



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA**

**FENOLOGIA E ANÁLISE DE CRESCIMENTO
DO SORGO FORRAGEIRO VOLUMAX EM
VITÓRIA DA CONQUISTA-BA**

RAFAEL DE QUEIROZ COSTA

**VITÓRIA DA CONQUISTA - BA
JULHO/2013**

RAFAEL DE QUEIROZ COSTA

**FENOLOGIA E ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO SORGO
FORRAGEIRO VOLUMAX EM VITÓRIA DA CONQUISTA - BA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador:

Prof. D.Sc. Ramon Correia de Vasconcelos

Co-orientadora:

Prof^a. D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2013**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “ FENOLOGIA E ANÁLISE DE CRESCIMENTO DO SORGO FORRAGEIRO VOLUMAX EM VITÓRIA DA CONQUISTA - BA ”

Autor: Rafael de Queiroz Costa

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:

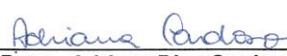


Prof. Ramon Correia de Vasconcelos, D.Sc., UESB

Presidente



Prof. Paulo Araújo Ramos Cairo, D.Sc., UESB



Pesq. Adriana Dias Cardoso CAPES/PNPD

Data de realização: 31 de Julho de 2013.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77)
3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu guia e minha fortaleza, por sempre iluminar meus passos e ajudar em minhas escolhas;

À minha esposa Greice, pelo seu companheirismo, dedicação e entendimento, durante todo o mestrado;

À minha mãe Maria das Graças, ao meu pai Edson e à minha irmã Diana, pelo apoio, carinho e afeto;

Aos meus primos-irmãos, Marcelo, Michel e Michele, pela atenção, carinho e incentivo para conclusão do mestrado;

À minha avó Zalzenira (*in memorian*), pela conduta e exemplos deixados e que são referências para mim, por me auxiliar sempre nos momentos difíceis;

Ao professor Dr. Ramon Correia de Vasconcelos, pela brilhante orientação, atuando com muita paciência, apoio, dedicação e ensinamentos, que foram de grande importância para a realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo, pelos ensinamentos acadêmicos, amizade e valiosas críticas e sugestões;

Ao professor Dr. Abel Rebouças São José, pela atenção e gentileza na obtenção de dados pertinentes ao trabalho;

À professora Dra. Sylvana Naomi Matsumoto, pela co-orientação e por ter cedido gentilmente o espaço físico e equipamentos necessários para a realização das análises;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, pela oportunidade de crescimento profissional;

Aos funcionários de campo, pela colaboração e logística na realização deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, em especial, aos docentes, pelos conhecimentos compartilhados;

A todos os membros da Banca Examinadora, pela colaboração e disponibilidade, por enriquecer ainda mais o trabalho realizado;

Aos meus amigos, Jacqueline Lavinsky, Emanuel Tássio, Douglas Guimarães, John Porto, Maurício Soares, Gisele Nóbrega, Joelma Silva, Macela Ferraz, Gilmara Magalhães, Danilo dos Anjos, José Rafael, Larissa Lima, Ednei Pires e Eduardo Ganem, pela convivência científica e momentos de descontração;

À equipe do laboratório de Fisiologia Vegetal, especialmente Perla Novais, pela colaboração e disponibilidade para realização das avaliações;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela disponibilização do Auxílio-dissertação;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa, o meu **MUITO OBRIGADO!**

COSTA, R. de Q. Fenologia e análise de crescimento do sorgo forrageiro Volumax em Vitória da Conquista - BA. Vitória da Conquista - BA: UESB, 2013. 64p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

Na cultura do sorgo a caracterização do crescimento e desenvolvimento é baseada apenas na idade da planta o que pode levar a interpretações equivocadas de suas fases durante o seu ciclo. Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e desenvolvimento do sorgo forrageiro por meio de análises morfofisiológicas, a fim de, descrever suas fases fenológicas, identificando o início de cada estágio de desenvolvimento. Para isso, utilizou-se do híbrido forrageiro Volumax, em uma área experimental com dimensões de 100 x 35 metros, adotando-se um espaçamento entre linhas de 0,6 m, com uma população fixada de 110.000 plantas ha⁻¹. Cada estágio vegetativo foi definido de acordo com a folha mais alta, cuja lígula estava visível de acordo com sistema adotado por Ritchie (2003). Observou-se que em suas fases iniciais a planta de sorgo apresentou mudanças de estágio a cada quatro dias após a emergência (DAE), a partir dos 22 DAE, no estágio de desenvolvimento V7, os estágios foram identificados a cada três dias. O período reprodutivo foi de 50 dias, sendo o ciclo total da planta de 106 dias. O híbrido forrageiro Volumax apresentou quinze fases vegetativas, uma de transição e seis reprodutivas. A definição da escala fenológica possibilita a aplicação das técnicas de manejo cultural de maneira mais coerente de acordo com cada etapa de desenvolvimento da planta.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, fisiologia, silagem, produção vegetal

*Orientador: Ramon Correia de Vasconcelos, D.Sc. - UESB
Co-orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc.-UESB

ABSTRACT

COSTA, R. Q. **Phenology and growth analysis of forage Sorghum Volumax in Vitória da Conquista -BA.** Vitória da Conquista - BA: UESB, 2013. 64p. (Dissertation - MSc in Agronomy, concentration area in Plant Science).

In sorghum culture, the characterization of growth and development is based only on the age of the plant, which can lead to misinterpretations of the phases during the cycle. The objective of this work was evaluating the growth and development of sorghum forage through morphophysiological analysis, in order to, describe its phenological phases, identifying the beginning of each stage of development. For this, it was used the Volumax hybrid forage, in an experimental area with dimensions of 100 x 35 meters, adopting a spacing of 0.6 m, with a fixed population of 110,000 plants ha⁻¹. Each vegetative stage was defined according to the tallest leaf, whose ligule was visible according to the system adopted by Ritchie (2003). It was observed that, at the earlier phases, the sorghum plant showed changes of stage in every four days after emergence (DAE), from 22 DAE, at the V7 growth stage, the stages were identified every three days. The reproductive period was 50 days and the total cycle of the plant was from 106 days. The Volumax hybrid forage presented fifteen vegetative phases, one transition and six reproductive. The definition of the phenological scale enables the application of cultural management techniques in a more coherent way according to each stage of plant development.

Keyword: *Sorghum bicolor*, silage. Physiology, plant production

*Advisor: Ramon Correia de Vasconcelos, D.Sc.-UESB
Co-advisor: Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc.-UESB

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Análise química de uma amostra do solo da área experimental representando a profundidade de 0-20 cm. Vitória da Conquista - BA, 2012..... 23
- Tabela 2.** Estádio vegetativo e reprodutivo do sorgo forrageiro Volumax e os números de dias para atingir cada estágio de desenvolvimento. Vitória da Conquista - BA, 2012..... 32
- Tabela 3.** Altura de planta do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios de desenvolvimento. Vitória da Conquista – BA, 2012..... 34

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Médias mensais de pluviometria e de temperatura no município de Vitória da Conquista – BA, durante o período de cultivo do sorgo forrageiro Volumax. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	24
Figura 2. Comprimento da panícula do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	36
Figura 3. Diâmetro da panícula do sorgo forrageiro Volumax em função do número de dias após a emergência. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	37
Figura 4. Acúmulo de massa seca do sorgo Volumax em função de seus estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	38
Figura 5. Acúmulo de massa seca no colmo do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	40
Figura 6. Acúmulo de massa seca na folha do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	41
Figura 7. Acúmulo de massa seca na panícula do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	43
Figura 8. Área foliar total do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	45
Figura 9. Razão de área foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	46

Figura 10. Razão de peso foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	47
Figura 11. Área foliar específica do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	49
Figura 12. Índice de área foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista-BA, 2012.....	50
Figura 13. Taxa de assimilação líquida do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	51
Figura 14. Taxa de crescimento relativo do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	52
Figura 15. Taxa de crescimento da cultura do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo.....	14
<i>2.1.1 Aspectos climáticos.....</i>	<i>15</i>
<i>2.1.2 Sorgo forrageiro.....</i>	<i>16</i>
<i>2.1.3 Fenologia.....</i>	<i>18</i>
2.2 Análise de crescimento.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Caracterização da área experimental.....	23
3.2 Instalação e condução do experimento.....	24
3.3 Coleta do material a ser analisado.....	25
3.4 Definição da escala fenológica para a cultura do sorgo.....	26
3.5 Características agrônômicas e morfofisiológicas avaliadas.....	27
<i>3.5.1 Dias para o florescimento.....</i>	<i>27</i>
<i>3.5.2 Altura total da planta.....</i>	<i>27</i>
<i>3.5.3 Comprimento da haste.....</i>	<i>27</i>
<i>3.5.4 Comprimento da panícula.....</i>	<i>27</i>
<i>3.5.5 Diâmetro da panícula.....</i>	<i>27</i>
<i>3.5.6 Dias para colheita.....</i>	<i>28</i>
<i>3.5.7 Peso da massa seca.....</i>	<i>28</i>
<i>3.5.8 Área foliar total</i>	<i>28</i>
<i>3.5.9 Razão de área foliar.....</i>	<i>28</i>
<i>3.5.10 Razão de peso foliar.....</i>	<i>29</i>
<i>3.5.11 Área foliar específica.....</i>	<i>29</i>
<i>3.5.12 Índice de área foliar.....</i>	<i>29</i>

<i>3.5.13 Taxa de assimilação líquida.....</i>	29
<i>3.5.14 Taxa de crescimento relativo.....</i>	30
<i>3.5.15 Taxa de crescimento da cultura.....</i>	30
3.6 Análise e interpretação dos dados.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Estádios de desenvolvimento do sorgo e escala fenológica.....	31
4.2 Características agronômicas e morfofisiológicas.....	33
<i>4.2.1 Altura total da planta.....</i>	33
<i>4.2.2 Comprimento e diâmetro da panícula.....</i>	35
4.3.3 Peso da massa seca.....	37
<i>4.3.3.1 Peso da massa seca da planta.....</i>	37
<i>4.3.3.2 Peso da massa seca do colmo.....</i>	39
<i>4.3.3.3 Peso da massa seca da folha.....</i>	41
<i>4.3.3.4 Peso da massa seca da panícula.....</i>	42
<i>4.3.3.5 Aspectos relevantes sobre o acúmulo de massa seca no sorgo.....</i>	44
<i>4.3.4 Área foliar total.....</i>	44
<i>4.3.5 Razão de área foliar.....</i>	45
<i>4.3.6 Razão de peso foliar.....</i>	47
<i>4.3.7 Área foliar específica.....</i>	48
<i>4.3.8 Índice de área foliar.....</i>	49
<i>4.3.9 Taxa de assimilação líquida.....</i>	51
<i>4.3.10 Taxa de crescimento relativo.....</i>	52
<i>4.3.11 Taxa de crescimento da cultura.....</i>	54
5 CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A planta de sorgo apresenta-se como uma espécie versátil, devido a sua plasticidade em condições adversas de temperatura e umidade, o que lhe confere resistência a estresses abióticos. É o quinto cereal mais cultivado no mundo, com potencial para produção de grãos, forragem e álcool. No Brasil, vem sendo empregado com sucesso como cultura de sucessão a outras espécies de verão.

As condições de meio ambiente em que as plantas são submetidas influenciam os processos fisiológicos da fotossíntese e da respiração, que são determinantes da sua produtividade. De maneira geral, o crescimento inicial de uma planta acontece de forma exponencial, passando por uma fase de ganhos lineares até chegar à fase de incrementos decrescentes. Esse padrão decorre do balanço entre a disponibilidade e a demanda de carbono experimentado pela planta. A definição da curva padrão do crescimento só é determinada por meio da análise de crescimento de plantas que descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo.

Os fenômenos periódicos relacionados ao ciclo da planta de sorgo estão divididos em etapas que caracterizam seu crescimento e desenvolvimento, baseado apenas na sua idade, generalizando o processo de crescimento da cultura ao longo do tempo, o que pode levar a interpretações equivocadas das variáveis que ocorrem durante o ciclo do sorgo (VON PINHO e outros, 2002). O conhecimento dos estádios fenológicos da planta possibilita o detalhamento claro e objetivo do seu crescimento e desenvolvimento, permitindo a aplicação das técnicas de manejo de maneira mais eficiente. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o crescimento e desenvolvimento do sorgo forrageiro Volumax, por meio de análises morfofisiológicas, afim de descrever suas fases fenológicas, identificando o início de cada estágio de desenvolvimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais da cultura do sorgo

A planta de sorgo pertence à família *Poaceae*, gênero *Sorghum*, e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. É originária de regiões de clima tropical, no continente Africano, mas algumas evidências indicam que possam ter ocorrido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia.

