UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Roberta Machado Santos

GERMINAÇÃO, RESPOSTAS PRODUTIVAS AO INCREMENTO DA TEMPERATURA DO AR E CO_2 E ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO CAPIM-BUFEL

PETROLINA-PE

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Roberta Machado Santos

GERMINAÇÃO, RESPOSTAS PRODUTIVAS AO INCREMENTO DA TEMPERATURA DO AR E CO_2 E ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO CAPIM-BUFEL

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, como parte das exigências pelo Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Tadeu Vinhas Voltolini

Co-orientador: Francislene Angelotti

PETROLINA-PE

2012

Santos, Roberta Machado
S237g Germinação, respostas produtivas ao incremento da temperatura do ar e co2 e zoneamento climático do capim-bufel / Roberta Machado Santos. -- Petrolina, PE, 2012.
83f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, PE, 2012.

Orientador: Tadeu Vinhas Voltolini.
Co-orientador: Francislene Angelotti.

1. Capim Bufel. 2. Plantas Forrageiras - Pastagens. I.Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
CDD 633.2

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca
SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: Lucídio Lopes de Alencar

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Roberta Machado Santos

GERMINAÇÃO, RESPOSTAS PRODUTIVAS AO INCREMENTO DA TEMPERATURA DO AR E CO_2 E ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO CAPIM-BUFEL

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

_____

(Tadeu Vinhas Voltolini, Doutorado em Ciência Animal e Pastagem, Embrapa Semiárido)

_____

(Claudio Mistura, Doutorado em Zootecnia, UNEB)

_____

(Thieres George Freire da Silva, Doutorado em Agronomia, UFRPE/UAST)

Petrolina, 28 de fevereiro de 2012

Dedico

Aos meus pais, Risa e Roberto, e ao meu irmão, Thiago, pelo amor, apoio e companheirismo durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Pai celestial, pelas oportunidades que me foram dadas nesta vida, suprindo em todas as minhas necessidades e permitindo mais esta conquista;

Aos meus pais, Risa e Roberto, pelo amor, por serem o contínuo apoio em toda a minha vida, meu eterno amor e admiração. Esta conquista é nossa;

Ao meu irmão Thiago, pela amizade, apoio e compreensão. Obrigada por você existir perto de mim;

A todos os meus familiares pelo amor e por estarem sempre comigo;

Ao meu orientador, Tadeu Vinhas Voltolini, que sempre demonstrou acreditar no meu potencial, pela oportunidade oferecida, pela orientação e incentivo. Com ele tive a oportunidade de enriquecer meus conhecimentos, com suas argumentações científicas e sugestões, meu eterno carinho e respeito;

À minha co-orientadora, Francislene Angelotti, pela oportunidade do trabalho conjunto, pela gentileza, atenção, contribuições e sugestões;

À Embrapa Semiárido pelo apoio financeiro concedido;

À UNIVASF, pela oportunidade e aprendizado;

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, pelo aprendizado;

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE, pela bolsa concedida durante o curso;

Aos integrantes do Laboratório de Sementes e Nutrição Animal da Embrapa Semiárido por fornecer infra-estrutura, ajuda e contribuição no decorrer dos experimentos;

Aos integrantes do Laboratório de Mudanças Climáticas da Embrapa Semiárido, em especial a Laise Guerra e Gisele Pinheiro, pela amizade, respeito, carinho, minha eterna admiração e agradecimentos, vocês foram essenciais na condução deste trabalho;

À Márcia Coelho, uma irmã que vida me proporcionou, por todo carinho e atenção;

Aos pesquisadores, Magna Soelma, Barbara Dantas, Saulo Aidar e Ivan Ighour por toda atenção, sugestões e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

À Nina e família por terem me recebido com tanto carinho;

A todos os colegas do mestrado por todos os momentos que passamos juntos;

Aos meus grandes amigos que sempre me incentivaram e me proporcionaram momentos de lazer imprescindíveis;

E todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"Todo o futuro da nossa espécie, todo o governo das sociedades, toda a prosperidade moral e material das nações dependem da ciência, como a vida do homem depende do ar. Ora, a ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental. Perceber os fenômenos, discernir as relações, comparar as analogias e as dessemelhanças, classificar as realidades, e induzir as leis, eis a ciência; eis, portanto, o alvo que a educação deve ter em mira. Espertar na inteligência nascente as faculdades cujo concurso se requer nesses processos de descobrir e assimilar a verdade."

Rui Barbosa

SANTOS, R.M. GERMINAÇÃO, RESPOSTAS RODUTIVAS AO INCREMENTO DA TEMPERATURA DO AR E CO_2 E ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO CAPIM-BUFEL. Petrolina-PE, 2011. 83 p. Dissertação (Programa de Pós graduação em Ciência Animal). Área de concentração: Forragicultura e Pastagem. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar a influência da temperatura na capacidade germinativa do capim-bufel e as repostas do seu crescimento e produção de forragem submetida a variações na temperatura do ar e nas concentrações de CO_2, delimitando as faixas de aptidão climática do Estado de Pernambuco para o cultivo do capim-bufel. Quanto a capacidade germinativa, avaliou-se a germinação (G), que se refere à porcentagem de sementes germinadas no final do experimento, o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG) e o coeficiente de uniformidade de germinação (CUG), utilizou se seis temperaturas média do ar (15, 20, 25, 30, 35 e 40°C) em três cultivares (Biloela, Aridus e West Australian) em arranjo fatorial 6 x 3 e delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Já para a avaliação do crescimento e da produção de forragem, as cultivares do capim-bufel foram mantidas em câmara de crescimento, utilizou se um delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos (três temperaturas do ar e duas concentrações de CO_2) e três repetições, com as unidades experimentais distribuídas em arranjo fatorial 3 x 3 x 2 (cultivares, temperatura do ar, concentração de CO_2). Para a delimitação das faixas climáticas, foram obtidos dados climáticos de precipitação, temperatura média, máxima e mínima e *déficit* hídrico do capim-bufel, gerando a partir destes dados climáticos um mapa de zoneamento agroclimático. As faixas de aptidão climática foram determinadas a partir de dados da literatura e de informações levantadas junto aos especialistas. Para a geração do zoneamento foi considerado como critério a produtividade da cultura estimada em função da água disponível durante o período chuvoso, o efeito do período de maior restrição hídrica sobre a sobrevivência da cultura e o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento da cultura. Para tal foram obtidos dados climáticos de 108 localidades do Brasil e exterior, consideradas como regiões de origem e/ou dispersão dessa planta forrageira. Esses dados foram submetidos à análise de distribuição de frequência, em que valores superiores a 60% de cada variável climática foram considerados como faixa apta e o restante como faixa restrita. As temperaturas afetaram a G, IVG, TMG e CUG para as três cultivares, em que a faixa ótima para a germinação do capim-bufel está entre 25°C a 35°C. Maiores temperaturas do ar promovem aumento nas massas de forragem e de raízes do capim-bufel, promovendo maior relação parte aérea/raiz. Há também maiores taxas de alongamento, aparecimento e senescência de folhas com o aumento da temperatura média do ar. O aumento na concentração de CO_2 aumenta a taxa de senescência das plantas e eleva a relação parte aérea/raiz. O capim West Australian teve melhor resposta em relação a aumento em massas de forragem e raízes em maiores concentrações de CO_2. A maior parte do estado de Pernambuco possui aptidão térmica, mas não apresenta aptidão hídrica para o cultivo do capim-bufel, fazendo com que a maioria dos municípios do estado de Pernambuco esteja na faixa restrita.

Palavras-chave: *Cenchrus ciliaris*, mudanças climáticas, pecuária sustentável

SANTOS, R.M. GERMINATION, ANSWERS TO INCREASE PRODUCTION OF AIR TEMPERATURE AND CO_2 AND CLIMATE OF ZONING GRASS BUFEL. Petrolina-PE, 2011. 83 p. Dissertação (Programa de Pós graduação em Ciência Animal). Área de concentração: Forragicultura e Pastagem. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

ABSTRACT

The objective of this present trial was to determine the influence of temperature on germination capacity of buffel grass and evaluate the growth responses and forage production when buffel grass was submitted to variation of temperature and CO_2, delimiting climatic suitability ranges of Pernambuco state to cultivate buffel grass. The germination capacity was evaluated germination (G) which refers to the percentage of germinated seeds in the end of experiment, the germination speed index (GSI), the average time to germinate (ATG) and the coefficient of uniformity of germination, (CUG). There were used six medium air temperatures (15, 20, 25, 30, 35 and 40°C) and three cultivars (Biloela, Aridus and West Australian) in a 6 x 3 factorial and completely randomized experimental design with four replicates. To evaluation the growth and forage production, the buffel grass cultivars were maintened in climate chambers in a completely randomized experimental design with six treatments (three air temperatures and two CO_2 concentrations) with three replicates where experimental units were distributed in a 3 x 3 x 2 factorial arrangement (cultivars, air temperatures and CO_2 concentration). For the delimitation of climatic ranges were obtained climatic data about precipitation, medium, maximum and minimum air temperature and water deficit of buffel grass, resulting from these data a map of agroclimatic zoning. The climatic suitability ranges were determine from the literature and information obtained from experts. For the generation of the zoning was considered the productivity of culture estimated as function of avaliable water during rainy season. the effect of period with higher water restriction on the survival of the culture. For this, were obtained climatic data of 108 locations of Brazil and abroad considered as regions of origin and dispersion of this forage grass. These data were submitted to frequency distribution analysis where values higher than 60% of each climatic variable were considered as suitable range and the rest as restrict range. The temperatures affect G, GSI, ATG and CUG for three cultivars where the optimum range to germination of buffel grass was 25°C to 35°C. Higher air temperatures increased forage and root mass of buffel grass, promoted higher relation of aerial part/root. There were higher elongation, appearance and senescence leaf rates with increase of air temperature. The increase of CO_2 concentration promoted higher senescence of plants and higher relation of aerial part/root. The cultivar West Australian had better forage and root mass in comparison with other cultivars with increase of CO_2 concentration. The most part of Pernambuco state has thermic suitability, but does not show water suitability to cultivate buffel grass, causing for the most of municipalities of Pernambuco state remaining in the restrict range.

KEYWORDS: *Cenchrus ciliaris*, climate change, sustentable livestock

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas **43**

Figura 2. Índice de velocidade de germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas **44**

Figura 3. Tempo médio de germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas **45**

CAPÍTULO 3

Figura 1. Número de localidades distribuídas de acordo com os intervalos de classe para a precipitação. **70**

Figura 2. Mapa do Estado de Pernambuco, com destaque para as regiões Agreste, Zona da Mata e Sertão (Base cartográfica - IBGE, 2010) **71**

Figura 3. Mapa de aptidão térmica para o cultivo de capim-bufel no Estado de Pernambuco **77**

Figura 4. Mapa de aptidão hídrica do Estado de Pernambuco, para o cultivo de capim-bufel **78**

Figura 5. Zoneamento climático do Estado de Pernambuco para o cultivo do capim-bufel **79**

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela1. Dados médios do coeficiente de uniformidade de germinação (CUG, d^{-2}) de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas **.....46**

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Analise química do solo e do solo com o adubo orgânico **.....50**

Tabela 2. Significância do teste F para o efeito de interação das cultivares, temperatura e concentração de CO_2 pela análise de variância **.....53**

Tabela 3. Massas de forragem (MF) e de raízes (MR) e relações folha/como (F/C) e parte aérea (PA)/raíz de três cultivares de capim-bufel submetidas a diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2**.....54**

Tabela 4. Efeito da interação cultivar x concentração de CO_2 sob a massas de forragem (MF) e de raízes (MR), relação aérea (PA)/raiz, duração de vida das folhas –DVF (dias), taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias) e número de folhas vivas (NFV). **.....55**

Tabela 5. Taxa de alongamento foliar (TAlF - mm.Folha/dia), taxa de aparecimento foliar (TApF - Folha/dia), duração de vida das folhas –DVF (dias) e taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias) de três cultivares de capim-bufel mantidas em diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2**.....59**

Tabela 6. Efeito da interação cultivar x temperatura sob Taxa de alongamento foliar (TAlF - mm.Folha/dia), taxa de aparecimento foliar (TApF - Folha/dia), duração de vida das

folhas –DVF (dias), taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias), número total de folhas vivas/perfilho (NFV Total/perfilho) e comprimento da folha expandida (CPF – cm). **.....61**

Tabela 7. Número total de folhas vivas (NFV Total) e comprimento da folha expandida (CPF – cm) de três cultivares de capim-bufel mantidas em diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2**.....63**

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Faixa de aptidão anual para o cultivo do capim-bufel**.....73**

Tabela 2. Faixas de aptidão mensais (Janeiro a Dezembro) para o capim-bufel**.....74**

Tabela 1. Indicadores climáticos do capim-bufel para fins de elaboração do zoneamento de aptidão**.....77**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Porcentagem

°C – Graus Celsius

B.O.D – Câmara de germinação

BAG – Banco Ativo de Germoplasma

CAD – Capacidade de água disponível

CH_4 – Metano

CO_2 – Dióxido de carbono ou gás carbônico

CUG – Coeficiente de Uniformidade de Germinação

CV – Coeficiente de variação

Def- Déficit hídrico

DIVMS – Digestibilidade in vitro da Matéria Seca

ER – Equação de regressão

ETp- Evapotranspiração potencial

Exc- Excedente hídrico

FAO - Food and Agriculture Organization

G – Germinação

ha - Hectare

Ia- Índice de aridez do solo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ih – Índice hídrico do solo

Im – Índice de umidade do solo

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

Kg – Quilo

m – Metros

mm – Milímetros

MS – Matéria Seca

NO_2 – Óxido nítrico

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

PB – Proteína bruta

PB- Estado da Paraíba

Pm – Precipitação

ppm – Partes por milhão

PV – Peso vivo

R$ - Reais

R^2 - Coeficiente de determinação

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

t - Tonelada

Tm – Temperatura média

TMG – Tempo Médio de Germinação

Tn - Temperatura mínima

Tx - Temperatura máxima

UA – Unidade animal

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

XIX – Dezenove

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL 17

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18

2.1 Capim-bufel 18

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS 22

2.2.1 Efeito do aumento da concentração de co_2 atmosférico 22

2.2.2 Efeito do aumento da temperatura do ar 24

2.3 Zoneamento climático 25

3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 26

4. CAPÍTULO 1. GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE CAPIM-BUFEL EM DIFERENTES TEMPERATURAS 31

RESUMO. 31

ABSTRACT 32

INTRODUÇÃO 32

MATERIAL E MÉTODOS 33

RESULTADOS E DISCUSSÃO 35

CONCLUSÃO 40

REFERÊNCIAS 40

5. CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CAPIM-BUFEL SUBMETIDO A AUMENTO DE TEMPERATURA DO AR E CONCENTRÇÃO DE CO_2 47

RESUMO 47

ABSTRACT 48

INTRODUÇÃO 48

MATERIAL E MÉTODOS 49

RESULTADOS E DISCUSSÃO 52

CONCLUSÃO **64**

REFERÊNCIAS **65**

6. CAPÍTULO 3. ZONEAMENTO CLIMÁTICO DO CAPIM-BUFEL PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO **67**

RESUMO **67**

ABSTRACT **68**

INTRODUÇÃO **68**

MATERIAL E MÉTODOS **69**

RESULTADOS E DISCUSSÃO **72**

CONCLUSÃO **79**

REFERÊNCIAS **79**

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS **83**

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em 2007, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) atribuiu grande parte da responsabilidade pela alteração da concentração de gases de efeito estufa (CO_2, NO_2 e CH_4) às ações humanas. Nos últimos 250 anos, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera elevou de 290 ppm para 379 ppm, com previsão de chegar a 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da revolução industrial. Como consequência, o incremento da concentração dos gases de efeito estufa pode promover a elevação da temperatura média do ar em 1,8 a 6,4°C até no final deste século (IPCC, 2007).

A partir destas informações o IPCC destacou a vulnerabilidade dos países em desenvolvimento (IPCC, 2007), esta avaliação permitirá o dimensionamento dos impactos dos cenários futuros de mudanças climáticas globais sobre a agricultura. Esta é uma estratégia para o Brasil, especialmente para o semiárido brasileiro por se tratar de uma região com maior fragilidade ambiental, já que em um clima mais quente no futuro se transformará em uma região árida, podendo afetar a agricultura de subsistência regional, obrigando as populações a migrarem. Assim, estas informações permitirão a proposição de medidas mitigação e de adaptação.

O Semiárido Brasileiro caracteriza-se por apresentar períodos com baixo índice pluviométricos, o que dificulta a implantação e exploração da pecuária nesta região. Assim cresce a demanda por quantificar e qualificar a pecuária nesta região, induzindo a busca por espécies forrageiras adaptadas as condições edafoclimáticas e que possuem altos índices produtivos e qualitativos. Neste cenário destaca-se o capim-bufel, forrageira com capacidade de estabelecer e persistir diante desta adversidade climática, mostrando-se promissora para elevar o nível nutricional e a produtividade do rebanho. E uma cultura que há uma produção de forragem de qualidade, boa aceitabilidade, boa produção de matéria seca, alta digestibilidade, bom valor nutritivo (SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2007; PUPO, 1990).

Segundo o IPCC (2007) a temperatura atmosférica poderá aumentar de 2°C a 5°C para o semiárido nordestino até o final deste século. Logo o aumento desta pode refletir diretamente no aumento da evaporação e diminuição nos índices pluviométricos, com a

maior redução dos índices pluviométricos as atividades diretamente dependentes das chuvas sofrerão algum impacto, principalmente a agricultura de sequeiro (MAGALHÃES, 2009). Além disto, precisa-se compreender de que forma os vegetais utilizados para a produção de forragem irão responder as novas condições climáticas.

As variáveis climáticas são fatores não controláveis que influenciam na produtividade agrícola, que podem afetar o desenvolvimento e o crescimento das plantas em diversas fases do ciclo da cultura. O impacto do incremento de CO_2 atmosférico na produtividade de culturas, em curto prazo, traz efeitos positivos na produtividade, devido ao aumento da taxa fotossintética e diminuição na transpiração. Contudo, a longo prazo, o aumento da disponibilidade de CO_2 pode tornar-se prejudicial as plantas (BELTRÃO e OLIVEIRA, 2008; SILVA, 2011).

A análise de medidas mitigatórias e avaliativas perante as mudanças para o Semiárido ainda é escasso. As vantagens do capim-bufel para o desempenho animal e produção de forragem, ressaltam a importância da ampliação destes estudos. Neste sentido, ressalta-se a relevância em conduzir experimentos no Semiárido brasileiro, que possam indicar a resposta do capim-bufel às possíveis mudanças climáticas e suas conseqüências nas áreas de pastagens. A partir desta problemática os resultados encontrados possam colaborar para a elaboração de políticas publicas sócio-ambientais

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Capim-bufel

O capim-bufel pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Cenchrus*, espécie *Cenchrus ciliaris* L., também conhecido vulgarmente por capim-búfalo, originário da África das regiões da Tanganica e Quênia, Índia e Indonésia. Sendo coletado pela primeira vez na Tanganica e introduzido na Austrália entre 1870 a 1880. A partir disto foram estudadas e selecionadas diversas variedades para posterior dispersão para os Estados Unidos, México e Argentina (MITIDIERI, 1983; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1979; OLIVEIRA,1971). No Brasil o capim-bufel foi trazido da África e introduzido no Estado de São Paulo, em 1953, sendo que inicialmente não despertou a atenção dos produtores, contudo após a sua fácil adaptação nas regiões secas, favoreceu

a sua expansão para várias regiões do Semiárido do Nordeste, afim de ser utilizado como pastagem (OLIVEIRA, 1993).

