



LEILANE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE CINCO
GENÓTIPOS DE *Brachiaria* spp. E
MODELAGEM DO ACÚMULO DE FORRAGEM
EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS**

LAVRAS – MG

2015

LEILANE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE CINCO GENÓTIPOS DE
Brachiaria spp. E MODELAGEM DO ACÚMULO DE FORRAGEM EM
FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Márcio André Stefanelli Lara

LAVRAS – MG

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Santos, Leilane Oliveira.

Avaliação morfofisiológica de cinco genótipos de
Brachiaria spp. e modelagem do acúmulo de forragem em
função de variáveis climáticas / Leilane Oliveira Santos. –
Lavras : UFLA, 2015.

150 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): Márcio André Stefanelli Lara.

Bibliografia.

1. Produção. 2. Morfogênese. 3. Relações luminosas. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

LEILANE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA DE CINCO GENÓTIPOS DE
Brachiaria spp. E MODELAGEM DO ACÚMULO DE FORRAGEM EM
FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2015

Dr. Daniel Rume Casagrande

Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira

Dr. Márcio André Stefanelli Lara
Orientador

LAVRAS – MG

2015

A minha mãe, que nunca mediu esforços para que eu chegasse até aqui, e que por muitas vezes deixou de realizar seus sonhos para realizar os meus.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por estar sempre presente ao meu lado, dando-me saúde e força para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, pelos ensinamentos, pela formação moral, por todo amor, incentivo, carinho e por estar ao meu lado em todas as dificuldades.

Aos meus irmãos e aos demais familiares pelo carinho e incentivo.

Ao prof. Márcio André Stefanelli Lara, pela orientação, paciência, exemplo de profissionalismo e estímulo à pesquisa científica.

Aos colegas do NEFOR não só pela ajuda nas coletas, mas por todo o aprendizado, companheirismo e amizade.

Ao professor Evaristo pela parceria, e ao uso de equipamentos do laboratório da botânica auxiliando na condução do projeto.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, que contribuíram com este projeto.

Aos meus amigos que sempre torceram por minhas conquistas e estiveram presentes em vários momentos felizes de minha vida.

A Capes pela concessão da bolsa de mestrado e pelo auxílio financeiro.

RESUMO GERAL

Para compreender e descrever o crescimento das plantas forrageiras é necessário ter conhecimento acerca de seus aspectos agronômicos e morfofisiológicos e suas respostas aos fatores edafoclimáticos. Objetivou-se com este trabalho avaliar as respostas agronômicas e morfofisiológicas de cinco genótipos de *Brachiaria* e gerar modelos de crescimento baseados em variáveis climáticas, visando estabelecer bases racionais para otimização do uso desses genótipos. O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. Foram cinco genótipos de *Brachiaria* (cvs. Marandu, Xaraés, Piatã, Mulato e Basilisk) colhidos a 15 cm de altura por onze ciclos de rebrotação distribuídos em um ano. A forragem foi colhida a cada 28 dias no verão e 42 dias no inverno. As unidades experimentais possuíam 32 m² (parcelas de 8 x 4 m) adubadas com o equivalente a 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com quatro repetições. Foi calculada a produção total e estacional de forragem. Uma rebrotação de verão foi acompanhada por meio de avaliações semanais para geração de curvas de resposta e parametrização de modelos. Mediu-se a densidade populacional de perfilhos, a massa do resíduo, o fluxo de tecidos e padrão de acúmulo de forragem dos genótipos com base nas variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo, além de aspectos estruturais e arquitetônicos do dossel. Os cinco genótipos avaliados são adaptados à região de Lavras MG, sendo recomendado o uso de qualquer um deles. Os genótipos Xaraés e Piatã foram os mais produtivos e menos estacionais. Mudanças na composição morfológica da forragem no estrato colhido e resíduo precisam receber maior atenção, pois podem influenciar na comparação entre os genótipos. As características morfogênicas e estruturais também foram afetadas pelas estações do ano e mecanismos de compensação estruturais permitem ajustes na área foliar e ocupação do espaço nas pastagens. Tal relação mostra que cada genótipo possui a capacidade de se adaptar às diferentes condições de exploração. A fotossíntese do dossel foi similar entre os genótipos, diferenciando somente entre as estações, sendo 30% mais alta no verão. O IAF mais alto de alguns genótipos compensa a mesma taxa fotossintética das folhas individuais, tornando o dossel mais eficiente em assimilar carbono da atmosfera. A temperatura base inferior (T_{Bi}) dos cinco genótipos variou em torno de 12 °C. Os modelos de graus-dia (GD) e unidades fototérmicas (UF) ajustaram-se bem aos dados de acúmulo de forragem, mas o uso de um modelo gerado apenas no verão compromete a acérea da estimativa de produção do inverno. Os modelos baseados na temperatura média mínima dos ciclos foram mais precisos.

Palavras-chave: *Brachiaria*. Simulação. Estacionalidade. Recomendação.

GENERAL ABSTRACT

To understand and describe the growth of forage plants is necessary have knowledge about their agronomic and morphophysiological aspects and their responses to edaphoclimatic factors. The objective of this study was to evaluate the agronomic and morphophysiological responses of five *Brachiaria* genotypes and generate growth models based on climatic variables, to establish a rational basis for optimizing the use of these genotypes. The experiment was conducted at Animal Science Department of Federal University of Lavras. Were used five *Brachiaria* genotypes (cvs. Marandu, Xaraés, Piata, Mulato and Basilisk) harvested with 15 cm of stubble height in 11 regrowth cycles distributed in a year. The forage was harvested every 28 days in the summer and 42 days in winter. All treatments had 32 m² plots (8 x 4 m) fertilized with the equivalent of 220 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N and K₂O. The experimental design was a randomized complete block with four replications. Total production and seasonal forage was calculated. A summer regrowth was monitored weekly to generate response curves and parametric models. Were measured: the tiller population density, the stubble mass, tissue flow and forage accumulation pattern of genotypes based on air temperature and photoperiod seasonal changes, and the structural and architectural aspects of the canopy. The five genotypes accessed are adapted to Lavras MG region, and the use of any of them is recommended. The Xaraés and Piata genotypes were the most productive and less seasonal. Changes in the morphological composition of forage harvested and in the stubble must receive greater attention because they can interfere with the comparison between genotypes. The morphogenetic and structural characteristics were affected by the seasons and structural compensation mechanisms, allowing adjustments in leaf area and space occupation in the pastures. This relationship shows that each genotype has the ability to adapt to different exploration conditions. Photosynthesis canopy was similar between genotypes, differing only between seasons, 30% higher in summer. The higher IAF in some genotypes compensate the same photosynthetic rate of individual sheets, making the canopy most efficient to assimilate carbon from the atmosphere. The lower base temperature (T_{Bi}) of the five genotypes ranged around 12 °C. Models of degree-day (GD) and photothermal units (FU) fit well to data from forage accumulation, but the use of a model generated only in the summer compromises accuracy of the estimate in winter production. The models based on the average minimum temperature cycles were more accurate.

Keywords: *Brachiaria*. Simulation. Seasonality. Recommendation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental.....	31
Figura 2	Balanco Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014).....	32
Figura 3	Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012)(A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B).....	33
Figura 4	Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos	33
Figura 5	Colheita da forragem acumulada no interior do retângulo de amostragem a 15cm do nível do solo (A); Condição da área após o processo de amostragem (B)	34
Figura 6	Armazenamento da amostra em sacos plásticos no campo (A); Separação de subamostras no laboratório (B); Componentes morfológicos separados (C); Amostras sendo secas em estufa (D)	35
Figura 7	Distribuição estacional da produção anual de forragem de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	49

CAPÍTULO 3

Figura 1	Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental.....	64
Figura 2	Balanco Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014).....	65
Figura 3	Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B).....	66

Figura 4	Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos	66
Figura 5	Local da avaliação nas parcelas (A); Contagem dos perfilhos (B)....	68

CAPÍTULO 4

Figura 1	Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental	91
Figura 2	Balanço Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014)	92
Figura 3	Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B).....	93
Figura 4	Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos	93
Figura 5	Medidor portátil de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA)	94
Figura 6	Analisador de dossel modelo LAI 2200 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA)	96
Figura 7	Fotossíntese foliar média de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> em função da temperatura do ar	102
Figura 8	Variação na interceptação luminosa em função da altura do dossel para cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	104
Figura 9	Altura, interceptação luminosa (IL) e ângulos foliares (Âng) medidos semanalmente para cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	105

CAPÍTULO 5

Figura 1	Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental	122
Figura 2	Balanço Hídrico (outubro de 2013 a outubro de 2014)	123

Figura 3	Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B).....	124
Figura 4	Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos	124
Figura 5	Marcação das parcelas com cal virgem durante as quatro semanas no verão agrostológico (A); Retirada da amostra de forragem (B).....	127
Figura 6	Regressões entre índice de produtividade (IP) e temperatura média mínima dos ciclos de rebrotação para determinação da T _{Bi} de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	132
Figura 7	Acúmulo de forragem do genótipo Basilisk no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B).....	133
Figura 8	Acúmulo de forragem do genótipo Marandu no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B).....	134
Figura 9	Acúmulo de forragem do genótipo Mulato no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B).....	134
Figura 10	Acúmulo de forragem do genótipo Piatã no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B).....	134
Figura 11	Acúmulo de forragem do genótipo Xaraés no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B).....	135
Figura 12	Simulação da produção anual da forragem por meio de modelos baseados em Temperatura Média Mínima (T _{min}), Graus Dia	

(GD) e Unidades Fototérmicas (UF) para cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	136
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Análise de terra proveniente da área experimental.....	31
Tabela 2	Acúmulo de forragem (AF) de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano	38
Tabela 3	Porcentagem de folhas de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano.....	39
Tabela 4	Porcentagem de colmos de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano.....	40
Tabela 5	Porcentagem de material morto de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano.....	41
Tabela 6	Porcentagem de inflorescência de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano	42
Tabela 7	Índice de área foliar (IAF) nos dosséis de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano.....	43
Tabela 8	Massa seca total no resíduo de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico	44
Tabela 9	Porcentagem de folhas no resíduo de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico.....	45
Tabela 10	Porcentagem de colmos no resíduo de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico.....	46
Tabela 11	Porcentagem de material morto no resíduo de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico.....	47
Tabela 12	Índice de área foliar (IAF) no resíduo de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico.....	48

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Análise de terra proveniente da área experimental.....	64
Tabela 2	Características morfogênicas de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	72
Tabela 3	Características estruturais de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	73
Tabela 4	Comprimento médio da folha intacta (CFI) de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e no inverno agrostológico	75
Tabela 5	Outras características descritivas de cinco cultivares de <i>Brachiaria</i>	76

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Análise de terra proveniente da área experimental.....	91
Tabela 2	Fotossíntese de dossel de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> no verão e inverno agrostológico	103
Tabela 3	Altura de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> nas quatro estações do ano	106

CAPÍTULO 5

Tabela 1	Análise de terra proveniente da área experimental.....	122
Tabela 2	Coefficientes de correlação (r) entre acúmulos de forragem e variáveis climáticas ao longo das estações do ano para cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	131
Tabela 3	Acúmulo de forragem do genótipo Marandu colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG.....	137
Tabela 4	Acúmulo de forragem do genótipo Basilisk colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG.....	138

Tabela 5	Acúmulo de forragem do genótipo Xaraés colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG.....	139
Tabela 6	Acúmulo de forragem do genótipo Mulato colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG.....	140
Tabela 7	Acúmulo de forragem do genótipo Piatã colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG.....	141
Tabela 8	Porcentagem de erro na estimativa do acúmulo de forragem em função do acúmulo real de forragem de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> spp. em função de variáveis climáticas.....	142