O sorgo é uma planta de mecanismo fotossintético C₄, o que lhe confere grande vantagem fotossintética (ANDRADE NETO e outros, 2010). Dentre as espécies utilizadas na alimentação humana, é uma das mais versáteis para ser cultivada, por apresentar tolerância às altas temperaturas e déficit hídrico (BERENGUER e FACI, 2001). Essa capacidade de adaptação às condições menos favoráveis de cultivo, em face de suas características xerofílicas, torna a cultura do sorgo uma alternativa viável para o semiárido nordestino (MORGADO, 2005; TABOSA e outros, 2008).

De acordo com Santos e outros (2007), o sorgo possui potencial para se desenvolver e se expandir em regiões que apresentam risco de ocorrência de deficiência hídrica, distribuição irregular de chuvas e altas temperaturas, condições que caracterizam o semiárido, que ocupa 49% da região Nordeste do Brasil, com uma precipitação pluviométrica de 300 a 700 mm, de distribuição irregular, ocorrendo em um período de três a cinco meses, seguido de sete a nove meses de seca prolongada.

Segundo Ribas (2010), embora de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° Norte ou 45° Sul, em virtude dos trabalhos de melhoramento que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical.

Dentre os cereais, o sorgo ocupa o quinto lugar no mundo, em volume de produção, sendo superado pelo arroz, milho, trigo e cevada. Nos últimos anos, vem ganhando destaque, sendo que seu cultivo ocorre em

ampla faixa latitudinal, mesmo onde outros cereais têm produção antieconômica, como em regiões muito quentes, muito secas ou, ainda, onde ocorrem veranicos (MAGALHÃES e outros, 2007).

A produtividade média de grãos de sorgo no Brasil ainda é considerada baixa, em torno de 2.948 kg ha⁻¹ de grãos. No Nordeste, o rendimento da cultura ainda é menos expressivo, apresentando valores médios de 638 kg ha⁻¹. No Estado da Bahia, a produtividade média apresenta valores de 591 kg ha⁻¹ (IBGE, 2013). Von Pinho e Vasconcelos (2002) citam que as principais causas da baixa produtividade da cultura devem-se à má distribuição pluviométrica, em determinadas regiões na época de cultivo mais explorada no Brasil, e ao baixo uso de corretivos e fertilizantes. Von Pinho e outros (2007) constataram, também, o aparecimento de vários problemas atribuídos à falta de estabilidade de produção dos materiais utilizados.

Santos e outros (2007) discorrem que a unidade de produção agrícola do sorgo em regiões de semiárido é explorada, principalmente, por pequenos agricultores de base familiar, que têm limitação de disponibilidade de capital e acesso ao crédito, utilizam principalmente força de trabalho humano e animal, e usam implementos agrícolas de baixa eficiência, não dispõem de orientação sistemática para avaliação de risco na atividade e possuem baixo nível de escolaridade. Cerca de 70 % dos empreendimentos agrícolas da região possuem menos de 10 ha, o que caracteriza presença expressiva da agricultura familiar.

2.1.1 Aspectos climáticos

De acordo com Landau e Sans (2009), de forma geral, a literatura internacional tem mostrado que temperaturas superiores a 38°C ou inferiores a 16°C limitam o desenvolvimento da maioria dos cultivares de sorgo.

A demanda hídrica do sorgo varia de 380 a 600 mm durante seu ciclo (VON PINHO e outros, 2007), dependendo de outros fatores

climáticos. Aguiar e outros (2007) observaram que boas produtividades foram obtidas com precipitação acima de 900 mm durante o ciclo.

O período mais crítico que interfere diretamente na produção é a passagem da fase vegetativa para a reprodutiva, após finalizar o estágio de juvenildade, quando se inicia a fase indutiva ao florescimento (CRAUFURD e QI, 2001). Nesta fase, as plantas de sorgo passam por mudanças fisiológicas no meristema apical, caracterizadas pela diferenciação deste em um meristema floral.

Segundo Craufurd e Qi (2001), independentemente do fotoperíodo, a temperatura determina a duração dos subperíodos da diferenciação floral à floração, e desta à maturidade fisiológica. As variações ocorridas nas condições climáticas, principalmente na temperatura, em diferentes períodos do ano, afetam o desenvolvimento dos cultivares de sorgo (MARTIN e VANDERLIP, 1997). Temperaturas acima de 32°C, no período entre a diferenciação floral e a floração, podem causar o aborto das flores e dos embriões, apresentando ação nas atividades enzimáticas das plantas (BONHOMME, 2000).

Cultivares de sorgo, sensíveis ao fotoperíodo, atingem a fase de florescimento mais precocemente durante o período da seca. Neste período, o comprimento dos dias é menor e, conseqüentemente, verifica-se redução na estatura das plantas de sorgo (CRAUFURD e QI, 2001).

2.1.2 Sorgo forrageiro

Agronomicamente, os sorgos são classificados em quatro grupos: granífero; forrageiro para silagem ou sacarino; forrageiro para pastejo/corte; verde/fenação/cobertura morta e vassoura (EMBRAPA, 2009).

Assim como o milho, a cultura do sorgo tem se destacado como a espécie possível de ser utilizada no processo de ensilagem, devido a sua facilidade de cultivo, seus altos rendimentos e, sobretudo, pela qualidade da silagem produzida, com alta capacidade de produção de massa seca por

unidade de área, e com alto conteúdo energético por unidade de massa (VON PINHO e outros, 2007).

Apesar da silagem de sorgo ser considerada de valor nutritivo inferior à de milho, sua utilização vem ganhando destaque, pois essa cultura apresenta maior tolerância à seca (ZAGO, 1999). O sorgo apresenta-se, em termos médios, como uma forrageira mais produtiva e menos sensível a eventuais estresses hídricos, sendo alternativa viável e substitutiva ao milho na confecção de silagens de boa qualidade.

O sorgo forrageiro, com aproximadamente 40% do total da área de sorgo cultivada, sinaliza para que a bovinocultura possa tornar-se, em curto prazo, o grande mercado consumidor para forragem e grãos de sorgo, proporcionando incentivo à consolidação da cultura no país (COELHO e outros, 2002).

O rendimento forrageiro do sorgo está relacionado com a altura de plantas, apresentando relação com as proporções de folhas, colmos e panículas (SILVA e outros, 2005). Os sorgos mais altos apresentam maiores rendimentos de massa seca, no entanto, devido à maior percentagem de colmos em relação às folhas e panículas, há o comprometimento do valor nutricional da forragem (ZAGO, 1992). Características como germinação, altura de plantas, diâmetro do colmo e ângulo foliar são utilizadas no intuito de selecionar variedades ou cultivares adaptados a cada região, assegurando uma boa produtividade, atendendo às necessidades dos produtores (PORTUGAL e outros, 2003).

Dentre os cultivares disponíveis, predominam os híbridos simples para cultivo sem sucessão, pelo fato de apresentarem ampla adaptabilidade às regiões produtoras e estabilidade de produção. Contudo, esses híbridos expressam sua produtividade máxima apenas na primeira geração, sendo necessária a aquisição de sementes todos os anos (TARDIN e outros, 2012). Segundo Pedreira e outros (2003), os híbridos de sorgo apresentam características agronômicas e valor nutritivo diferentes, com consequentes variações quanto à produtividade e padrões de fermentação, resultando em

silagens com diferentes qualidades, essas características podem afetar diretamente o desempenho dos animais que consomem o sorgo, tornando evidente a necessidade de estudos que conduzam à seleção de híbridos mais adequados aos sistemas de produção animal.

Os índices de produtividade e adaptação dos cultivares de sorgo são influenciados pelas condições edafoclimáticas e sabe-se que, além da genética, a produção é influenciada, entre outros fatores, pela qualidade da semente e por fatores ambientais, tais como época de semeadura, população de plantas, preparo e correção do solo, controle de plantas daninhas, pragas e doenças e fertilização do solo (NEUMANN e outros, 2003).

Os cultivares de sorgo para silagem são, em geral, mais produtivos que o milho, porém, com significativas variações na sua composição química, devido ao enorme número de cultivares existentes no mercado, associado a fatores como local e época de plantio, densidade de plantas e época de corte, entre outros. O sorgo possui variedades adaptadas às diferentes zonas climáticas, que toleram mais o déficit de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais, podendo ser cultivado numa ampla faixa de condições ambientais (LANDAU e SANS, 2009).

2.1.3 Fenologia

A fenologia é o segmento da botânica que estuda a cronologia de eventos biológicos repetitivos e periódicos, como crescimento vegetativo, floração, frutificação, dentre outros, e as causas de sua temporalidade, considerando as forças bióticas e abióticas, e da inter-relação entre as fases, na mesma espécie ou entre espécies diferentes (TALORA e MORELLATO, 2000). Além disso, a descrição fenológica constitui-se em ferramenta eficaz no manejo de uma cultura, já que possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, os eventos fisiológicos que se destacam em cada estágio de desenvolvimento, os quais se associam a

uma série de necessidades do vegetal, que, uma vez atendidas, possibilitarão o normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, bons rendimentos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

Segundo Von Pinho e Vasconcelos (2002), o ciclo do sorgo pode ser dividido em três fases, caracterizadas pelas etapas de crescimento da cultura, baseadas nos dias após a sementeira. A primeira etapa de crescimento (EC1) caracteriza-se pela germinação, aparecimento da plântula, crescimento das folhas e estabelecimento do sistema radicular fasciculado. A segunda etapa de crescimento (EC2) inicia-se quando o meristema apical diferencia-se em um meristema floral, e continua com o desenvolvimento da inflorescência até a antese. Durante essa fase, há uma alongação rápida dos entrenós do colmo e grande expansão das folhas. Na terceira etapa de crescimento (EC3), ocorre a maturação dos grãos e a senescência de parte das folhas.

As fases de crescimento e desenvolvimento da maioria das culturas são particularmente definidas, mas pode existir variação nesses períodos, em função do seu local de instalação, da época de sementeira e das condições climáticas às quais a planta é exposta, como precipitação pluviométrica, temperatura, umidade etc.

2.2 Análise de crescimento

A análise de crescimento descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, sendo uma ferramenta que auxilia na avaliação dos efeitos de sistemas de manejo sobre as plantas, o que permite a adequada condução da cultura que se deseja trabalhar. Segundo Silva e outros (2000), a análise de crescimento é um método descritivo das condições morfofisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostras sucessivas. Essas variações temporais permitem o acompanhamento da produção fotossintética efetiva, porque mais de 95 % da massa seca acumulada pelas plantas ao longo de seu crescimento é proveniente da atividade fotossintética. Menos de 5% da massa seca é

atribuída à absorção de nutrientes do solo, embora a inter-relação entre fotossíntese e absorção seja fundamental ao processo como um todo (CLEMENT e BOVI, 2000).

A metodologia utilizada para avaliação do crescimento é feita por meio de variações em magnitude de alguma característica ou estrutura morfológica da planta ao longo do tempo. É por meio dessas avaliações que a estimativa de diversos índices possibilita o estudo do crescimento dos vegetais, permitindo, de forma mais precisa, maior conhecimento em relação à produção, além de averiguar diferenças funcionais e estruturais entre cultivares (PORTES e outros, 2000; BENINCASA, 2003). Tais informações correspondem às quantidades de material contido em partes das plantas (folhas, colmos, raízes e frutos) e à extensão do aparelho fotossintetizante (área foliar), obtidas em intervalos de tempos regulares, durante o desenvolvimento fenológico da planta (BRAGA, 2010).

Os métodos disponíveis de avaliação de crescimento de plantas apresentam-se como uma técnica válida, entre outras, para testar cultivares de plantas, pois evidencia a influência do meio na expressão genética e agrônômica, tornando possível a comparação e escolha de indivíduos específicos para cada situação (SILVA e outros, 2000). Dependendo do ciclo da cultura (curto ou longo), este será avaliado em intervalos de tempos iguais entre si, de modo que, pelo menos seis a sete medidas sejam tomadas de cada valor primário, em um grupo de plantas, por unidade experimental (SILVA e outros, 2000).