Conforme SOUSA e ARAÚJO FILHO (2007), devido à fácil adaptação do capim-bufel a região com condições de longas secas e períodos de irregularidade pluviais de até cinco anos, foi favorecido a sua disseminação no Nordeste e até Norte de Minas Gerais, sendo utilizado tanto para a formação de pastagens quanto para o enriquecimento da caatinga, tornando se uma forrageira relevante para estas regiões.

Essa cultura perene com hábito de crescimento variável pode atingir até 150 cm de altura (SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2007). Possui rizomas que dão origem aos perfilhos e rebrota mesmo após danos severos a parte aérea, tornando o mesmo resistente ao fogo, a seca, a geada e ao pisoteio intensivo (PORTO, 2009)

De modo geral, nas áreas mais secas do Nordeste, o rendimento de matéria seca das pastagens de capim-bufel está em torno de 4 a 6 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$. Contudo, a produção pode se levar acentuadamente, em função das condições edáficas e pluviométricas da região. Esta forrageira possui conteúdo significativo de proteína, boa digestibilidade e aceitabilidade, em estagio jovem até a floração, com teor de proteína bruta (PB) podendo variar de 9 a 12% (GUIMARÃES FILHO et al.,1995).

Para MOREIRA et al. (2007), a adaptação do capim-bufel às condições do semiárido permite que, mesmo em anos de baixa pluviosidade, se consiga produções relativamente importantes que se armazenada na forma de “feno em pé”, pode suprir as necessidades dos animais.

Segundo OLIVEIRA (1971) esta gramínea forrageira apresenta maior crescimento em solos leves e profundos, podendo crescer satisfatoriamente em solos argilosos com boa drenagem. Quanto à produtividade, seus valores estão em torno de 8 a 12 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ de MS, podendo variar de acordo com a variedade, localidade e adaptação as condições locais.

O capim-bufel apresenta diversidade de variedades e cultivares. A Embrapa Semiárido mantém um banco ativo de germoplasma com 114 acessos de capim-bufel, estabelecida sob condições de sequeiro e preservada por sementes em câmara fria. Devido ao grande número de parâmetros semelhantes, os acessos foram inicialmente classificados em grupos, de acordo com a altura (OLIVEIRA et al., 2010).

Os componentes pertencentes ao grupo que possui porte alto são as mais produtivas, com sistema radicular bem desenvolvido e profundo, aumentando a

resistência aos longos períodos de estiagens. Apresenta entre 1,0 a 1,6 m de altura e têm como referenciais as cultivares Biloela, Molopo, Numbank, Boorara, Lawes, Pusa Giant e Buchuma conosite (OLIVEIRA et al., 2010). A cultivar Biloela ocupa lugar de destaque, já que é a preferida dos pecuaristas para a formação de pastagens, devido a produtividade que oscila em torno de 2 a 6 $t.ha^{-1}$ (SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2007). Segundo AYRES (1995) citado por SOUSA e ARAUJO FILHO (2007) a produtividade desta cultivar pode ser de 2 a 3 t/ha em locais com quantidade de chuvas inferiores, já em locais com chuvas normais a produção pode chegar a 8 a 12 $t.ha^{-1}$, enquanto que em áreas irrigadas a sua produtividade pode chegar a 25 a 30 $t.ha^{-1}$.

COMBELLAS e GONZÁLEZ (1972) avaliaram o valor nutritivo do capim-bufel, cultivar Biloela, em duas estações, uma seca com irrigação e a outra chuvosa sem irrigação, realizando cortes nos dois tratamentos, aos 32, 39, 46 e 53 dias após a germinação na estação seca e aos 25, 32, 39 e 45 dias na estação chuvosa. Encontraram um valor de matéria seca (MS) de 2.096, 3.377, 4.377 e 6.000 $kg.ha^{-1}$ de MS no capim irrigado e 1.561, 2.030, 3.872 e 3.562 $kg.ha^{-1}$ de MS no capim não irrigado, nas respectivas idades do primeiro corte. Em relação ao valor de proteína bruta encontraram 15,4; 12,1; 9,4 e 12,8% na estação seca, e 17,3; 11,9; 10,7; e 8,6% na estação chuvosa, nos respectivos períodos de cortes.

As cultivares de porte médio possuem sistema radicular menos desenvolvido do que as plantas de porte alto, conferindo-lhes menor capacidade de resistir à seca. Por apresentar um florescimento precoce, faz com que seu valor nutritivo diminua mais rápido durante seu ciclo de desenvolvimento. Neste grupo seus componentes medem entre 0,75 e 1,0 m de altura, tendo como representantes mais conhecidos as cultivares Aridus, Gayndah, Americano e CPATSA 7754 (OLIVEIRA et al., 2010).

Para SOUSA e ARAÚJO FILHO (2007) a cultivar Aridus apresenta boas características forrageiras, com produção anual de 4 a 6 $t.ha^{-1}$ sendo que seus teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade "*in vitro*" da MS (DIVMS), respectivamente, foram de 8,5 e 43,5%, além disto apresenta resistência a cigarrinha das pastagens no Norte de Minas Gerais.

Conforme PORTO (2009), no norte de Minas Gerais, a Fazenda Colonial com área de quase 10 mil hectare de capim-bufel das cultivares Aridus, Biloela e Grass, com capacidade de lotações de 1 a 2 $UA.ha^{-1}$ e ganhos de peso entre 100 a 130 $kg.PV^{-1}.ha^{-1}$,

o Aridus tem despertado o interesse nesta região devido a sua capacidade produtividade em face ao déficit hídrico.

As cultivares do grupo de plantas de porte baixo possuem altura inferior a 0,75 m, apresentam florescimento precoce e alta produção de sementes, contudo devido as suas características morfológicas são tidas como apropriadas para criação de ovinos e caprinos. Porém, os indicadores morfológicos desta espécie, têm demonstrado sensibilidade às condições de solo e clima a que são submetidas. Dentre as cultivares classificadas neste grupo destaca-se a West Australian (OLIVEIRA et al., 2010; SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2007), que possui colmos finos com densa folhagem, devido ao seu florescimento precoce são menos vigorosas do que as plantas de porte alto e médio e as plântulas são resistentes a seca (SOUSA e ARAÚJO FILHO, 2007).

Para OLIVEIRA (1993), o capim-bufel é uma forrageira bastante difundida no Nordeste, por apresentar fácil implantação, elevada produção de forragem e adaptação à região. Podendo ser conservada os 35 dias de idade de modo a produzir 2.250 $kg.ha^{-1}.corte^{-1}$ de feno, com 54% de massa foliar e 10,6% de PB, que são características relevantes desta forrageira, além de ser apreciada pelos animais. Todavia SALVIANO e NUNES (1991) relataram que o feno do capim-bufel possui níveis razoáveis de proteína bruta em torno de 7,2%, sugerindo que este feno, como única fonte de alimento, seria suficiente para manter e até promover ganho de peso em novilhos.

A adaptação do capim-bufel as condições edafoclimáticas do semiárido são indiscutíveis, no entanto possui faixas de temperaturas ideais para o seu crescimento e desenvolvimento. Segundo a FAO (2010) esta gramínea se desenvolve mais em temperaturas de 30°C, porém a temperatura mínima para o seu crescimento esta em torno de 16°C. Quando se avalia a capacidade germinativa desta gramínea, a germinação das suas sementes ocorrem de forma eficiente em temperaturas de 20-35°C. MGANGA et al. (2010), ao pesquisarem sobre a germinação de algumas gramíneas, demonstram que o capim-bufel, em condições controladas, com temperatura de 20°C, apresentou 42% de sementes germinadas, enquanto que, em condições ambientes, onde a temperatura média era de 30°C, a germinação reduziu para 12%.

Para TIX (2000), a temperatura média ideal para o crescimento e desenvolvimento do capim-bufel está em torno de 27,8°C. HACKER et al. (1995) ao avaliarem 21 acessos de capim-bufel, durante o período de julho a outubro, determinaram que a maior produção do capim-bufel cv. Biloela ocorreu no momento em que a temperatura média máxima do

ar foi de 29°C, apresentando uma produtividade de 5,84 t de MS.ha^{-1}, enquanto que a 27°C a produção foi de aproximadamente 3,31 t de MS.ha^{-1} e sua menor produtividade de 0,16 t de MS.ha^{-1} ocorreu em período que apresentam temperatura máxima de 21,3°C.

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O clima é um dos principais elementos determinantes da produtividade agrícola, assim a agricultura é uma atividade altamente dependente de fatores como temperatura, pluviosidade, umidade do solo e radiação solar. Os principais efeitos das alterações desses fatores sobre a agricultura certamente ocorrem sobre a produtividade e manejo das culturas, como irrigação, controle de pragas e doenças, além disto, pode refletir perante aspectos sociais, econômicos e políticos (LIMA, 2002). A vulnerabilidade do sistema agropecuário aos efeitos das mudanças climáticas ainda é um assunto pouco estudado no Brasil, todavia é de grande interesse devido à contribuição econômica deste sistema.

A importância da interação clima/produção agrícola é milenar e, devido às mudanças climáticas, têm gerado preocupação a nível mundial. Apesar dos avanços tecnológicos, ainda ocorrem impactos negativos sobre a produtividade, sendo bastante complexa a relação dos fatores climáticos e produção agrícola (ORTOLANI e TARIFA, 1978).

Segundo o IPCC (2007) durante o século XX, a temperatura média da atmosfera aumentou em 0,6°C+/-0,2°C. A década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século XIX. Assim observou-se que aumento da concentração dos gases de efeito estufa pode elevar a temperatura média no planeta entre 1,8 e 6,4°C até o final deste século (ANGELOTTI et al., 2009).

2.2.1 Efeito do aumento da concentração de CO_2 atmosférico

Após a Revolução Industrial no século XIX, a atmosfera terrestre tem passado por alterações, todavia a emissão de gases poluentes associada ao uso indevido da terra e a emissão de combustíveis fósseis têm ocasionado nas mudanças climáticas. Dentre inúmeros gases poluentes como o metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e óxidos de

nitrogênio (NO_x) liberados para a atmosfera (LIMA, 2002), a partir das atividades citadas anteriormente, destaca-se o dióxido de carbono (CO_2). O crescente aumento da concentração deste gás na atmosfera tem promovido um aumento na temperatura média do ar (STRECK, 2005).

O incremento de gases atmosféricos exerce influência no clima (LARCHER, 2000) e está diretamente relacionado aos aumentos da temperatura em diversas regiões da Terra (GITAY et al., 2002). Gases de efeito estufa permitem a entrada de radiação de ondas curtas na atmosfera, absorvendo aproximadamente 90% da energia da radiação infravermelha proveniente da Terra, irradiada de volta ao espaço, contribuindo para o aquecimento da atmosfera. É verdade que o efeito estufa natural proporciona a temperatura necessária para o suporte de vida na Terra, entretanto a adição de gases industriais aos gases atmosféricos originais tem contribuído para o aumento excessivo da temperatura (LARCHER, 2000).

Segundo projeções climáticas para a primeira metade deste século, SIQUEIRA et al. (2000) informam que os níveis de CO_2 passarão de 360 para 555 ppm aproximadamente, por conseguinte este acréscimo elevará a temperatura média do ar a 5°C na região Nordeste. Para COTTON e PIELKE (1995) se a taxa atual de aumento de gases de efeito estufa continuar, as temperaturas médias globais subirão 0,3°C por década, com uma incerteza de 0,2 a 0,5°C por década. Possivelmente no ano 2050, o aquecimento global seria estimado em 1,5°C (EUROPEAN COMISSION, 1997), e para o ano de 2100, estaria provavelmente na faixa de 1,0 a 3,5°C.

Estudos realizados por STRECK (2005) concluíram que o aumento na concentração de CO_2 favorece a taxa da fotossíntese, pois o dióxido de carbono é substrato primário para a fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2009), levando ao maior crescimento do vegetal. Entretanto plantas do tipo C3 (leguminosas) respondem melhor a este aumento de dióxido de carbono do que as plantas do tipo C4 (gramíneas).

Nas plantas C4, o primeiro produto na incorporação do CO_2 é o oxaloacetato uma molécula de quatro carbonos, diferentemente do produto tradicional de três carbonos (3-fosfoglicerato). Estas plantas apresentam uma alta taxa de fotossíntese líquida associado com um alto ponto de saturação de luz. Além disso, plantas C4 possuem uma afinidade extraordinariamente alta por CO_2. Isto está relacionado com o fato destas plantas quase não realizarem fotorrespiração, aumentando assim a taxa fotossintética. Por causa desta alta afinidade por CO_2, não existe inibição da fotossíntese por O_2. Sob condições

atmosféricas normais, até 50% do carbono fixado na fotossíntese pelas plantas C3 pode ser reoxidado o CO_2 durante a fotorrespiração. Este processo é quase ausente nas plantas C4. As plantas C4 possuem alta afinidade por CO_2, diminuem a concentração relativa de O_2 e limitam a fotorrespiração (RAVEN et al., 1996).

Como tanto o ciclo de Calvin (C3) quanto a fotorrespiração ocorrem nas células da bainha vascular, qualquer CO_2 liberado pela fotorrespiração pode ser refixado pela via C4 que ocorre nas células do mesófilo. Assim, há um impedimento de que o CO_2 liberado pela fotorrespiração escape da folha. Como conseqüência, a taxa de fotossíntese líquida das plantas C4 é maior que nas plantas C3 (RAVEN et al., 1996).

O aumento da concentração de CO_2 combinado com a elevação da temperatura do ar, poderá promover um encurtamento no ciclo do crescimento e aumento da respiração do tecido vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009; STRECK, 2005), refletindo diretamente no desenvolvimento do vegetal e resultando em geral, prejuízos para os agroecossistemas.

Para LARCHER (2000) outros efeitos esperados para o aumento da disponibilidade de CO_2 são o aumento da espessura do mesófilo, aumento da produção de matéria seca, da eficiência do uso da água e da proporção carbono/nitrogênio.

O dióxido de carbono pode ser um fator limitante no desenvolvimento do vegetal, para BHATT et al. (2007) ao avaliarem o capim-bufel cultivado em concentração de CO_2 de 360 ppm e 600 ppm, esta cultura respondeu de forma significativa para os parâmetros referentes a altura da planta, comprimento e largura da folha e produção de biomassa sob 600 ppm. A produção de biomassa em termos de acumulação de biomassa fresca e seca aumentaram 134,35% (fresco) e 193,34 % (seco) em relação ao controle, 360 ppm .Desta forma o capim-bufel submetido à concentração de 600 ppm pode produzir mais forragem em termos de biomassa verde. Para WAND et al. (1999) as gramínea C3 respondem melhor, apresentando maior crescimento aos aumentos na concentrações CO_2.

O aumento do CO_2 atmosférico pode estimular diretamente ou indiretamente o crescimento das plantas por meio do aumento da fotossíntese, ou quando combinada com outros fatores como, baixa disponibilidade da umidade do solo podem tornar o crescimento mais lento (MORGAN et al., 2004).

2.2.2 Efeito do aumento da temperatura do ar

A taxa fotossintética tem seu desempenho de acordo com as diferentes faixas de temperatura do ar, reduzindo significativamente quando a temperatura torna-se acima de 35ºC. Já a taxa respiratória duplica-se com o aumento de cada 10ºC, sendo que acima de 45ºC, ocorre diminuição devido à desnaturação protéica. Desta maneira, o ganho líquido na produção de matéria seca (fotossíntese – respiração) varia com a temperatura (MOTA, 1989). Altas temperaturas também provocam aumento nos processos de evapotranspiração e evaporação (TAIZ e ZEIGER, 2009) alterando, assim, o metabolismo celular, refletindo diretamente em toda a planta.

YOON et al. (2009) sugerem que seria benéfico o estudo de interação dos efeitos de concentração de CO_2 e da temperatura ao longo do ciclo da cultura, porque a magnitude e direção da resposta de cada fator ambiental pode variar com o estádio de desenvolvimento da cultura. Estes autores ainda afirmam que compreender a resposta linear e não linear do crescimento e desenvolvimento das plantas submetidas a altas concentrações de CO_2 sob baixa ou alta temperatura pode prover uma predição mais acurada do comportamento da cultura em determinada condição ambiental.

2.3 Zoneamento climático

No planejamento e programação das atividades rurais, uma ferramenta importante é a avaliação do potencial agroclimático das áreas, conforme a necessidade das culturas (Sousa et al., 2006). O conhecimento das condições edafoclimáticas de determinada região é de extrema importância para a cultura a ser estudada, visto que a delimitação das regiões climaticamente homogêneas poderá promover o desenvolvimento de atividades e gerenciamento dos recursos naturais existentes (Nunes et al., 2007).

O zoneamento agroclimático permite a identificação de regiões mais apropriadas para o cultivo de determinado vegetal, independente do nível tecnológico e de insumos a ser adotados, onde possibilitará maior eficiência agrícola (Pezzopane et al., 2010).

Dessa forma torna-se importante que sejam identificadas as regiões de maior aptidão para o cultivo do capim-bufel, minimizando os riscos de insucesso com o plantio desta forrageira. Tal delimitação é realizada por meio de zoneamentos agroclimáticos, que possibilitam a adoção de técnicas mais apropriadas para a cultura, maiores produtividades, menor risco para os produtores, maior segurança para a colheita e a orientação de políticas públicas para o cultivo e uso dessa forrageira nas regiões com

maiores aptidões climáticas, assim como maiores cuidados com épocas de plantio e manejo da cultura em regiões com restrições (SANTOS et al., 2011).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. São Paulo: Nobel, 1979.150p.

ANGELOTTI, F.; SÁ, I.B.; MELO, R.F. **Mudanças climáticas e desertificação no semiárido brasilero**. In:ANGELOTTI,F.;SÁ,B.I.; MENEZES, E.A.; PELLEGRINO, G. Q. (Editores Técnicos). Mudanças Climáticas e Desertificação no Semi-Árido Brasileiro. Petrolina-PE, Embrapa Semiárido, 2009. Cap. 3.

AYERZA,R. **Capim-búfel: utilidade e manejo de uma gramínea promissora**. João Pessoa: A União, 1995, 128p.

BELTRÃO, N. E. de .M.; OLIVEIRA, M. I .P. **Efeitos do Clima no Metabolismo Vegetal: Mamona**. Documentos 210. Campina Grande - PB: EMBRAPA Algodão, 2008. 23p.
BHATT, R. K.; BAIG, M. J.; TIWARI, H. S .**Growth, biomass production, and assimilatory characters in *Cenchrus ciliaris* L. under elevated CO_2 condition**. Photosynthetica, v .45, n.2, p. 296-298,2007

COMBELLAS, J.; GONZÁLES, E.J. **Rendimientos y valor nutritivo de forrages tropicales *Cenchrus ciliaris* L. cv. Biloela**. Agronomia Tropical, Maracay, .22, n.6, p.623-634, 1972.

COTTON, W. R.; PIELKE, R. A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 288,1995.

EUROPEAN COMISSION. **Climate change and agriculture in Europe - assessment of impacts and adaptations**: summary report. Luxembourg, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. Grassland index ,2010. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 2 de julho de 2010.

GITAY, H. ;SUÁREZ, A.; WATSON, R. T.; DOKKEN, D. J. **Climate change and biodiversity**. Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPPC). Technical paper V. United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization, Genebra, 2002.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES,J. G.G.; RICHE, G. R. **Sistema caatinga-búffel-leucena para produção de bovinos no semi-árido**. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA (Circular Técnica 34), 1995.