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	Introdução Geral	18
1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Fatores ambientais e a estacionalidade de produção	20
2.2	A fotossíntese como precursora da produção de forragem	21
2.3	Modelagem do acúmulo de forragem	22
	REFERÊNCIAS	24
CAPÍTULO 2	Produção de forragem, acúmulo e composição morfológica de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	26
1	INTRODUÇÃO	28
2	MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1	Local do experimento	30
2.2	Delineamento experimental e manejo da colheita	32
2.3	Acúmulo de forragem e composição morfológica	34
2.4	Análise dos dados	36
3	RESULTADOS	38
3.1	Acúmulo de forragem	38
3.2	Proporção de folhas na forragem acumulada	39
3.3	Proporção de colmos na forragem acumulada	40
3.4	Proporção de material morto na forragem acumulada	41
3.5	Proporção de inflorescência na forragem acumulada	41
3.6	Índice de área foliar do dossel	42
3.7	Massa de forragem no resíduo	43
3.8	Proporção de folhas no resíduo	44
3.9	Proporção de colmos no resíduo	45
3.10	Proporção de material morto	46
3.11	Índice de área foliar no resíduo	47
3.12	Estacionalidade de produção forrageira	48
4	DISCUSSÃO	49
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 3	Respostas morfogênicas e estruturais de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	59
1	INTRODUÇÃO	61
2	MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1	Local do experimento	63
2.2	Delineamento experimental e manejo das parcelas	65
2.3	Seleção e avaliação dos perfilhos	67

2.4	Análise dos dados	69
3	RESULTADOS.....	71
3.1	Características Morfogênicas.....	71
3.2	Características Estruturais	73
3.3	Outras características descritivas de perfis de <i>Brachiaria</i>	75
4	DISCUSSÃO.....	77
5	CONCLUSÕES.....	82
	REFERÊNCIAS.....	83
	CAPÍTULO 4 Relações luminosas, fotossíntese foliar e potencial assimilatório de dosséis de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i>	86
1	INTRODUÇÃO.....	88
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	90
2.1	Local do experimento.....	90
2.2	Delineamento experimental e manejo da colheita	92
2.3	Fotossíntese de folhas individuais	94
2.4	Índice de área foliar, interceptação luminosa e ângulos foliares	95
2.5	Modelagem da fotossíntese de dossel.....	96
2.6	Medição de altura.....	98
2.7	Análise dos dados	99
3	RESULTADOS.....	101
3.1	Fotossíntese de folhas individuais, concentração intercelular de CO ₂ , condutividade estomática e taxa de transpiração	101
3.2	Fotossíntese do dossel forrageiro	102
3.3	Relações luminosas.....	103
3.4	Altura do dossel forrageiro	106
4	DISCUSSÃO.....	107
5	CONCLUSÕES.....	112
	REFERÊNCIAS.....	113
	CAPÍTULO 5 Modelagem do acúmulo de forragem de cinco genótipos de <i>Brachiaria</i> com base em variáveis climáticas.....	117
1	INTRODUÇÃO.....	119
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	121
2.1	Local do experimento.....	121
2.2	Delineamento experimental e manejo da colheita	123
2.3	Amostragem de forragem para geração dos modelos com base em Temperatura Média Mínima (Tmin).....	125
2.4	Amostragem de forragem para geração dos modelos com base em Graus Dia (GD) e Unidades Fototérmicas (UF)	125
2.5	Calculo de Unidade Fototérmicas e Graus-Dia	127
2.6	Análise dos dados	130
3	RESULTADOS.....	131
3.1	Correlações entre acúmulo de forragem e variáveis climáticas.....	131

3.2	Temperatura base inferior (T_{Bi})	132
3.3	Modelos de acúmulo de forragem para o verão agrostológico	133
3.4	Modelos de produção anual de forragem em função de T_{min}, GD e UF	135
4	DISCUSSÃO	143
5	CONCLUSÕES	148
	REFERÊNCIAS	149

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A busca pela melhor eficiência econômica dos sistemas produtivos agropecuários passam pela identificação e uso de técnicas de manejo do pastejo e da pastagem além do planejamento administrativo que permite a tomada de decisões direcionadas e com menor margem de erro (BARIONI et al., 2003). Nesse sentido, são relevantes os estudos de dinâmica da produção primária das gramíneas forrageiras, realizados por meio de avaliações das características produtivas, morfogênicas e estruturais.

Respostas pontuais auxiliam no entendimento da interface solo, planta, animal, e é inevitável o uso de ferramentas que auxiliem os pesquisadores na interpretação do dinamismo do sistema quando fatores climáticos são adicionados ao processo. Dentre essas ferramentas destaca-se o uso de modelos de simulação de produção, que permitem descrever o funcionamento de um sistema produtivo e inter-relacionar seus componentes (LARA, 2011).

Na pesquisa o modelo pode ser usado para identificação de lacunas de conhecimento e fornecer subsídio teórico para estudos mais amplos e mais complexos. No campo, pode ser usado para estimar a produção de forragem permitindo maior controle sobre a oferta e demanda de alimentos na propriedade, fornecendo informações importantes ao produtor para a realização do planejamento de sua atividade (BARIONI et al., 2003).

Apesar de a atividade pecuária ser uma das principais atividades agro-econômicas de Minas Gerais e do Brasil, os ecossistemas pecuários apresentam algum tipo de desvantagem produtiva, desde fatores edafoclimáticos como de mercado e até de conhecimento no gerenciamento das atividades dentro da fazenda. Nesse contexto, é fundamental buscar a melhor eficiência econômica

do sistema produtivo aliando técnicas de manejo e o planejamento estratégico. A maioria dos setores da atividade pecuária é passível de planejamento e um dos principais pontos de estrangulamento da atividade está na orçamentação da produção forrageira, cuja maior dificuldade está na racionalização da estacionalidade produtiva que as gramíneas forrageiras apresentam.

Objetivou-se com este trabalho gerar informações sobre características agronômicas e morfofisiológicas de cinco genótipos de *Brachiaria* e gerar modelos de predição do acúmulo de forragem com base em fatores climáticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fatores ambientais e a estacionalidade de produção

Vários fatores determinam o crescimento das plantas forrageiras, dentre os quais a temperatura do ar, radiação solar, fotoperíodo e umidade do solo são consideradas as principais (KORTE et al., 1986). A luz é de grande importância para a maximização da produção devido à relação próxima entre irradiância e o ganho líquido de biomassa seca por unidade de área foliar (DOVRAT, 1993). O regime de radiação favorável ao crescimento das plantas associado aos céus limpos e os dias longos nos trópicos é a maior razão pela qual, zonas áridas têm grande potencial para suportar elevadas produções de massa seca ano a ano, desde que providos água e nutrientes.

As baixas temperaturas noturnas em algumas regiões dos trópicos e subtropicais são apontadas como um dos principais agentes causadores da estacionalidade de crescimento de plantas forrageiras. No entanto, um dos principais problemas da interpretação de resultados experimentais pode ser a dificuldade de se separar os efeitos de luz (fotoperíodo e intensidade luminosa) dos efeitos da temperatura no crescimento de plantas (ROLIM, 1980). Mesmo assim, atualmente as temperaturas mínimas tem se destacado por ter maior correlação com o potencial de produção forrageiro além da estacionalidade (LARA, 2011; TONATO; 2009). As variáveis climáticas são fáceis de serem tomadas ou compiladas e são a base para a orçamentação forrageira.

Segundo Pedreira e Mattos (1981) a estacionalidade de produção forrageira não ocorre nos meses de maior temperatura do ar, reforçando que outros fatores complementares, incluindo a baixa temperatura e a redução no fotoperíodo, atuam intensivamente no processo produtivo, e por isso, modelos baseados unicamente em soma térmica, são provavelmente inadequados para

previsão da produção forrageira já que as variações estacionais da produção são muito maiores que as variações de soma térmica.

Com o objetivo de ajustar os efeitos da temperatura do ar e do fotoperíodo sobre a resposta das plantas, Villa Nova, Carreteiro e Scardua (1983) propuseram a Unidade Fototérmica (UF), um índice climático que expressa o efeito combinado da temperatura do ar e do fotoperíodo, na previsão da produtividade das culturas em resposta às oscilações estacionais do ambiente.

Assim, o uso de artificios como a irrigação teria o objetivo reduzir as variáveis causadoras da estacionalidade no período seco e maximizar o aproveitamento das condições ótimas do período quente e chuvoso. Por outro lado, a falta de água causa redução no potencial de produção de forragem podendo comprometer genótipos promissores em certas regiões do país, sendo então necessários levantamentos de dados em condições climáticas controladas para determinar a melhor estratégia de uso das plantas e simular seu crescimento por meio de modelos mais acurados.

2.2 A fotossíntese como precursora da produção de forragem

Cooper e Wilson (1970) postularam que a eficiência do dossel na conversão de energia luminosa em biomassa seca é dependente das taxas de fotossíntese de folhas individuais, dos padrões de interceptação luminosa do dossel e da distribuição da matéria seca na planta ao longo do perfil do dossel. Folhas individuais apresentam grande variação em sua capacidade fotossintética, que é determinada por fatores como a quantidade de radiação solar incidente, temperatura, suprimento de água e, principalmente, o estágio de desenvolvimento da folha (PEDREIRA; MELLO; OTANI, 2001). A variação de tais fatores dentro do dossel faz com que a fotossíntese de folhas individuais seja diferente da fotossíntese realizada pelo dossel. Modelos como o de Boote e

Jones (1987), integram alguns fatores como IAF, coeficiente de extinção luminosa, densidade de fluxo da radiação e máxima taxa de fotossíntese por folha e estimam a fotossíntese do dossel (JOHNSON; PARSONS; LUDLOW, 1989).

Como resultado de todo esse processo, variações morfológicas afetam outros fatores ligados à produção além da distribuição de luz no dossel e fotossíntese. A circulação de ar altera os processos de transferência de CO₂ e evapotranspiração que são fortemente dependentes do microclima gerado no perfil do dossel devido à sua morfologia (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

A distribuição dos componentes morfológicos ao longo do perfil do dossel pode explicar as eventuais diferenças em produção, além de determinar o limite dos regimes de desfolhação devido às diferenças morfológicas entre plantas (RHODES, 1971). Ângulos foliares também são importantes na caracterização morfológica do dossel, pois não afetam somente a iluminação relativa de uma folha totalmente exposta, mas a sombra projetada e o fluxo de radiação disponível às folhas inferiores (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

2.3 Modelagem do acúmulo de forragem

Segundo Bernardes (1999) a modelagem matemática constitui-se numa descrição simplificada de sistemas reais por meio da integração de conhecimentos de diferentes disciplinas com o intuito de sintetizar, apresentar e analisar diversos aspectos da produção agrícola, incluindo produção e os diversos tipos de interações entre as culturas e o meio ambiente, permitindo a previsão de respostas de sistemas e de seus componentes.

A modelagem da produção em função da temperatura máxima, média ou mínima, da soma térmica e unidades fototérmicas relacionada à análise de componentes morfofisiológicos da planta forrageira permite melhorias no

planejamento e programação da produção de forragem, bem como o aperfeiçoamento do uso de insumos e outros recursos no processo. Quando as plantas atingem o ponto de máxima taxa média de acúmulo líquido de forragem, os fatores de crescimento passam a ser limitantes dentro do dossel, acentuando-se o processo de competição entre os perfilhos, sendo que a luz se torna o fator de maior competição, sob condições ótimas de manejo. O crescimento representa o potencial de produção da planta enquanto que a senescência e a decomposição podem representar a ineficiência do processo de colheita (HODGSON et al., 1981).

A abordagem proposta permitirá a determinação do potencial produtivo de cinco cultivares de *Brachiaria* spp., além de elucidar as bases morfofisiológicas das diferenças entre eles, gerando um banco de dados que alimentará modelos de simulação para uma abordagem acadêmica como para uso em sistemas de gerenciamento e apoio à tomada de decisão em operações comerciais baseadas em pastagens.