De acordo com Gomide (1994), a medida de peso caracteriza-se como a maneira mais eficiente de aferir o crescimento da planta, representando ganhos reais de substâncias orgânicas. Para identificar tais alterações, o acúmulo de massa seca é, talvez, o parâmetro mais significativo, sendo resultante da associação de vários outros componentes (AZEVEDO NETO e TABOSA, 2000), o que possibilita a estimativa de taxas de crescimento que quantificam este balanço em determinado momento ou intervalo de tempo de interesse (SILVA e outros, 2000).

A massa seca tem sido utilizada como importante parâmetro para expressar a produção de forrageiras (CRESPO, 2002). Da mesma forma, facilmente pode ser determinado o valor de umidade das forragens, o qual depende do seu conteúdo de umidade variando conforme a espécie, o estágio fenológico e, em menor grau, com a estação do ano (AGNUSDEI e outros, 2001).

A qualidade das forrageiras para realização de posterior análise está associada a fatores relacionados às condições durante a secagem. A secagem do material vegetal é necessária para evitar alterações químicas e a degradação dos tecidos durante o armazenamento, além de ser requerida para estimar as quantidades de nutrientes que os animais consumirão (PETRUZZI e outros, 2005).

Severino e outros (2004) destacam também a importância de se aferir a área foliar, dentro da experimentação em fitotecnia, como ação que permite ao pesquisador obter indicativo de resposta de tratamentos aplicados e lidar com uma variável que se relaciona diretamente com a capacidade fotossintética e de interceptação da luz.

Peixoto e Peixoto (2009) destacam que, além das medidas lineares, superficiais, de massa e número de unidades estruturais, o crescimento da planta também pode ser determinado por índices fisiológicos, como a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa de assimilação líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), a taxa de crescimento da cultura (TCC) e o índice de colheita (IC), entre outros, relacionados à análise de crescimento, e que refletem as diferenças de crescimento em função dos tratamentos utilizados.

Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise de crescimento é um meio bastante preciso para avaliar o desenvolvimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o desempenho vegetal (BENINCASA, 2003). Essas análises constituem uma parte da fisiologia vegetal em que se faz uso de fórmulas e modelos matemáticos para avaliar índices de crescimento das

plantas, sendo muitos deles relacionados com a atividade fotossintética (BENINCASA, 2004).

O conhecimento das características fisiológicas é de extrema importância para o crescimento dos vegetais, visto que estes produzem moléculas sinalizadoras, como os hormônios vegetais, que são responsáveis por efeitos no desenvolvimento, sendo os principais grupos hormonais as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico (TAIZ e ZEIGER, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, BA. O município está localizado na latitude 15,95° S e longitude 40,88° W, a uma altitude de 839 m (EMBRAPA, 2003), apresentando clima tropical de altitude (Cbw), segundo classificação de Köppen. As médias de temperatura máxima e mínima são, respectivamente, 25,3 e 16,1 °C. A precipitação média anual é de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março (BRASIL, 1992).

A amostragem de solo foi realizada antes da instalação da cultura na área experimental, a uma profundidade de 0-20 cm, e analisada pelo Laboratório de Solos da UESB. O resultado da análise química do solo está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de uma amostra de solo da área experimental representando a profundidade de 0-20 cm. Vitória da Conquista - BA, 2012.

Determinação	Valores
pH em água (1:2,5)	5,1
P (cmol _c /dm ³)*	0,07
K (cmol _c /dm ³)*	0,28
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³ **)	2,2
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³ **)	0,6
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³ **)	0,1
H ⁺ (cmol _c /dm ³ ***)	3,0
Na ⁺ (cmol _c /dm ³ *)	-
SB (cmol _c /dm ³)	3,1
T (cmol _c /dm ³)	6,2
V (%)	50

*Extrator mehlich

**Extrator HCl 1N

*** Extrator CaCl₂ 0,0 M e SMP

As variações de temperatura e precipitação média, ocorridas durante a condução do estudo, estão apresentadas na Figura 1.

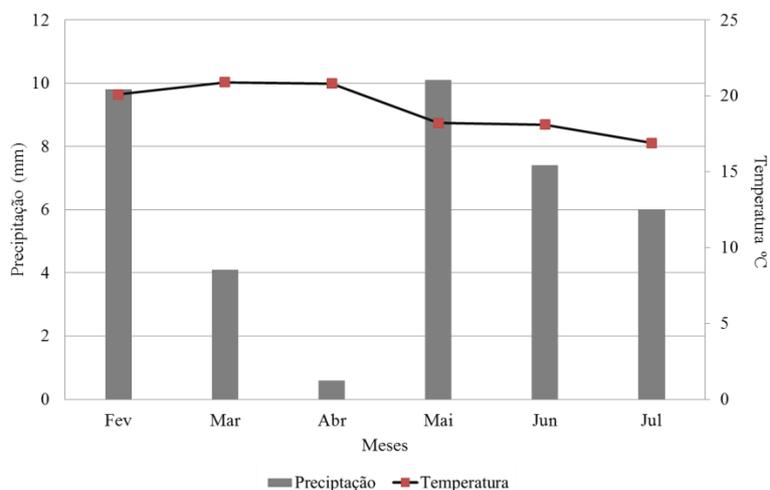


Figura 1. Médias mensais de pluviometria e de temperatura no município de Vitória da Conquista - BA durante o período de cultivo do sorgo forrageiro Volumax. Vitória da Conquista - BA, 2012.

3.2 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado no dia 07 de março de 2012. O preparo do solo foi realizado de maneira convencional, com uma aração e duas gradagens, seguido da abertura dos sulcos.

Foi adotado o espaçamento entre linhas de 0,6 m, com uma população fixada de 110.000 plantas ha⁻¹, em uma área experimental de 100 m de comprimento por 35 m de largura. Para as avaliações, foram desconsideradas as cinco primeiras linhas da borda da área. O material genético utilizado foi um híbrido forrageiro de ciclo curto, da empresa Agroceres, de nome comercial Volumax, pertencente ao lote: INS00116, safra 2010/2010.

Foram aplicados na semeadura 500 kg ha⁻¹ do formulado 4 (N) – 14 (P₂O₅) – 8 (K₂O). Quando a oitava folha esteve completamente expandida, foram aplicados 400 kg ha⁻¹ do formulado 20 (N) – 00 (P₂O₅) – 20 (K₂O) em cobertura. As sementes foram distribuídas manualmente nos sulcos, não necessitando da operação de desbaste para obtenção da população de plantas desejada. Os tratos culturais e controle de pragas foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

A irrigação utilizada objetivou suprir as deficiências hídricas da cultura do sorgo, durante seus períodos críticos, em função do déficit hídrico prolongado. Utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional, com seis aspersores giratórios da marca Fabrimar, modelo A232, de vazão de 3,5 m³ h⁻¹. A fonte de água foi proveniente de poço próximo ao local do experimento. Nas linhas principais, foram utilizados canos da marca Corr Plastik, de três polegadas, e os canos secundários, ligados aos aspersores de 1,5 polegadas. Utilizou-se também um conjunto motor-bomba elétrico com três cv de potência.

3.3 Coleta do material vegetal a ser analisado

A coleta do material vegetal para as avaliações foi feita a cada quatro dias, até o 22º dia após a emergência (DAE). A partir de então, o período de coleta do material vegetal foi reduzido para três dias. Após a emissão da panícula, a coleta do material vegetal foi feita no início do período de polinização. Somente quando os grãos apresentaram-se no estágio de bolha, foi iniciada nova coleta, seguida de coletas com os grãos em estádios leitoso, pastoso, farináceo, até a sua maturidade fisiológica, caracterizada pela formação da camada negra.

Para todas as variáveis analisadas, foram utilizadas 20 plantas da unidade experimental, sendo avaliadas características morfofisiológicas da planta de sorgo.

3.4 Definição da escala fenológica para a cultura do sorgo

O sistema de estádios adotado neste experimento foi proposto por Ritchie e outros (2003), os quais dividiram o desenvolvimento da planta de milho em estádios vegetativo (V) e reprodutivo (R). Sendo que as subdivisões propostas pelos autores designavam os estádios V, numericamente como V1, V2, V3 até Vn, em que (n) representaria o último estádio foliar antes de VT (pendoamento). Os autores ainda ressaltaram que (n) variaria de acordo com o híbrido e as diferenças ambientais. As subdivisões dos estádios reprodutivos também foram designadas numericamente.

No presente estudo, estes estádios foram adaptados para o sorgo forrageiro Volumax. Cada estádio vegetativo foi definido de acordo com a folha mais alta, cuja lígula estava visível. As mudanças de estádio de desenvolvimento só foram consideradas, quando 50 % das plantas na área apresentavam-se nas mesmas condições.

Em situações em que as folhas mais velhas degeneraram-se e ocorreu eventual perda de folhas inferiores, foi realizada a divisão do colmo da parte de baixo da planta no sentido do comprimento, inspecionando a elongação do internódio, no intuito de identificar o estádio de desenvolvimento da planta de sorgo. O primeiro nó acima do primeiro internódio do colmo foi considerado o nó da quinta folha. Este internódio, geralmente, apresentou 1 cm de comprimento e o quinto nó da quinta folha pôde ser usado como ponto de referência para a contagem até a lígula da folha de inserção mais alta.

3.5 Características agronômicas e morfofisiológicas avaliadas

3.5.1 Dias para o florescimento

Determinada pelo número de dias, contados a partir da emergência das plântulas, até quando 50 % das plantas da unidade experimental estiveram liberando pólen.

3.5.2 Altura total da planta (m)

Determinada pela altura média de 20 plantas, medida do nível do solo até a parte superior da panícula, sendo seu resultado expresso em metro.

3.5.3 Comprimento da haste (m)

Determinado pelo comprimento médio da haste de 20 plantas, medida em metro, do último nó (folha bandeira) até a base da panícula.

3.5.4 Comprimento da panícula (m)

Determinado pelo comprimento médio de 20 panículas, referente a 20 plantas da área experimental, medido em metro, da base até a parte superior da panícula.

3.5.5 Diâmetro da panícula (m)

Determinado pelo diâmetro médio de 20 panículas, referente a 20 plantas da área experimental, medido em centímetro, a partir de 3 cm da base da panícula.

3.5.6 Dias para a colheita

Determinado na maturidade fisiológica dos grãos, caracterizado pelo aparecimento da camada negra no hilo.

3.5.7 Peso da massa seca ($g\ pt^{-1}$)

Obtido pelo peso da massa seca acumulada nos diferentes órgãos da planta (parte aérea, colmo, folha e panícula). Para cada parte, utilizou-se de 20 amostras, sendo estas previamente identificadas e levadas para estufa de circulação forçada de ar, sob temperatura estável de 70 °C, por 48 h. Após esse período, as amostras foram retiradas da estufa e aferiu-se seu peso em balança digital de quatro dígitos. Os resultados obtidos foram expressos em grama por planta.

3.5.8 Área foliar total (dm^2)

Foi determinada após a coleta de todas as folhas das vinte amostras coletadas. Sua aferição foi feita por um integralizador de área foliar, modelo LI-3100, LI-COR, USA.