HACKER,J.B.; WILLIAMS, R.J.; COOTE, J.N. **Productivty in late winter and spring of four cultivars and 21 acession os *Cenchrus ciliaris* and *Digitaria criantha* c.premier**. Tropical grasslands, v 29, 28-33, 1995.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genebra, Suiça. 18 p. 2007.

LARCHER , W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos - SP: RiMa, p.108-111, 140-142, 301-303, 365, 414, 437-439, 2000.

LIMA, M. A. de. **Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidade e desafios**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.19, n.3, 2002, p.451-472.

MAGALHÃES, R.A. **As mudanças climáticas globais e a desertificação**. In:ANGELOTTI,F.;SÁ,B.I.; MENEZES, E.A.; PELLEGRINO, G. Q. (Editores Técnicos). Mudanças Climáticas e Desertificação no Semi-Árido Brasileiro. Petrolina-PE, Embrapa Semi-Árido, 2009. Cap. 1. p.19.

MGANGA, ET AL. **Dry matter yields and hydrological properties of three perennial grasses of a semi-arid environment in east Africa**. African Journal of Plant Science Vol. 4(5), pp. 138-144, May 2010.

MITIDIERI, J. **Manual de Gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel: Ed. Universidade de São Paulo, 1983. 198p.

MOREIRA, J.N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; FEREIRA, M. A.; MELO, A.A.S. **Substituição do farelo de soja por uréia na suplementação de vacas leiteiras no sertão pernambucano**. Caatinga (Mossoró,Brasil), v.20, n.3, p.30-37, julho/setembro 2007.

MORGAN, J.A.; PATAKI, D.E.; KÖRNER, C.; CLARK, H.; DEL GROSSO, S.J.; GRÜZWEIG, J.M.; KNAPP, A.K.; MOSIER, A.R.; NEWTON, P.C.D.; NIKLAUS, P.A.; NIPPERT, J.B.; NOWAK, R.S.; PARTON, W.J.; POLLEY, H.W.; SHAW, M.R. **Water relations in grassland and desert ecosystems exposed to elevated atmospheric CO_2.**Oecologia. 140: 11–25.2004.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. 7. ed., 3. reimp. São Paulo: Nobel, 1989. 376p

NUNES, E.L.; AMORIM, R.C.F.; SOUZA, W.G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M.C.A.; LEAL, B.G. **zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio doce**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.3, 2007, p.297-302,

OLIVEIRA, M.C.; SILVA, C.M.M. DE S.; SOUZA, F.B. **Capim Buffel (Cenchrus ciliaris L.) preservação "ex - situ" e avaliação aprofundada**.In. QUEIROZ, M.A.de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. Ed. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE. EMBRAPA Semiárido/ Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.nov. 1999. Disponível em www.cpatsa.embrapa.br. ISBN 85-7405-001-6. Acessado 10.04.2010.

OLIVEIRA,M.C. **Capim búffel: produção e manejo nas regiões secas do nordeste**.Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Sem-árido (EMBRAPA/ CPATSA),Circular Técnica, n 27, 1993.

OLIVEIRA,M.C. **O capim buffel nas regiões secas do Nordeste**.Petrolina-PE. EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, n 5. 1971. 19p.

ORTOLANI, A. A. TARIFA, J. R. **Recursos Hídricos e Agricultura no Brasil.** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. São Paulo: EDISER, 1978, p.75-83 (Projetos 3).

PEZZOPANE, J.R.M. , CASTRO, F.S., PEZZOPANE, J.E.M., BONOMO,R. E SARAIVA, G,S. **Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo[1]**. Revista Ciência Agronômiica, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.

PORTO,E.M.V. **Morfogênese e rendimento forrageiro de cultivares de Cenchrus ciliaris L. Submetido a adubação nitrogenada**. Janaúba – MG. 2009. 50p. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal no Semiárido). Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas-SP,1990. 343p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. ed. Guanabara Koogan 728p. 1996.

SALVIANO L.M.C.; NUNES,M.C. **Feno de maniçoba na suplementação de novilhos alimentados com feno de capim-búffel**. Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38,1991.

SANTOS, R. M.; VOLTOLINI, T. V.; MOURA, B. S.; **Zoneamento agroclimático do capim-bufel no Estado de Pernambuco[1].** IN: 48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Belém – PA.N2011. CD ROOM.

SILVA, F. V. F. de. **Metabolismo e crescimento de Ricinus communis L. sob temperatura supraótima e elevado nível de CO_2**. Areia – PB, 2011. 78p. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

SIQUEIRA, O. J. W. de; STEINMETZ, S.;FERREIRA, M. F. ; COSTA, A.C. ; WOZNIAK, A. M. **Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira**.Revista Brasileira de Agrometeorologia,v.8, n.2, 2000. p.311-320.

SOUZA, F.B.; ARAÚJO FILHO, J.A. **Capim búfel (Cenchrus ciliaris L.): uma opção para ovinos e caprinos**. Sobral-CE: Embrapa-CNPC, Comunicado Técnico, n75, 2007. 8p.

SOUZA, M. J. H. de; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, A. M. S. **Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais**.Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.v.10, n.2, p.390–396, 2006.

STRECK, N. A. **Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO_2 and temperature on crop growth, development, and yield**. Ciência Rural, v. 35, n.3, 2005. ,p.730-740

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TIX, D. **Cenchrus ciliaris Invasion and Control in Southwestern U.S**. Grasslands and Shrublands. Student on- line Journal. Department of horticultural science. University of Minnesota. Vol 6, n. 1. 2000.

YOON, S. T. HOOGENBOOM, G. FLITCROFT, I. BANNAYAN, M. **Growth and development of cotton (Gossypium hirsutum L.) in response to CO_2 enrichment**

under two different temperature regimes. Environmental and Experimental Botany, v. 67, p. 178–187, 2009.

WAND, S.J.E., G.F. MIDGLEY, M.H. JONES AND P.S. CURTIS: **Responses of wild C4 and C3 grass (Poaceae) species to elevated atmospheric CO2 concentration: A meta-analytic test of current theories and perceptions**. Global Change Biol., 5, 723-741(1999).

4. Capítulo 1. Germinação de sementes de capim-bufel em diferentes temperaturas

Buffel grass seed germination at different temperatures

Roberta Machado Santos[1], Tadeu Vinhas Voltolini[2], Francislene Angelotti[3], Barbara França Dantas[4]

[1]Bióloga. Discente do Mestrado em Ciência Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Campus Ciências Agrárias. Petrolina-PE. Bolsista de pós-graduação da FACEPE. e-mail:betamsantos@yahoo.com.br

[2]Pesquisador, Embrapa Semiárido. CP23, CEP56302-970, Petrolina-PE. e-mail: tadeu.voltolini@cpatsa.embrapa.br

[3] Pesquisadora, Embrapa Semiárido. CP23, CEP56302-970, Petrolina-PE. Email:fran.angelotti@cpatasa.embrapa.br

[4]Pesquisadora, Embrapa Semiárido. Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Semiárido-LASESA, CP23, CEP56302-970, Petrolina-PE. Email: barbara@cpatsa.embrapa.br

Resumo - O capim-bufel é uma gramínea forrageira de grande importância para o Semiárido brasileiro, entretanto são escassas as informações acerca de suas respostas produtivas, especialmente quanto a germinação de sementes em relação às características climáticas. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o percentual de germinação (G), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG) e o coeficiente de uniformidade de germinação (CUG), em três cultivares (Biloela, Aridus e West Australian) mantidas em seis temperaturas média do ar (15, 20, 25, 30, 35 e 40°C), dispostas em arranjo fatorial 6 x 3 e delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As temperaturas

afetaram a G, IVG, TMG e CUG para as três cultivares, sendo a faixa ótima para a germinação do capim-bufel entre 25 a 35°C.

Palavras-chaves: *Cenchrus ciliaris* L. , mudanças climáticas, pecuária sustentável

Abstract - Buffel grass is one of the most important forage to Brazilian semiaird, however there are few informations about its productive performace, especially about germination of seeds in relation to climate characteristics. The objective of this study was to evaluate percentage of germination (G), index of germination speed (IGS), medium time of germination (MTG) and uniformity of germination coefficient (UGC) for three cultivars (Biloela, Aridus and West australian) held to six air temperatures (15, 20, 25, 30, 35 and 40°C), factorial arrangement 6 x 3 and completely randomized design with four replicates experimental design. Temperatures affect G, IGS, MTG and UCG for three cultivars, in which the optimum range to germinantion of buffel grass is between 25 and 35°C.

Keywords: *Cenchrus ciliaris* L., climate change, sustainable livestock

Introdução

A pecuária tem grande importância econômica e social para o Semiárido brasileiro, sendo essa atividade baseada no uso de forragens nativas e cultivadas da Caatinga. Dentre as forragens cultivadas destaca-se o capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.), gramínea de notável adaptação às condições de semiaridez (DANTAS NETO *et al*., 2000).

O capim-bufel é uma forrageira originária da África, Índia e Indonésia, sendo introduzida no Brasil em 1952, no Estado de São Paulo, sendo posteriormente trazida para o Nordeste brasileiro, ganhando destaque por sua produção de forragem (8 a 12 t/ha/ano de MS), resistência a longos períodos de estiagem, baixos índices pluviométricos e capacidade de perenização (OLIVEIRA, 2005).

Apesar da importância dessa gramínea forrageira tropical é desconhecido seu comportamento em relação às variáveis climáticas. De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas *(Intergovernanmental Panel on Climate Change – IPCC)*, o aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera pode elevar a temperatura média do ar no planeta entre 1,8 a 6,4°C nos próximos 100 anos. Durante o século XX a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,6 ± 0,2ºC, sendo que a década de 1990 apresentou temperaturas mais elevadas, desde que as primeiras aferições foram efetuadas no final do século XIX (IPCC, 2007).

A temperatura do ar é essencial para o desenvolvimento das espécies forrageiras, desta maneira, as mudanças climáticas poderão provocar aumento, diminuição ou até mesmo o deslocamento das áreas produtoras para regiões com condições climáticas favoráveis. Estudos analisando os impactos do aquecimento global sobre cana-de-açúcar, soja, milho, café, algodão, arroz, feijão, mandioca e soja, revelaram que se não forem adotadas medidas de mitigação e adaptação, poderá ocorrer perda significativa de até R$14 bilhões até o não de 2070, além do deslocamento de culturas de uma região para outra (DECONTO, 2008).

Assim, as informações geradas neste trabalho serão de grande importância para o estabelecimento de políticas públicas que possam direcionar as áreas de melhor aptidão dessa planta e na elaboração de cenários futuros caso sejam concretizados as mudanças no clima.

Uma das etapas dessas avaliações é o conhecimento da germinação dessa planta, uma vez que essa é a etapa inicial para o desenvolvimento dos pastos, além de ser fundamental para o processo de perenização. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar as características relacionadas a germinação de sementes de três cultivares de capim-bufel mantidas em diferentes temperaturas média do ar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Semiárido - LAESA, em Petrolina/PE. Os tratamentos avaliados foram três cultivares de capim-bufel (Biloela, Aridus e West Australian) e seis temperaturas média do ar (15, 20, 25, 30, 35 e 40°C), dispostos em arranjo fatorial 6 x 3 (cultivares e temperaturas) em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As sementes do capim-bufel foram provenientes do banco ativo de germoplasma (BAG) localizado no Campo Experimental da Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido. As sementes foram colhidas no ano de 2009 e mantidas em câmara fria, por cerca de um ano até o início do estudo.

As sementes de cada cultivar foram semeadas sobre duas camadas de papel germitest umedecido com água destilada, no volume de 2,5 vezes o peso do papel, aplicada diariamente, em caixas plásticas tipo gerbox e mantidas em incubadoras tipo B.O.D com fotoperíodo de 8 horas de exposição a luz e 16 horas de escuro e temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C Foram utilizadas 100 sementes por gerbox (repetição). A avaliação foi realizada através de contagens diárias de emissão de radícula por um período de 28 dias (BRASIL, 2009).

As variáveis avaliadas foram: a germinação (G), o índice de velocidade de germinação (IVG), o tempo médio de germinação (TMG) e o coeficiente de uniformidade de germinação (CUG).

A germinação (G) foi determinada com a contagem do número de plântulas germinadas ao final dos 28 dias, sendo expressa em porcentagem. O índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado a partir da soma do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo respectivo número de dias transcorridos a partir da semeadura, correspondendo ao número de sementes germinadas ao longo do tempo, sendo expresso em semente/dia (MAGUIRE, 1962). O tempo médio de germinação (TMG) refere-se à soma do número de sementes germinadas multiplicado pelo tempo de incubação em dias, dividido pela soma de

sementes germinadas por dia (LABOURIAU, 1983). O coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) mede a variabilidade entre sementes em relação ao tempo médio de germinação da amostra, uma vez que ele é expresso como o inverso da variância dos tempos médios de germinação (NICHOLS & HEYDECKER, 1968). Desta forma foi considerada como germinada as sementes que apresentaram emissão de radícula.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Assistat, aplicando-se a análise de variância seguida da regressão linear. Foram considerados como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($P<0,05$).

Resultados e Discussão

O efeito da temperatura na germinação pode ser descrito em termos de temperaturas cardinais (mínima, ótima e máxima), onde as temperaturas mínimas e máximas são aquelas que respectivamente abaixo ou acima, dos quais a germinação não ocorrerá. Dentro desses limites existe uma faixa de temperatura no qual o processo ocorre com máxima eficiência, ou seja, há porcentagem de máxima de germinação no menor período de tempo possível (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

As diferentes temperaturas afetaram a germinação (G) ($P<0,05$) do capim-bufel. Para as três cultivares avaliadas houve aumento nos valores de germinação até 25°C de temperatura média do ar e a partir dessa temperatura foram observadas reduções na germinação das sementes (Figura 1). As maiores taxas de germinação são observadas em uma temperatura ótima para Biloela está entre 25,5 a 26°C, já para West Australian é de 26°C, enquanto que Aridus apresentou maior temperatura ótima de 27 a 27,5°C.

De acordo com BORGES & RENA (1993) a temperatura adequada para a germinação de espécies tropicais situa-se entre 20 e 30°C, entretanto LARCHER (2000) amplia essa faixa para 35°C. MCIVOR (1976) e RODRIGUES et al. (2010) também reportam a temperatura

média do ar de 25°C como ótima para o crescimento de plantas forrageiras tropicais e que valores acima ou abaixo desse ponto ótimo reduzem a germinação das sementes, corroborando com o resultado obtido neste trabalho. ALVES et al. (2002) que informam que a temperatura ótima para a germinação de espécies forrageiras tropicais está entre 15 e 30°C, reportam ainda que forrageiras tropicais não toleram temperaturas médias do ar superiores 30°C. Houve redução na germinação após a temperatura de 30°C, mas não inibição da germinação (Figura 1).

A temperatura média de 40°C promoveu a menor germinação das sementes ($P<0,05$), no entanto as mesmas ainda apresentaram 10% de germinação. OKUSAYA (1978) relata que as espécies tropicais têm uma notável tolerância a altas temperaturas, apresentando um limite máximo igual à 35°C. No entanto, para as cultivares de capim-bufel as sementes apresentaram tolerância a temperatura de até 40º C (Figura 1).

Segundo POPINIGIS (1985) e MARCOS FILHO (1986) as elevadas temperaturas médias do ar, ou temperaturas superiores aos níveis considerados como ótimos afetam a condição fisiológica da semente promovendo alterações enzimáticas ou alterando a solubilidade do oxigênio, aumentando a velocidade respiratória das sementes e, consequentemente, suas exigências. De modo geral, temperaturas altas podem promover uma redução no suprimento de aminoácidos livres, na síntese de RNA e de proteínas e o decréscimo da velocidade das reações metabólicas (RILEY, 1981). As temperaturas elevadas alteram a permeabilidade das membranas e promovem desnaturação de proteínas necessárias à germinação, propiciando redução no percentual de germinação e atraso no processo germinativo (SIMON et al., 1976; BEWLEY & BLACK 1994).

A temperatura age também sobre a velocidade de absorção da água, a reativação das reações metabólicas e a mobilização de reservas, os quais são fatores que determinam todo o

processo, afetando a velocidade da germinação e a porcentagem final da germinação (DOUSSEAU et al., 2008).

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi influenciado pelas temperaturas média do ar ($P<0,05$) (Figura 2). Os maiores valores de IVG foram observados a 28°C para Biloela, 28,5 a 29°C para Aridus e West Australian foi entre 26,5 a 28°C, sendo que as cultivares Aridus e West Australian apresentaram IVG mais altos em relação à Biloela. Contudo em temperaturas mais elevadas houve redução no IVG para todas as cultivares estudadas.

ALVES et al. (2002) e DOUSSEAU et al. (2008) verificaram as maiores velocidades de germinação em *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Plantago tomentosa* ocorreram quando a temperatura foi de 25°C. No entanto, alguns autores estudando espécies de caatinga encontram melhores taxas e velocidade de germinação na temperatura de 30ºC em espécies de *Mimosa caesalpiniifolia*, *Caesalpinia ferrea* e *Copaifera langsdorfii* (SILVA et al., 2008; LIMA et al., 2006; GUERRA et al., 2006), estes resultados permitem induzir que o capim-bufel também é altamente adaptado às altas temperaturas da caatinga.

Segundo DOUSSEAU et al. (2008), elevadas temperaturas, superiores à temperatura ótima para a germinação, promove a desnaturação de proteínas essenciais ao processo germinativo, refletindo diretamente nas reações enzimáticas das sementes, prejudicando não só a porcentagem da germinação como também a velocidade da germinação.

Segundo CARVALHO & NAKAGAWA (2000), temperaturas inferiores ou superiores à ótima influenciam na redução da velocidade do processo germinativo, expondo as plântulas por maior período a fatores adversos, o que pode levar à redução no total de germinação. Além disto, para estes autores a temperatura ótima para o IVG geralmente é superior em relação à temperatura ótima para a germinação, assim como os resultados encontrados neste trabalho (Figuras 1 e 2).

Segundo MARTINS et al. (1999), índices de velocidade de germinação maiores tornam as plântulas menos vulneráveis a situações adversas, pois quanto mais tempo a plântula permanecer nos estádios iniciais de desenvolvimento e demora a emergir do solo, mais vulnerável estará às condições adversas do meio. Desta forma, em um cenário de aumento de temperatura, é importante que a forrageira apresente todas as características agronômicas e fisiológicas ideais possíveis para que consiga prevalecer em um ecossistema tão adverso. É possível inferir que a cultivar Aridus, que apresentou uma velocidade de germinação mais rápida quando comparada a Biloela e West Australian, possui maior probabilidade de tolerar altas temperaturas as condições do meio do que as outras cultivares estudadas (Figura 2).

As temperaturas médias do ar influenciaram o tempo médio de germinação (TMG) das sementes de capim-bufel ($P<0,05$). O TMG corresponde ao tempo necessário para que as primeiras sementes germinem, sendo expresso em dias (Figura 3). Os melhores tempos de germinação ocorreram para Biloela entre 28,5 a 29°C, Aridus a 30°C e West Australian em 31,5°C. Aridus e West Australian são as cultivares que germinaram em menor tempo, aproximadamente 3,2 dias e 4 dias respectivamente, porém a cultivar Biloela apresentou maior tempo para germinar em torno de 4,7 dias.