REFERÊNCIAS

- BARIONI, L. G. et al. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-153.
- BERNARDES, M. S. Modelagem matemática aplicada à agricultura. **AGRIANUAL 2000** - anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos/FNP Consultoria e Comércio, 1999.
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed.). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: M. Nijhoff, 1987. v. 4, p. 415-418.
- COOPER, J. P.; WILSON, D. Variation in photosynthetic rate in *Lolium*. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 11., 1970, Surfers Paradise. **Proceedings...** Santa Lucia: University of Queensland, 1970. p. 522-527.
- DOVRAT, A. **Irrigated forage production**. Amsterdã/Londres/Nova York/Tokyo: Elsevier, 1993. (Developments in Crop Science, 24).
- HODGSON, J. et al. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In : WRIGHT, C. E. **Plant physiology and herbage production**. Massey: Massey University/British Grassland Society, 1981. p. 51-62.
- JOHNSON, I. R.; PARSONS, A. J.; LUDLOW, M. M. Modelling photosynthesis in monocultures and mixtures. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 16, p. 501-516, 1989.
- KORTE, C. J. Tillering in “Grassland Nui” perinial ryegrasswards. 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers whith two mowing frequencies. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 29, p. 629-638, 1986.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. Sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e do fotoperíodo:** adaptação do modelo CROPGRO. 2011. 213 p. Tese (Doutorado em Pastagens e Forragicultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. et al. **Physiological aspects of crop yield.** Madison: ASA/CSSA/SSA, 1969. p. 27-47.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L. de; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. A produção animal na visão dos brasileiros In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 772-807.

PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 117-143, jul./dez. 1981.

RHODES, I. The relationship between productivity and some components of canopy structure in ryegrass (*Lolium* spp.). II. Yield, canopy structure and light interception. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 77, n. 2, p. 283-292, Oct.1971.

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 6., 1980, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1980. p. 39-81.

TONATO, F. **Desenvolvimento e avaliação de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais para apoio à tomada de decisão.** 2011. 111 p. Tese. (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2011. Piracicaba.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, E. Um modelo de avaliação de crescimento em cana-de-açúcar (*Sccharum* sp) em termos de ação combinada de fotoperíodo e temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: SBA, 1983. p.31-48.

CAPÍTULO 2 Produção de forragem, acúmulo e composição morfológica de cinco genótipos de *Brachiaria*

RESUMO

Gramíneas do gênero *Brachiaria* compõem grande parte das pastagens cultivadas no Brasil, no entanto a falta de conhecimento sobre o uso adequado dessas plantas forrageiras caracteriza a pecuária extensiva como detentora de baixos índices de produtividade no país. Objetivou-se com este trabalho avaliar cinco genótipos de *Brachiaria* com o intuito de contrastá-los quanto a alguns de seus atributos agrônômicos nas condições do sul de Minas Gerais. O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. Foram estudados cinco genótipos de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés, Piatã, Basilisk, e Mulato II) durante um ano. As Unidades experimentais (parcelas 8x4 m) foram adubadas com 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O e foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições totalizando 20 unidades experimentais. As principais características agrônômicas avaliadas foram: Acúmulo de forragem (AF) e massa de forragem no resíduo e suas composições morfológicas. Apesar do AF dos genótipos estudados terem sido similares dentro de cada estação principalmente nas estações mais frias do ano, houve variações expressivas no AF entre as estações do ano. Do verão para o inverno, ocorreu o declínio na produção de forragem na ordem de 60% do montante acumulado na estação quente. Os valores da massa de forragem no resíduo não variaram entre os genótipos. A proporção de folhas também variou apenas nas estações do ano, mantendo-se uniforme entre os genótipos estudados. A proporção de folhas no resíduo ficou abaixo de 20% no inverno sendo sua densidade composta principalmente por material morto. Os genótipos Xaraés e Piatã são os mais produtivos e menos estacionais, mas todos os genótipos avaliados responderam bem às condições climáticas de Lavras. A escolha de uso de cada genótipo dependerá do nível de exploração desejado pelo pecuarista.

Palavras-chave: Marandu. Xaraé. Piatã. Mulato. Decumbens. Estacionalidade de produção.

CHAPTER 1 Herbage accumulation and morphological composition of five *Brachiaria* genotypes

ABSTRACT

The Brazilian cattle industry is still characterized, generally, by low levels of productivity, which is due, among other factors, the inappropriate management of pastures. The objective of this study was to evaluate five genotypes of *Brachiaria* spp. to contrast them by agronomic traits in the southern conditions of Minas Gerais. The study was conducted in an experimental area of the Department of Animal Science of Federal University of Lavras, in Lavras - MG. Five cultivars of *Brachiaria* were studied, three *Brachiaria*: cvs. Marandu, Xaraés, and Piata a *B. decumbens*: cv. Basilisk, and a hybrid of *B. brizantha*, *B. decumbens* and *B. ruziziensis*: cv. Mulato II, in a randomized complete block design with four replications totaling 20 plots. The main agronomic traits accessed were: forage accumulation (AF), stubble mass and its morphological composition. Despite the AF of genotypes had been similar within each season, mainly in the cooler seasons of the year, there were significant variations in AF between the seasons. When the temperature was not favorable to the growth of the genotypes, occurred a decline in forage dry matter production, this reduction was around 60% of the accumulated amount in the spring and summer. The stubble forage mass values did not vary between genotypes, but were affected by the season. From summer to winter the stubble mass increased about 55%. In the stubble forage mass, the proportion of leaves also varied only in the seasons, thus, there is little variation among genotypes. The proportion of leaves in the stubble was below 20% in winter, and about 24% in the summer. The genotypes evaluated are adapted to Lavras region. The Xaraés and Piata genotypes are more productive and less seasonal, been most recommended for intensive use.

Keywords: Forage production. Leaf area index. Stubble analysis.

1 INTRODUÇÃO

As gramíneas do gênero *Brachiaria* podem ser consideradas como a principal fonte de alimento para os bovinos criados em pastagens no Brasil (HOFFMANN et al., 2014). Devido à sua adaptação a solos de baixa e média fertilidade, essas gramíneas foram responsáveis pela grande expansão da pecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste do País, mas alicerçaram a pecuária extensiva nos estados do Sudeste, principalmente em Minas Gerais (BARCELLOS et al., 2008).

As espécies de *Brachiaria* se difundiram rapidamente pelo Brasil em função de sua adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e rusticidade substituindo espécies forrageiras nativas e gramíneas cultivadas de menor valor agrônômico. No entanto, a dificuldade de se encontrar outras espécies forrageiras que se adaptem tão bem a diferentes condições de solo, clima e manejo, resultou na formação de cerca de 70 milhões de hectares com o cultivar Marandu (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 2014). Como resultado, problemas de desequilíbrio biótico como o aumento populacional de cigarrinha das pastagens em várias regiões do Brasil e até a morte súbita do “Braquiário”, tornaram o monocultivo um problema.

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente juntamente com o melhoramento genético das gramíneas do gênero *Brachiaria*, traz a possibilidade de variação no uso do gênero, por meio de novos genótipos mais adaptados e com alto potencial de produção forrageiro. Após o lançamento do capim-Marandu em 1984, pesquisadores da Embrapa Cerrado e Embrapa Gado de Corte lançaram em 2002 a *B. brizantha* cv. Xaraés como mais uma opção de gramínea forrageira. Nos dias de hoje, o capim-Mulato e o cultivar Piatã também

são opções ao alcance do produtor para diversificação, mas as informações técnicas desses genótipos ainda são superficiais e incompletas.

Para otimizar a produção dos novos recursos forrageiros ao longo do ano, é necessário a quantificação do potencial de produção dos genótipos, bem como o conhecimento de suas características agronômicas em resposta aos fatores de ambiente. Essa avaliação é imprescindível na comparação e determinação do potencial de uso dessas plantas por meio de práticas de manejo padronizadas, além de subsidiar técnicos, pesquisadores e produtores com informações agronômicas e fisiológicas de cada genótipo. Tais informações auxiliam na escolha da planta mais adaptada às condições de cada propriedade.

Com o presente estudo objetivou-se identificar cinco genótipos de *Brachiaria* spp. com o intuito de contrastá-los quanto alguns de seus atributos agronômicos nas condições do sul de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG (21°14'06'' S e 44°58'06'' W, com altitude 918m). O Clima é classificado (Sistema Köppen) como Cwa (Mesotérmico úmido subtropical de inverno seco)(SÁ JUNIOR, et al., 2012), onde a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é superior 23,9 °C e o mês mais frio (julho) é de 17,2°C.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento foi realizada análise do solo (Tabela 1), e posteriormente foi feita a calagem com 1000 kg de calcário dolomítico e adubação fosfatada com 150 kg P₂O₅ por hectare respectivamente. Em seguida foram impostos os tratamentos, os genótipos foram semeados a lanço no mês de abril de 2012 e decorridos 60 dias iniciou as adubações de manutenção, onde foram realizadas manualmente logo após o corte a cada 60 dias, aplicando-se por corte, 20 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S), com o objetivo de obter-se um ritmo de produção intensivo. Com o início das avaliações experimentais no dia 11 de outubro de 2013 foi realizado adubações de produção com 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, utilizando como adubo, sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S) e cloreto de potássio, KCl (65 % K₂O). Foram realizados 11 ciclos de rebrotação totalizando a aplicação de 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, aplicando-se no verão e inverno agrostológicos a cada 28 e 42 dias respectivamente após o corte.

Tabela 1 Análise de terra proveniente da área experimental

*pH H ₂ O	M.O g dm ⁻³	P mgdm ⁻³	K 75	Ca 3,1	Mg 0,7	H+Al 2,6	SB 4,1	T 6,6	V% 61,0
				----- cmol _c dm ⁻³ -----					

*pH H₂O=potencial hidrogeniônico mensurado em água;M.O= matéria orgânica;SB= soma de bases;T= capacidade de troca catiônica;V= saturação por bases.

Os dados climatológicos foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Engenharia da UFLA (Figura 1). O balanço hídrico foi calculado com base nos dados climáticos do experimento usando o balanço hídrico sequencial de Pereira (2005) utilizando a ETP (evapotranspiração potencial) e ETR (evapotranspiração real).

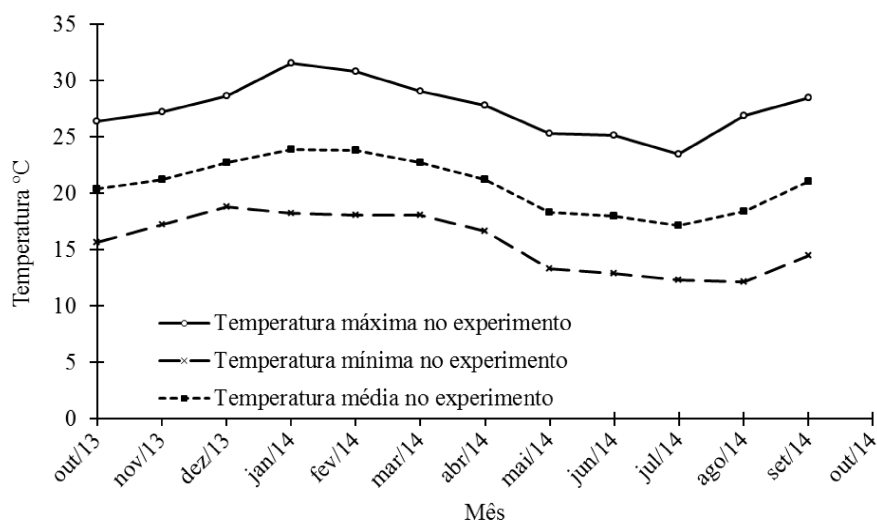


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

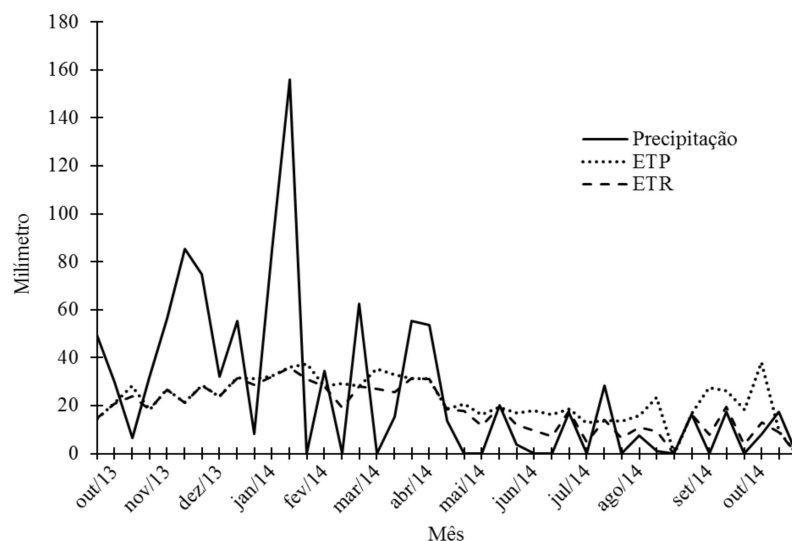


Figura 2 Balanço Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014)

2.2 Delineamento experimental e manejo da colheita

Foram estudados cinco genótipos do gênero *Brachiaria*, sendo três de *B. brizantha*: cvs. Marandu, Xaraés, e Piatã, uma *B. decumbens*: cv. Basilisk, e um híbrido de linhagens de *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens*: cv. Mulato II (ARGELPEDRO et al., 2007), em um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com os genótipos alocados em parcelas com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. A área de cada unidade experimental foi de 32m² (4m x 8m), com corredores de um metro de largura entre as parcelas (Figura 3 A e B). O período experimental teve duração de um ano, a partir do início do verão agrostológico (Set/Out) de 2013.