3.5.9 Razão de área foliar ($dm^2\ g^{-1}$)

Determinado pela relação entre a área foliar total e o peso de toda a planta, conforme a fórmula:

$$RAF = \frac{Af}{Pt}$$

3.5.10 Razão de peso foliar

Determinada pela relação entre o peso foliar total e o peso de toda a planta, como demonstrada na fórmula:

$$RPF = \frac{Pf}{Pt}$$

3.5.11 Área foliar específica ($dm^2 g^{-1}$)

Determinada pela relação da área foliar e o seu próprio peso, como demonstrada na fórmula:

$$AFE = \frac{Af}{Pf}$$

3.5.12 Índice de área foliar

Determinada pela razão entre a área foliar da planta e a área total do terreno, demonstrada na fórmula:

$$IAF = \frac{Af}{At}$$

3.5.13 Taxa de assimilação líquida ($g dm^{-2} dia^{-1}$)

Esse parâmetro expressou o incremento de massa seca, por unidade de área foliar, durante um intervalo de tempo pré-determinado. A equação utilizada foi:

$$TAL = \frac{(P_2 - P_1)}{(Af_2 - Af_1)} \times \frac{(\ln Af_2 - \ln Af_1)}{(t_2 - t_1)}$$

3.5.14 Taxa de crescimento relativo

Representou a variação de crescimento do peso da planta, levando em consideração os dias entre uma coleta e outra, em relação aos valores pré-existent, anteriores a cada avaliação. Os valores médios obtidos foram submetidos à equação:

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_1 - t_2}$$

3.5.15 Taxa de crescimento da cultura ($g\ dm^{-2}\ dia^{-1}$)

Esse parâmetro avaliou a produção de fitomassa da comunidade, expressando-o em $g\ dm^{-2}\ dia^{-1}$, e foi calculado pela fórmula:

$$TCC = TAL \times IAF$$

3.6 Análise e interpretação dos dados

Os dados foram avaliados de forma a permitir a descrição dos fenômenos relacionados ao crescimento e desenvolvimento da cultura do sorgo, com base nas modificações morfofisiológicas decorrentes do seu ciclo natural, correlacionando-os com às etapas de crescimento identificadas de maneira a aperfeiçoar a escala fenológica da espécie estudada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sorgo forrageiro Volumax apresentou emergência de plântula aos oito dias após a semeadura (DAS). O primeiro estágio de desenvolvimento identificado (V1) foi caracterizado pela presença da primeira folha aberta acima do nível do solo e ocorreu aos nove dias após a semeadura. O florescimento ocorreu aos 56 dias após a emergência (DAE), no estágio de desenvolvimento R1. Seu ciclo total foi de 106 dias, da emergência até a maturidade fisiológica dos grãos, sendo que cada planta apresentou 15 folhas, incluindo a folha bandeira.

De modo geral, a temperatura ambiente durante o período do experimento esteve no limite inferior da faixa térmica considerada adequada para a cultura do sorgo, que varia dos 16 °C até os 30 °C (LANDAU E SANS, 2009), o que pode ter contribuído para um atraso na emergência, bem como para uma maior duração de cada estágio de desenvolvimento da planta de sorgo. Também, o índice pluviométrico observado nesse período esteve aquém do necessário para o desenvolvimento da cultura. Daí a necessidade de manter o experimento sob o regime irrigado para que a cultura pudesse desenvolver-se a contento.

4.1 Estádios de desenvolvimento do sorgo e escala fenológica

O crescimento e o desenvolvimento do sorgo forrageiro Volumax, caracterizados por seus estádios fenológicos e identificados a partir da emergência da plântula, estão apresentados na Tabela 2. O detalhamento dos estádios vegetativos e reprodutivos permitiu identificar, com precisão, as modificações morfofisiológicas apresentadas pela planta ao longo do seu ciclo. Essa informação é importante em tomadas de decisão durante o manejo cultural.

Tabela 2. Estádio vegetativo e reprodutivo do sorgo forrageiro Volumax e os números de dias para atingir cada estágio de desenvolvimento. Vitória da Conquista-BA, 2012.

	Estádios Vegetativos	Número de dias	Estádios reprodutivos	Número de dias
VE	Emergência	8*	R1 - florescimento	56
V1	Primeira folha	-	R2 - grão bolha	64
V2	Segunda folha	2	R3 - grão leitoso	75
V3	Terceira folha	6	R4 - grão pastoso	80
V4	Quarta folha	10	R5 - grão farináceo	90
V5	Quinta folha	14	R6 -grão duro (maturidade fisiológica)	106
V6	Sexta folha	18		
V7	Sétima folha	22		
V8	Oitava folha	25		
V9	Nona folha	28		
V10	Décima folha	31		
V11	Décima primeira folha	34		
V12	Décima segunda folha	37		
V13	Décima terceira folha	40		
V14	Décima quarta folha	43		
V15	Décima quinta folha	46		
VP	Pendoamento	49		

*Corresponde ao número de dias após a semeadura. Nos demais foram considerados os dias após a emergência.

Foi verificado atraso na emergência das plântulas, o que pode ser atribuído, em parte, à baixa precipitação e às baixas temperaturas (Figura 1).

Inicialmente, a passagem de um estágio para o outro ocorreu a cada quatro dias até o estágio V7, desse estágio em diante, houve uma redução do tempo em relação à mudança de estágio, ocorrendo a cada três dias até o estágio V15. Após a expansão total da folha bandeira, a planta passou por uma transição com a emissão da panícula, devido ao alongamento de sua haste, rompendo a bainha da folha bandeira, caracterizando o estágio de desenvolvimento VP.

O período de polinização e fertilização durou duas semanas. A partir do estágio R1, quando ocorreu o florescimento, deu-se início à maturação fisiológica das sementes. Von Pinho e Vasconcelos (2002) relatam que a floração do sorgo tem início, geralmente, com a deiscência das anteras, caracterizando o estágio reprodutivo R1.

O primeiro período de maturação do grão foi o de grão bolha (R2) e ocorreu aos 64 dias após a emergência; o segundo período de maturação foi a fase de grão leitoso (R3), que foi verificada aos 75 dias após a emergência; o estágio de grão pastoso (R4) ocorreu aos 80 dias após a emergência; o estágio de grão farináceo (R5) foi identificado aos 90 dias após a emergência; e, por último, o estágio de grão duro (R6), que se caracterizou pelo aparecimento da camada negra na base da semente, ocorreu aos 106 dias após a emergência. A duração de toda fase reprodutiva foi de 50 dias.

4.2 Características agronômicas e morfofisiológicas

4.2.1 Altura total da planta

Inicialmente, o sorgo Volumax apresentou um crescimento lento e estável até o estágio V9, ou seja, até os 28 dias após a emergência. A partir desse estágio, quando ocorreu a diferenciação do meristema apical em uma inflorescência, a planta apresentou um ritmo de crescimento acelerado, até o

final do estágio de crescimento R3, aos 75 dias após a emergência, quando atingiu 2,35 metros de altura, cessando seu crescimento e apresentando estabilização da sua altura até o final do seu ciclo (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios de desenvolvimento. Vitória da Conquista-BA, 2012.

Estádios Vegetativos	Altura de planta (m)	Estádios reprodutivos	Altura de planta (m)
VE	-	R1	2,27
V1	-	R2	2,35
V2	0,02	R3	2,35
V3	0,03	R4	2,35
V4	0,05	R5	2,35
V5	0,08	R6	2,35
V6	0,12		
V7	0,17		
V8	0,21		
V9	0,27		
V10	0,34		
V11	0,47		
V12	0,66		
V13	0,85		
V14	1,06		
V15	1,30		
VP	1,79		

A característica altura de plantas é influenciada por fatores climáticos e por características do solo, onde o sorgo é cultivado. Dessa forma, o desempenho de um mesmo cultivar pode apresentar variações de

um local para outro, de um ano para outro ou quando se varia a época de semeadura.

Albuquerque e outros (2009), avaliando cultivares de sorgo forrageiro em três espaçamentos na condição climática do semiárido de Minas Gerais, em dois anos agrícolas, sendo que o primeiro ano foi considerado um ano agrícola chuvoso e o segundo um ano agrícola seco, verificaram que, independentemente, das variáveis analisadas, no primeiro ano agrícola, a altura de plantas foi maior, se comparada ao segundo ano agrícola, com médias de altura de 3,34 m e 2,19 m, respectivamente. Neste estudo, o sorgo forrageiro Volumax apresentou altura média de planta de 2,30 m, valor esse que se aproximou da altura final obtida para o sorgo forrageiro estudado no ano agrícola seco.

Chiese e outros (2008) verificaram menores valores de altura da planta de sorgo forrageiro em regiões com precipitações maiores do que obtida neste estudo. Oliveira e outros (2009), trabalhando com sorgo forrageiro, obteve altura média de planta de 2,4 m, valor este que também se aproxima dos observados nesta pesquisa. A variação encontrada na altura de plantas de sorgo em diferentes trabalhos demonstra a capacidade de adaptação da planta a diferentes condições ambientais.

Segundo Von Pinho e outros (2007), a altura das plantas tem correlação direta com a produtividade de massa seca das forragens. De maneira geral, o rendimento forrageiro dos cultivares relaciona-se com o porte da planta (PEREIRA, 1991; GONTIJO NETO e outros, 2002).

4.2.2 Comprimento e diâmetro da panícula

O desenvolvimento da panícula mais expressivo ocorre a partir do estágio V12 (37 DAE) e estende-se até o estágio de desenvolvimento R6 (106 DAE). Verificou-se que, no estágio de desenvolvimento V15, quando todas as folhas já estavam totalmente expandidas, a inflorescência

apresentou-se como uma panícula completa (Figura 2). O sorgo forrageiro Volumax apresentou comprimento médio da panícula de 0,33 m.

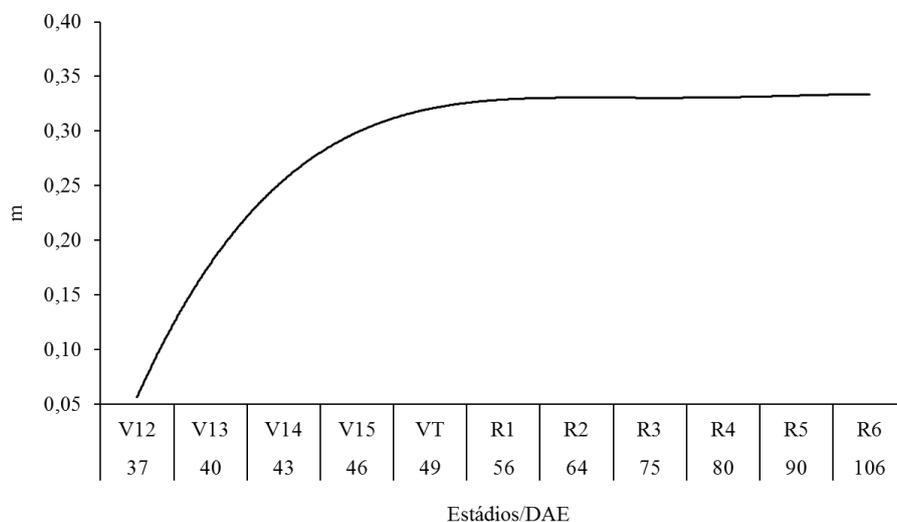


Figura 2. Comprimento da panícula do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA 2012.

Segundo Von Pinho e Vasconcelos (2002), quando todas as folhas estão completamente desenvolvidas, o tamanho potencial da panícula já está determinado, e a única maneira do ambiente influenciar no número de sementes é mediante o aborto de flores ou com a interferência na polinização e fertilização.

A partir do estágio de desenvolvimento V15 até a maturidade do grão no estágio de desenvolvimento R6, a variação no comprimento da panícula não se acentuou. De acordo com Von Pinho e Vasconcelos (2002), quando todas as folhas estão desenvolvidas, o comprimento da panícula não se acentua, apresentando pouca variação até o final do ciclo da planta, corroborando com as observações deste estudo.

Para o diâmetro da panícula, os dados estão apresentados na Figura 3, na qual foram distribuídos em função do número de dias após a emergência.

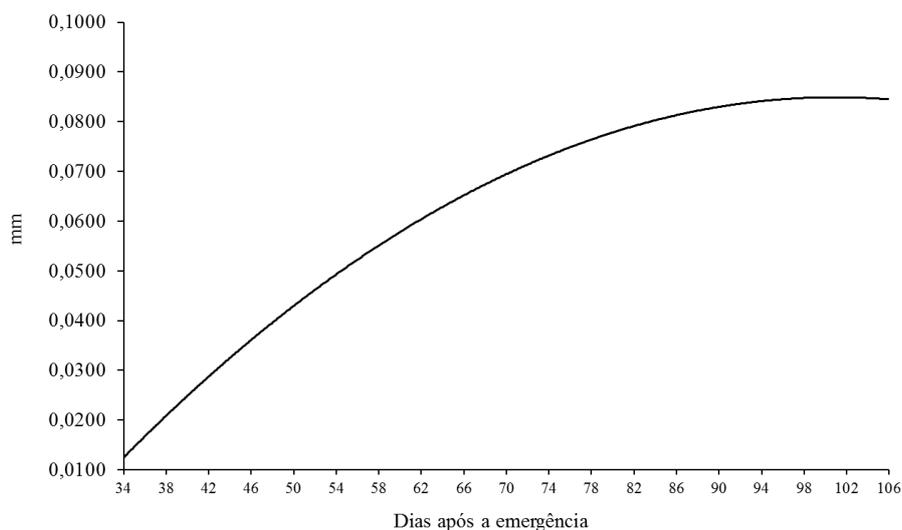


Figura 3. Diâmetro da panícula do sorgo forrageiro Volumax em função do número de dias após a emergência. Vitória da Conquista – BA, 2012.

