogen Levels on the Growth and Yield of Maize. **Biological and Biomedical Reports**, 2(2):87-93.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; OHLAND, T.; FÁVERO, F. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Ceres**. vol.61 no.3 Viçosa maio / junho 2014

LARGE, A.; CAIONE, G.; SCHONINGER, E. L.; SILVA, R. G. Produtividade de milho safrinha em consórcio com capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p. 35-47, 2014

LERAYER, A. **Guia do milho – tecnologia do campo a mesa**. Conselho de Informações sobre Biotecnologia. 2006. 15 p.

LOPES, J. P.; MACHADO, E. C.; DEUBER, R.; MACHADO, R. S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. *Bragantia*, v.68, p.839-848, 2009.

LYRA, G. B.; ROCHA, A. E. Q.; LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I. Crescimento e produtividade do milho, submetido a doses de nitrogênio nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.4, p. 578-586, jul/ago, 2014.

LYRA, G. B.; ZOLNIER, S.; COSTA, L. C.; SEDIYAMA, G. C.; SEDIYAMA, M. A. N. Modelos de crescimento para a alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em sistema hidropônico sob condições de casa-de-vegetação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, p.69-77, 2003.

LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; TEODORO, I.; MOURA FILHO, G. Modelo de crescimento logístico e exponencial para o milho BR 106, em três épocas de plantio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.7, p.211-230, 2008.

MACHADO, J. R. A. **O excesso de chuvas e a cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas. 1-2.) 2016

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. cap. 3, p 64-87.

MAGALHÃES, PC; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 10p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 76), 2006.

MAGALHÃES, P. C.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia da produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular técnica, 22).

MAGALHÃES, PC; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 10p. (Embrapa-CNPMS. Circular técnica, 76), 2006.

MALDANER, L. J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J. F.; FRIGO, J. P.; AZEVEDO, K. D.; GRZESIUCK, A. E. **Exigência agroclimática da cultura do milho (*Zea mays L.*)**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.3, p.13-23, 2014.

MARCHIORI, L. F. S.; **Influência da época de plantio e corte na produtividade de cana-de-açúcar**. Piracicaba, Tese de doutorado – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2004.

MARTINS, J. D.; CARLESSO, R.; KNIES, A. E.; OLIVEIRA, Z. B.; BROETT, T.; RODRIGUES, G. J. Potencial hídrico foliar em milho submetido ao déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 324-334, jul./set. 2010.

MATOS, F. M.; ANDRADE, C. L. T.; AMARAL, T. A.; MOURA, B. F.; CASTRO, L. A.; RODRIGUES, C. C. F.; PAIXÃO, J. S. Produtividade do milho cultivado sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012. Águas de Lindóia, **ANAIS... Águas de Lindóia: ABMS**, 2012. p. 3244-3250.

MELLO, R.; NORBERG, J. L.; ROCHA, M. G. potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 87-95, jan./mar. 2004.

MENEZES C.B, RIBEIRO A.S, TARDINI F.D, CARVALHO A.J, BASTOS E.A, CARDOSO M.J, PORTUGAL A.F, SILVA K.J, SANTOS V.C e ALMEIDA F.H.L Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.1, p. 101-115, 2015.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001. 849 p.

MIRANDA, R. A. DUARTE, J. O. GARCIA, J. C. **Embrapa Milho e Sorgo - Sistema de produção I**. Out./2012. Acessado: 26/12/2016. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm

MORAES, A. V. C. GUIMARÃES, D. P.; SANS, L. M. A.; Estimativa da área foliar de cultivares de milho. In: 24º Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Florianópolis. Anais, EMBRAPA/CNPMS. p. 96. Ano 2009.

OLIVEIRA, J.M.S.; CAIRES, E.F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.25, p.351-357, 2003.

PARIZI, A.R.C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A.C.S.; SOARES, F.C.; RAMÃO, C.J.; PEITER, M.X.; CALEGARO, L. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 254-267, julho-setembro, 2009.

PAVINATO, P. S. et al., Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PEREIRA, T.S.; ROBAINA, A. D., PEITER, M. X.; VIVAN, G. A.; ROSSO, R. B.; TORRES, R. R.; KIRCHNER, J. H. Necessidade de irrigação suplementar na rotação das culturas de trigo, milho e feijão em Passo Fundo, Rio Grande do Sul. *Tecnol. Ciênc. Agropec.* João Pessoa 9(4):71-76.). 2015.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia (Fundamentos e aplicações práticas)*. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba – RS. 2002. 478p.

PEREIRA, A. R. **SIMPLIFICANDO O BALANÇO HÍDRICO DE THORNTHWAITTE-MATHER**. Agrometeorologia. Bragantia, Campinas, v.64, n.2, p.311-313, 2005.

PEREIRA, C. R. Teor de nitrogênio, índice de área foliar e de colheita, no milho, em função da adubação nitrogenada, em solo de várzea. **Revista Brasileira de milho e Sorgo**, v. 8, n. 1, p. 13 - 25, 2009.

PIONEER SEMENTES 2017. **Milho: crescimento e desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/41/milho-crescimento-e-desenvolvimento>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

PIONNER. Efeitos do nitrogênio: doses. **Revista Área Polo**, São Paulo, v. 5, n. 11, p. 12-6, 1995.