Figura 3 Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012)(A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B)

Durante o período experimental a forragem de cada parcela foi colhida a 15 cm de altura em 11 ciclos de crescimento (Figura 4).

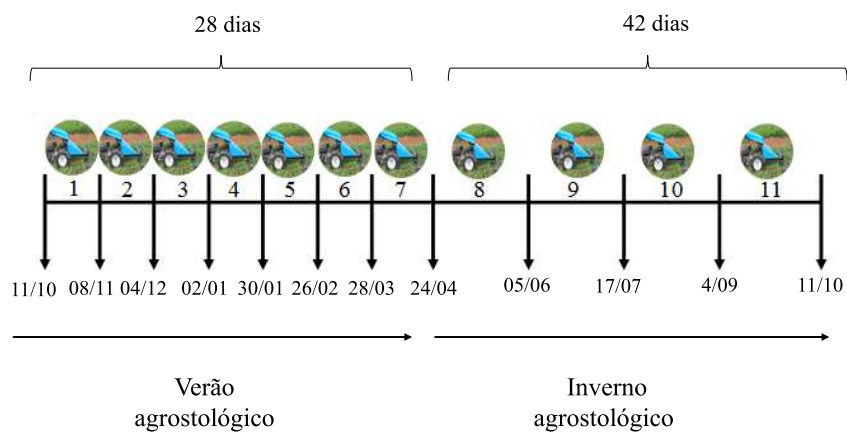


Figura 4 Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos

2.3 Acúmulo de forragem e composição morfológica

Ao final cada ciclo de rebrotação, amostras foram retiradas para quantificação do acúmulo de forragem (AF), cortando-se a forragem contida no interior de três molduras metálicas retangulares medindo 0,5 x 1,0 m a 15cm do nível do solo (HAYDOCK;SHAW, 1975). O corte foi realizado em pontos da parcela onde a condição de vegetação foi representativa da média (Figura 5).



Figura 5 Colheita da forragem acumulada no interior do retângulo de amostragem a 15cm do nível do solo (A); Condição da área após o processo de amostragem (B)

As amostras de forragem fresca foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e pesadas no laboratório, com auxílio de uma balança. De cada amostra foram tomadas duas subamostras de aproximadamente 500g. A primeira foi acondicionada em saco de papel, novamente pesada fresca e levada para estufa de circulação forçada a 60°C para secagem até peso constante. Esses

dados foram utilizados para determinação do AF em termos de matéria seca (MS). A segunda foi acondicionada em saco plástico e resfriada para posteriormente serem separadas nos seus componentes morfológicos: lâmina foliar, colmo e material morto, e quando presentes em inflorescências (Figura 6).



Figura 6 Armazenamento da amostra em sacos plásticos no campo (A); Separação de subamostras no laboratório (B); Componentes morfológicos separados (C); Amostras sendo secas em estufa (D)

O AF foi calculado com a média da massa de forragem acima do resíduo de corte dos três retângulos de amostragem em cada parcela. A taxa média diária de acúmulo de forragem ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi calculada dividindo o valor de AF encontrado no final de cada ciclo de rebrotação pelo número de dias de rebrotação do mesmo. O AF foi agrupado por estação (primavera, 23 de setembro a 21 de dezembro; verão, de 21 de dezembro a 21 de março; outono,

de 21 de março a 21 de junho e inverno, de 21 de junho a 23 de setembro), somando as taxas médias diárias de acúmulo dentro do período correspondente a cada estação. As amostras do resíduo foram retiradas ao nível do solo apenas no final dos ciclos 3 e 9, representantes do auge do verão e inverno agrostológico respectivamente (Figura 4). Nas amostras foram aplicados os mesmos procedimentos de colheita e separação morfológica das amostras de AF.

Para as medidas de Índice de Área Foliar (IAF), foi utilizado um analisador de dossel modelo LAI-2200 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA), descrito por Welles e Norman (1991), que permite amostragens rápidas e não destrutivas. O equipamento possui um sensor constituído por lentes tipo “olho de peixe” que capta a imagem hemisférica abaixo e acima do dossel. A partir dessas medidas é possível calcular o IAF do dossel usando a inversão de um modelo de transmissão de luz dentro do dossel (WELLES; NORMAN, 1991). Para adquirir o IAF foram amostrados dez pontos representativos da média de IAF do dossel em cada parcela, a proporção de medidas de referência foi de uma medida acima do dossel para cada quatro medidas abaixo. As medidas foram realizadas em condição padrão que englobaram leituras entre touceiras e folhosidade similar.

2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos por meio do procedimento MIXED do “software” estatístico SAS (LITTELL et al., 1996). Na escolha da matriz de covariância foi utilizado o critério de informação de Akaike (WOLFINGER; OCONNELL, 1993). Os efeitos de genótipo e época do ano e suas interações foram considerados como efeitos fixos (LITTELL et al., 1996). As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) ajustada para o teste de “Tukey” e um nível de 5% probabilidade.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + \gamma_{ij} + E_k + (GE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo da k -ésima estação do ano;

μ = média geral;

B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco, $i = 1, \dots, 4$;

G_j = efeito fixo associado ao j -ésimo genótipo, $j = 1, \dots, 5$;

γ_{ij} = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo, assumindo $\gamma_{ij} \sim N(0, I\sigma_\gamma^2)$, sendo que $I\sigma_\gamma^2$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

E_k = efeito fixo associado a k -ésima estação do ano, $k = 1, \dots, 4$;

$(GE)_{jk}$ = efeito da interação do j -ésimo genótipo com a k -ésima estação do ano;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo genótipo na k -ésima estação do ano, assumindo que $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, I\sigma_\varepsilon^2)$, sendo que $I\sigma_\varepsilon^2$ é a matriz de variância e covariância, pois se assume dependência dos erros.

3 RESULTADOS

3.1 Acúmulo de forragem

O AF sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,034$). O AF foi similar entre os genótipos em cada estação. Entre as estações, houve variação da produção dos genótipos onde na primavera o genótipo Basilisk se destacou como um dos mais produtivos nas estações quentes, de forma geral os genótipos tiveram produções superiores a 8000 kg MS ha⁻¹ durante no verão agrostológico enquanto no inverno agrostológico a produção não passou de 3000 kg MS ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2 Acúmulo de forragem (AF) de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xarões	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----					
Primavera	4925 Aa (277,8)	3222 ABa (277,8)	4279 ABa (277,8)	4485 ABa (277,8)	4672 ABa (277,8)	4316 (124,2)
Verão	4004 Aa (265,2)	4141 Aa (265,2)	4445 Aa (265,2)	4691 Aa (265,2)	4869 Aa (265,2)	4430 (118,6)
Outono	1825 Ba (213,2)	1972 Ba (213,2)	2337 Ba (213,2)	2757 Ba (213,2)	2814 Ba (213,2)	2341 (95,3)
Inverno	244 Ca (117,2)	316 Ca (117,2)	312 Ca (117,2)	240 Ca (117,2)	488 Ca (117,2)	320 (52,4)
Média	2750 (148,9)	2413 (148,9)	2843 (148,9)	3043 (148,9)	3211 (148,9)	
Total	10998	9651	11373	12173	12843	11407

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P<0,05$).
Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P<0,05$).
Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.2 Proporção de folhas na forragem acumulada

A porcentagem de folhas sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,025$). A proporção de folhas foi alta em todas as estações do ano independente do genótipo, estando sempre acima de 80%. O genótipo Basilisk apresentou as menores proporções de folhas não verão agrostológico, período onde ocorre maior proporção de colmos nesse genótipo, em média os genótipos com maior proporção de folhas foram o Xaraés e Mulato (Tabela 3).

Tabela 3 Porcentagem de folhas de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaraés	
	----- % -----					
Primavera	77,8 Ab (1,87)	97,5 Aa (1,87)	94,5 Aa (1,87)	89,8 Aa (1,87)	97,7 Aa (1,87)	91,5 (0,82)
Verão	79,0 Ab (2,18)	91,9 Aa (2,18)	94,8 Aa (2,18)	85,7 Aab (2,18)	96,9 Aa (2,18)	89,7 (0,91)
Outono	84,4 Aab (2,24)	88,8 Aa (2,24)	92,4 Aa (2,24)	79,6 Ab (2,24)	92,9 Aa (2,24)	87,6 (1,00)
Inverno	83,3 Aa (5,97)	81,4 Aa (5,97)	85,7 Aa (5,97)	90,9 Aa (5,97)	79,9 Aa (5,97)	84,2 (2,73)
Média	81,1 (1,85)	89,9 (1,85)	91,9 (1,85)	86,5 (1,85)	91,9 (1,85)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P<0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P<0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.3 Proporção de colmos na forragem acumulada

A porcentagem de colmos sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,001$). A proporção de colmos foi maior na primavera e principalmente no verão, onde os genótipos com maior presença de colmos foram Basilisk e Piatã. A altura do resíduo de 15 cm proporcionou menor elevação dos colmos acima da linha de corte principalmente para os genótipos com folhas mais longas como o Xaraés e Mulato (Tabela 4).

Tabela 4 Porcentagem de colmos de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaraés	
	----- % -----					
Primavera	21,9 Aa (1,96)	1,5 Ab (1,96)	4,6 Ab (1,96)	9,5 Ab (1,96)	2,1 Ab (1,96)	7,9 (0,87)
Verão	20,7 ABa (1,81)	6,2 Ab (1,81)	5,2 Ab (1,81)	12,8 Aab (1,81)	3,9 Ab (1,81)	9,7 (0,81)
Outono	10,9 BCa (1,58)	5,0 Aa (1,58)	2,5 Aa (1,58)	9,2 Aa (1,58)	2,7 Aa (1,58)	6,1 (0,70)
Inverno	0,8 Ca (0,75)	1,5 Aa (0,75)	2,0 Aa (0,75)	1,9 Ba (0,75)	1,3 Aa (0,75)	1,5 (0,33)
Média	13,6 (0,75)	3,5 (0,75)	3,6 (0,75)	8,4 (0,75)	2,5 (0,75)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P<0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P<0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.4 Proporção de material morto na forragem acumulada

A porcentagem de material morto variou apenas nas estações do ano ($P=0,001$). Enquanto no verão a ocorrência de material morto foi desprezível, a proporção de material morto chegou a 16% durante o inverno (Tabela 5).