A partir do estágio V11 (34 DAE), inicia-se um aumento no diâmetro da panícula. Esse aumento ocorre em função da rápida expansão dos eixos secundários, favorecendo o aumento no diâmetro. Outra contribuição importante nesse aumento expressivo em seu diâmetro refere-se aos períodos de maturação do grão, ou seja, o próprio enchimento do grão deixa a panícula com um volume maior, influenciando em sua circunferência.

4.3.3 Peso da massa seca

4.3.3.1 Peso da massa seca da planta

Por meio do acompanhamento do ciclo da planta de sorgo, foi possível estabelecer para o híbrido Volumax sua capacidade assimilatória de massa seca total ao longo do tempo (Figura 4).

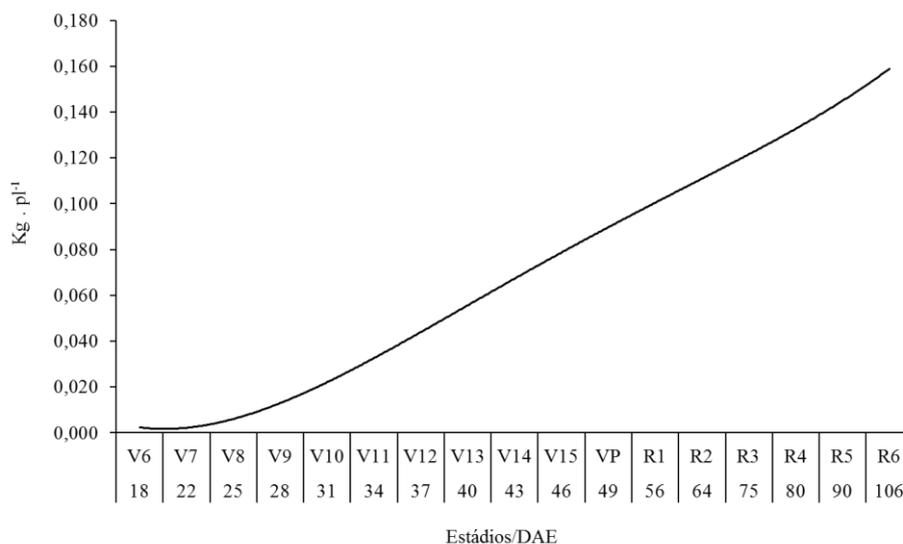


Figura 4. Acúmulo de massa seca do sorgo forrageiro Volumax em função de seus estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

O acúmulo de massa seca foi lento nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta. Franco (2011), trabalhando com dois híbridos de sorgo, um forrageiro e outro granífero, concluíram que, nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura do sorgo, os acúmulos são notadamente modestos e semelhantes nos dois tipos de sorgo.

Ortiz e outros (2011), avaliando o acúmulo de massa seca em plantas de sorgo granífero, durante seu ciclo, observaram que aos 20 DAE, com cinco folhas totalmente expandidas, houve pouco incremento de massa seca pela planta, corroborando com o desempenho apresentado pelo sorgo estudado neste trabalho.

Em trabalho realizado com soja, Peixoto (1998) observou que a velocidade de acúmulo da massa seca e de nutrientes na fase inicial da cultura foi lenta, atribuindo a esse fato a dependência da planta, em suas fases iniciais, das reservas contidas na semente para crescer e se desenvolver.

Pode-se observar, na Figura 5, que a partir de 22 DAE, no estágio de desenvolvimento V7, houve um incremento considerável no acúmulo de

massa seca da planta, estendendo-se até o final do seu ciclo aos 106 DAE. Desempenho semelhante foi obtido por Franco (2011), quando, determinando a marcha de absorção de nutrientes e o acúmulo de massa seca nas diferentes partes da planta de sorgo, em função dos estádios fenológicos da cultura, verificou que o período em que se iniciaram ganhos expressivos de acúmulos de nutrientes em sorgo do tipo forrageiro ocorreu aos 23 DAE, quando a planta encontrava-se com sete folhas totalmente expandidas.

Segundo Cairo e outros (2008), o aumento na quantidade de massa seca deve-se, principalmente, ao acúmulo de compostos orgânicos formados com a incorporação do CO₂, além da absorção de nutrientes pelas raízes.

De acordo com Duarte e outros (2003), em milho, o acúmulo de massa seca e de macronutrientes atinge valores máximos antes do período de maturidade fisiológica dos grãos. Isso porque na cultura do milho ocorre perda das folhas baixas que entram em senescência.

O acúmulo máximo de massa seca ocorreu no estágio reprodutivo R6, no qual o peso seco da forragem alcançou 0,1630 kg planta⁻¹, quando os grãos atingiram sua maturidade fisiológica.

4.3.3.2 Peso da massa seca do colmo

À medida que a planta cresce e se desenvolve, o surgimento de novos órgãos que cumprirão seu papel no ciclo natural da cultura vão se formando. Aos 10 DAE, no estágio de desenvolvimento V4, ocorreu o início da formação do colmo. Nesse período, essa estrutura da planta encontrava-se abaixo do nível do solo. Aos 14 DAE, no estágio de desenvolvimento V5, o colmo ainda não ultrapassava o nível do solo, o que ocorreu somente a 18 DAE, no estágio de desenvolvimento V6.

O acúmulo de massa seca no colmo iniciou-se aos 14 DAE, no estágio de desenvolvimento V5, mantendo-se discretos até os 28 DAE, quando ocorreu a diferenciação do meristema apical em uma inflorescência. A diferenciação foi verificada ao dissecar a planta de sorgo.

Os dados referentes ao acúmulo de massa seca no colmo no sorgo forrageiro Volumax estão apresentados na Figura 5.

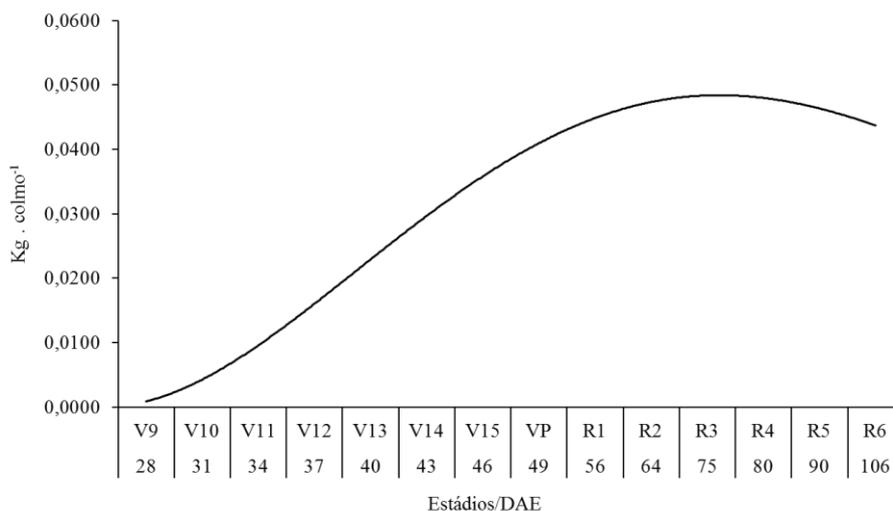


Figura 5. Acúmulo de massa seca no colmo do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

A partir do estágio de desenvolvimento V9 (28 DAE), verificou-se um aumento no ritmo do ganho de massa seca, até atingir o máximo de massa seca no colmo, aos 77 DAE. A partir desse ponto, observou-se um declínio na quantidade final de massa seca neste órgão, provavelmente em função da translocação de substâncias de reservas aí contidas, para as sementes em formação.

Segundo Von Pinho e Vasconcelos (2002), o aparecimento do primórdio floral indica o final do crescimento vegetativo, em função da atividade meristemática. É justamente a partir dessa fase que ocorre intensa absorção de nutriente e maior acúmulo de massa seca. No entanto, para a massa seca do colmo, antes mesmo da planta expandir sua nona folha, o acúmulo de massa seca já ocorre, mesmo de maneira discreta, e falhas no manejo da lavoura podem refletir em perdas de rendimento da planta.

Weismann (2008) e Von Pinho e Vasconcelos (2002) afirmaram que a partir dos 30 DAE ocorre um acelerado desenvolvimento da planta de sorgo, o que corrobora com o observado nesta pesquisa.

4.3.3.3 *Peso da massa seca da folha*

A partir de 18 DAE, o acúmulo de massa seca na folha apresentou ganhos expressivos, atingindo seu ponto máximo, aproximadamente, aos 70 DAE. Após este ponto, valores decrescentes da massa seca foram observados, talvez em função da senescência das folhas velhas (Figura 6).

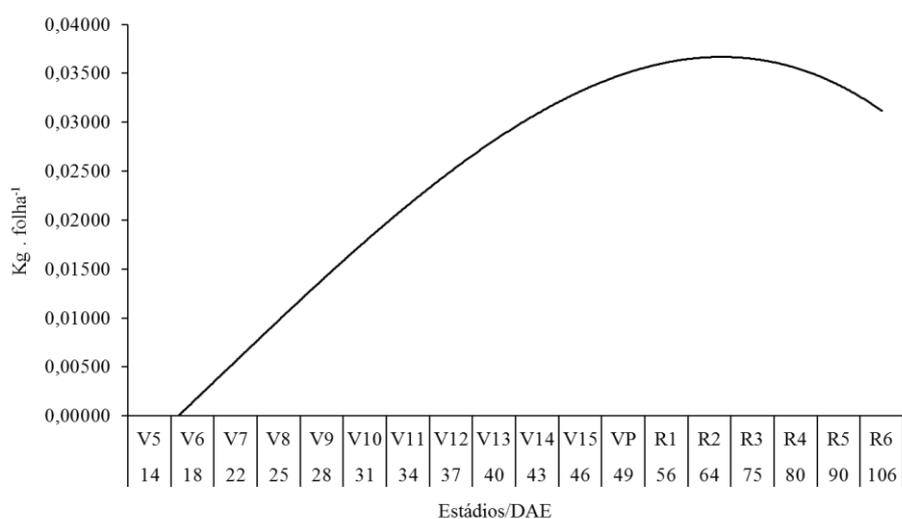


Figura 6. Acúmulo de massa seca na folha do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

O aumento no número e no tamanho das folhas implica em maior absorção de luz pela planta. Em termos gerais, melhorias na capacidade fotossintética da planta permite maior fixação de CO₂. Como consequência, o acúmulo de massa seca apresenta ganhos consideráveis, atingindo um patamar estável, apresentando, posteriormente, valores decrescentes na fase final de desenvolvimento em função do autossombreamento.

Aos 37 DAE, no estágio de desenvolvimento V12, 80% da área foliar já se encontrava desenvolvida. No estágio de desenvolvimento V15 (46 DAE), todas as folhas da planta de sorgo estavam totalmente expandidas. De acordo com Pinho e Vasconcelos (2002), a interceptação de luz solar nessa fase é máxima e, nesse momento, o meristema floral já se apresenta como uma panícula completa, corroborando com o observado neste estudo.

Von Pinho e Vasconcelos (2002) discorrem que, a partir da diferenciação do meristema apical em uma panícula, as folhas crescem mais rapidamente, conferindo ao sorgo maior capacidade de competição intraespecífica com maior sombreamento do solo. Neste período, o número de folhas já está definido e o que ocorre em consequência é apenas sua expansão.

4.3.3.4 Peso da massa seca da panícula

No estágio V9, ocorreu o surgimento da panícula com a diferenciação do meristema apical em um meristema floral. Nesse estágio, a panícula encontrava-se internamente na planta e protegida pelas bainhas da nona e décima folhas. A partir do estágio de desenvolvimento V12, o formato característico da panícula, com o ráqui central e seus eixos secundários, já podiam ser visualizados, entretanto, nesta etapa, sua estrutura ainda se encontrava internamente na planta.

Na Figura 7 estão apresentados os dados referentes ao acúmulo de massa seca na panícula.