Em um estudo realizado por CARMONA & MARTINS (2010), que avaliaram o tempo médio de germinação do capim-gordura para as cultivares roxo e cabelo-de-negro encontraram resultados próximos ao deste estudo, com 4,3 e 4,4 dias respectivamente, no entanto para estes valores foi testada uma temperatura alternada de 20 - 30°C.

Nas temperaturas 15, 20 e 40°C, as três cultivares de capim-bufel apresentaram maiores tempo médio de germinação. Desta forma, a germinação rápida e sincronizada são altamente desejáveis, já que pode definir o sucesso das forrageiras nos pastos, reduzindo os efeitos nocivos da concorrência de espécies de plantas daninhas durante os primeiros estágios da germinação (USBERDI & MARTINS, 2007).

Os maiores tempos médios de germinação ocorreram com a temperatura a 15°C, sendo que esta característica não é ideal para o processo germinativo, já que o vegetal pode tornar-se mais susceptível as adversidades do ambiente. Além disso, as baixas temperaturas retardam as atividades metabólicas, promovendo redução no percentual de germinação e atraso no processo germinativo (SIMON et al., 1976; BEWLEY & BLACK 1994).

Outra característica importante no processo de germinação é o coeficiente de uniformidade (CUG). No presente estudo o CUG foi afetado apenas para a cultivar Aridus ($P<0,05$), enquanto para as cultivares Biloela e West Australian a temperatura média do ar não afetou a uniformidade de germinação (Tabela 1).

A cultivar Aridus teve maior CUG entre as temperaturas 25 a 35°C, sendo que valores acima ou abaixo dessa faixa promoveram menor uniformidade de germinação. Para essa mesma cultivar a temperatura para a germinação parece ser mais restrita a essa faixa, já que a uniformidade de germinação é importante no semiárido em virtude das irregularidades climáticas. As cultivares Biloela e West Australian, o CUG não depende da temperatura, já que não houve diferença significativa entre as temperaturas

O valor médio da temperatura do ar no Semiárido brasileiro é próximo a 25°C, ou seja, a temperatura para ótima germinação observada no presente estudo está de acordo com a temperatura média da região, o que pode ser um dos indicativos no processo de desenvolvimento e perenização dos pastos de capim-bufel na região.

Desta maneira, em um cenário futuro para o Semiárido brasileiro com aumento de temperatura poderá reduzir a qualidade da germinação nas cultivares de capim-bufel, pois quando a temperatura passou para 30°C, todas as condições de germinação, IVG, TMG e CUG foram prejudicadas, o que poderá refletir na implantação do pasto e consequentemente prejuízos na produção.

Conclusão

A faixa ótima para a germinação do capim-bufel está entre 25,5 e 31,5°C. Quanto a porcentagem de germinação a temperatura ideal para as três cultivares está entre 25,5 e 27,5°C, enquanto que para o índice de velocidade de germinação a temperatura ideal está acima da temperatura ótima para porcentagem de germinação sendo entre 26,5 e 29°C. Os menores tempos médios de germinação estão entre as temperaturas de 28,5 e 31,5°C.

Temperaturas mais altas prejudicam diretamente a qualidade da germinação das cultivares do capim-bufel, diminuindo a porcentagem da germinação e o índice de velocidade de germinação, aumentando o tempo médio de germinação.

Referências

ALVES, E.U.; PAULA, R.C.; OLIVEIRA, A.P.; BRUNO, R.L.A.; DINIZ, A.A. Germinação de sementes e *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. Revista Brasileira de Sementes, v.24, n.1, p.169–178, 2002. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222002000100025&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acessado em: 05 jun.2011. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100025

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2nd ed. New York, Plenum Press. 1994.

BORGES, E. E.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Ed.). Sementes florestais tropicais. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.137-174.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 399p. 2009

CARMONA, R.; MARTINS,C.R. Dormência e armazenamento e dormência de sementes de capim-gordura. Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, n 4.p. 071 - 079, 2010. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000400008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt> .Acessado em: 05 jun.2011. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400008

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

DANTAS NETO, J.; SILVA, F.A.S.; FURTADO, D.A.; MATOS, J.A. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim Buffel. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 35, n. 09, p. 1867-1874, 2000. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000900020&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt > Acessado em: 05 maio.2011. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000900020

DECONTO, J.G. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. P. imprenta. São Paulo, 2008. 82 p.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A.A.; ARANTES, L.O.; OLIVEIRA, D.M.; NERY, F.C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. Ciência e Agrotecnologia. v.32, n.2, p.438-443, 2008. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000200014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt >.Acessado em: 06 maio.2011. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200014

GUERRA, M.E.C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae). Cerne. Lavras, v.12, n.4, p.322-328, 2006. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/10-02-200929v12_n4_artigo%2003.pdf> .Acessado em: 15 maio.2011.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genebra, Suiça. 2007. 18 p.

LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. Washington, D.C. 1983.

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima. 2000. 531p.

LIMA, J.D.; ALMEIDA, C.C.; DANTAS, V.A.V.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S. Efeito da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). Revista Árvore. v.30. n.4. p.513-518, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000400003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt .Acessado em 16 maio.2011.Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000400003.

McIVOR F.G. Germination characteristics of seven *Stylosanthes* species. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry, v.16, p.723-728, 1976. Disponível em: http://www.publish.csiro.au/paper/EA9760723 .Acessado em: 16 maio.2011. Doi: 10.1071/EA9760723.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigour. Crop Science. v.2, n.1, p.176-177, 1962. Acessado em: 14 maio.2011. Doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. (Ed.). Atualização em produção de sementes. Campinas, Fundação Cargill, 1986. 223p.

MARTINS, C.C.; NAKAGAWA,J.; LEÃO,M.; ALVES,B. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho *(Euterpe espiritosantensis* Fernandes - PALMAE).Revista Brasileira de Sementes. vol. 21, no 1, p. 164-173,1999. Disponível: http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1999/v21n1/artigo25.pdf. Acessado em: 07 maio.2011.

NICHOLS, M.A.; HEYDECKER, W. Two approaches to the study of germination data. Proceedings of the International Seed Testing Association. n.33, v.3, p.531-40, 1968.

OLIVEIRA, M.C. de. Capim búfel (Cenchrus ciliaris L.).In: KIIL, L. H. P.; MENEZES, E. A. Espécies vegetais exóticas com potencialidade para o semiárido brasileiro. Petrolina, PE: EMBRAPA Semiárido; Brasília:Embrapa Informação Tecnologica, 2005, p. 129 -156.

OKUSANYA, O.T. The effect of light and temperature on the germination and growth of *Luffa aegyptiaca*. Physiol. Plant. 44:429-433, 1978.Disponível em: < http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1978.tb01650.x/full> Acessado em: 02.junho.2011. Doi: 10.1111/j.1399-3054.1978.tb01650.x.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

RILEY, G.J.P. Effects of light temperature on protein synthesis during germination of maize (*Zea mays* L.). Planta. v.151, p. 75-80, 1981. Disponível em: http://www.springerlink.com/content/x8142566g5667406/. Acesso em 10 jun.2011. Doi: 10.1007/BF00384240.

RODRIGUES, A.P.D.C.; LAURA, V.A.; PEREIRA, S.R.; SOUZA, A.L.;FREITAS, M.E. Temperatura de germinação em sementes de estilosantes[1]. Revista Brasileira de Sementes. vol. 32, nº 4 p.166 - 173, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222010000400019&script=sci_arttext .Acessado em: 30 maio.2011.Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400019

SIMON, E.W.; MINCHIN, A.; MCMENAMIN, M.M. & SMITH, J.M. The low temperature limit for seed germination. New Phytologist .77: 301-311. 1976. Disponível em: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.1976.tb01519.x/pdf . Acessado em: 30 maio.2011.

SILVA, A. da; AGUIAR, I. B. de; FIGLIOLIA, M. B. Germinação de sementes de Mimosa caesalpiniifolia Benth. (sansão-do-campo) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade.Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 20, n. 2, p. 139-146, dez. 2008 Disponível em: http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/Rev20-2pdf/RIF20-2.pdf .Acessado em:14junho.2011.

USBERTI, R.; MARTINS, L. Sulphuric acid scarification effects on *Brachiaria brizantha, B. humidicola* and *Panicum maximum* seed dormancy release. Revista Brasileira de Sementes. vol.29,nº2,p.143-147,2007. Disponível em:http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222007000200020&script=sci_arttext .Acessado em 02 junho.2011.Doi: http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200020

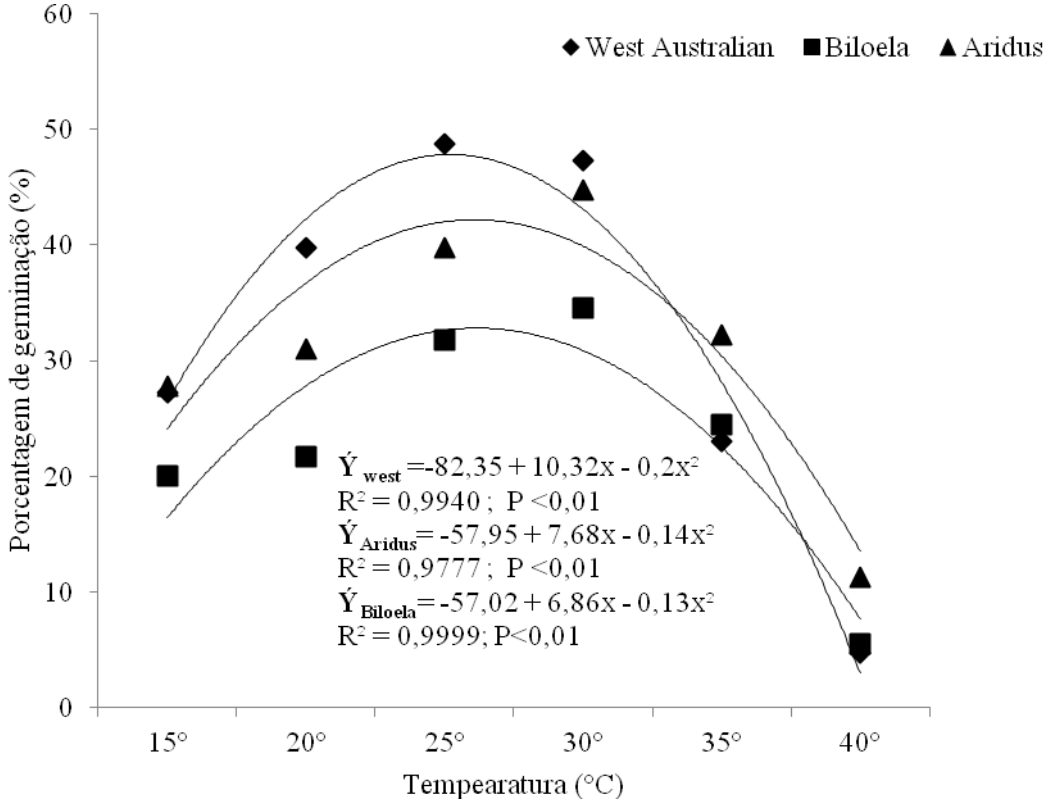

Figura 1. Germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas.

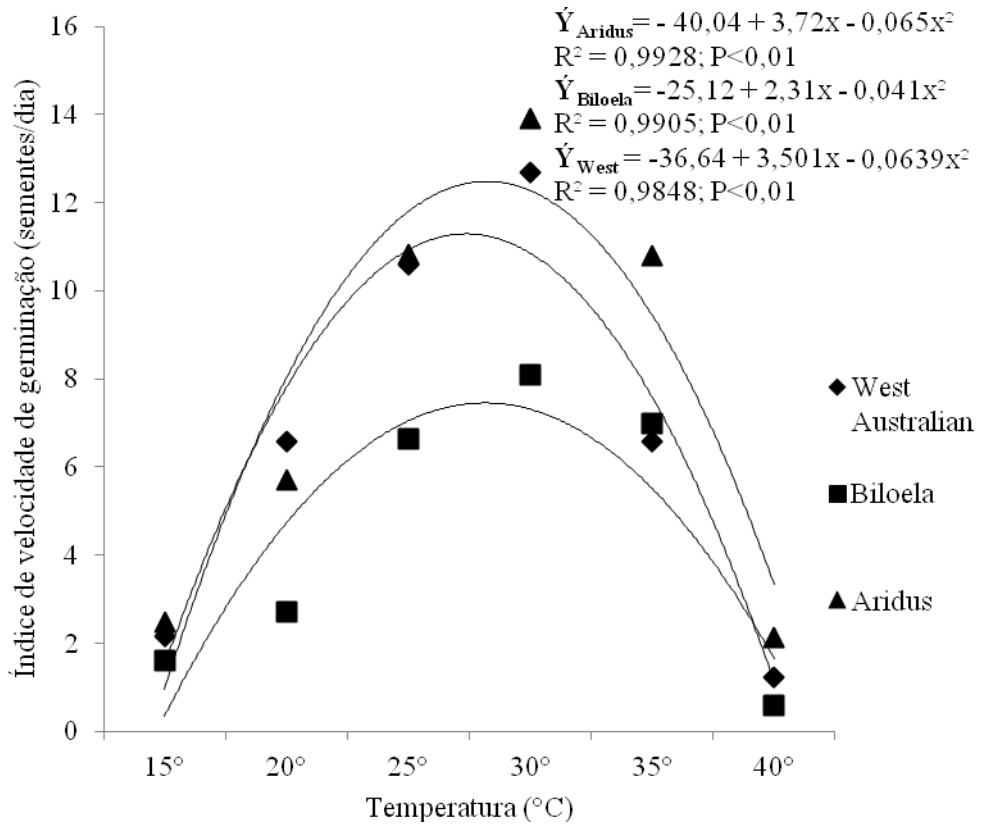

Figura 2. Índice de velocidade de germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas.

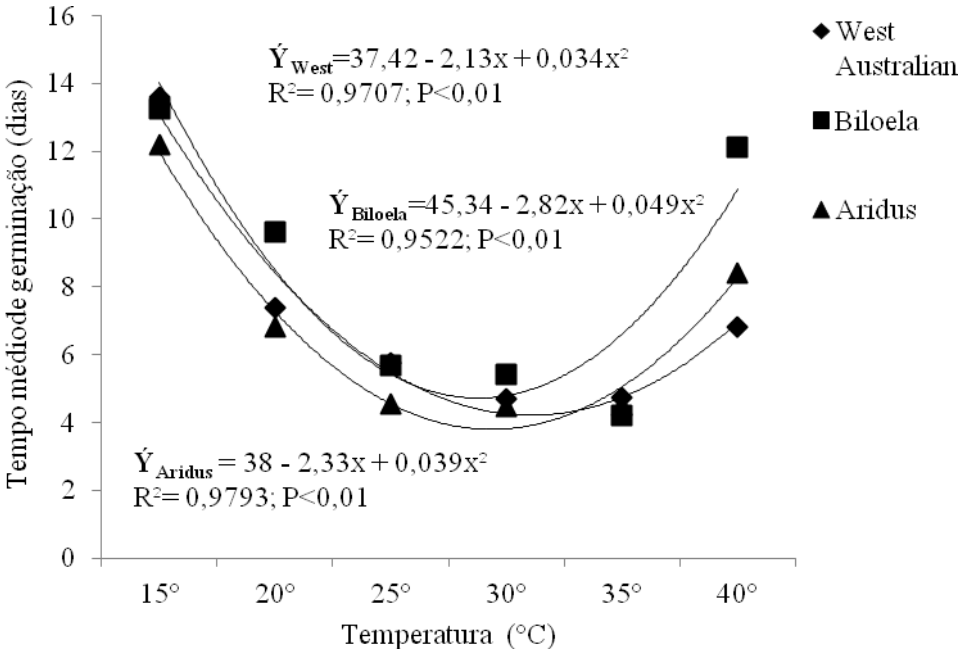

Figura 3. Tempo médio de germinação de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas.

Tabela1. Dados médios do coeficiente de uniformidade de germinação (CUG, d^{-2}) de sementes de capim-bufel, cultivares Aridus, Biloela e West Australian, submetidas a diferentes temperaturas.

Cultivares	Temperatura (°C)						ER	R^2	CV (%)
	15	20	25	30	35	40			
Aridus	0,09	0,09	0,13	0,11	0,13	0,05	$Y = -0,135 + 0,019x - 0,00036x^2$	0,65	51,29
Biloela	0,15	0,10	0,19	0,15	0,21	0,22	ns	-	55,75
WS	0,10	0,09	0,12	0,21	0,17	0,11	ns	-	68,07

WS = *West australian.*

ER = Equação de Regressão

5. Capítulo 2. Crescimento e produção de forragem do capim-bufel submetido a aumento da temperatura do ar e CO_2.

Roberta Machado Santos[1], Tadeu Vinhas Voltolini[2], Francislene Angelotti[2], Saulo de Tarso Aidar[2]

[1]Discente do Mestrado em Ciência Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Bolsista de pós-graduação da FACEPE. betamsantos@yahoo.com.br

[2]Pesquisador (a) da Embrapa Semiárido, Petrolina –PE, tadeu.voltolini@cpatsa.embrapa.br, fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br, saulo.aidar@cpatsa.embrapa.br

Resumo

Objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfogênicas e a produção de forragem do capim-bufel submetido aos aumentos da temperatura do ar e CO_2. Foram utilizadas três cultivares de capim-bufel; Biloela, Aridus e West Australian, que foram cultivadas em câmaras de crescimento, sob três temperaturas (diurna / noturna): 26°C dia / 20°C noite; 29°C dia/ 23°C noite e 32°C dia/ 26°C noite, combinadas duas concentrações de CO_2; 370 ppm e 550 ppm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 x 3 x 2 e três repetições. Maiores temperaturas do ar promovem aumento nas massas de forragem e de raízes do capim-bufel, promovendo também maior relação parte aérea/raiz nas plantas. Há também maiores taxas de alongamento, aparecimento e senescência de folhas com o aumento da temperatura média do ar. O aumento na concentração de CO_2 aumenta a taxa de senescência das plantas e eleva a relação parte aérea raiz. O capim West Australian teve melhor resposta em relação o aumento de massas de forragem e de raízes em maiores concentrações de CO_2.

Palavras-chave: *Cenchrus ciliaris*, dióxido de carbono, mudanças climáticas

Abstract

This study aimed to evaluate morphological and productive of forage grass bufel subjective to increases in air temperature and CO_2 concentration. Were used three cultivars of buffel grass, Biloela, Aridus and West Australian, which were grown in growth chambers under three temperatures (day/night): 26°C day / 20°C night; 29°C day/ 23°C night and 32°C day/ 26°C night, combined with two concentrations of CO_2, 370ppm and 550 ppm. The experimental design was a completely randomized in a factorial 3 x 3 x 2 and three replications. Higher air temperatures promote increased in the mass of forage and roots grass bufel, promoting also superior in shoot/root ratio of plants. There ais a grather rate elongation, and senescence of appearance by increasing the air temperature. Increasing the CO_2 concentration increase the rate of senescence of plants and relative amounts aerial root. West Australian grass had better regarding the increase of forage mass and roots of higher CO_2 concentrations.

Keywords: *Cenchrus ciliaris*, carbon dioxide, climate change

Introdução

O aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, esta diretamente ligada à atividade antrópica como, a queima de combustíveis fósseis e uso indevido e errôneo da terra. Nos últimos 250 anos, a concentração de dióxido de carbono na atmosfera aumentou de 290 para 379 ppm, contudo há uma previsão que a concentração alcance 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da revolução industrial (IPCC, 2007). As emissões de dióxido de carbono têm recebido maior atenção, já que o volume das suas emissões representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa.