PORTUGAL, J. R.; ARF., O.; PERES, A. R.; GITTI, D. C.; GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 48, n. 4, p. 639-649, out-dez, 2017.

POTAFOS. Brasil: Consumo aparente de fertilizantes. Disponível em: [≤www.potafos.org>](http://www.potafos.org). Acesso em: 18 de dezembro de 2016.

RAASCH, H.; SCHONINGER, E. L.; NOETZOLD, R.; VAZ, D. C.; SILVA, J.D.; Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum – MT. **Revista cultivando saber**. V. 9 - n° 4, p. 517 a 529. 2016.

RAMBO, L; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; SANGOI, L.; BAYER, C.; ARGENTA, G. Monitoramento do nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.407- 417, 2007.

Ritchie, S.W. e Hanway, J.J. (1992) – How a corn plant develops. Ames, Iowa State, University of Science and Technology, 26p. (Special Report, 48).

ROCHA, A. E. Q. **Crescimento e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio nos tabuleiros costeiros de alagoas**. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, 2012.

ROCHA, A. E. Q.; LYRA. G. B.; MEDEIROS, R. P.; SOUZA, J. L.; LYRA. G. B.; FERREIRA JÚNIOR, R. A.; SÁ, L. A.; MOURA, A. B. **Crescimento do milho em função dos graus-dia acumulados em quatro épocas de plantio na região de Arapiraca-AL**. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

SANTOS, L. S. **Produtividade do milho em diferentes épocas de plantio, na região dos tabuleiros costeiros de alagoas. 2016**. Dissertação de mestrado (mestrado em Produção Vegetal). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

SANTOS, L. D.; AQUINO, L. A.; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p. 270-279, 2013

SAEED, M. ET AL., (2010). Effect of nitrogen levels and weed-crop competition durations on yield and yield components of maize. **Journal of Agricultural Research**, 48(4):471-481.

SANGOI, L.; ZANIN, C. G.; SCHMIT, A.; VIEIRA, J. Senescência foliar e respostas de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo de diferentes épocas ao adensamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, p. 21-32, 2013.

SARMENTO, P. L. V. S. **Ecofisiologia do milho sob diferentes épocas de semeadura e densidades de plantio**. 2015. Dissertação de mestrado (mestrado em Agronomia). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.

SCHLICHTING, A. F. **CULTURA DO MILHO SUBMETIDA A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO**. 2012. Dissertação (Mestrado em Eng. agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso Campus Universitário de Rondonópolis, MT.

SCHITTENHELM, S. Effect of drought stress on yield and quality of maize/sunflower and maize/sorghum intercrops for biogas production. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 196, n. 4, p. 253–261, 2010.

SCHUSSLER, R.J. E WESTGATE, M.E. - Maize kernel set at low potential: II. Sensivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, 31,1: 1196-1203.1991.

SILVA, M.R.; MARTIN, T.N.; PAVINATO, P. S.; BRUM, M. S. Estimando a necessidade de nitrogênio na produção de grãos e silagem. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. **Rev. Caatinga**. Mossoró 28(3):12-24. 2015.

SILVA, S.; SILVA, S. S.; NASCIMENTO, R.; TEODORO, I.; PRATES, F. B. S.; COSTA, C. T. S. **Uso econômico da água no cultivo do milho irrigado por gotejamento na região do sertão alagoano**. Inovagri – international meeting. Fortaleza-Ce, 2017.

SILVA, R. F. da.; OLIVEIRA, E. C. de.; JUSTINO, F. B. e; GROSSI, M. C. Influência das mudanças climáticas na cultura do milho na área da Amazônia Legal. XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia. Set. Pará, 2010.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 75-88, 2006.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; LAZARINI, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.286-297, 2005.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARAES, G. L.; LAZARINI, E.; SA, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. S.; SANTOS, O. F. Eficiência do uso da água pelo milho doce em diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, São Cristóvão/SE. 2015.

SOUZA, B.; SANDRA, L.; MOURA, B.; SOELMA, M.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, F.; GEROGÉ, T. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, vol. 70, núm. 3, 2011, pp. 715-721

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIM, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.12, n.1, p. 131-141, 2004.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 693p. 2013.

TEODORO, I. **Respostas técnico-econômicas da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. 2011. Dissertação (Mestrado em Eng. agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (Saccharum spp), baseados em parâmetros do solo e clima**. Piracicaba, 2003, 86p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

THORNTWAITE, C.W. MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance**. Ceterton, NJ: rexel institute of technology-Laboratory, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol. 10, n.3) <http://www.sugarcane crops.com/p/climate/> ACESSADO EM 26/12/2016 YATES, R.A.**The Environment for Sugarcane**. Roma, FAO. 1977.18p.

USDA. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Grain: world markets and trade: South America corn exports soar**. Washington, 2016. 58 p. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

VELOSO, M. E. da C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUZA, V. F. Doses de Nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p. 382-394, 2006.

WAGNER, M. V. Características hidro-climáticas para a cultura do milho em Guarapuava-PR. Guarapuava, 2009. 91 p. **Dissertação (Mestrado) - Universidade 37 Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal**, 2009.

.