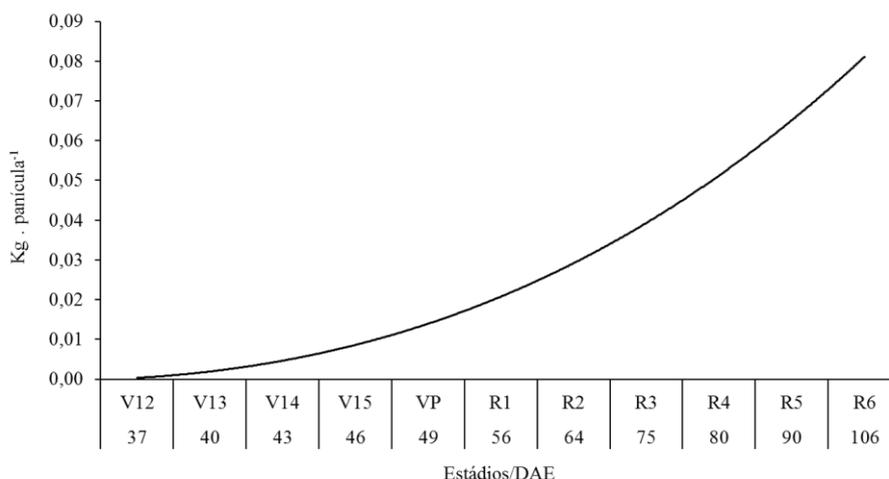


Figura 7. Acúmulo de massa seca na panícula do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

De acordo com a Figura 7, o ritmo do acúmulo de massa seca na panícula, a partir do estágio V12 (37 DAE) até o estágio de desenvolvimento R6 (106 DAE), aumenta consideravelmente. De acordo com Weismann (2008), entre os 30 e 40 dias, a planta deixa de produzir as partes vegetativas (colmo e folhas) e inicia a formação da parte reprodutiva (panícula). O autor afirma que, após esse período, inicia-se a fase de emborrachamento, na qual há um rápido alongamento do colmo e da panícula. Esses resultados também foram encontrados no presente estudo.

No estágio de desenvolvimento V15, quando todas as folhas já estavam totalmente expandidas, a inflorescência já se apresentava como uma panícula completa. Segundo Von Pinho e Vasconcelos (2002), quando todas as folhas estão completamente desenvolvidas, o tamanho potencial da panícula já está determinado e a única maneira do ambiente influenciar no número de sementes é mediante o aborto de flores ou com a interferência na polinização e fertilização.

4.3.3.5 Aspectos relevantes sobre o acúmulo de massa seca no sorgo

A variação verificada no acúmulo de massa seca, neste estudo, em diferentes partes da planta de sorgo, refletiu seu desempenho em função da capacidade de sintetizar e alocar massa nos seus diversos órgãos. Por esse motivo, é possível afirmar a existência de uma relação de dependência direta com a fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação aos locais de utilização ou armazenamento. Dessa maneira, o acúmulo de massa seca dentro de cada estágio de desenvolvimento da planta é condicionado a fatores intrínsecos e extrínsecos a ela, ou seja, as variações que ocorrem no crescimento e desenvolvimento de qualquer cultura são diretamente dependentes de fatores inerentes à própria planta, assim como sua resposta ao manejo adotado e a diferentes ambientes a qual a planta é exposta.

Segundo Ritchie e outros (2003), fatores como temperatura e estresses ambientais podem contribuir para variações significativas dentro de um mesmo período de cultivo como entre períodos. Segundo Peixoto e outros (2009), nos estudos ecofisiológicos das plantas, não se podem prescindir da análise de crescimento, pois fatores ambientais, como luz, temperatura, concentração de CO₂ e disponibilidade de água e nutrientes, próprios de cada região, afetam sensivelmente os vários índices fisiológicos.

4.3.4 Área foliar total

Na Figura 8 estão apresentados os dados referentes à área foliar total em função dos estágios de desenvolvimento do sorgo forrageiro Volumax.

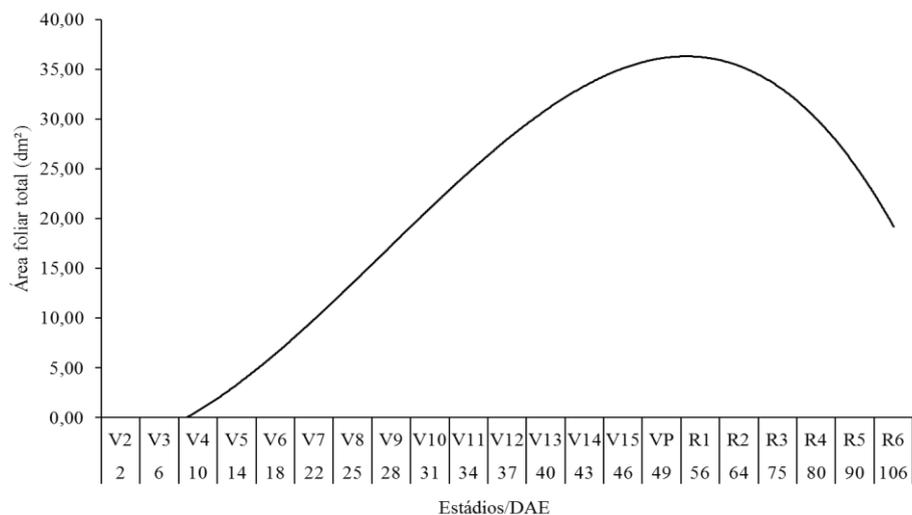


Figura 8. Área foliar total do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

A partir do estágio de desenvolvimento V4, ocorre um aumento expressivo da superfície foliar estendendo-se até, aproximadamente, ao estágio VP, o que significa que, nesse período, ocorre aumento da capacidade fotossintética da planta. A partir deste estágio, há um decréscimo acentuado da área foliar total, causado pela degeneração e queda das folhas mais velhas, principalmente as que estavam situadas próximas à base da planta.

De acordo com Cairo e outros (2008), as folhas situadas em níveis inferiores ou internos da copa podem estar sujeitas ao autossombreamento, gerado pelas folhas situadas acima, o que torna a sua atividade fotossintética limitada.

4.3.5 Razão de área foliar (RAF)

O desempenho do sorgo forrageiro Volumax apresentou, no início de seu desenvolvimento, uma RAF alta. Com o desenvolvimento da planta, valores decrescentes da RAF foram verificados (Figura 9). Segundo Alvarez e outros (2005), os valores elevados da RAF, no início do desenvolvimento

cultural, indicam que, inicialmente, a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, visando a maior captação da radiação solar. O decréscimo dos valores da RAF decorre, em parte, do aumento de estruturas não fotossintetizantes como, por exemplo, o colmo e as panículas.

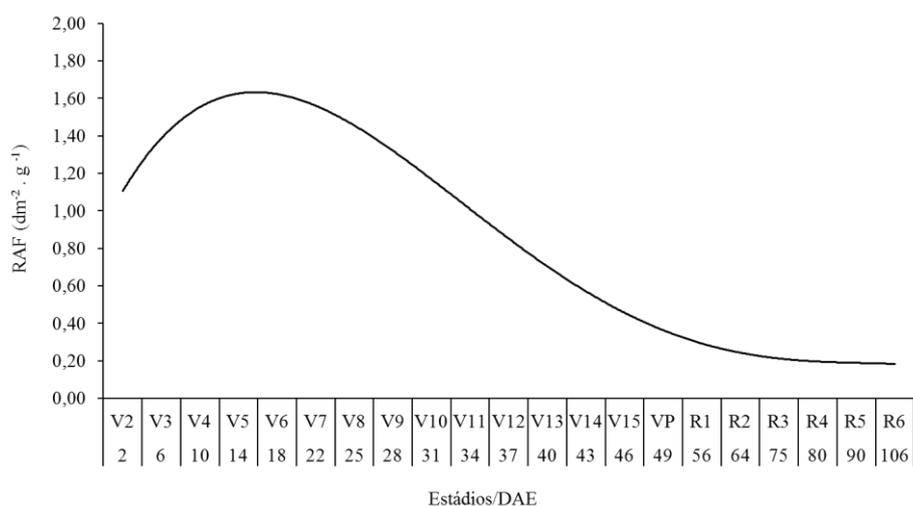


Figura 9. Razão de área foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

Segundo Cairo e outros (2008), a razão de área foliar corresponde à área foliar que está sendo usada pela planta para produzir um grama de massa seca e, na medida em que aumenta a intensidade de luz incidente sobre as plantas, a RAF torna-se menor.

Segundo Benincasa (2003), a RAF declina enquanto a planta cresce em função do autossombreamento, com tendência à diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa para a produção de massa seca. Segundo o mesmo autor, esse efeito é resultado da capacidade da planta de adaptar-se a diferentes condições de luminosidade. Dessa forma, uma menor área foliar é necessária para produzir 1 g de massa seca.

Benincasa (2004) discorre que o decréscimo da RAF é atribuído ao investimento de fotoassimilados para desenvolvimento de órgãos não

fotossintetizantes como colmo, bainha e raiz, baixando sua eficiência fotossintética, já que a massa total aumenta e sua capacidade de armazenar fotoassimilados pouco varia.

4.3.6 Razão de peso foliar (RPF)

Na Figura 10 estão apresentados os dados referentes à razão de peso foliar, que indica a fração de massa seca produzida pela fotossíntese e que permaneceu retida nas folhas.

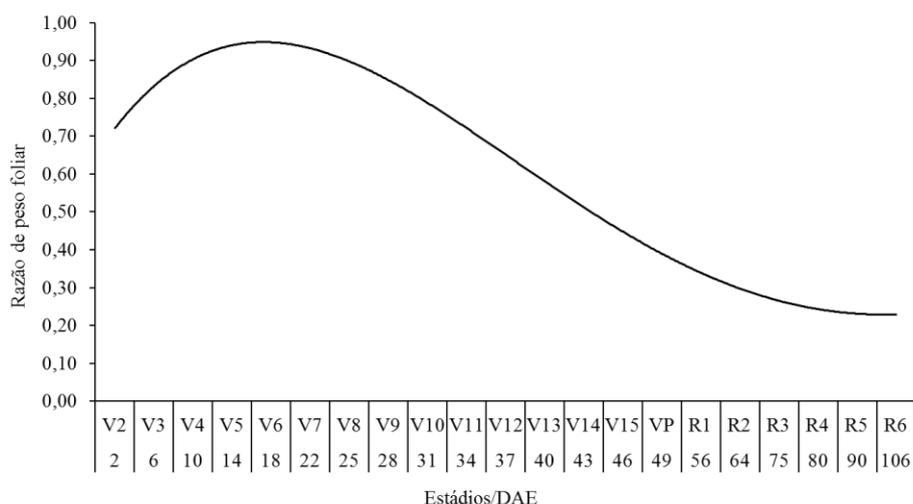


Figura 10. Razão de peso foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

A partir da emergência, a planta de sorgo aumenta a sua RPF até aproximadamente os 22 DAE, isso ocorre em função da necessidade do desenvolvimento das folhas, já que existe uma demanda por fotoassimilados para que ocorra a expansão destas. Nesse período, a quantidade de massa seca que não foi exportada para outros órgãos e permaneceu nas folhas apresenta valores elevados. Segundo Evans (1972), a RPF é a fração da fitomassa total na forma de folhas e identifica a porcentagem de tecido assimilatório na fitomassa total.

De acordo com Cairo e outros (2008), nas primeiras etapas do crescimento vegetativo, a razão de peso foliar tende a crescer, visto que, após a germinação das sementes, é fundamental a produção de folhas para realizar fotossíntese.

A partir dos 22 DAE, ocorreu um declínio acentuado da RPF. Ao longo do ciclo natural da planta, essa tendência ocorreu devido à exportação de fotoassimilados das folhas para outros órgãos, sobretudo, para os que se relacionam com os processos reprodutivos (drenos). Segundo Cairo e outros (2008), a partir de um determinado estágio de crescimento, o aumento de peso da planta passa, então, a ocorrer em intensidade maior que a de aumento de peso das folhas, devido à formação de diversos órgãos como flores, frutos e sementes e à demanda crescente destes por fotoassimilados.

4.3.7 Área foliar específica (AFE)

Assim como observado para a razão de peso foliar e para a razão de área foliar, à medida que ocorre maior desenvolvimento das plantas, proporcionalmente, ocorre declínio da AFE, como demonstrado na Figura 11. Quando as condições ambientais são favoráveis, existe aumento de área foliar e em maior proporção do peso das folhas, fazendo com que ocorra um declínio da AFE.