Tabela 5 Porcentagem de material morto de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaraés	
	----- % -----					
Primavera	0,4 (2,30)	1,0 (2,30)	0,6 (2,30)	2,4 (2,30)	0,9 (2,30)	2,0 B (1,03)
Verão	0,0 (2,30)	0,0 (2,30)	0,0 (2,30)	0,0 (2,30)	0,0 (2,30)	0,0 B (1,03)
Outono	2,7 (2,30)	2,0 (2,30)	1,8 (2,30)	2,4 (2,30)	0,9 (2,30)	1,8 B (1,03)
Inverno	13,7 (2,30)	15,1 (2,30)	11,6 (2,30)	24,5 (2,30)	15,2 (2,30)	16,0 A (1,03)
Média	4,2 (0,63)	4,5 (0,63)	3,4 (0,63)	6,8 (0,63)	6,0 (0,63)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P<0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.5 Proporção de inflorescência na forragem acumulada

A porcentagem de inflorescências variou entre os genótipos ($P=0,033$) e estações do ano ($P=0,001$). O genótipo com maior proporção de inflorescências foi o genótipo Piatã que, em média teve 4% de ramos florescidos na massa durante o ano e mais de 8% de participação de inflorescência na forragem acumulada durante o outono. O genótipo Xaraés, floresceu apenas durante o

outono e inverno, enquanto o genótipo Basilisk teve perfilhos florescidos durante todo o ano (Tabela 6).

Tabela 6 Porcentagem de inflorescência de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- % -----					
Primavera	0,1 (1,33)	0,0 (1,33)	0,3 (1,33)	0,2 (1,33)	0,0 (1,33)	0,1 B (0,59)
Verão	0,4 (1,33)	1,9 (1,33)	0,0 (1,33)	1,5 (1,33)	0,0 (1,33)	0,8 B (0,59)
Outono	2,1 (1,33)	4,2 (1,33)	3,8 (1,33)	8,8 (1,33)	2,7 (1,33)	4,3 A (0,59)
Inverno	2,3 (1,33)	2,0 (1,33)	0,7 (1,33)	5,9 (1,33)	3,5 (1,33)	2,9 A (0,59)
Média	1,2 b (0,63)	2,0 a (0,63)	1,2 b (0,63)	4,0 a (0,63)	1,5 b(0,63)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si (P<0,05).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.6 Índice de área foliar do dossel

O índice de área foliar (IAF) do dossel sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano (P=0,047). Nas estações, os genótipos mantiveram IAFs estáveis. Os genótipos Basilisk, Piatã e Xaráes tiveram índice de área foliar diferentes entre as estações do ano já o Marandu e Mulato foram similares na primavera, verão e outono diferenciando apenas no inverno agrostológico (Tabela 7).

Tabela 7 Índice de área foliar (IAF) nos dosséis de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- IAF -----					
Primavera	3,87 Aa (0,09)	3,65 Aa (0,09)	3,88 Aa (0,09)	3,87 Aa (0,09)	4,05 Aa (0,09)	3,86 (0,04)
Verão	3,25 Ba (0,09)	3,46 Aa (0,09)	3,49 Aa (0,09)	3,31 Ba (0,09)	3,56 ABa (0,09)	3,41 (0,04)
Outono	3,02 Ca (0,09)	3,38 Aa (0,09)	3,49 Aa (0,09)	3,14 Ba (0,09)	3,36 Ba (0,09)	3,28 (0,04)
Inverno	3,02 Ca (0,09)	3,06 Ba (0,09)	3,22 Ba (0,09)	3,06 Ca (0,09)	2,99 Ca (0,09)	3,07(0,0 4)
Média	3,29 (0,04)	3,39 (0,04)	3,52 (0,04)	3,35 (0,04)	3,48 (0,04)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P < 0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P < 0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.7 Massa de forragem no resíduo

A massa de forragem do resíduo variou apenas nas estações do ano ($P=0,001$). Maiores massas residuais foram encontradas no inverno agrostológico, em média 65% maior em relação ao verão agrostológico. Os resíduos médios do ano ficaram entre 3000 e 3800 kg MS ha⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8 Massa seca total no resíduo de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	-----kg MS ha ⁻¹ -----					
Verão	2535 (214)	2674 (214)	2741 (214)	3069 (214)	2870 (214)	2778 B (95)
Inverno	3544 (412)	4516 (412)	4737 (412)	4510 (412)	4318 (412)	4325 A (184)
Média	3039 (220)	3595 (220)	3739 (220)	3790 (220)	3594 (220)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si (P<0,05).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.8 Proporção de folhas no resíduo

A porcentagem de folhas no resíduo variou entre os genótipos (P=0,045) e estações do ano (P=0,005). Entre os genótipos, o Basilisk teve menor proporção de folhas no resíduo com massa inferior a 20%, os demais genótipos tiveram maiores proporções de folhas verdes sendo que o Mulato chegou a 24,6%. No verão agrostológico a porcentagem de folhas foi 20% maior que no inverno, havendo uniformidade na proporção de folhas verdes dentro das estações (Tabela 9).

Tabela 9 Porcentagem de folhas no resíduo de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaraés	
	-----%-----					
Verão	19,7 (2,0)	27,0 (2,0)	27,3 (2,0)	24,0 (2,0)	21,7 (2,0)	23,9 A (0,9)
Inverno	16,8 (2,0)	18,8 (2,0)	21,9 (2,0)	17,4 (2,0)	19,0 (2,0)	18,8 B (0,9)
Média	18,3 b (1,5)	22,9 a (1,5)	24,6 a (1,5)	20,6 a (1,5)	20,3 a (1,5)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si (P<0,05).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.9 Proporção de colmos no resíduo

A porcentagem de colmos no resíduo variou entre genótipo ($P=0,040$) e estação do ano ($P=0,001$). A maior proporção de colmos no resíduo ocorreu no genótipo Piatã com mais de 30% da massa total, seguido pelos genótipos Basilisk, Marandu e Xaraés com cerca de 27%. O genótipo com menor proporção de colmo foi o capim Mulato com 25,9 %. No verão agrostológico a proporção de colmos na massa de forragem residual foi maior enquanto que no inverno agrostológico ocorreu redução na proporção de colmos devido ao aumento da massa de material morto (Tabela 10).

Tabela 10 Porcentagem de colmos no resíduo de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- % -----					
Verão	41,6 (2,0)	37,6 (2,0)	37,0 (2,0)	42,0 (2,0)	36,1 (2,0)	38,8 A (0,8)
Inverno	14,0 (1,5)	17,6 (1,5)	14,9 (1,5)	19,0 (1,5)	16,3 (1,5)	16,6 B (0,8)
Média	27,8 ab (1,2)	27,6 ab (1,2)	25,9 b (1,2)	30,5 a (1,2)	26,2 ab (1,2)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si (P<0,05).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.10 Proporção de material morto

A porcentagem de material morto no resíduo variou entre genótipo ($P=0,015$) e estação do ano ($P=0,001$). As proporções chegaram a mais 50% da massa total colhida sendo que a maior proporção de material morto ocorreu no genótipo Basilisk com cerca de 54,0 %. Em relação ao inverno agrostológico a proporção de material morto no verão foi 42% menor, havendo então maior acúmulo de material morto na base do dossel durante a estação de inverno (Tabela 11).

Tabela 11 Porcentagem de material morto no resíduo de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Variável	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- % -----					
Verão	38,7 (2,4)	35,4 (2,4)	35,7 (2,4)	34,1 (2,4)	44,9 (2,4)	37,8 A (1,0)
Inverno	69,2 (2,4)	63,6 (2,4)	63,2 (2,4)	63,5 (2,4)	62,4 (2,4)	64,4 B (1,0)
Média	54,0 a (1,7)	49,4 ab (1,7)	49,4 b (1,7)	48,8 b (1,7)	53,7 ab (1,7)	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($P < 0,05$).

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.11 Índice de área foliar no resíduo

O índice de área foliar sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,039$). Os genótipos obtiveram valores similares na mesma estação, já entre as estações os genótipos Piatã e Xaráes obtiveram diferenças significativas, sendo que no verão agrostológico esses valores foram mais elevados (Tabela 12).

Tabela 12 Índice de área foliar (IAF) no resíduo de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaraés	
----- IAF -----						
Verão	2,2 Aa (0,09)	2,4 Aa(0,09)	2,6 Aa (0,09)	2,5 Aa (0,09)	2,7 Aa (0,09)	2,5 (0,09)
Inverno	2,2 Aa (0,09)	2,3 Aa(0,09)	2,4 Aa (0,09)	2,0 Ba (0,09)	2,2 Ba (0,09)	2,2 (0,09)
Média	2,2 (0,08)	2,4 (0,08)	2,5 (0,08)	2,3 (0,08)	2,4 (0,08)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P < 0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P < 0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.12 Estacionalidade de produção forrageira

A estacionalidade de produção média dos genótipos foi de 80,6:20,4 respectivamente para verão e inverno agrostológico (Figura 7).

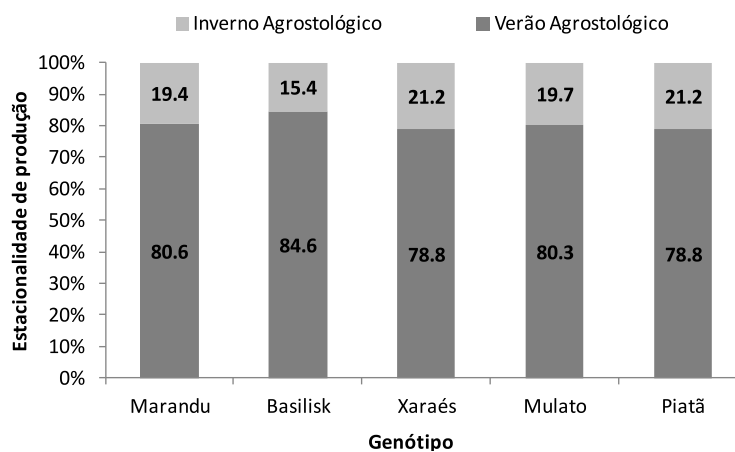


Figura 7 Distribuição estacional da produção anual de forragem de cinco genótipos de *Brachiaria*

4 DISCUSSÃO

Quando se mede a produção de forragem em experimentos controlados tem-se por objetivo verificar como os recursos abióticos (luz, água, nutrientes) estão sendo utilizados pelo vegetal e quais são seus efeitos na expressão do potencial de produção das plantas forrageiras, tornando-se uma importante ferramenta para identificar qual, ou quais genótipos forrageiros são mais indicados em um determinado sistema de uso.

Apesar do AF dos genótipos estudados terem sido similares dentro de cada estação principalmente nas estações mais frias do ano, houve variações expressivas no AF entre as estações do ano. Quando a temperatura não estava mais favorável ao crescimento dos genótipos, ocorreu o declínio na produção de massa seca de forragem, essa redução foi em torno de 60% do montante acumulado na primavera e verão (Tabela 2). Para a maioria das gramíneas tropicais a temperatura do ar é um fator crucial para o crescimento vegetativo, segundo Alcântara e Bufarah (1985), apesar da dificuldade de isolar uma variável meteorológica dos demais fatores climáticos, é de fundamental importância conhecer o seu efeito sobre a produção e estacionalidade da planta forrageira e isso tem peso na escolha de uma gramínea a ser usada na propriedade.

Entre os cinco genótipos estudados o Basilisk se destacou por possuir maior produção de forragem na primavera quando comparado ao outono (Tabela 2). O maior acúmulo ocorreu pela menor relação folha: colmo, uma vez que a proporção de folhas do Basilisk não passou de 81%, ou seja, 10% menor que a média dos demais genótipos. Além da baixa proporção de folhas ocorreu a maior proporção de colmos, onde no verão a proporção de colmos do Basilisk chegou a 20% da massa colhida e acumulando cerca de 33% mais colmos que os demais

genótipos do experimento (Tabela 4). Segundo Maranhão (2010) o Basilisk é caracterizado por apresentar decréscimo nas proporções de folhas no inverno agrostológico, ainda salientou que a queda na temperatura é um dos fatores que influencia nessa redução.

Estruturalmente, a redução da proporção de folhas no dossel pode comprometer a aceitabilidade do genótipo pelos animais em pastejo ou ainda resultar em menor aproveitamento da luminosidade do ambiente. Maiores proporções de folhas aumentam a possibilidade de interceptar boa parte da energia luminosa além de ser a principal estrutura constituída por tecido fotossintético ativo, garantindo o crescimento das gramíneas (ALEXANDRINO et al., 2004).