Para o Nordeste brasileiro as projeções climáticas para a primeira metade deste século propostas por Siqueira *et al*., (2000), os níveis de CO_2 passará de 360ppm para 555ppm aproximadamente, por conseguinte este acréscimo elevará a temperatura média do ar a 5°C.

O dióxido de carbono, além de promover o incremento da temperatura terrestre, pode causar impactos diretos e indiretos nos agroecossistemas, e em particular aos processos fotossintéticos. Estas alterações poderão variar com as espécies, dependendo da diferentes rotas fotossintéticas, taxa de crescimento e outras características (Pimentel, 2011). Desta maneira, o aumento da concentração de dióxido de carbono poderá afetar o aparato fotossintético das plantas, podendo ser benéfico na produção de biomassa. Os efeitos do CO_2 e da temperatura são aditivos (Buckeridge *et al*., 2007), de modo que o aumento da concentração de CO_2 for combinado com o incremento da temperatura do ar, poderá haver diminuir o crescimento e o rendimento das culturas, devido à diminuição do ciclo de desenvolvimento e aumento da respiração (Taiz & Zeiger, 2004).

A maioria das gramíneas do Nordeste, por ser composta de plantas C4 mantém a fotossíntese sob menores taxas de CO_2, podendo, portanto, fotossintetizar com os estômatos parcialmente fechados, o que garante maior eficiência no uso de água (Araújo, 2005).

Assim, compreender o resultado desses efeitos sobre a resposta da planta e do solo é fundamental, já que elucidar como os ecossistemas respondem ao incremento do CO_2 atmosférico é a chave para prever o seu funcionamento no futuro e os impactos em um planeta enriquecido com CO_2 (Morgan *et al*., 2004).

Desta forma, tem-se como objetivo avaliar as características morfogênicas e a produção de forragem do capim-bufel perante aos aumentos da temperatura do ar e CO_2.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em duas câmaras de crescimento, ambas com dimensões de 3,10m x 1,90m largura x 2,50m largura, sendo internamente de cor branca para melhor aproveitamento da luz, sendo possível o controle de CO_2, temperatura, umidade e luz, na Embrapa Semiárido, em Petrolina/PE. O delineamento experimental foi inteiramente

casualizado com três repetições em um arranjo fatorial de 3x3x2 (cultivar x temperatura do ar x concentração de CO_2). As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Assistat, aplicando-se a análise de variância e o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram utilizadas sementes de capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.) de três cultivares (Biloela, Aridus e West Australian), as quais apresentam, respectivamente, porte alto, médio e baixo. Estas cultivares foram semeadas em nove baldes por câmara climática, com volume de 16L, contudo apresentava uma massa de substrato de 14,7 kg, composto por solo e adubo orgânico, provenientes da Estação Bebedouro da Embrapa Semiárido, na proporção de 2:1. As análises químicas do solo com o adubo orgânico são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Analise química do solo e do solo com o adubo orgânico

Amostras	pH	P mg/dm^3	cmolc/dm^3 de solo					mg/dm3	
			K	Ca	Mg	Al	SB	Fe	Zn
Solo	4,8	4,8	0,21	2	1	0,1	3,23	22,6	3,8
Solo+Adubo Orgânico	7,6	182,09	4,8	3,9	1,6	0	10,73	39,8	18,5

Após 10 dias da semeadura realizou-se o desbaste, permanecendo cinco plantas por balde. Estas plantas foram cultivadas em câmaras de crescimento, nas quais se utilizou três temperaturas (diurna/noturna): 26°C dia / 20°C noite; 29°C dia/ 23°C noite e 32°C dia/ 26°C noite, combinadas a duas concentrações de CO_2; 550 ppm e 370 ppm, em um Fotoperíodo de 13 h/11h. Utilizou primeiramente a temperatura média da região, 26°C, posteriormente um aumento de 3°C e 6°C a partir da temperatura média, 29°C e 32°C. Foi utilizado uma concentração de dióxido de carbono de 370 ppm, correspondendo a concentração atual, e 550 ppm, correspondendo a concentração em possíveis cenários futuros.

Na câmara 1 a concentração de CO_2 era de 550 ppm e a câmara 2 a concentração era de 370 ppm, variando somente no decorrer do experimento as temperaturas. O monitoramento da concentração de CO_2 eram realizadas por um meio do software SITRAD.

O experimento obteve uma duração de 50 dias para cada tratamento utilizado, período necessário para que as plantas completassem seu ciclo fisiológico, durante o período as plantas foram regadas diariamente. As plantas foram avaliadas a partir dos 15 dias de semeadura, contudo para avaliar as características morfogênicas, foram marcados três perfilhos de cada balde, totalizando 27 perfilhos para cada tratamento. Os quais foram realizados os seguintes registros: altura do perfilho, tamanho da haste, número de lâminas foliares, comprimento da lâmina foliar, largura da lâmina foliar e número de lâminas foliares mortas. A partir destas medições foram obtidas as seguintes características morfogênicas e estruturais.

Duração de vida das folhas (DVF) foi estimada considerando o tempo entre o aparecimento do ápice e o primeiro sinal de senescência da lâmina foliar.

Taxa de senescência (TSn – mm/dia) a perda de tecido morto (em mm) de cada perfilho, dividindo-se o valor encontrado pelo número de dias decorridos na avaliação.

Taxa de alongamento foliar (TAlF, mm,Folha/dia): calculada pela diferença entre os comprimentos foliares, final e inicial. A lâmina foliar foi medida até sua expansão completa, ou seja, até o aparecimento da lígula.

Taxa de aparecimento foliar (TAPF, folhas/perfilho/dia): foi obtida pela divisão entre o número de folhas surgidas nos perfilhos marcados e o número de dias envolvidos.

Número de folhas vivas (NFV): obtido pela contagem do número de folhas em expansão e expandidas.

Comprimento da folha expandida (CPF, cm) – comprimento médio das lâminas foliares de todas as lâminas expandidas presentes em um perfilho, mensuradas do ápice foliar até sua lígula.

Avaliou-se a produção de forragem, ao final de cada tratamento por meio de cortes na base da planta próximo ao solo, das cinco plantas presentes em um único balde.

Desta forma as cinco plantas eram separadas, três faziam parte da mostra de plantas inteiras, aquelas que não sofreriam divisão dos componentes, ou seja, continha somente a parte aérea. Já as outras duas plantas sofriam separação dos componentes, em colmo, folhas, material morto e inflorescência, compondo a amostra destes componentes, a separação dos componentes ocorreu manualmente.

Após a retirada das plantas dos baldes, as suas raízes também foram coletadas, estas foram separadas, posteriormente lavadas para a retirada do solo e postas em ambiente aberto para secagem.

Desta maneira, as amostras eram compostas de planta inteira (parte aérea), raízes, colmo, folhas, material morto e inflorescência para cada repetição da sua respectiva cultivar referente ao tratamento aplicado. Todas estas amostras foram pesadas em in natura, depois pré-secada em uma estufa a 55°C por 72h e pesada novamente (peso seco). Estes dados foram utilizados para avaliação da massa de forragem da parte aérea, massa da raiz, relação folha/colmo e relação parte aérea/raiz.

Resultados e discussão

A MF (g de MS/vaso) foi influenciada ($P<0,05$) pelas temperaturas (Tabela 3) e pela interação entre cultivares e CO_2 (Tabela 2). As cultivares, concentrações de CO_2 e as demais interações não afetaram ($P>0,05$) os valores de MF (Tabela 2). Na temperatura de 26°C/20°C foi obtida menor MF em relação a 29°C/23°C e 32°C/26°C, o que é justificado pelas melhores

respostas produtivas que plantas do tipo C4 apresentam quando expostas a maiores temperaturas do ar em razão de melhores eficiências fotossintéticas. Para as plantas C4 o aumento da temperatura estimula o metabolismo geral da planta, com maior respiração de crescimento.

Tal comportamento foi semelhante ao observado por Newman *et al.* (2001) ao avaliarem a respostas de *Arachis glabra* (planta C3) e *Paspalum notatum* (planta C4) ao longo dos anos de 1996, 1997 e 1998. Testaram duas concentrações de CO_2 (360 e 700 ppm) e aumento de temperaturas de 1,5°C; 3°C; 4,5°C acima do valores basais, sendo que as temperaturas mais altas utilizadas chegaram próximo a 32°C. Observaram que em temperaturas mais elevadas houve maior massa de forragem.

Tabela 2. Significância do teste F para o efeito de interação das cultivares (C), temperatura (T) e concentração de dióxido de carbono (CO_2) pela análise de variância.

Característica	C x T	C x CO_2	C x T x CO_2
MF, g de MS/vaso	0,65 ns	3,96 *	1,62 ns
MR, g de MS/vaso	1,89 ns	7,41 **	10,84 **
Relação F/C, MS	0,73 ns	0,24 ns	10,91 ns
Relação PA/raiz, MS	1,30 ns	3,88 *	2,96 *
TAlF (mm.Folha/dia)	10,38 **	2,90 ns	2,41 ns
TApF (Folha/dia)	5,01 **	2,12 ns	0,18 ns
DVF (dias)	5,18 **	16,12 **	4,19 **
TSn (mm.Folha/dias)	17,78 **	6,03 **	5,16 **
NFV	6,32 **	0,02 *	1,02 ns
CFex (cm)	8,01 **	1,59 ns	0,59 ns

CxT- Interação Cultivar x Temperatura; CxCO_2- Interação Cultivar x Concentração de CO_2; C x T x CO_2- Interação Cultivar x Temperatura x Concentração de CO_2;(**) significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); (*) significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 =< p < 0.05$); (ns) não significativo ($p< 0.05$); MF, g de MS/vaso – Massa de forragem, g de MS/vaso; MR, g de MS/vaso – Massa Raiz, g de MS/vaso; Relação F/C – Relação Folha/Colmo; Relação PA/raiz – Relação Parte aérea/raiz; TAlF – taxa de alongamento foliar; TApF- taxa de aparecimento foliar; DVF - duração de vida das folhas e TSn- taxa de senescência.

Tabela 3. Massas de forragem (MF) e de raízes (MR) e relações folha/como (F/C) e parte aérea (PA)/raiz de três cultivares de capim-bufel submetidas a diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2.

Cultivar	MF	MR	Relação F/C	Relação PA/raiz
Aridus	10,51 a	6,32 a	0,73 a	1,21 a
Biloela	13,43 a	7,17 a	0,71 a	1,44 a
West Australian	13,29 a	7,63 a	0,75 a	1,44 a
Temperatura	MF	MR	Relação F/C	Relação PA/raiz
26°C/20°C	5,92 b	4,67 c	0,62 a	1,03 b
29°C/23°C	15,31 a	9,30 a	0,68 a	1,54 a
32°C/26°C	16 a	7,16 b	0,90 a	1,53 a
Concentração CO_2	MF	MR	Relação F/C	Relação PA/raiz
370 ppm	11,61 a	6,93 a	0,62 a	1,02 b
550 ppm	13,21 a	7,15 a	0,85 a	1,71 a
CV (%)	40	24,90	66,21	27,30

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade.
MF, g de MS/vaso; MR, g de MS/vaso; Relação F/C (% MS); Relação PA/raiz (% MS).

Para as cultivares, independente do porte das plantas (alto, médio e baixo) o potencial de produção de forragem é semelhante. Nem sempre plantas de maior porte apresentam maior MF, uma vez que essa característica também se dá pela composição morfológica e densidade da planta. Na presente pesquisa, uma das razões para os semelhantes valores de MF (Tabela 3) está na interação entre cultivares x concentrações de CO_2 (Tabela 4), já que as cultivares Biloela e Aridus, tidas como mais produtivas por serem de porte alto, tiveram maiores MF na menor concentração de CO_2, enquanto a West Australian, representante das cultivares de capim-bufel de porte baixo teve elevada MF com 550 ppm de CO_2, superando a Aridus.

Tabela 4. Efeito da interação cultivar x concentração de CO_2 sob a massas de forragem (MF) e de raízes (MR), relação aérea (PA)/raiz, duração de vida das folhas –DVF (dias), taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias) e número de folhas vivas (NFV).

Cultivares	MF, g de MS/vaso	
	Concentração de CO_2	
	370 ppm	550 ppm
Aridus	11,63 aA*	9,4 bA
Biloela	13,33 aA	13,54 abA
West Australian	9,87 aB	16,71 aA
	MR, g de MS/vaso	
Aridus	6,97 aA	5,66 bA
Biloela	7,58 aA	6,76 bA
West Australian	6,23 aB	9,04 aA
	Relação PA/raiz	
Aridus	0,93 aB	1,49 bA
Biloela	1,23 aB	1,65 abA
West Australian	0,90 aB	1,98 aA
	DVF	
Aridus	14,26 abA	14,05 bA
Biloela	15,05 aA	13,27 bB
West Australian	14,15 bB	15,26 aA
	TSn	
Aridus	25,46 bA	30,30 bA
Biloela	35,37 aA	31,62 bA
West Australian	31,79 abB	42,86 aA
	NFV	
Aridus	9,01 aA	8,14 aA
Biloela	6,09 bA	5,39 bA
West Australian	6,14 bA	5,37 bA

*Letras minúsculas para colunas e maiúsculas para linhas. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Trehorne *et al.* (1971), que avaliaram aspectos fisiológicos de *Cenchrus ciliaris*, afirmam que na população dessa espécie há consideráveis diferenças em mecanismos fisiológicos entre os indivíduos o que também é mencionado por Mnif & Chaieb (2010). Essas diferenças entre indivíduos, em suas características morfofisiológicas podem ser a razão para as diferentes respostas das cultivares de capim-bufel em relação às variações de temperatura e concentrações de CO_2.

Quanto as concentrações de CO_2, Newman *et al*. (2001) obtiveram respostas produtivas semelhantes para o *Paspalum notatum* (planta C4) ao longo de três anos de estudo (1996, 1997 e 1998) quando avaliaram duas concentrações de CO_2 (360 e 700 ppm), resultados semelhantes aos observados na presente pesquisa. Segundo esses mesmos autores, as plantas C4 possuem um mecanismo nas células da bainha que permite manter maior concentração de CO_2 em torno da enzima Rubisco (Ribulose - 1,5 - bifosfato) garantindo maior fixação do dióxido de carbono em níveis ambientais. Contudo, em atmosfera enriquecida com CO_2 pode haver menos mudanças nos sítios vinculados a Rubisco, refletindo em menores respostas produtivas das plantas C4.

O aumento da concentração de CO_2 pode elevar o número e o tamanho de órgãos das plantas, no entanto este efeito é altamente específico para cada espécie. De modo geral, temperaturas altas podem acelerar as taxas de expansão e desenvolvimento dos órgãos, mas podem diminuir a duração destes órgãos, ao exemplo da presente pesquisa, com redução na duração de vida das folhas (Tabela 5).

As cultivares e as concentrações de CO_2 apresentaram semelhantes valores de massa de raízes ($P>0,05$) (Tabela 3), porém na temperatura intermediária (29°C/23°C) foram encontradas maiores massas de raízes em comparação com 32°C/26°C e 26°C/20°C. Na temperatura de 26°C/20°C foram ainda obtidas menores massas de raízes em relação a 32°C/26°C ($P<0,05$) (Tabela 3), o que sugere que na temperatura intermediária (29°C/23°C) tenha sido o ponto ótimo para o crescimento das raízes do capim-bufel, sendo excessiva acima desse valor. Possivelmente, em decorrência da planta mantida em 32°C/26°C apresentar maior taxa de síntese (maior taxa de aparecimento e alongamento foliar) e senescência de tecidos (Tabela 5), os fotoassimilados foram prioritariamente direcionados para a parte aérea em detrimento a raiz, o que promoveu menores valores de massas de raízes nessa temperatura em comparação com 29°C/23°C.

Foram constatadas interações entre as concentrações de CO_2 x cultivares e entre cultivares x temperatura x concentração de CO_2 (Tabela 2), e novamente a cultivar West Australian teve boa resposta quando mantida em 550 ppm, apresentando maiores massas de raízes em comparação com a Biloela e a Aridus nessa mesma concentração de CO_2 e à ela mesma mantida com 370 ppm (Tabela 4), o que também pode estar relacionada com as diferenças entre os indivíduos dessa espécie.

As cultivares, temperaturas e concentrações de CO_2 não influenciaram a relação folha/colmo (F/C) do capim-bufel (Tabela 3). Em geral, os valores da relação que variaram de 0,71 a 0,75 para as três cultivares podem ser considerados como bons. A cultivar Aridus por apresentar maiores número de folhas vivas, taxas de aparecimento e alongamento foliar e menor taxa de senescência foliar (Tabela 5), poderia ter melhor relação F/C que as demais, no entanto, essa cultivar também teve elevada participação de colmos que contribuiu em balancear a relação F/C com as demais.

Elevada proporção de folhas é importante para o manejo do pastejo, já que maiores quantidades de folhas na forragem pastejada pode proporcionar melhores desempenhos produtivos aos animais, uma vez que as folhas possuem melhor valor nutritivo em comparação com os colmos (Santos *et al.*, 2003; Sousa *et al*., 2007) e além maior quantidade de folhas no resíduo pós-pastejo possibilitam melhor e mais rápida recuperação do dossel forrageiro (Lopes *et al*., 2011).

As três cultivares de capim-bufel avaliadas não apresentaram diferença significativa para a relação PA/raiz (Tabela 3), o que era esperado, uma vez que não houve diferenças em massa de forragem ou massa de raízes entre os genótipos estudados. As relações PA/raiz foram influenciadas pelas temperaturas, concentrações de CO_2 (Tabela 3) e interações entre cultivares x temperaturas e cultivares x concentrações de CO_2 x temperaturas ($P<0,05$) (Tabela 2).

A menor relação PA/raiz com 26°C/20°C pode ser atribuída aos menores valores de MF encontrados nessa mesma temperatura, bastante inferiores aos obtidos com 29°C/23°C e 32°C/26°C. Até mesmo a menor massa de raízes obtida com 26°C/20°C, também inferior às obtidas nas outras temperaturas não foi suficiente para promover maiores relações PA/raíz. Comportamento semelhante foi obtido para as concentrações de CO_2, com menores valores encontrados na concentração de 370 ppm (Tabela 3). Maiores temperaturas e concentrações de CO_2 proporcionam às plantas obtenção de maior quantidade de fotoassimilados e consequentemente maior distribuição dos assimilados para a parte área, favorecendo maiores relações PA/raíz.

Conforme Cooper & Tainton (1968) o crescimento da parte aérea da planta é favorecido pelo aumento da temperatura, já que nessas condições os fotoassimilados são direcionados para a parte aérea, podendo alterar a arquitetura e a composição morfológica das plantas. Contudo, níveis de CO_2 a partir de 600 ppm, alteram bioquímica e fisiologicamente estruturas vitais: uma maior concentração de amido nos cloroplastos, paralisando a atividade da organela, o que resulta em retroinibição da fotossíntese. Com o mesófilo resistente à difusão de CO_2, ocorre hipertrofia dos tecidos foliares (folhas mais tenras), deslocando a relação superfície da folha/peso seco foliar em favor da superfície da folha. Com o excesso de carboidratos, mais assimilados são desviados para as raízes, alterando a relação raiz/parte aérea, o que aumenta a respiração radicular e leva à perda de produtos fotossintéticos via este sistema. Indiretamente também ocorre alteração no balanço de água e carbono nas plantas, com efeitos secundários sobre o crescimento, o qual ocorre sem vigor e afeta a resistência aos fatores de estresse, levando à partição de recursos e síntese de compostos de defesa (Larcher, 2000; Sage, 2002).