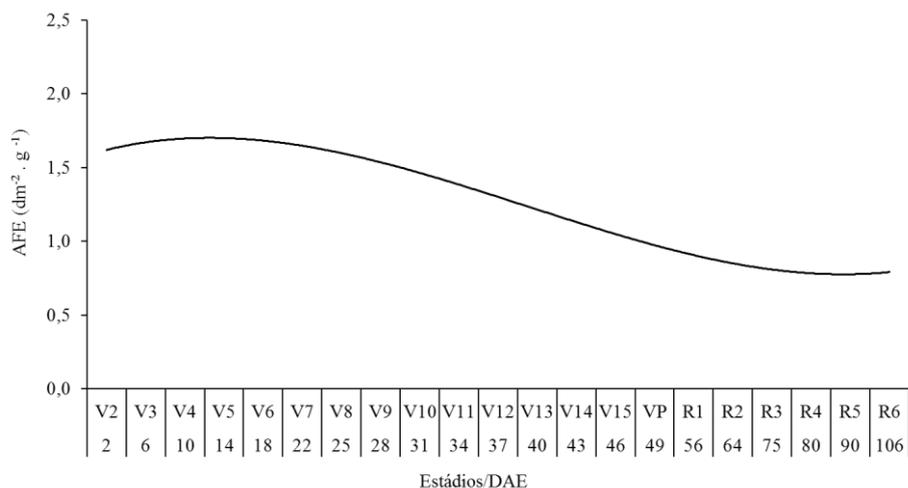


Figura 11. Área foliar específica do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

Gmeling Meyling (1973) demonstrou que existe uma proporcionalidade inversa entre AFE e intensidade luminosa. Para esse autor, o aumento da espessura da folha e, portanto, da diminuição da AFE, é um sintoma geral das altas intensidades luminosas e das altas taxas fotossintéticas que a cultura experimenta e que levam para uma fixação de carbono, superior à taxa de translocação. O carboidrato não estrutural (amido e hexoses) “excedente” na folha é transformado em carboidrato estrutural (celulose e hemicelulose).

Os resultados apresentados neste estudo corroboram com o trabalho de Terra e outros (2011). De acordo com esses autores, no início do estágio vegetativo da planta, há formação de células para composição de tecidos vegetais, ocasionando expressivo aumento da área foliar específica. Com a formação dos tecidos foliares, verifica-se a estabilização deste parâmetro, e o investimento de fotoassimilados em outras estruturas de folhas.

4.3.8 Índice de área foliar (IAF)

Na Figura 12 estão apresentados os dados referentes ao índice de área foliar do sorgo forrageiro. A evolução do IAF nesse ensaio seguiu o padrão

característico de plantas anuais, com uma fase inicial lenta que vai da emergência até aproximadamente o início do estágio V9 (28 DAE), seguida de uma fase de rápido crescimento, do V10 até o final do estágio V15 (48 DAE). A terceira fase é caracterizada pela estabilização e declínio do IAF no estágio VP (55 DAE), quando se observa o valor máximo atingido, seguido do declínio desse índice até R6 (106 DAE). Esse decréscimo no IAF pode ser explicado, em parte, pela perda natural de folhas velhas com o final do ciclo da planta.

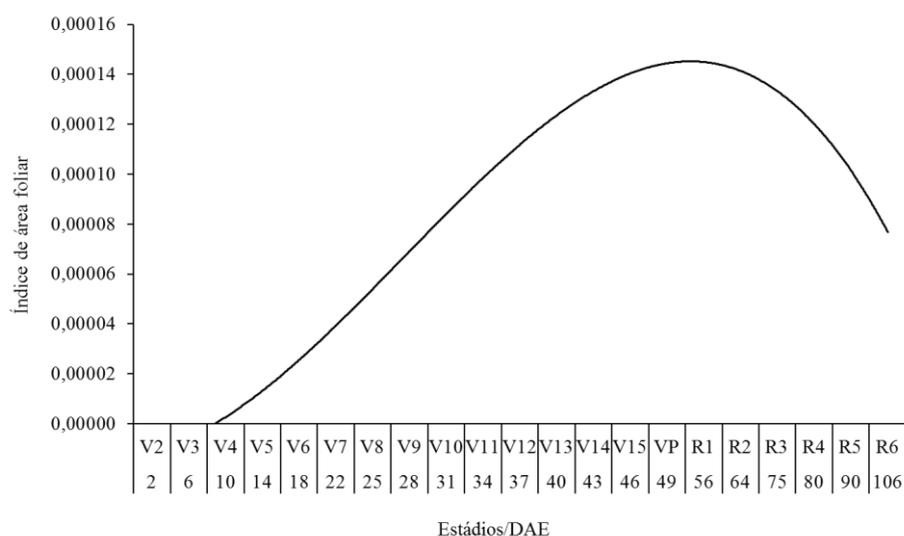


Figura 12. Índice de área foliar do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

De acordo com Pereira e Machado (1987), quanto mais rápido a cultura atingir o máximo de índice de área foliar e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade.

O decréscimo do IAF pode indicar redução da área fotossinteticamente ativa, podendo diminuir a captação e absorção de luz. Segundo Silva e Lovato (2008), uma menor superfície foliar disponível faz com que a planta disponha de uma quantidade menor de fotoassimilados,

principalmente na fase de enchimento dos grãos, situação essa que pode ser agravada, quando não são atendidas as recomendações de adubação.

4.3.9 Taxa de assimilação líquida (TAL)

A Figura 13 mostra a curva referente à taxa de assimilação líquida do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Observou-se que a taxa de assimilação líquida é crescente a partir da emergência das plântulas até o início do estágio V8 (28 DAE), quando começa a declinar e mantém esse desempenho até próximo ao final do ciclo cultural.

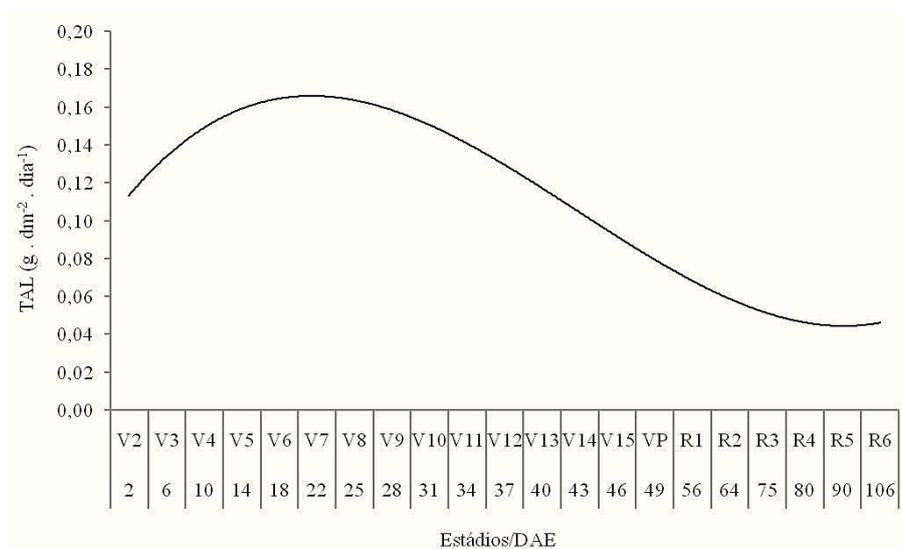


Figura 13. Taxa de assimilação líquida do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

Esse fato ocorre, em parte, pela elevada eficiência fotossintética do sorgo, principalmente no início do desenvolvimento cultural, quando existe forte demanda por assimilados por parte das folhas em expansão. Com o desenvolvimento da cultura e o aumento da área foliar da planta, ocorre autossombreamento e, com isso, as folhas inferiores tornam-se menos eficientes, fazendo com que o incremento de massa seca na planta por unidade de área, no mesmo espaço de tempo, diminua. Oliveiras e outros

(2011) afirmam que, normalmente, quando a planta acelera seu crescimento, aumentando a área foliar, o autossombreamento leva a uma diminuição dos níveis de fotossíntese líquida.

Lopes e outros (2009), após analisar o crescimento e trocas gasosas na cultura do milho em plantio direto e convencional, também verificaram um desempenho intermediário para a TAL, que inicialmente apresentou valores baixos, depois observou que a mesma cresceu até o período do florescimento e, posteriormente, declinou até a formação da espiga.

De acordo com Cruz (2007), a taxa de assimilação líquida representa o resultado do balanço entre a massa seca produzida pela fotossíntese e aquela perdida pela respiração.

4.3.10 Taxa de crescimento relativo (TCR)

Na Figura 14 estão apresentados os dados referentes à taxa de crescimento relativo do sorgo forrageiro Volumax em função dos seus estádios de desenvolvimento.

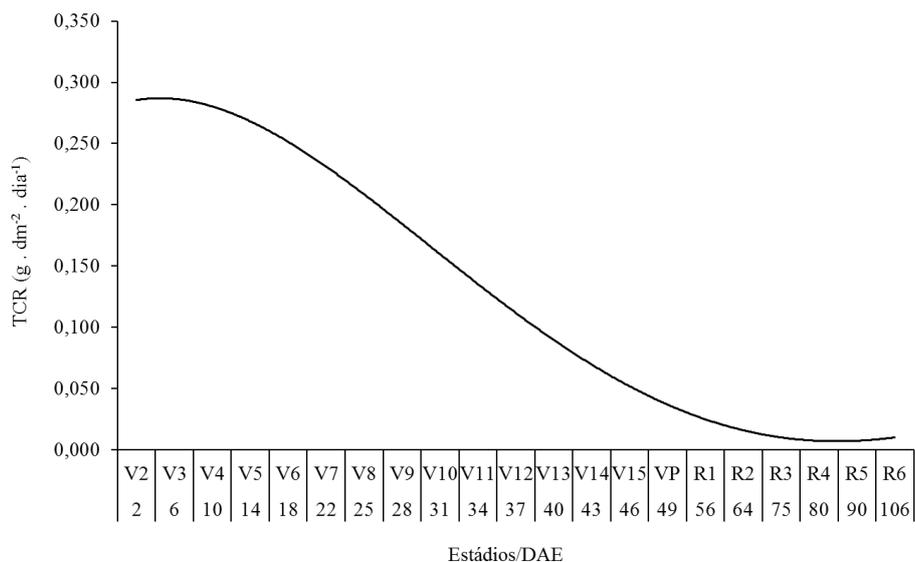


Figura 14. Taxa de crescimento relativo do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

A maior taxa de crescimento relativo ocorreu nos estádios iniciais de desenvolvimento, demonstrando que a planta de sorgo apresentava uma maior eficiência no acúmulo de massa seca no início do seu ciclo. Aproximadamente, a partir do estágio V4 (10 DAE), observou-se valores decrescentes dessa taxa até o final do ciclo da planta. Terra e outros (2011), analisando o crescimento do sorgo sob diferentes populações de plantas, verificaram desempenho semelhante aos observados neste trabalho. Peixoto (1998), estudando o crescimento da planta de soja, verificou que uma das causas desse desempenho na taxa de crescimento relativo ao longo do crescimento da planta foi devido ao autossombreamento das folhas, o que diminui a sua eficiência fotossintética.

Terra e outros (2011) afirmam que, no início do ciclo da planta, ocorre o crescimento e desenvolvimento celular para composição dos novos tecidos vegetais, induzindo um grande aumento da área foliar e, conseqüentemente, a taxa de crescimento relativo apresenta valores mais elevados. Após a total expansão da área foliar, ocorre tendência de redução desta taxa, devido ao autossombreamento, o que reduz a atividade fotossintética das folhas sombreadas.

Outro fato que deve ser considerado está no aumento da taxa de assimilação líquida, também verificado no início do estágio de desenvolvimento da planta de sorgo, indicando que, nesse período, a mesma intensificou a assimilação de carbono, acumulando uma quantidade maior de fotoassimilados nesse período.

4.3.11 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

Na Figura 15 estão apresentados os valores correspondentes à taxa de crescimento da cultura do sorgo forrageiro Volumax.