O aumento da produção de capins do gênero *Brachiaria* nas estações quentes do ano corrobora com diversos dados na literatura (PEDREIRA; PEDREIRA, 2009; GUIMARÃES, 2012; CASTRO et al., 2013). Outro genótipo com baixa relação entre as proporções de folhas e colmos foi o Piatã, esse lançamento forrageiro tem sido estudado e aparentemente é considerado promissor para regiões de verão quente e inverno fresco (SANTANA, 2013), segundo a autora, o Piatã obteve elevada produção de forragem no auge do verão, alcançando cerca de 5.000 kg MS ha⁻¹ no interior de São Paulo, principalmente pela proporção de colmos.

Segundo Valle et al. (2007) o maior crescimento de colmos sob luminosidade natural está relacionado a precocidade genética em que o genótipo Piatã foi desenvolvido, o que se sugere que os ciclos entre pastejos devem ser menores para este genótipo. A maior proporção de colmo então pode influenciar a massa total acumulada, o que tornou o Piatã um dos genótipos mais produtivos do presente experimento.

As proporções de colmos e folhas afetam diretamente a estrutura do dossel e a forragem que foi colhida. Devido ao período de descanso ser fixo

durante o verão agrostológico, as massas de folhas e colmos é inversamente proporcional sendo o verão, a estação com maior crescimento vegetativo e por isso maior proporção de colmos (Tabela 4), no entanto, durante as estações de outono e inverno, a proporção de folhas vivas não se torna maior devido a maior participação de material morto na massa colhida (Tabela 5). No inverno, o genótipo Piatã chegou a acumular 25% de material morto enquanto os demais genótipos acumularam em torno de 14%. A maior proporção de material senescente ou morto esteve altamente relacionada com inverno agrostológico devido principalmente a escassez hídrica (Figura 2).

Quanto ao florescimento, perfilhos reprodutivos tiveram pouca participação na massa total de forragem colhida. O genótipo Piatã foi o que teve maior proporção de perfilhos florescidos chegando a mais de 8% da massa colhida no outono, perfazendo em média 4% da massa total ao longo do ano (Tabela 6). O outono foi a estação com maior índice de perfilhos florescidos para todos os genótipos sendo o Mulato e Xaraés os genótipos com menor florescimento (Tabela 6).

Observando os dados de composição morfológica, é possível verificar que o IAF do dossel em condição pré-corte, foi similar entre os genótipos dentro de cada estação, no entanto, apesar das condições ambientais serem as mesmas para os genótipos estudados, é evidente que a genética e o aproveitamento dos recursos ambientais favorecem o crescimento do genótipo Piatã e Xaraés. O tamanho da superfície responsável pela interceptação de luz é representado pela superfície das folhas, cujo tamanho, dinâmica de crescimento e atividade fotossintética é essencial para comparação entre genótipos. Assim, o IAF (área de folhas por unidade de área de solo) é um dos grandes determinantes da estrutura do dossel (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993).

Em Lavras MG, o IAF permaneceu estável entre os cultivares em cada estação. Entre as estações ocorreram mudanças no índice, no entanto de maneira

geral essas mudanças foram mais sutis da primavera ao outono, apenas no inverno é que o IAF foi realmente mais baixo, ficando em torno de 3,0 (Tabela 7). O mesmo padrão de resposta foi encontrado por Fagundes et al. (2005), Giacomini (2007) e Pereira (2013).

O IAF e outras estruturas morfológicas podem ser utilizados como suporte na determinação das melhores condições de manejo do dossel. O IAF colhido proporciona maior ou menor sobra de biomassa vegetal no resíduo que por sua vez terá papel importante na manutenção dos perfilhos e no surgimento de novas folhas.

Dados relacionados a proporções morfológicas e a biomassa total do resíduo pós-colheita pode ser utilizado para determinar o potencial de utilização e de produção de forragem, quanto maior o valor de massa residual em comparação ao acúmulo menor será o potencial produtivo segundo Penati (2002). No presente estudo, os valores da massa de forragem no resíduo não variaram entre os genótipos, mas foi afetado pela estação do ano. Do verão agrostológico para o inverno agrostológico a massa encontrada no resíduo aumentou cerca de 55% (Tabela 8).

Lara (2011), trabalhando com cinco genótipos de *Brachiaria* sob corte constatou que em genótipos de menor porte e hábito de crescimento cespitoso, a massa residual aumenta do verão para o inverno, sendo essa massa composta principalmente por material morto. No mesmo experimento foram constatadas que as *Brachiaris* Capiporã e Xaraés foram as mais produtivas, pois a utilização da forragem produzida foi maior mesmo mantendo a mesma altura de resíduo para todos os genótipos. Dessa forma, o aumento nas massas de forragem do resíduo é dependente do manejo adotado, e manter a mesma altura no resíduo pode acarretar num efeito negativo sobre as relações luminosas, densidade populacional de perfilhos e na estrutura do dossel.

Assim como a massa de forragem residual, a proporção de folhas também variou apenas nas estações, dessa forma, não há grandes variações entre os genótipos estudados. A proporção de folhas no resíduo ficou abaixo de 20% no inverno contra aproximadamente 24% no verão (Tabela 9), enquanto a proporção de material morto subiu para cerca de 64% enquanto no verão a massa não passava de 40% (Tabela 11). A massa de material morto no inverno foi o equivalente em massa total existente nas parcelas durante o verão. Essa informação demonstra que manejar pastos em mesma altura residual sob corte provoca mudanças arquitetônicas importantes e isso afeta o crescimento vegetativo a cada ciclo.

Apesar da menor proporção de colmos ocorrer no período de inverno (Tabela 10), a massa de forragem residual aumentou neste período, o que demonstra a possibilidade de se obter melhor aproveitamento da forragem produzida reduzindo o resíduo (LARA, 2011). A redução da massa de colmos pode ser resultado do menor surgimento de novos perfilhos e do abafamento causado por mais de 2600 kg MS ha⁻¹ de material morto presente em apenas 15 cm de estrato do dossel. Como resultado, o IAF do resíduo pós-colheita ficou em média em 2,36 (Tabela 12). Se compararmos o IAF residual do IAF no momento da colheita (Tabela 7), a variação entre colhido e remanescente é de apenas 1,0, ou seja, aproveitamento de aproximadamente 30% do IAF produzido.

Segundo Sbrissia e Da Silva (2014), o uso do IAF das plantas forrageiras está em torno de 30% podendo chegar a até 50% dependendo do controle de entrada e saída dos animais e dos níveis de adubação do dossel. Por fim, essa menor utilização da forragem produzida influencia diretamente a estacionalidade de produção forrageira. De forma geral, os genótipos estudados tiveram suas produções divididas no ano numa proporção 80:20 para verão e inverno respectivamente (Figura 7).

Forrageiras mais estacionais geralmente tem grande potencial de produção de biomassa, mas são mais restritivos durante o inverno frio. Dessa forma, selecionar genótipos menos estacionais poderia ser uma alternativa viável de minimização dos custos com alimentação dos animais na fazenda, ou ainda, o uso conjugado de dois ou mais genótipos, além de reduzir a área de monocultivo e com isso a probabilidade da incidência de pragas e/ou doenças, pode ser uma estratégia interessante para explorar de forma racional o potencial de produção de cada genótipo.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos Xaraés e Piatã são os mais produtivos e menos estacionais sendo os mais recomendados para uso intensivo.

As mudanças na composição morfológica da forragem no estrato colhido e resíduo precisam receber maior atenção. Variações estacionais no clima e na altura pós-colheita promovem mudanças na estrutura do dossel consequentemente na produtividade.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. São Paulo: Livraria Nobel, 1985. 150 p. (Biblioteca Rural).

ALEXANDRINO, E. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, nov./dez. 2004.

ARGEL PEDRO, J. et al. **Cultivar mulato II (*Brachiaria* híbrida CIAT 36087)**: gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptadas a solos tropicais ácidos. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2007. 22 p.

BARCELLOS A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA. L.; JUNIOR. G. B. M.; Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros; **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.51-67, 2008.

CASTRO, L. M. et al. Produção de forragem e composição estrutural de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 4145-4156, 2013. (Suplemento, 2).

CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinantes of plant regrowth after deliation: ITERNACIONAL GRASSLAND COGRESS, 17., 1993. Palmerston North. Proceedings.. Palmerston 1993. p. 95-104.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Marandu – cultivar de *Brachiaria brizantha***. 2014. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/produtoseservicos/pdf/marandu.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

FAGUNDES, J. L. et al. Índice de área foliar, densidade de perfilhos e acúmulo de forragem em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 2, p. 125-133, jun. 2005.

GIACOMINI, A. A. **Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim – Marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovino de corte**. 2012. 176 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

GUIMARÃES M. S. **Desempenho produtivo, análise de crescimento e características estruturais de dois capins do gênero *Cynodon* sob duas estratégias de pastejo intermitente**. 2012. 83 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

HAYDOCK P. K.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and animal Husbandry**, Melbourne, v. 15, n. 76, p. 663-670, Oct. 1975.

HOFFMANN, A. et al. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. **Nativa: pesquisas agrárias e ambientais**, Sinop, v. 02, n. 02, p. 119-130, abr./jun. 2014.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* ssp. Sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e do fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO**. 2011. 213 p. Tese (Doutorado em Pastagens e Forragicultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxfordshire: Cab International, 1996. p. 03-36.

LITTELL, R. C. et al. **SAS® system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

MARANHÃO, C. M. de A. et al. Características produtivas do capim-braquiária submetido a intervalos de cortes e adubação nitrogenada durante três estações. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 375-384, 2010.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 618-625, abr. 2009.

PENATI, M. A. **Estudo do desempenho animal e produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em um sistema rotacionado de pastejo sob irrigação em três níveis de resíduo pós-pastejo.** 2002. 117 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de thornthwaite-mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

PEREIRA, E. T. P. **Dinâmica do crescimento e componentes do acúmulo de forragem de capim-elefante cv. Napier submetido a estratégias de pastejo rotativo.** 2013. 140 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied and Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.

SANTANA, E. A. R. **Desempenho e composição morfológica de duas cultivares de *Brachiaria brizantha* submetidas à intensidades luminosas.** 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, Botucatu, 2013.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Aspectos relacionados à produção de forragem e o processo de pastejo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 5., 2014, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2014.

VALLE, C. B. et al. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

WELLES, J. M.; NORMAN, J.M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 5, p. 818-825, Jan. 1991.

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models - a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 48, n. 3/4, p. 233- 243, 1993.

CAPÍTULO 3 Respostas morfogênicas e estruturais de cinco genótipos de *Brachiaria*

RESUMO

O sucesso na utilização das pastagens depende da escolha da planta forrageira e do manejo a ela plicado, no entanto o padrão de resposta depende dos processos morfofisiológicos e suas interações no espaço/tempo com o ambiente. Objetivou-se com este estudo, verificar qual o melhor conjunto de respostas relacionadas às características morfogênicas e estruturais para nortear ações de manejo e/ou escolha de genótipos que poderão ser utilizados em diferentes sistemas de produção. O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. Foram estudados cinco genótipos de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés, Piatã, Basilisk, e Mulato II) durante um ano. As Unidades experimentais (parcelas 8x4 m) foram adubadas com 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O e foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições totalizando 20 unidades experimentais. As principais características morfogênicas avaliadas foram: Taxa de aparecimento de folhas (TApF), Filocrono, Taxa de alongamento de folhas (TAIF), Taxa de senescência de folhas (TSF). As características estruturais foram: Comprimento final das folhas expandidas (CFF), Taxa de alongamento de colmos (TAIC), Comprimento médio de colmo (CC), Duração de vida das folhas (DVF), Número de folhas vivas por perfilho (NFV), Densidade populacional de perfilhos (DPP). As condições ambientais favoráveis durante o verão agrostológico promoveram maior TApF e maiores DPP. O CC foi maior no verão cuja velocidade de crescimento foi maior, limitando luz na base do dossel. Comparando as variações extremas como o genótipo Basilisk que teve as maiores TApF e DPP, mas possuía folhas mais curtas, com o genótipo Xaraés, que teve menores TApF e DPP no entanto possuía o maior comprimento foliar, é possível dizer que há mecanismos de compensação, por meio de variações estruturais. Tal relação mostra que ambos os genótipos possuem capacidade de uso, mas a exploração de cada genótipo deve respeitar a morfologia da planta. As características morfogênicas e estruturais foram afetadas pela genética de todos os genótipos, sendo as diferenças mais representativas entre as estações.