A cultivar Aridus teve maiores TAlF, TApF e menor TSn quando comparada com Biloela e West Australian ($P<0,05$) (Tabela 5). A Aridus é uma cultivar considerada bastante

folhosa cuja característica marcante é o número de folhas vivas que por sua vez é característica influenciada pela genética dessa planta forrageira. Para atingir maior NFV essa cultivar depende de maiores TAlF e TApF, além de menores TSn, o que pode justificar os resultados obtidos na presente pesquisa.

Tabela 5. Taxa de alongamento foliar (TAlF - mm.Folha/dia), taxa de aparecimento foliar (TApF - Folha/dia), duração de vida das folhas –DVF (dias) e taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias) de três cultivares de capim-bufel mantidas em diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2.

Cultivar	TAlF	TApF	DVF	TSn
Aridus	65,93 a*	0,23 a	14,16 a	27,88 b
Biloela	53,74 b	0,20 b	14,16 a	33,49 a
West Australian	51,42 b	0,16 c	14,71 a	37,32 a
Temperatura	TAlF	TApF	DVF	TSn
26°C	39,39 c	0,19 b	15,15 a	15,99 c
29°C	56,92 b	0,19 b	14,91 a	28,51 b
32°C	74,39 a	0,21 a	12,96 b	54,20 a
Concentração CO_2	TAlF	TApF	DVF	TSn
370 ppm	56,73 a	0,19 a	14,49 a	30,87 b
550 ppm	57,33 a	0,19 a	14,19 a	34,92 a
CV (%)	9,61	5,78	5,31	19,52

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Denucci *et al*. (2009) ao avaliarem as respostas morfofisiológicas de três cultivares de capim-bufel (Aridus, Grass e PI295658), durante duas épocas do ano (verão e outono), observaram valores de TAlF que variaram de 0,90 a 1,33 cm/perfilho/dia, superiores aos obtidos na presente pesquisa que variaram de 0,51 a 0,66 cm/perfilho/dia. Contudo, esses mesmos autores relataram maiores TAlF no verão, período mais quente do ano em relação ao outono, o que está condizente com os achados do presente estudo que maiores TAlF também foram encontradas com maiores temperaturas.

Edvan *et al*. (2010) avaliaram pastos adubados de capim-bufel cv. Molopo, e verificaram valores de TApF que variaram de 0,22 a 0,25 folha/dia. Já, Porto (2009) analisou

o TApF do capim-bufel cv. Aridus no verão e relatou valor de 0,23 folha/dia, em que em ambos os casos os valores apresentados são semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Na temperatura de 32°C/26°C foram observadas maiores TA1F, TApF e TSn, além de menor DVF em relação as duas outras temperaturas avaliadas (P<0,05) (Tabela 5). Em adição, foram obtidas maiores TA1F e TSn na temperatura de 29°C/23°C em comparação com 26°C/20°C. A concentração de CO_2 de 550 ppm, por sua vez, proporcionou maior TSn em relação a 370 ppm, porém a TAlF, TApF e DVF foram similares nas duas concentrações de CO_2 avaliadas. Nas interações (cultivares x temperaturas) (Tabela 6), maiores TA1F para as cultivares Aridus e Biloela foram observadas com 32°C/26°C. A West Australian também apresentou maior TA1F com 32°C/26°C em relação a sua manutenção nas outras temperaturas, porém seus valores foram inferiores aos observados para Aridus e Biloela. O TAlF varia de acordo com o genótipo e o nível de inserção da folha (Gomide, 1997) e a temperatura (Lemaire & Agnusdei, 2000), o porte baixo do West Australian provavelmente pode ter influenciado para as menores TAlF, já que a arquitetura da planta é fator importante para a obtenção de condições favoráveis para a obtenção de luz.

A cultivar Aridus teve maior TApF com 32°C/26°C (Tabela 6) (interação cultivar x temperatura), já que nessa condição de temperatura associada a fatores determinantes ao crescimento da planta que não foram limitados como água, nutrientes a taxa de renovação de tecidos é maior levando a maior aparecimento de folhas. A West Australian apresentou menor TApF em todas as temperaturas avaliadas (P<0,05) em comparação com as demais cultivares, o que pode ser justificado por essa cultivar ter menos número de folhas vivas por perfilho e menor tamanho de folhas, refletindo em menor taxa de renovação de tecidos e em conseqüência em menor TApF.

Tabela 6. Efeito da interação cultivar x temperatura sob Taxa de alongamento foliar (TAlF - mm.Folha/dia), taxa de aparecimento foliar (TApF - Folha/dia), duração de vida das folhas – DVF (dias), taxa de senescência (TSn – mm. Folha/dias), número total de folhas vivas/perfilho (NFV Total/perfilho) e comprimento da folha expandida (CPF – cm).

Cultivares	TAlF		
	Temperatura		
	26°C/20°C	29°C/23°C	32°C/26°C
Aridus	44,16 aC*	71,58 aB	82,06 aA
Biloela	37,78aC	45,71cB	77,74 aA
West Australian	37,43aC	53,46bB	63,37 bA
	TApF		
Aridus	0,21 aB	0,22 aB	0,25 aA
Biloela	0,2 aAB	0,18 bB	0,21 bA
West Australian	0,15 bA	0,16 cA	0,16 cA
	DVF		
Aridus	15,59 aA	13,98 bB	12,90 aB
Biloela	14,23 bB	15,38 aA	12,87aC
West Australian	15,63 aA	15,37 aA	13,12 aB
	TSn		
Aridus	9,36 bB	16,78bB	57,51 aA
Biloela	25,31 aB	34,12 aAB	41,06 bA
West Australian	13,31 bC	34,64 aB	64,03 aA
	NFV/perfilho		
Aridus	9,02 aA	9,4 aA	7,27 aB
Biloela	5,7 bA	5,19 cA	6,25 aA
West Australian	6,33 bA	7,27 bA	3,66 bB
	CFex		
Aridus	26,28 aB	37,82 aA	42,86 aA
Biloela	24,83 aB	31,09 aB	43,19 aA
West Australian	23,28 aB	34,94 aA	25,89 bB

*Letras minúsculas para colunas e maiúsculas para linhas. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade.

A DVF não foi afetada pelas três cultivares de capim-bufel avaliadas (P>0,05). Porém, houve interação entre C x T, C x T x CO_2 e C x CO_2 (Tabela 2). Com 32°C/26°c a DVF foi menor para as três cultivares de capim-bufel em comparação com 26°C/20°C e 29°C/23°C, assim como para as duas concentrações de CO_2 (P<0,05) (Tabela 5). A West Australian teve maior DVF com 550 ppm enquanto a Biloela foi maior com 370 ppm. A menor DVF na interação cultivar x temperatura, ocorreu em 32°C/26°C para Biloela (Tabela 6).

Denucci *et al* (2009) ao avaliarem o comportamento do capim-bufel cultivares Aridus, Grass e PI295658, durante duas épocas do ano (verão e outono), observaram menores DVF no verão (35,94 dias) do que no outono (59,06 dias). Apesar dos valores apresentados por esses autores serem superiores aos obtidos na presente pesquisa, entretanto, no verão considerado a época mais quente em relação ao outono, as folhas tiveram menor duração da vida. Com o aumento da temperatura as plantas do ciclo C4, como o capim-bufel podem apresentar maior eficiência fotossintética o que pode resultar em ciclos fisiológicos da planta mais curtos, com maior morte e síntese de tecidos, fazendo com que os valores de DVF sejam menores.

Para as três cultivares foram observadas maiores TSn com 32°C/26°C (C x T) (Tabela 6). Na interação C x CO_2 (Tabela 4), a TSn foi maior para a West Australian com 550 ppm, já para a Biloela isso ocorreu com 370 ppm, enquanto para a Aridus os valores de TSn foram similares entre as duas concentrações de CO_2. Os valores de TSn estão condizentes com a DVF e reforçam a idéia que também para o capim-bufel o aumento da temperatura do ar e da concentração de CO_2 acelera o ciclo de produção da planta, como demonstrado pelas maiores senescências foliares.

A cultivar Aridus apresentou maior NFV que a Biloela e a West Australian (P<0,05) (Tabela 7), sendo que esta última teve ainda menor CFEx em relação a Biloela e a Aridus (P<0,05) (Tabela 7). Porto (2009) avaliou o NFV das cultivares Aridus, Grass e PI295658,

durante o verão e o outono, na região Norte de Minas Gerais e relatou valores de NFV no verão de 7,31; 6,96 e 8,30 e no outono de 6,62; 6,11 e 7,01, respectivamente para as três cultivares, os quais são inferiores aos valores encontrados para a cultivar Aridus e maiores aos obtidos para Biloela e West Australian na presente pesquisa, até porque o NFV é característica fortemente influenciada pela genética da planta.

Tabela 7. Número total de folhas vivas/perfilho (NFV Total) e comprimento da folha expandida (CPF – cm) de três cultivares de capim-bufel mantidas em diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO_2.

Cultivar	NFV/perfilho	CFEx
Aridus	8,58 a	35,65 a
Biloela	5,74 b	33,01 a
West Australian	5,75 b	28,03 b
Temperatura	NFV/perfilho	CFEx
26°C	7,04 a	24,80 b
29°C	7,30 a	34,59 a
32°C	5,73 b	37,31 a
Concentração CO_2	NFV/perfilho	CFEx
370 ppm	7,08 a	32,90 a
550 ppm	6,30 b	31,57 a
CV (%)	17,77	15,53

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade.

O NFV foi menor na temperatura de 32°C/26°C e na concentração de CO_2 de 550 ppm, sugerindo maior síntese de tecidos foliares nessas condições (Tabela 7). Nessa situação a planta pode ter permanecido com folhas mais compridas em detrimento a maior NFV, o que pode ter sido mais eficiente para a planta, pois nessa condição teve maior MF.

Houve interação entre cultivar x temperatura para o NFV e CFEx ($P<0,05$) e interação entre cultivar e CO_2 também para NFV ($P<0,01$) (Tabela 2). As cultivares Aridus e West Australian tiveram menores NFV com 32°C/26°C, já a Biloela nessa mesma temperatura

apresentou maior NFV (Tabela 6). Maior NFV nas duas concentrações de CO_2 foram obtidos para a cultivar Aridus. Biloela e West Australian tiveram NFV semelhantes nas duas concentrações de CO_2, com valores sempre inferiores aos apresentados pelo Aridus ($P<0,05$) (Tabela 4). O NFV também pode ser influenciado pela morfologia e arquitetura da planta, em que plantas mais eretas podem apresentar maior NFV em razão do menor sombreamento exercido pelas folhas acima em relação às localizadas abaixo. A arquitetura da cultivar Aridus favorece o maior NFV.

A cultivar West Australian, de menor porte, apresentou os menores valores de CFex em comparação com Aridus e Biloela (Tabela 7). Maiores CFex foram também encontrados nas maiores temperaturas (29°C/23°C e 32°C/26°C) ($P<0,05$), por outro lado as concentrações de CO_2 não influenciaram o CFex ($P<0,05$). A cultivar Biloela teve maior CFex a 32°C/26°C, a Aridus em 29°C/23°C e 32°C/26°C enquanto a West Australian o maior CFex foi obtido com 29°C/23°C ($P<0,05$). O efeito da interação cultivar x temperatura não afetou o comprimento das cultivares para a temperatura 26°C/20°C (Tabela 6),porém os menores comprimentos são observados para Biloela em 29°C/23°C e West Australian em 32°C/26°C.

As cultivares apresentaram comportamento semelhante, já que em condições de maior temperatura obtiveram maior TAlF quando comparada as outras temperaturas, contudo dentre as cultivares, West Australian apresentou menor TAlF quando comparada a Bileola e Aridus.

Conclusões

Em possíveis cenários futuros, os aumentos de temperatura influenciam de forma mais direta do que a concentração de CO_2 na maioria das características estudadas.

Maiores temperaturas do ar promovem aumento nas massas de forragem e de raízes do capim-bufel, promovendo também maior relação parte aérea/raiz nas plantas. Há também maiores taxas de alongamento, aparecimento e senescência de folhas com o aumento da temperatura média do ar.

O aumento na concentração de CO_2 aumenta a taxa de senescência das plantas e eleva a relação parte aérea raiz. O capim West Australian teve melhor resposta em relação a aumento em massas de forragem e raízes em maiores concentrações de CO_2.

Referências bibliográficas

ARAUJO, M.M. **Efeito do fósforo sobre gramíneas e leguminosas cultivadas em solos aluviais do semi-arido**.Revista Científica de Produção Animal, v. 7, n. 1,2005.

BUCKERIDGE, M. S. MORTARI, L. C. MACHADO, M. R. **Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?** IN: REGO, G. M. NEGRELLE. R. R. B. MORELLATO, L. P. C. Fenologia - Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos (Editores Técnicos). Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2007.

COOPER, J.P.; TAINTON, N.M. **Light temperature requeriments for growth of tropical and temperature grasses**. Review article. Herbage Abstracts. Surfers Paradise. v.38, p.167-176, 1968.

DENUCCI, B. L.; PORTO, E. M.; ALVES, D.D.; VITOR, C. M.T.; DA SILVA, M. F.; LIMA, M. V. G.; GOMES, V.M. **Morfogênese de Cultivares de Capim-Buffel Adubados com Nitrogênio**. 3º Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão. UNIMONTES. 12 Ago. 2009.

EDVAN, R.L.; SANTOS, E.M.; VASCONCELOS, W.A.; SOUTO FILHO, L.T.; BORBUREMA, J.B.; MEDEIROS, G.R. ; ANDRADE, A.P. **Utilização de adubação orgânica em pastagem de capim-buffel** (*Cenchrus ciliaris* cv. Molopo). Arch. Zootec. v.59, n.228, p.499-508. 2010.

GOMIDE, J.A.**Morfogênese e analise de crescimento de gramíneas tropicais**. In:SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997.VIÇOSA, MG. **Anais.**..Viços, MG, p. 411-430. 1997.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2007: **The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC, Genebra, Suiça. 2007. 18 p.

LARCHER , W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos - SP: RiMa, p.108-111, 140-142, 301-303, 365, 414, 437-439. 2000.

LEMAIRE, G; AGNUSDEI, M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: LEMAIRE, G; HODGSON, J; MORAES, A., et al (Eds). **Grasslands ecophysilogy and grassing ecology Wallingford**. CAB Internacional. p.265- 286. 2000.

LOPES, M.N.; CÂNDIDO, M.J.D.; POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, R.G.; BEZERRA, F.M.L. **Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio1**. Revista Ciencia Agronomica, v. 42, n. 2, p. 518-525, 2011.

MNIF, L.; CHAIEB, M; **Net photosynthesis and leaf water potential of buffel grass** (*Cenchrus ciliaris L.*) **accessions, growing in the arid zone of Tunisia**. Journal of Biological Research-Thessaloniki. v.14, p. 231 – 238, 2010.

MORGAN, J. A.; PATAKI, D.E; KÖRNER, C.; CLARK, H.; DEL GROSSO, S.J.; GRÜNZWEING, J.M.; KNAPP, A.K.; MOSIER, A.R.; MEWTON, P.C.D.; NIKLAUS, P.A.; NIPPERT, J.B.; NOWAK, R.S.; PARTON, W.J.; POLLEY, H.W.; SHAW, M.R. **Water relations in grassland and desert ecosystems exposed to elevated atmospheric CO_2**. Oecologia. v.140, p.11–25, 2004.

MORISON, J.I.L.; LAWLOR D.W. **Interactions between increasing CO_2 concentration and temperature on plant growth**. Plant, Cell and Environment, v.22, p.659–682, 1999.

NEWMAN, Y.C.; SOLLENBERGER, L.E.; BOOTE, K.J.; ALLEN JR, L.H.; LITTELL, R.C. **Carbon Dioxide and Temperature Effects on Forage Dry Matter Production**. Crop Science, v. 41, 2001.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: EDUR 2004. 192p.

PORTO, E. M.V. **Morfogênese e rendimento forrageiro de cultivares de *Cenchrus ciliaris* L. submetidos a adubação nitrogenada.** Dissertação do Programa de Pos-graduação em Produção Vegetal no Semiárido. UNIMONTES. 2009.

SANTOS, M. V. F.DOS; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C.; DOS SANTOS, S.F.; FERREIRA, R.L.C.; MELLO, A.C.L.; FARIAS, I.; FREITAS, E.V. **Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na Zona da Mata de Pernambuco**. R. Bras. Zootec. v.32, n.4, p. 821-827, 2003.

SIQUEIRA, O. J. W. de; STEINMETZ, S.;FERREIRA, M. F. ; COSTA, A.C. ; WOZNIAK, A. M. **Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira**.Revista Brasileira de Agrometeorologia,v.8, n.2, p.311-320, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 4 ed. Porto Alegre: Atmed, 2009.

TREHARNE, K.J; PRITCHARD, A.J.; COOPER, J.P. **Variation in Photosynthesis and Enzyme Activity in *Cenchrus ciliaris* L.**. Journal of Experimental Botany. Oxford University Press.May 1, 1971.

SAGE, R.F. **How terrestrial organism sense, signal, and response to carbon dioxide**. Integrative and Comparative Biology, v. 42, p. 469-480, 2002.

SOUSA,L.F.; MAURICIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; SALIBA, E.O.S.; MOREIRA, G.R. **Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema Silvipastoril**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.

6.Capítulo 3. Zoneamento climático do capim-bufel para o Estado de Pernambuco

Roberta Machado Santos[1], Tadeu Vinhas Voltolini[2], Magna Soelma Beserra de Moura[3], Francislene Angelotti[3], Ivan Ighour Silva Sá[4]

[2]Mestranda do Programa de Pós graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Bolsista de pós-graduação da FACEPE. betamsantos@yahoo.com.br

[3]Pesquisador (a) da Embrapa Semiárido, Petrolina –PE, tadeu.voltolini@cpatsa.embrapa.br,magna@cpatsa.embrapa.br, fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br

[4]Eng. Florestal, Professor Substituto, UNIVASF, e-mail:ighour@hotmail.com

Resumo

Fatores climáticos podem conferir consideráveis impactos positivos ou negativos sobre a produção e perenização do capim-bufel e em consequência influenciar os aspectos econômicos e sociais de regiões pecuárias. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi elaborar o mapa de zoneamento climático dessa cultura para o Estado de Pernambuco. Para tal foram obtidos dados climáticos de 108 localidades do Brasil e outros países, consideradas como regiões de origem e/ou dispersão dessa planta forrageira. Esses dados foram submetidos à análise de distribuição de frequência, em que valores superiores a 60% de cada variável climática foi considerada como faixa apta e o restante como faixa restrita. A maior parte do estado de Pernambuco possui aptidão térmica, mas não apresenta aptidão hídrica para o cultivo do capim-bufel, fazendo com que a maioria dos municípios do Estado de Pernambuco esteja na faixa restrita, o que não impede o cultivo dessa planta forrageira, mas certamente exigirá maiores cuidados na implantação e manejo a fim de manter esses pastos perenes.

Palavras-chave: *Cenchrus ciliaris*, produção agrícola, requerimento climático,

Bufel grass of climatic zoning for the State of Pernambuco

Abstract

Climatic factors may confer considerable positive and negative impacts on production and perpetuation of this forage and consequently influence the economic and social aspects of the Semi-arid farming. Thus, the objective of this study was of bufel grass and prepare the map of climatic zoning of this culture for the State of Pernambuco. For this climatic data were obtained from 108 locations in Brazil and abroad, considered as regions of origin and /or spread of this plant forage. These data were submitted to analysis of frequency distribution, where values high than 60% of each climate variable was considered as suitable range and the rest as restricted range. Most of the state of Pernambuco has skill but lacks fitness thermal water for growing bufel grass, causing the majority of municipalities in the state of Pernambuco is in the restricted range, which does not prevent the cultivation of forage crops, but certainly require more care in setting up and management to keep these perennial grasses.