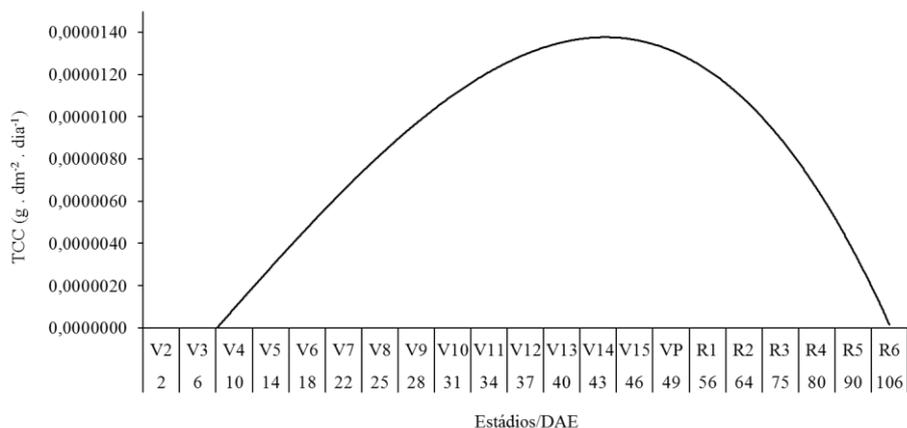


Figura 15. Taxa de crescimento da cultura do sorgo forrageiro Volumax em diferentes estádios fenológicos. Vitória da Conquista - BA, 2012.

O maior incremento da taxa de crescimento da cultura ocorreu aproximadamente no estágio de desenvolvimento V15 aos 46 DAE. É importante considerar, baseado em outros parâmetros avaliados, como o índice de área foliar e a taxa de assimilação líquida, na qual, por meio de seu produto, pode-se obter a taxa de crescimento da cultura, que o incremento de fotoassimilados diferenciado em relação aos demais estádios indica que foi nessa etapa do crescimento que ocorreu o aumento considerado do aparato fotossintético da planta, ou seja, para as condições em que o sorgo forrageiro Volumax foi submetido neste estudo, o desenvolvimento das folhas nesse período foi mais intenso.

Segundo Silva e Lovato (2008), o maior índice de área foliar proporciona um aumento no tamanho do sistema assimilatório de carbono, aumentando, assim, as taxas de crescimento da cultura, corroborando os resultados observados neste trabalho.

Segundo Peixoto e Peixoto (2009), a variação do índice de área foliar, em função da população de plantas, influencia outros índices fisiológicos, tais como a taxa de crescimento da cultura (TCC) e o balanço entre a fotossíntese e a respiração (TAL), que depende da plasticidade fenotípica da planta e das condições do meio em que elas se desenvolvem.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a competição intraespecífica pode afetar negativamente a produção de fotoassimilados, estimada pelas trocas gasosas, nas quais o aumento na liberação de O_2 provoca aumento proporcional na produção de carboidratos.

CONCLUSÕES

A identificação dos estádios fenológicos constituiu-se em importante ferramenta para compreensão dos eventos morfológicos e fisiológicos ocorridos ao longo do ciclo da planta de sorgo.

O manejo cultural do sorgo forrageiro Volumax deve ser planejado em função da definição dos seus estádios fenológicos, de acordo com as necessidades de cada etapa de desenvolvimento da planta.

O crescimento e o desenvolvimento do sorgo forrageiro Volumax tem pouco acúmulo de massa seca na sua fase inicial, com posterior ganho linear até a maturidade fisiológica. Esse padrão de curva de crescimento descreve as mudanças na produção vegetal da planta ao longo do seu ciclo.

REFERÊNCIAS

AGNUSDEI, M. G.; COLABELLI, M. R.; FERNÁNDEZ GRECC, R. C. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el Sudeste Bonaerense. **Boletín Técnico** **152**, p.31, 2001.

AGUIAR, L. M. S.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Clima. In: RODRIGUES, J. A.S. (Ed). **Cultivo do Sorgo**. 3. Ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; BRANT, R. da S.; MENDES, M. C.; REZENDE, P. M de. Composição da massa seca do sorgo forrageiro em diferentes arranjos de plantas no semiárido de Minas Gerais. **Revista Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.2, n.2, p.1983-6325, 2009.

ALVAREZ, R. C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ, A.C.; CRUSCIOL, C. A. C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade de sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.124-130, 2010.

AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.4, n.2, p.159-164, 2000.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas: Noções básicas**. 3º ed. Funep, Jaboticabal, Brasil. 42p. 2004.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, Brasil, 41p. 2003.

BERENGUER, M. J.; FACI, J. M. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. **European Journal of Agronomy**. v.15, p.43-55, 2001.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree . day' units. **European Journal of Agronomy**, v.13, n.1, p.1-10. 2000.

BRAGA, E. S. Crescimento inicial e aspectos fisiológicos do pinhão manso fertirrigado com biofertilizante bovino. 2010. 43p. **Monografia** (Curso de graduação em agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**. 18961-1990. Brasília: MA/SNI/INMET, 84p, 1992..

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 72p, 2008.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. **Revista Acta Amazônica**. v.30, n.3, p.349-362, 2000.

COELHO, A. M.; WAQUIL J. M.; KARAM D.; CASELA C. R.; RIBAS P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Encarte de informações agrônômicas, n. 100. Sete Lagoas: Embrapa, 24p, 2002.

CRAUFURD, P. Q.; QI, A. Photothermal adaptation of sorghum (*Sorghum bicolor*) in Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, 108; 199-211, 2001.

CRESPO, R. J. **Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca em espécies forrajeras**, 2002. 48 f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) – Universidad Nacional del Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina.

CRUZ, T. V. **Crescimento e produtividade de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia**. 2007. 99 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

CHIESA, E. D.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, L. F. G. de; RESTLE, J.; SANTI, M.A.M. Aspectos agronômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Revista Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67-73, 2008.

DUARTE, A.P.; KIEHL, J.C.; CAMARGO, M.A.F.; RECO, P.C. Acúmulo de massa seca e nutrientes em cultivares de milho originários de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.2, n.3, p.1-20, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa milho e sorgo. Sistema de produção, 2009. [online], disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivadoSorgo/importancia.htm>. Acesso em 06 de janeiro de 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Monitoramento por satélite. Banco de dados climáticos do Brasil. 2003. [online], disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=39>. Acesso em 6 de janeiro de 2013.

EVANS, G. C. The quantitative analysis of plant growth. Berkeley: University of California Press, p.734, 1972.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74 p. Dissertação (mestrado em produção vegetal no semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais.

GMELING MEYLING, H.D. Effect of light intensity and day length on the rate of leaf appearance in maize, **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 21, P.68-76, 1973.

GOMIDE, J. A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: A. M. Peixoto; J. C. de Moura; V. P. de Faria, ed. **Pastagem, fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, p.1-14, 1994.

GONTIJO NETO, M. M.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; CÂNDIDO, M. J. D.; MIRANDA, L. F. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31 n.4, p.1640-1647, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. v.26, n.7, p. 1-86, 2013.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2). [online] Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo_5ed/clima.htm. Acesso em 20 de março de 2012.

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**, Campinas, v.68, n.4, p.839-848, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: Cultivo do Sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2. Versão Eletrônica set. 2007, [online] Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 20 de setembro de 2012.

MARTIN, V. L. e R. L. VANDERLIP. Sorghum hybrid selection and planting management under moisture limiting conditions. **Journal of Production Agriculture**, v.10, n.1, p.157-163, 1997.

MORGADO, L. B. Sorgo. In: KIILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Eds.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Brasília: Embrapa, Informações Tecnológicas. p. 251-274, 2005.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; NÖRNBERG, J. L.; MELLO, R. de O.; PELLEGRINI, L. G. de; SOUZA, A. N. M. de. Comportamento produtivo e custo de produção de híbridos de sorgo

(*Sorghum bicolor*, (L) Moench) para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.43-54, 2003.

OLIVEIRA de D.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; OLIVEIRA S. M. R.; MACHADO, G. da S.; PEIXOTO, M. de F. S. P. Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embecidas em stimulate®. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13 p.1833-1846, 2011.

OLIVEIRA, P.R.; FRANÇA, A.F.S.; SILVA, A.G.; MIYAGI, E.S.; OLIVEIRA, E. R.; PERÓN, H. J.M.C. Composição bromatológica e quatro híbridos de sorgo forrageiro sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**. v.10, n.4, p.1003-1012, 2009.

ORTIZ, A. H. T.; FRANCO, A. A. N.; OKUMURA, R. S.; MARQUES, O. J. Acúmulo de massa seca em plantas de sorgo cultivado na região norte de Minas Gerais. **Anais eletrônicos**, VII Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. 2011.

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1083-1092, 2003.

PEREIRA, A.R., MACHADO, E.E. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas. Instituto Agrônomo, (**Boletim Técnico**, 114), 33p, 1987.

PEREIRA, O.G. **Produtividade do milho (*Zea may* L.), do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), da aveia (*Avena Sativa*), do milheto (*Pennisetum americanum* L.) e do híbrido (*S.bicolor* x *S. sudanense*) e respectivos valores nutritivos sobre forma de silagem e verde picado**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 86p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. **Dinâmica do crescimento vegetal**. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. Tópicos em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p.39-53.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas.**1998. 151 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escolar Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba,1998.

PETRUZZI, H. J.; STRITZLER, N. P.; FERRI, C. M.; PAGELLA, J. H.; RABOTNIKOF, C. M. Determinación de matéria seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. **Boletín de Divulgación Técnica 88**, p.4, 2005.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1349-1358, 2000.

PORTUGAL A.F.; ROCHA V.S.; SILVA A.G da; PINTO G.H.F; FILHO O.C.P. Fenologia de cultivares de sorgo no período de verão e rebrota na safrinha. **Revista Ceres** v.50, n.289, 2003.

RIBAS, M. N. Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom. 2010. 140 f. **Tese** (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Potafos: Arquivo Agrônomo**. n.15, 2003, 20p. (Informações Agronômicas, n.103 – setembro/2003).

SANTOS, F. G.; RODRIGUES, J. A. S.; SCHAFFERT, R. E.; LIMA, J. M. P. de; PITTA, C. V. E.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S. **BRS Ponta Negra variedade de sorgo forrageiro**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnico, 145).

SEVERINO, L. S.; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do; SATOS, J. W. dos. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande, v.8, n.1, 2004.

SILVA, A. G.; ROCHA, V. S.; CECON P. R.; PORTUGAL, A. F.; PINA FILHO, O. C.. Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de Sorgo forrageiro sob diferentes condições termofotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.4, n.1, p.28-44, 2005.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 47p. (EMBRAPA-CNPA, Circular Técnica, 34). ISSN 0100-6460.

SILVA, P. C. S. da; LOVATO, C. Análise de crescimento e rendimento em sorgo granífero em diferentes manejos com nitrogênio. **Revista FZVA**.v.15, n.1, p.15-33, 2008.

TABOSA, J.N.; TAVARES, J.A.; REIS, O.V. dos; SIMPLÍCIO, J.B.; LIMA, J.M.P. de; CARVALHO, H.W.L. de; NASCIMENTO, M.M.A. do. Potencial do Sorgo Granífero em Pernambuco e no Rio Grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28.2008, Londrina, PR. **Anais**. Londrina: ABMS, 2008. CD Rom.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: TAIZ, L.; ZEIZER, E. (Eds). **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil, p.449-484. 2004.

TALORA, C. D. e MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**.n.23, v.1, p.13-26, 2000.

TARDIN, F. D.; MENEZES, C. B. de.; RODRIGUES, J. A. S.; COELHO, R. R. **Cultivares**. In: Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2. Outubro, 2012. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 8ª edição. [online], disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivadoSorgo_8ed/cultivares.htm. Acesso 22 de setembro de 2013.

TERRA, T. G. R.; LEAL, T. C. A. B.; SIEBENEICHLER, S. C.; NETO, J. J. D.; ANJOS, L. M.; CASTRO, D. V. Análise de crescimento em sorgo sob

diferentes *stands*. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**. v.10, n.23, p.45-57, 2011.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. de; BORGES, I. D.; RESENDE, V. de. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Revista Bragantia**, v.66, n.2, 2007.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.de. **Cultura do sorgo**. Lavras: UFLA, 76p, 2002.

WEISMANN, M. **Sorgo**. Mato Grosso do Sul, 2008. Anuário de pesquisa, tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno.

ZAGO, C.P. Silagem de sorgo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7. ed., 1999, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1999. p.47-68.

ZAGO, C. P. **Utilização de sorgo na alimentação de ruminantes**. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas, p.9-30, 1992.