Palavras-chave: Morfofisiologia. Crescimento. Senescência. Compensação.

CHAPTER 3 Morphogenetic and structural responses of five *Brachiaria* genotypes

ABSTRACT

The successful use of pastures depends not only on forage choice, but also on the morphophysiological processes and their spatial and temporal interaction with the environment. The objective of this study was to ascertain what the best set of morphogenetic and structural features are related to the choice of genotype or genotypes to be used in diverse production systems. The study was conducted in an experimental area of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, in Lavras - MG. Five cultivars of *Brachiaria* were studied, three *Brachiaria*: cvs. Marandu, Xaraés, and Piata a *B. decumbens*: cv. Basilisk, and a hybrid of strains of *B. brizantha*, *B. decumbens* and *B. ruziziensis*: cv. Mulato II, in a randomized complete block design with four replications totaling 20 plots. The main morphogenetic characteristics evaluated were: leaf appearance rate (TApF), phyllochron, leaf elongation rate (TAIF), leaf senescence rate (TSF). The structural characteristics evaluated were: final length of expanded leaves (CFF), stem elongation rate (TAIC), average stem length (CC), leaves lifespan (DVF), number of green leaves per tiller (NFV), tiller population density (DPP). The favorable environmental conditions contributed to higher leaf appearance rate and highest population densities of tillers. The beginning of senescence process of the leaves determines the DVF, so when a tiller reaches its maximum numbers of live leaves may occur a balance between TApF and TSF and the occasional occurrence of this period characterized to varying longevity of the grass. The leaf lifespan was more responsive when there was restriction of brightness and temperature. CC is a structural characteristic that may influence the optimal use of light, since larger CC may indicate limitation of light on the basis of the canopy. The evaluated traits were affected by genetics of all genotypes, being the most representative differences between seasons.

Keywords: Morphogenesis. *Brachiaria*. growth.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Brachiaria* destaca-se nas pastagens brasileiras por ser pioneiro na substituição de pastos nativos por cultivados, por sua ampla adaptabilidade em condições adversas e pelo diferencial, comparado a outros gêneros, em produtividade (DA SILVA et al., 2012). Contudo, ainda existe escassez de informações pertinentes a utilização dos genótipos de *Brachiaria* em sistemas mais intensivos de produção, principalmente quando surgem novos genótipos que precisam ser mais bem estudados.

Uma das formas de avaliar os parâmetros relacionados com o potencial produtivo dos genótipos é usar artifícios que engloba a dinâmica do aparecimento, alongamento e duração de vida das folhas, visando quantificar os processos de geração e desenvolvimento de tecidos vegetais (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Alguns fatores como, fertilidade (BASSO et al., 2010), luminosidade (PACIULO et al., 2007) e temperatura (DURU; DUCROCQ, 2000), provocam oscilações nas respostas morfogênicas e estruturais do dossel forrageiro.

Quando os fatores ambientais são favoráveis, as variáveis morfogênicas podem ser determinantes nas características da estrutura do dossel e o número e o tamanho das folhas junto a densidade de perfilhos na pastagem são as características mais importantes na definição do potencial de produção (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). As características morfogenéticas são essenciais para que pesquisadores entendam o padrão de resposta das plantas auxiliando na tomada de decisão sobre a escolha do genótipo que possua o melhor potencial de produção.

Objetivou-se com o presente estudo determinar o melhor conjunto de características morfogênicas e estruturais que mais estão relacionados ao

potencial de produção das plantas forrageiras para nortear a seleção dos genótipos de *Brachiaria*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG (21°14'06'' S e 44°58'06'' W, com altitude 918m). O Clima é classificado (Sistema Köppen) como Cwa (Mesotérmico úmido subtropical de inverno seco) (SÁ JUNIOR, et al., 2012), onde a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é superior 23,9 °C e o mês mais frio (julho) é de 17,2°C.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento foi realizada análise do solo (Tabela 1), e posteriormente foi feita a calagem com 1000 kg de calcário dolomítico e adubação fosfatada com 150 kg P₂O₅ por hectare respectivamente. Em seguida foram impostos os tratamentos, os genótipos foram semeados a lanço no mês de abril de 2012 e decorridos 60 dias iniciou as adubações de manutenção, onde foram realizadas manualmente logo após o corte a cada 60 dias, aplicando-se por corte, 20 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S), com o objetivo de obter-se um ritmo de produção intensivo. Com o início das avaliações experimentais no dia 11 de outubro de 2013 foi realizado adubações de produção com 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, utilizando como adubo, sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S) e cloreto de potássio, KCl (65 % K₂O). Foram realizados 11 ciclos de rebrotação totalizando a aplicação de 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, aplicando-se no verão e inverno agrostológicos a cada 28 e 42 dias respectivamente após o corte.

Tabela 1 Análise de terra proveniente da área experimental

*pH H ₂ O	M.O g dm ⁻³	P mgdm ⁻³	K 75	Ca 3,1	Mg 0,7	H+Al 2,6	SB 4,1	T 6,6	V% 61,0
6,2	40	2,0	75	3,1	0,7	2,6	4,1	6,6	61,0

*pH H₂O = potencial hidrogeniônico mensurado em água; M.O= matéria orgânica; SB= soma de bases; T= capacidade de troca catiônica; V= saturação por bases.

Os dados climatológicos foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Engenharia da UFLA (Figura 1). O balanço hídrico foi calculado com base nos dados climáticos do experimento usando o balanço hídrico sequencial de Pereira (2005) utilizando a ETP (evapotranspiração potencial) e ETR (evapotranspiração real).

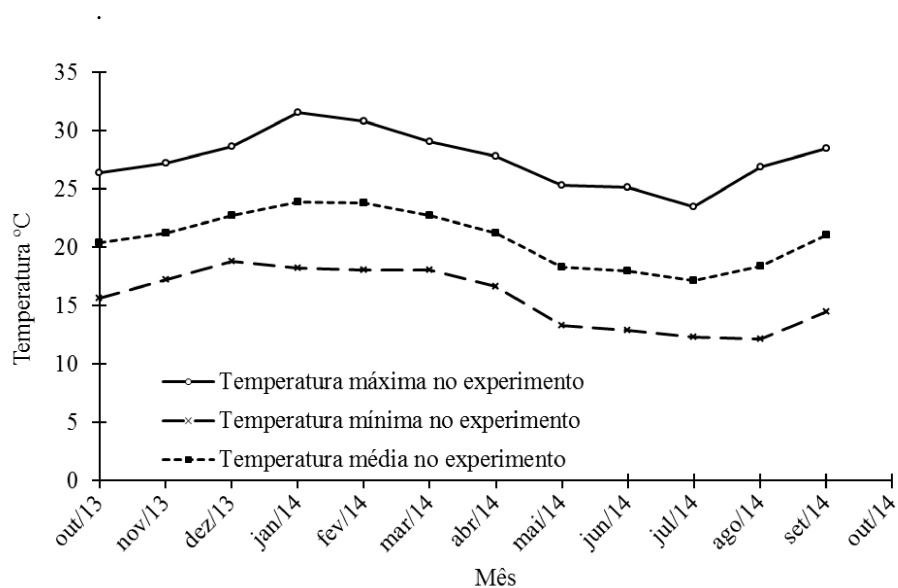


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

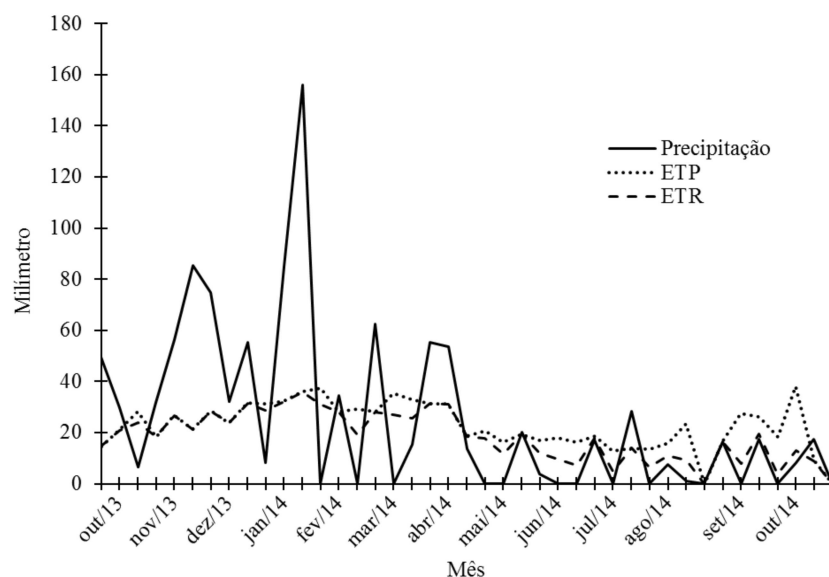


Figura 2 Balanço Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014)

2.2 Delineamento experimental e manejo das parcelas

Foram estudados cinco genótipos do gênero *Brachiaria*, sendo três de *B. brizantha*: cvs. Marandu, Xaraés, e Piatã, uma *B. decumbens*: cv. Basilisk, e um híbrido de linhagens de *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens*: cv. Mulato II (ARGEL PEDRO et al., 2007), em um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com os genótipos alocados em parcelas com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. A área de cada unidade experimental foi de 32m² (4m x 8m), com corredores de um metro de largura entre as parcelas (Figura 3 A e B). O período experimental teve duração de um ano, a partir do início do verão agrostológico (Set/Out) de 2013.



Figura 3 Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B)

Durante o período experimental a forragem de cada parcela foi colhida a 15 cm de altura em 11 ciclos de crescimento (Figura 4).

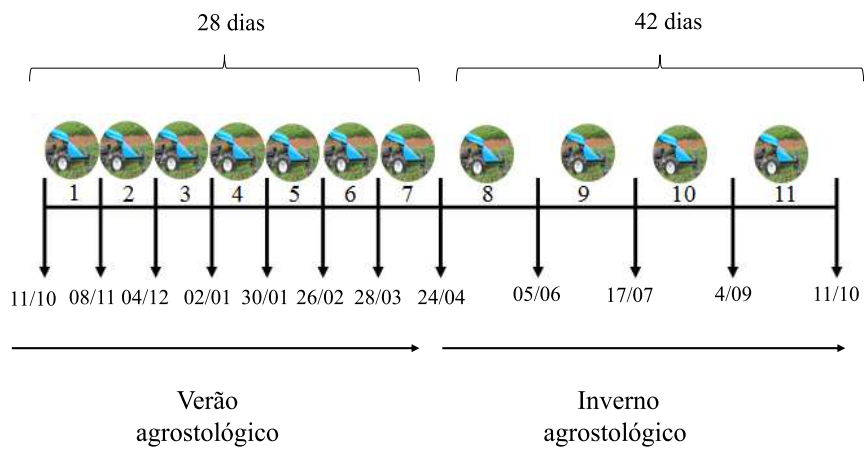


Figura 4 Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos

2.3 Seleção e avaliação dos perfilhos

Para avaliação das características morfogênicas e estruturais dos dosséis nos ciclos representativos do verão (ciclo 3) e inverno (ciclo 9) agrostológicos, foram escolhidos pontos de cada parcela onde a condição da vegetação era representativa da média. Nesses locais foram marcados linearmente, cinco perfilhos distanciados por 20 cm. Os perfilhos foram identificados com plaquinhas de plástico e numerados.

Os perfilhos foram monitorados duas vezes por semana durante o verão, no inverno os perfilhos foram monitorados semanalmente. No procedimento de avaliação as folhas foram identificadas como: folhas expandidas (apresentavam lígula visível) sendo estas classificadas como intactas ou desfolhadas; folhas em expansão (sem lígula visível), também classificadas como intactas ou desfolhadas; folhas senescentes (quando a extremidade da lâmina foliar apresenta algum indício de senescência). Folhas em que mais de 50% do comprimento da lâmina foliar estiver em senescência foram consideradas mortas.