Keywords: *Cenchrus ciliaris*, application of climate, agricultural production

INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro apresenta grande potencial agropecuário, mas tem como principal fator limitante da produção a irregularidade e escassez das chuvas. A Caatinga, vegetação nativa da região, nas épocas secas do ano, não fornece alimentos que possam suprir, quantitativa e qualitativamente, as necessidades dos animais. Na tentativa de estabelecer pastos que possam efetivamente aumentar a exploração pecuária do Semiárido brasileiro, inúmeras gramíneas vêm sendo usadas, com variados graus de sucesso, e entre elas destaca-se o capim-bufel (Dantas Neto et al., 2000).

O capim-bufel pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, gênero *Cenchrus*, sendo uma forrageira originária da África, Indonésia e Índia. Introduzida no Brasil em 1952, a partir disto foi difundida por diversos estados brasileiros, mas foi na região Nordeste que esta espécie apresentou maior relevância. Demonstrando características fundamentais para a sua implantação e persistência, como capacidade produtiva, resistência a longos períodos de

estiagem e a baixos índices pluviométricos, além da capacidade de permanecer como "feno em pé" por um longo período sem se decompor (Mitidieri, 1983; Filho, 1995).

Possui raízes profundas e desenvolvidas podendo atingir até 1,5 metros, dependendo da variedade, rizomas medianamente desenvolvidos, permitindo o adiamento da desidratação e manutenção do turgor devido a sua capacidade em explorar água do solo (Vieira et al., 2001; Rodrigues et al., 1993).

O conhecimento das condições edafoclimáticas de determinada região é de extrema importância para a cultura a ser estudada, visto que a delimitação das regiões climaticamente homogêneas poderá promover o desenvolvimento de atividades e gerenciamento dos recursos naturais existentes (Nunes et al., 2007).

O zoneamento agroclimático permite a identificação de regiões mais apropriadas para o cultivo de determinado vegetal, independente do nível tecnológico e de insumos a ser adotados, onde possibilitará maior eficiência agrícola (Pezzopane et al., 2010).

Assim torna-se importante que sejam identificadas as regiões de maior aptidão para o cultivo do capim-bufel, minimizando os riscos de insucesso com o plantio desta forrageira. Tal delimitação é realizada por meio de zoneamentos agroclimáticos, que possibilitem, maiores cuidados com épocas de plantio e manejo da cultura em regiões com restrições, maiores produtividades, menor risco para os produtores, maior segurança para a colheita e a orientação de políticas públicas.

Desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de elaborar o zoneamento agroclimático e definir épocas de plantio do capim-bufel, identificando as áreas e períodos adequados à exploração do capim-bufel no Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram obtidos e utilizados dados climáticos de 108 localidades, as quais foram identificadas como regiões de origem e/ou dispersão do capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.). As áreas de origem foram: Índia (05 localidades), Indonésia (01 localidade) e África (05 localidades), enquanto que as áreas de dispersão foram México (02 localidades), Austrália (04 localidades) e Brasil (91 localidades) (Pupo, 1990). A seleção destas localidades foi realizada com base em dados de origem botânica, de produção de forragem e área cultivada.

As informações climáticas foram obtidas a partir de dados históricos do período de 1911 a 2002, referentes a valores mensais e anuais de precipitação pluvial e temperatura do ar

(média, máxima e mínima). Os dados climáticos do México, Austrália, Índia, Indonésia e África foram obtidos na *home page* da Organização Meteorológica Mundial (OMM), enquanto para o Brasil foram utilizados dados disponibilizados pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) situada no município de Campina Grande/PB (UFCG, 2010)

Os valores mensais e anuais de temperatura do ar (máxima, média e mínima), precipitação pluviométrica foram submetidas à análise de distribuição de frequência (Figura 1), determinando-se a média aritmética, o valor mínimo e o valor máximo de cada variável climática. Determinou-se também o número, a amplitude e a frequência das classes para cada parâmetro estudado. A faixa climática apta para o desenvolvimento e produção do capim-bufel foi delimitada pelo valor médio da classe inferior e da classe superior, para cada parâmetro avaliado, considerando, no mínimo, 60% dos locais pesquisados. As classes restantes foram consideradas como restritas climaticamente ao cultivo do capim-bufel.

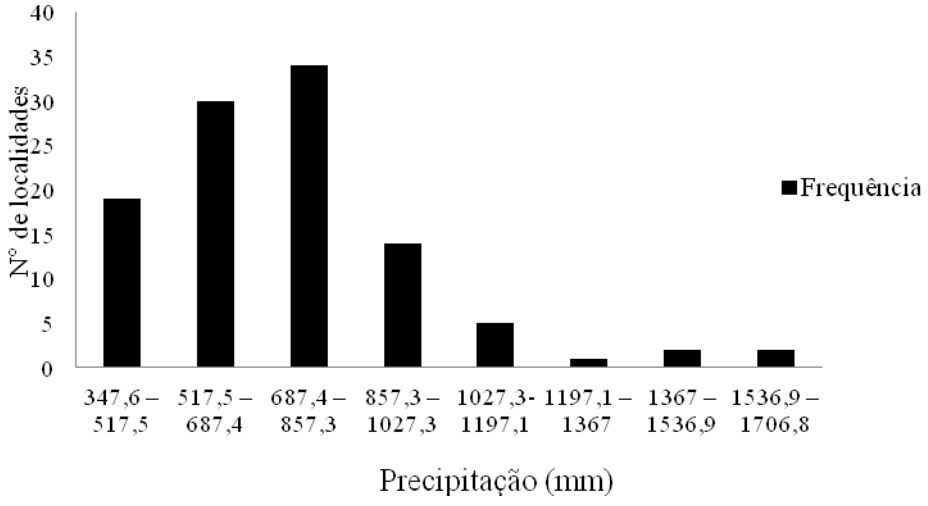

Figura 1. Número de localidades distribuídas de acordo com os intervalos de classe para a precipitação.

Com os dados médios de temperatura e precipitação foi realizado o balanço hídrico climatológico (Thonrthwaite & Mather, 1955), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Os dados de precipitação (Pm) e da evapotranspiração potencial (ETp) foram utilizados na determinação do excedente (Exc) e do déficit hídrico (Def) de acordo com Thornthwaite & Mather (1955).

Para elaborar o mapa de aptidão climática para o estado de Pernambuco, o qual está situado na região Nordeste do Brasil, possui 185 municípios, distribuídos no Sertão, Agreste e

Zona da Mata (Figura 1), totalizando uma área de 98.311,616 km² (IBGE, 2010). Foram utilizados dados que correspondem aos valores mensais de precipitação de 242 postos pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, distribuídos no Estado de Pernambuco (SUDENE, 1990) e os dados climáticos de oito estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. No caso dos postos pluviométricos, devido à disponibilidade apenas dos dados de chuva, as informações referentes à temperatura média do ar foram estimadas utilizando-se da equação proposta por Cavalcanti & Silva (1994).

Para a realização do zoneamento climático, foram consideradas áreas favoráveis ao cultivo, aqueles que apresentaram aptidão tanto para aspectos térmicos quanto hídricos. Ou seja, a faixa climática apta ocorre quando a região apresenta as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento e produção do capim-bufel, já a faixa restrita é indicada quando a região apresenta alguma condição climática que prejudique a produção ou desenvolvimento do capim-bufel, seja em relação aos elementos térmicos ou hídricos.

A escolha da temperatura média do ar e do *déficit* hídrico como fatores que interferem significativamente na produtividade do capim-bufel, ocorreu a partir da análise dos mapas gerados e a sua semelhança com a atual distribuição e produção da espécie atualmente, assim como o levantamento realizado junto a especialistas.

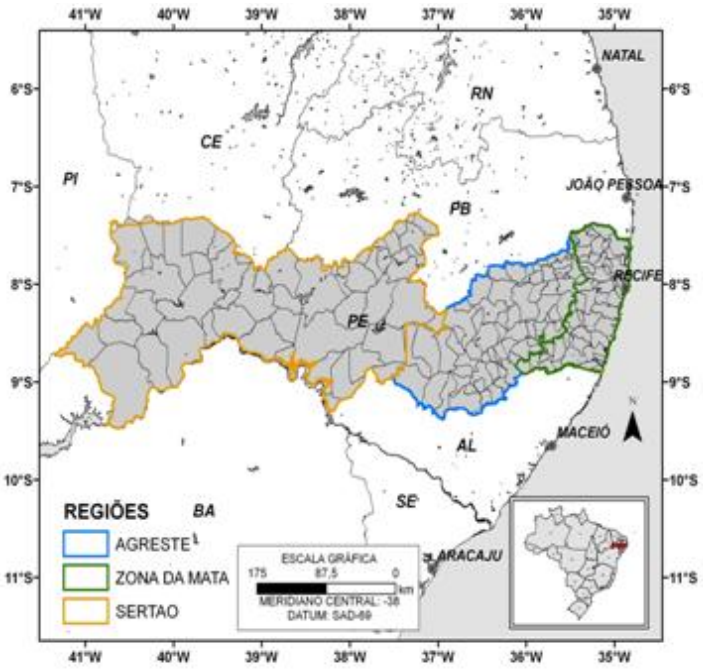

Figura 2. Mapa do Estado de Pernambuco, com destaque para as regiões Agreste, Zona da Mata e Sertão (Base cartográfica - IBGE, 2010)

Utilizou-se um software especifico para a importação dos dados climáticos, os quais foram interpolados, gerando assim os mapas de temperatura e déficit hídrico. Posteriormente gerou-se um mapa único correspondente ao zoneamento agroclimático do capim-bufel que contem as áreas aptas e restritas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando a aptidão climática, no que diz respeito aos valores de precipitação pluvial anual, a faixa obtida como ideal variou de 347,6 a 1027,3 mm (Tabela 2), sendo que precipitações abaixo de 347,6 mm e acima de 1027,3 mm podem prejudicar em termos quantitativos a produção do capim-bufel. Segundo Cameron (2004) áreas adequadas para o cultivo do capim-bufel apresentam valores de precipitações pluviais anuais que variam de 300 e 1200 mm, bastante similares aos valores encontrados no presente estudo. Para Cox et al. (1988) o capim-bufel predomina em áreas nas quais a precipitação no verão varia de 150 a 550 mm, valores de precipitações próximas aos obtidos no Semiárido brasileiro. Esses autores relatam ainda que a temperatura máxima ideal para o capim-bufel é de 30°C, o que corrobora com os valores obtidos neste presente trabalho.

A temperatura máxima para as regiões consideradas aptas ou ao cultivo do capim-bufel, variou de 30,1 a 33,1°C. Em geral, nesse estudo em locais considerados restritos, a temperatura máxima foi inferior a 30,1°C e superior a 33,1°C (Tabela 2). Barrera & Castellanos (2007) relataram que temperaturas máximas entre 35 a 45°C são críticas para o desenvolvimento do capim-bufel, o que corrobora com os resultados obtidos nesse estudo em que localidades com temperaturas máximas superiores a 33,1°C foram consideradas como restritas, pela possível limitação ao crescimento da planta forrageira.

Tabela 1. Faixa de aptidão anual para o cultivo do capim-bufel

Faixas de Aptidão Anual	
Apta	Restrita
347,6 ≤ Pm ≤1027,3	Pm < 347,6 e Pm > 1027,3
23,6 ≤ Tm ≤ 28,1	Tm < 23,6 e Tm > 28,1
18,2 ≤ Tn ≤ 22,0	Tn < 18,2 e Tn > 22,0
30,1 ≤ Tx ≤ 33,1	Tx <30,1 e Tx >33,1
242,5 ≤ Def ≤ 970.5	Def >970,5

Pm = Precipitação (mm), Tm = Temperatura média do ar (°C), Tx = Temperatura máxima do ar (°C), Tn = Temperatura mínima do ar (°C) e Def = Deficiência hídrica mensal(mm) de acordo com o Balanço Hídrico Climatológico

Para localidades consideradas aptas a temperatura média do ar estaria entre 23,6°C e 28,1°C, porém temperaturas abaixo de 23,6°C e superiores que 28,1°C podem promover prejuízos na produtividade dessa forrageira. Já, a temperatura mínima adequada estaria entre 18,2°C e 22°C, sendo que valores menores que 18,2°C e maiores que 22°C trariam restrições a produção. Conforme Moore et al. (2006), temperaturas abaixo de 18°C e 13°C são críticas para o desenvolvimento do capim-bufel e estão de acordo com os resultados obtidos no presente estudo.

Das localidades analisadas, 80% delas se concentraram na faixa apta obtida no presente estudo quanto aos valores de temperatura média do ar, indicando boa representatividade das regiões adequadas ao cultivo do capim-bufel. A precipitação pluvial mensal apta variou de 0 a 183,8 mm dependendo do mês do ano (Tabela 2), em que nos meses de janeiro, fevereiro e março a precipitação mínima variou de 33,9 a 46,7 mm, enquanto que entre os meses de junho a outubro a precipitação mínima foi de 0 mm. Na agricultura, em áreas de dependência de chuva, a precipitação pluviométrica se constitui na variável meteorológica de maior importância para a produção agrícola. A alta variabilidade das chuvas provoca incertezas na colheita, particularmente no Semiárido brasileiro, onde a agricultura é basicamente praticada com cultivos de subsistência.

Além disso, a ocorrência de períodos sem precipitação dentro da estação chuvosa (veranicos) agrava mais ainda essa situação. A chuva em determinada época do ano pode ser útil ou prejudicial à agricultura, dependendo se coincide ou não como o período vegetativo ou de colheita de determinadas culturas (Souza et al., 2010).

Tabela 2. Faixas de aptidão mensais (Janeiro a Dezembro) para o capim-bufel

Faixa de Aptidão – mês Janeiro		Faixa de Aptidão – mês Fevereiro	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
33,9 ≤ Pm ≤ 98,3	Pm < 33,9	42,5 ≤ Pm ≤ 119,5	Pm < 42,5
29,5 ≤ Tx ≤ 34,7	Tx < 29,5 e Tx > 34,7	30,6 ≤ Tx ≤ 35	Tx < 30,6 e Tx >35
18,5 ≤ Tn ≤ 24,1	Tn <18,5 e Tn > 24,1	17,7 ≤ Tn ≤ 23,3	Tn < 17,7 e Tn > 23,3
22,6 ≤ Tm ≤ 28	Tm< 22,6 e Tm > 28	24,2 ≤ Tm ≤ 29,2	Tn < 24,2 e Tm > 29,2
0,0 ≤ Def ≤ 97,8	Def > 97,8	0,0 ≤ Def ≤ 61,5	Def > 61,5
Faixa de Aptidão – mês Março		Faixa de Aptidão- mês Abril	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
46,7 ≤ Pm ≤ 183,8	Pm < 46,7	0,9 ≤ Pm ≤ 154,8	Pm < 0,9
30,3 ≤ Tx ≤ 33,9	Tx < 30,3 e Tx >33,9	29,5 ≤ Tx ≤ 33,9	Tx < 29,5 e Tx >33,9
18,4 ≤ Tn ≤ 22,8	Tn <18,4 e Tn > 22,8	18,4 ≤ Tn ≤ 22,8	Tn <18,4 e Tn > 22,8
23,3≤ Tm ≤ 29	Tm < 23,3 e Tm > 29	22,5 ≤ Tm ≤ 26,5	Tm< 22,5 e Tm > 26,5
0,0 ≤ Def ≤ 37,5	Def > 37,5	0,0 ≤ Def ≤ 56,8	Def > 56,8
Faixa de Aptidão- mês Maio		Faixa de Aptidão – mês Junho	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
1,6 ≤ Pm ≤33,6	Pm< 1,6	0,0 ≤ Pm ≤ 65,1	-
27,6 ≤ Tx ≤ 33,6	Tx < 27,6 e Tx >33,6	24,4 ≤ Tx ≤ 33,7	Tx < 24,4 e Tx >33,7
18,2 ≤ Tn ≥ 24	Tn < 18,2 e Tn > 24	16,9 ≤ Tn ≤ 23,1	Tn <16,9 e Tn > 23,1
20,7≤ Tm ≤ 26,1	Tm < 20,7 e Tm > 26,1	19,1 ≤ Tm ≤ 28,4	Tm < 19,1 e Tm > 28,4
0,0 ≤ Def ≤ 64,	Def > 64,6	0,0 ≤ Def ≤ 73,2	Def > 73,2
Faixa de Aptidão - mês Julho		Faixa de Aptidão – mês Agosto	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
0,0 ≤ Pm ≤ 91,2	-	0,0 ≤ Pm ≤ 67,2	-
25,2 ≤ Tx ≤ 33,3	Tx < 25,2 e Tx >33,3	26,2 ≤ Tx ≤ 33,2	Tx < 26,2 e Tx > 33,2
15,4 ≤ Tn ≤ 21,4	Tn <15,4 e Tn > 21,4	15,6 ≤ Tn ≤ 24	Tn <15,6 e Tn > 24
20,1 ≤ Tm ≤ 28,5	Tm < 20,1 e Tm > 28,5	20,4 ≤ Tm ≤ 27,9	Tm < 20,4 e Tm > 27,9
0,0 ≤ Def ≤ 100,2	Def > 100,2	32,6 ≤ Def ≤ 130,4	Def > 130,4

Faixa de Aptidão – mês Setembro		Faixa de Aptidão – mês Outubro	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
0,0 ≤ Pm ≤ 61,8	-	0,0 ≤ Pm ≤ 31,6	-
28 ≤ Tx ≤ 34,3	Tx < 28 e Tx >34,3	31,5 ≤ Tx ≤ 34,7	Tx < 31,5 e Tx >34,7
15,5 ≤ Tn ≤ 22,4	Tn < 15,5 e Tn > 22,4	18,3 ≤ Tn ≤ 22,1	Tn <18,3 e Tn > 22,1
21,4 ≤ Tm ≤ 27,7	Tm < 21,4 e Tm > 27,7	24,2 ≤ Tm ≤ 28	Tm < 24,2 e Tm > 28
50,8 ≤ Def ≤ 152,4	Def> 152,4	56,7≤ Def ≤ 177,9	Def > 177,9
Faixa de Aptidão – mês de Novembro		Faixa de Aptidão – mês Dezembro	
Apta	Restrita	Apta	Restrita
0,5≤ Pm ≤ 58,5	Pm < 0,5	1,2 ≤ Pm ≤ 77,4	Pm <1,2
30,6≤ Tx ≤ 34,6	Tx < 30,6 e Tx >34,6	30,2 ≤ Tx ≤ 35,4	Tx < 30,2 e Tx >35,4
18,6 ≤ Tn ≤ 24,2	Tn <18,6 e Tn > 24,2	19,1 ≤ Tn ≤ 24,7	Tn <19,1 e Tn > 24,7
25 ≤ Tm ≤ 29	Tm < 25 e Tm > 29	22,3 ≤ Tm ≤ 27,3	Tm < 22,3 e Tm > 27,3
61,6 ≤ Def ≤ 184,8	Def > 184,8	0,0 ≤ Def ≤ 120	Def > 120

Pm = Precipitação (mm), Tm = Temperatura média do ar (°C), Tx = Temperatura máxima do ar (°C), Tn = Temperatura mínima do ar (°C) e Def = Deficiência hídrica mensal(mm) de acordo com o Balanço Hídrico Climatológico.

Para Dantas Neto et al. (2000), as menores precipitações na região semiárida se situam em torno de 400 mm anuais, no entanto pode-se notar que as precipitações mensais analisadas neste trabalho ocorreram bem abaixo deste valor. Estes autores observaram ainda que ao aplicar lâminas totais de água de 140 e 199 mm promoveram um aumento na produção de matéria seca, 1.935 e 3.146 $kg.ha^{-1}$, respectivamente, enquanto que a menor produção de matéria seca 684 $kg.ha^{-1}$ocorreu com uma lâmina de água de 118 mm. Assim, considerando os meses de maior precipitação pluvial entre os meses de janeiro a abril, nesta época são obtidas as maiores produções de forragem do capim-bufel.

De acordo com Ivory & Whiteman (1978) as temperaturas máxima e mínima adequadas para o capim-bufel é de 30°C e 26°C, respectivamente. Contudo, apenas a temperatura máxima de 30°C está de acordo com as temperaturas encontradas para todos os meses neste estudo, diferentemente de 26°C que para todos os meses estudados apresenta-se em faixa restrita. No presente estudo aos valores de temperatura máxima variaram de 24,4 a 35,4°C, em que o menor valor foi encontrado no mês de junho e o maior no mês de dezembro. Ivory

& Whiteman (1978) afirmam também que a temperatura mínima crítica para o capim-bufel estaria entre 10 e 15°C, o que corrobora com os dados encontrados no presente estudo, já que essa faixa de temperatura não está na faixa considerada como apta. Quanto á temperatura mínima, os valores encontrados no presente estudo variam de 15,4°C (junho) a 24,7°C (dezembro).

Segundo Santos et al. (2005) ao avaliar a produtividade do capim-bufel no período seco, durante este período houve uma precipitação de 35,04 mm, temperatura média de 24,2°C, temperatura média máxima de 32,9°C e temperatura média mínima de 21,4°C, com a produtividade do bufel variando do inicio da época seca de 2.750 $kg.ha^{-1}$ de MS a 1392 kg $kg.ha^{-1}$ de MS, no final da época seca. Assim os dados climáticos estão de acordo os encontrados neste trabalho, exceto para o mês de outubro, em que a precipitação está entre 0,0 e 31,6 mm.

Hacker et al. (1995) ao avaliarem os diversos acessos do capim-bufel em Lawes-Austrália, durante os meses de setembro, outubro e novembro, com temperaturas máximas e mínimas, respectivamente, de 21,3/7,1°C, 22,7/8°C e 27/13,7°C, encontraram valores de de produtividade média do capim-bufel de 250, 1.230 e 3.630 $kg.ha^{-1}$ de MS, ou seja, houve maior produção de forragem do capim-bufel em maiores temperaturas.

Quanto a deficiência hídrica a variação encontrada no presente estudo foi de 0 a 184,8 mm, em que os maiores valores de deficiência foram obtidos nos meses de julho a dezembro.

A temperatura média anual (Tabela 3) ideal para o desenvolvimento e produção do capim-bufel foi de 23,6 a 28,1°C e, para essa faixa foi elaborado o mapa de aptidão térmica (Figura 3). A maior parte do estado de Pernambuco foi considerada como climaticamente apta para o cultivo do capim-bufel. Apenas a região Agreste e pequena parte do Sertão se mostraram restritas ao cultivo, já que apresentaram valores de temperatura inferiores a faixa ótima. Os valores de temperatura média anual obtida no presente estudo, classificado como ideais estão de acordo com os resultados apresentados por Tix (2000), cujo valor médio considerado ideal foi de 27,8°C.

Tabela 3. Indicadores climáticos do capim-bufel para fins de elaboração do zoneamento de aptidão

Faixa de aptidão do capim-bufel	
Apta	Restrita
242,5 ≤ Def ≤ 970,5	Def > 970,5
23,6 ≤ Tm≤ 28,1	Tm < 23,6 e Tm > 28,1

Def = Deficiência hídrica anual (mm) de acordo com o Balanço Hídrico Climtológico, Tm = Temperatura média do ar (°C).

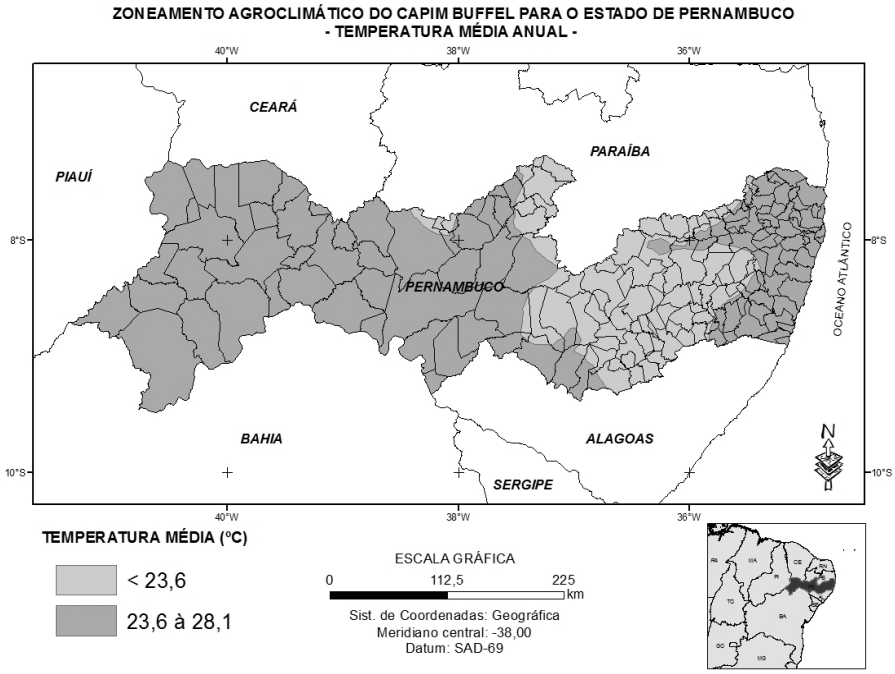

Figura 3. Mapa de aptidão térmica para o cultivo de capim-bufel no Estado de Pernambuco

De acordo com Oliveira (1996) a massa de forragem de pastos de capim-bufel no sertão do estado pode variar de 5.000 a 5.500 kg.ha^{-1} .ano^{-1} de MS. Moreira et al. (2007) ao avaliarem a produtividade do capim-bufel no município de Serra Talhada, localizado no Sertão Pernambucano e obtiveram valores médios de 5.908, kg.ha^{-1} .ano^{-1} de MS.

Em relação à aptidão hídrica (Figura 4), observa-se que o bufel suporta *deficit* hídrico entre 242,5 e 970,5 mm anuais (Tabela 3), sendo que valores maiores do que este impõem à cultura estresse por falta de água no solo, faixa esta que ocorre na maior parte do Sertão do Estado. Assim as restrições ao cultivo desta forrageira em razão dos menores índices de precipitação pluvial e maior demanda evapotranspirativa, fatores que, de modo geral, condicionam baixo armazenamento de água no solo restringindo, o cultivo do capim- bufel (Nunes et al., 2007).

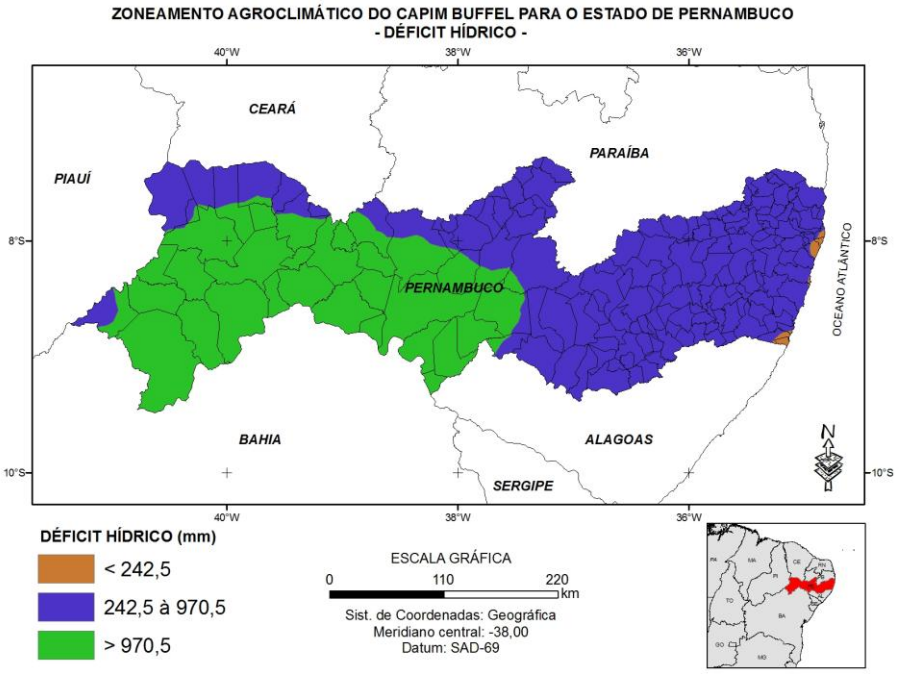

Figura 4. Mapa de aptidão hídrica do Estado de Pernambuco, para o cultivo de capim-bufel

Sob os aspectos térmicos e hídricos, o zoneamento climático do Estado de Pernambuco para essa planta forrageira indica que grande parte do Estado, nas regiões do Sertão e Agreste Pernambucano apresentam áreas restritas para a produção do capim-bufel (Figura 5), por outro lado a Zona da Mata possui maior parte da sua área como apta para o cultivo do capim - bufel. Entretanto, mesmo as regiões que se enquadram em faixas restritas podem apresentar alguma condição para o crescimento e desenvolvimento do capim-bufel, entretanto, nestas áreas a cultura não expressará todo seu potencial produtivo. Conforme estudos de Pereira (2002), o capim-bufel é uma opção forrageira, que possui uma excelente resistência à seca, produzindo elevada quantidade de matéria seca de boa qualidade e com mínimo de umidade.

Oliveira (1996) e Moreira et al. (2007) relatam valores de massa de forragem que variam de 5.000 a aproximadamente 6.000 $kg.ha^{-1}$ $.ano^{-1}$ de MS, respectivamente no Sertão do estado. Apesar da maior parte do Sertão do Estado de Pernambuco ser considerado como área restrita ao cultivo dessa planta forrageira, o capim-bufel é uma das principais espécies utilizadas para a alimentação dos ruminantes. Nessas áreas com restrições climáticas ao cultivo dessa planta forrageira, especialmente por conta do *déficit* hídrico, são necessárias maiores atenções na implantação dos pastos, optando pelas épocas com maiores precipitações pluviais e menores incidências históricas de veranicos. É também de grande importância para garantir a

perenização dos pastos de capim-bufel nas regiões restritas que o mesmo seja manejado corretamente, não promovendo nesses pastos o superpastejo que, aliado a condições de restrição climática, poderá levá-lo a degradação, além de aumentar sua predisposição a ataques de pragas e doenças e deixá-lo mais vulnerável à escassez e irregularidade de precipitações pluviais.

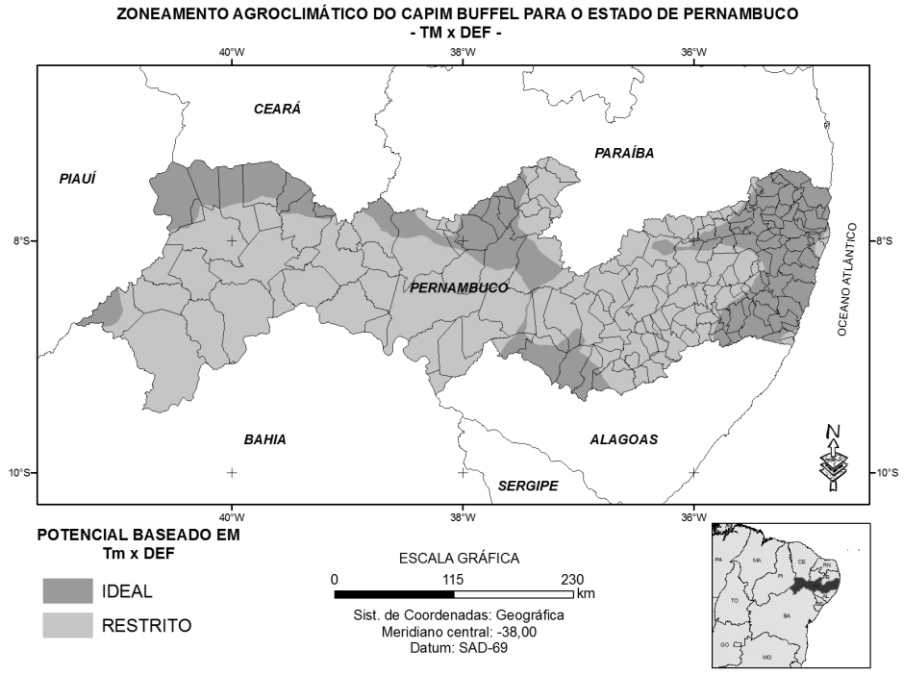

Figura 5. Zoneamento climático do Estado de Pernambuco para o cultivo do capim-bufel.

CONCLUSÃO

1. A maior parte do estado de Pernambuco está na faixa térmica apta para o cultivo do capim-bufel, porém grande parte do estado está em faixa restrita ao seu cultivo em função do déficit de água no solo.
2. Grande parte das áreas do Agreste e Sertão de Pernambuco está fora das áreas consideradas como aptas ao cultivo do capim-bufel, o que requer grande atenção na implantação e manejo para garantir a perenização dos pastos.

REFERÊNCIA

BARRERA, E. D.; CASTELLANOS, A.E.High temperature effects on gas exchange for the invasive buffel grass (*Pennisetum ciliaris* L.) , Weed Biology and Management,v. 7, n. 2, p.

128–131,2007

CAMERON, A.G. . Buffel grass. Northern Territory Department of Primary Industries Agnote E28, Alice Springs, Northern Territory. 2004.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7.; CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 1994, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p.154-157.

COX, J.R.; MARTIN-R, M.H.; IBARRA-F, F.A.; FOURIE, J.H.; RETHMAN, N.F.G. ; WILCOX, D.G. .The influence of climate and soils on the distribution of four African grasses. Journal of Range Management 41, 127–139.1998.

DANTAS NETO, J.D.; SILVA, F.A.S.; FURTADO, D.A.; MATOS, J.A. Influência da precipitação e idade da planta na produção e composição química do capim-buffel. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.9, 2000, p.1867-1874.

FILHO, J.D.A. Manejo de Plantas forrageiras. In: Plantas forrageiras das pastagens. Piracicaba. FEALQ. 1995. 318p.

HACKER, J.B., WILLIAMS, R.J. and COOTE, J.N. Productivty in late winter and spring of four cultivars and 21 acession os *Cenchrus ciliaris* and *Digitaria criantha* c.premier. Tropical grasslands(1995), vol 29, 28-33.

IBGE. Unidades de Federação: Pernambuco. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/ perfil.php?sigla=pe>. Acesso em: 10 mai. 2010.

IVORY ,D. A. & WHITEMAN,P. C. Effect temperature on growth of five subtropical Grasses. II. Effect of low Night Temperature. Australian Journal of Plant Physiology 5 (2), 1978, p. 149- 157.

MITIDIERI, J. Manual de Gramíneas e leguminosas para pastos tropicais. São Paulo: Nobel:

Ed. Universidade de São Paulo, 1983. 198p

MOORE, G.; SANFORD, P.; WILEY, T. Perennial pastures for Western Australia, Department of Agriculture and Food Western Australia, Bulletin 4690.2006.

MOREIRA, J.N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARAUJO, G.G.L.; SILVA, G.C. Potencial de produção de capim buffel na época seca no semi-árido pernambucano.Caatinga (Mossoró,Brasil), v.20, n.3, 2007, p.22-29.

NUNES, E.L.; AMORIM, R.C.F.; SOUZA, W.G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M.C.A.; LEAL, B.G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio doce. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.3, 2007, p.297-302,

OLIVEIRA, M.C. O capim-buffel nas regiões secas do nordeste. Petrolina: EMBRAPACPATSA, 1981. 19 p. (Circular Técnica, 5).

OLIVEIRA, E.R.. Alternativas de alimentação para a pecuária no semi-árido nordestino. In: Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, 6, Anais... Natal: UFRN, 1996.

PEREIRA, A.V. Avanços no melhoramento genético de gramíneas forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39.2002, Recife. Anais... Recife: SBZ: UFRPE, 2002. 1 CD-ROM.

PEZZOPANE, J.R.M. , CASTRO, F.S., PEZZOPANE, J.E.M., BONOMO,R. E SARAIVA, G,S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo[1]. Revista Ciência Agronômiica, v. 41, n. 3, 2010, p. 341-348.

PUPO, N.I.H. Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas-SP,1990, 343p.

RODRIGUES, T. J.D. ; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A.; Adaptação de plantas forrageiras ás condições adversas. In: FAVORETTO, V. ; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds) Simpósio sobre ecossistema de pastagens. Jaboticabal: FUNEP, 1993, p 17-61.

SANTOS, R.M.; VOLTOLINI, T.V.V.; MOURA, M.S.B. ; ANGELOTTI, F.; SÁ, I.I.S. Zoneamento agroclimático do capim-bufel (*Cenchrus ciliaris* L.) no Estado de Pernambuco[1]. In: 48° REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, n. 777, 2011. Anais...: Sociedade Brasileira de Zootecnia, BELÉM- PA, 2011. CD-ROOM

.SOUZA, I.F.; LUNDREN, W.J.C.; NETTO, A.O.A. Comparação entre distribuições de probabilidades da precipitação mensal no estado de Pernambuco. Scientia Plena , vol 6, n 6. 2010.

SUDENE. Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Pernambuco. Recife, 1990. 363 p. (SUDENE. Pluviometria, 6).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, R. J. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publication in Climatology, 8).

UFCG. Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2011. Disponivel em: < http://www.dca.ufcg.edu.br/>. Acesso em 05 de maio de 2010.

VIEIRA, M.E.Q.; SANTANA, D.F.Y.; OLIVEIRA, R.N. Morfogênese de capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*) cultivado em solução nutritiva. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 2001. p.368-369.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em possíveis cenários futuros para o Semiárido brasileiro as temperaturas mais altas prejudicam diretamente a germinação das cultivares do capim-bufel, isto é, diminui a porcentagem da germinação, o índice de velocidade de germinação e aumentam o tempo médio de germinação, o que poderia comprometer no estabelecimento dos pastos dessa planta forrageira.

Contudo, estes aumentos de temperatura favorecem o crescimento e a produção de forragem do capim-bufel, em condições em que não há restrição hídrica ou de nutrientes. O aumento na concentração de CO_2 aumenta a taxa de senescência das plantas e eleva a relação parte aérea raiz.

Dentre as três cultivares de capim-bufel estudadas, a West Australian apresentou melhor resposta em relação a aumento em massas de forragem e raízes em maiores concentrações de CO_2, sugerindo que esta cultivar possui maior adaptação para os possíveis cenários futuros.

O Estado de Pernambuco requer atenção sobre o cultivo do capim-bufel, pois grande parte do Estado está na faixa restrita para o cultivo do capim-bufel em função do balanço hídrico. As áreas do Agreste e Sertão de Pernambuco estão fora das áreas consideradas como aptas ao cultivo do capim-bufel, o que requer grande atenção na implantação e manejo para garantir a perenização dos pastos.