O comprimento da lâmina foliar foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento das folhas. Para folhas expandidas foi considerado o comprimento da ponta da folha até a lígula. Para folhas em expansão, o procedimento foi semelhante, apenas o referencial de medida passa a ser a lígula da folha mais jovem completamente expandida (DURU; DUCROCQ, 2000). Para folhas que estão sob o processo de senescência foi considerado o comprimento da lâmina foliar verde a partir da lígula até o ponto onde o tecido senescente avança. O comprimento do colmo (colmo + bainhas) foi medido como sendo a distância entre o nível do solo, para perfilhos basais ou de inserção no perfilho principal para perfilhos aéreos, até a lígula da folha mais jovem completamente expandida.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi medida no ultimo dia de cada período de rebrotação, contando-se o número total de perfilhos contidos no interior de dois retângulos de $0,10\text{m}^2$ ($0,2\text{m} \times 0,5\text{m}$) por parcela (CARNEVALLI, 2003), (Figura 5). Os perfilhos foram classificados como basais, aéreos e perfilhos reprodutivos (aqueles que apresentam a inflorescência visível).



Figura 5 Local da avaliação nas parcelas (A); Contagem dos perfilhos (B)

A partir dessas informações foram calculadas as seguintes variáveis morfogênicas e estruturais:

- a) **Taxa de aparecimento de folhas** – TApF ($\text{folhas perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$): divisão do número médio de folhas surgidas por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliação;
- b) **Filocrono** – Filo ($\text{dias folha}^{-1} \text{ perfilho}^{-1}$): inverso da taxa de aparecimento de folhas;
- c) **Taxa de alongamento de folhas** – TAlF ($\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$): divisão da variação média do comprimento das lâminas foliares em expansão por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliação;

- d) **Comprimento final das folhas expandidas** – CFF (cm): comprimento final das lâminas foliares, sendo consideradas apenas aquelas não desfolhadas;
- e) **Taxa de alongamento de colmos** – TAIC ($\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$): divisão da variação média em comprimento de colmo por perfilho pelo número de dias do período de avaliação;
- f) **Comprimento médio de colmo (colmo + pseudocolmo)** (cm)– CC: distância entre a lígula da última folha expandida em relação ao solo ou à inserção no perfilho de origem, no caso de perfilhos basais ou aéreos, respectivamente;
- g) **Duração de vida das folhas** – DVF (dias): intervalo, em dias, do aparecimento da folha até sua total senescência, estimada pela equação proposta por Lemaire e Chapman (1996), em que $DVF = NFV \times \text{Filo}$.
- h) - **Taxa de senescência de folhas** – TSF ($\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$): divisão da variação média em comprimento da porção senescente da lâmina foliar por perfilho pelo número de dias do intervalo de avaliações;
- i) **Número de folhas vivas por perfilho** – NFV: obtido a partir do número médio de folhas em expansão, expandidas e em senescência por perfilho. Foram excluídas as folhas que apresentassem mais de 50% do limbo foliar em processo de senescência;
- j) **Densidade populacional de perfilhos** – DPP (perfilhos m^2): número de perfilhos por unidade de área.

2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos por meio do procedimento MIXED do “software” estatístico SAS (LITTELL et al.,

1996). Na escolha da matriz de covariância será utilizado o critério de informação de Akaike (WOLFINGER; OCONNELL, 1993). Os efeitos de genótipo e época do ano foram considerados como efeitos fixos (LITTELL et al., 1996). As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) ajustada para o teste de “Tukey” e um nível de 5% probabilidade.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + \gamma_{ij} + E_k + (GE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo da k -ésima estação do ano;

μ = média geral;

B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco, $i = 1, \dots, 4$;

G_j = efeito fixo associado ao j -ésimo genótipo, $j = 1, \dots, 5$;

γ_{ij} = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo, assumindo $\gamma_{ij} \sim N(0, I\sigma_\gamma^2)$, sendo que $I\sigma_\gamma^2$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

E_k = efeito fixo associado a k -ésima estação do ano, $k = 1, 2$;

$(GE)_{jk}$ = efeito da interação do j -ésimo genótipo com a k -ésima estação do ano;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo genótipo na k -ésima estação do ano, assumindo que $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, I\sigma_\varepsilon^2)$, sendo que $I\sigma_\varepsilon^2$ é a matriz de variância e covariância, pois se assume dependência dos erros.

3 RESULTADOS

3.1 Características Morfogênicas

A taxa de aparecimento de folhas (TApF) variou entre os genótipos ($P=0,034$) e nas estações do ano ($P=0,001$). Entre os genótipos, a maior TApF foi obtida pelo genótipo Basilisk sendo $0,083$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹ sendo 69,4% mais alta quando comparada ao genótipo Xaraés, com $0,049$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹. Os genótipos Marandu, Mulato e Piatã tiveram TApF similares, em torno de $0,068$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 2). No verão a TApF foi de $0,099 \pm 0,001$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹ enquanto no inverno a TApF foi de $0,036 \pm 0,004$ folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹. O aparecimento de folhas no verão agrostológico foi três vezes superior ao aparecimento das folhas no período de inverno em Lavras.

O filocrono variou entre os genótipos ($P=0,019$) e nas estações do ano ($P=0,001$). Entre os genótipos, o maior filocrono foi o do genótipo Xaraés sendo de $28,1$ dias folha⁻¹ perfilho⁻¹ enquanto para o genótipo Basilisk, o filocrono foi de apenas $15,2$ dias folha⁻¹ perfilho⁻¹ sendo 45% menor. Os genótipos Marandu, Mulato e Piatã obtiveram filocronos similares, em torno de $19,3$ dias folha⁻¹ perfilho⁻¹ (Tabela 2). No verão o filocrono foi de $10,6 \pm 1,26$ dias folha⁻¹ perfilho⁻¹ enquanto no inverno o filocrono foi de $29,8 \pm 1,26$ dias folha⁻¹ perfilho⁻¹. Corroborando com o inverso da TApF, O filocrono necessário para o surgimento de duas folhas consecutivas no inverno foi três vezes maior do que para o período de verão.

A duração de vida da folha (DVF) variou entre os genótipos ($P=0,046$) e nas estações do ano ($P=0,001$). O genótipo com maior DVF foi o Xaraés com $115,4$ dias. O genótipo com menor DVF foi o Basilisk com $64,9$ dias (Tabela 2), os genótipos Marandu, Piatã e Mulato tiveram DVF similares que em média foi

de 84,3 dias. No verão a DVF foi de $51,6 \pm 2,40$ dias, enquanto no inverno a DVF superou os 100 dias, tendo em média a DVF de $121,7 \pm 7,69$ dias.

A taxa de senescência foliar (TSF) variou entre os genótipos ($P=0,003$) e nas estações do ano ($P = 0,001$). A maior TSF ocorreu no genótipo Mulato com $0,191$ cm perfilho dia^{-1} . Os demais genótipos tiveram taxas de senescência similares, em torno de $0,102$ cm perfilho dia^{-1} (Tabela 2). No verão agrostológico houve maior TSF com $0,156 \pm 0,014$ cm perfilho dia^{-1} em relação ao inverno agrostológico com apenas $0,084 \pm 0,003$ cm perfilho dia^{-1} . No verão as condições de temperatura e a disponibilidade de água foram favoráveis para maior velocidade de crescimento de tecidos nas plantas e com isso maior senescência foliar.

Tabela 2 Características morfogênicas de cinco genótipos de *Brachiaria*

Variável	Genótipo					Média	EPM
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes		
TApF	0,083 a	0,069 ab	0,066 ab	0,069 ab	0,049 b	0,067	0,006
Filo	15,2 b	19,0 ab	19,6 ab	19,2 ab	28,1 a	20,2	2,25
DVF	64,9 b	82,5 ab	84,7 ab	85,8 ab	115,4 a	86,7	9,99
TSF	0,112 b	0,113 b	0,191 a	0,077 b	0,106 b	0,119	0,02

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($P < 0,05$). TApF: Taxa de Aparecimento de Folhas (folhas perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$). Filo: Filocrono (dias folha $^{-1}$ perfilho $^{-1}$). DVF Duração de Vida da Folha (dias). TSF: Taxa de Senescência Foliar (cm perfilho dia $^{-1}$). EPM: Erro Padrão da Média.

A taxa de alongamento de folha (TAIF) e a taxa de alongamento de colmo (TAIC) variaram apenas nas estações do ano ($P=0,001$) e ($P=0,001$) respectivamente. A maior TAIF ocorreu no verão agrostológico, sendo de $1,47 \pm 0,04$ cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$ enquanto no inverno agrostológico a TAIF foi 53% menor, sendo de apenas $0,68 \pm 0,04$ cm perfilho $^{-1}$ dia $^{-1}$. Já a TAIC, foi 85% maior no verão agrostológico quando comparado ao inverno agrostológico,

alcançando valores de $0,08 \pm 0,01$ cm perfilho⁻¹ dia⁻¹ no verão e $0,004 \pm 0,001$ cm perfilho⁻¹ dia⁻¹ no inverno.

3.2 Características Estruturais

A densidade populacional de perfilhos (DPP) variou entre genótipos ($P=0,001$) e nas estações do ano ($P= 0,014$) (Tabela 3). A DPP foi maior no genótipo Basilisk, que tiveram 26% mais perfilhos que os demais genótipos. A DPP foi sempre maior no verão, atingindo valores de 1110 ± 37 perfilhos m⁻² enquanto no inverno a contagem foi de 990 ± 20 perfilhos m⁻², havendo redução de aproximadamente 10% na população entre as estações.

O comprimento médio de colmo (CC) variou entre genótipos ($P=0,012$) e nas estações do ano ($P=0,001$) (Tabela 3). Os genótipos que tiveram maior CC foram Basilisk e Piatã com 14,9 e 13,6 cm respectivamente, os demais genótipos tiveram CC similares, em torno de 11,8 cm. No verão agrostológico o CC foi maior, alcançando $14,4 \pm 0,81$ cm enquanto no inverno agrostológico o CC foi de $11,2 \pm 0,49$ cm, esse incremento no verão está relacionado com melhores condições de temperatura e pluviosidade que no mesmo intervalo de tempo foram restritivos durante o inverno.

Tabela 3 Características estruturais de cinco genótipos de *Brachiaria*

Variável	Genótipo					Média	EPM
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xarões		
DPP	1367 a	987 b	1126 ab	876 b	888 b	1048	46,12
CC	14,9 a	11,6 b	11,5 b	13,6 ab	12,4 b	12,8	0,81

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($P<0,05$). DPP: Densidade Populacional de Perfilhos (perfilhos m⁻²). CC: Comprimento Médio de Colmo (cm). EPM: Erro Padrão da Média.

O número de folhas vivas (NFV) variou apenas nas estações do ano ($P=0,002$). O NFV foi maior no verão agrostológico, sendo $4,8 \pm 0,11$ folhas perfilho⁻¹ enquanto no inverno o NFV foi de $4,1 \pm 0,11$ folhas perfilho⁻¹. Apesar de ser uma característica que possui influência genética o NFV não variou entre genótipos de *Brachiaria* spp., além disso o NFV foi mantido relativamente estável entre estações.

O comprimento final de folhas expandidas (CFI) sofreu efeito da interação entre cultivar x estação do ano ($P=0,038$). No verão agrostológico o maior CFI ocorreu no genótipo Xaraés (Tabela 4), esse genótipo possui folhas mais longas, em média 88% maiores que a média dos demais cultivares. O genótipo Xaraés foi o único cujo CFI variou entre as estações, provavelmente devido ao tempo de rebrotação insuficiente para expressão total do crescimento das folhas. Os demais genótipos tiveram CFI similares mesmo entre estações (Tabela 4).

Tabela 4 Comprimento médio da folha intacta (CFI) de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e no inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- cm -----					
Verão	11,0 Ab (2,19)	15,7 Aab (2,19)	14,6 Ab (2,19)	14,9 Ab (2,19)	26,5 Aa (2,19)	16,5 (2,19)
Inverno	8,6 Aa (2,19)	16,2 Aa (2,19)	12,8 Aa (2,19)	12,0 Aa (2,19)	11,2 Ba (2,19)	12,1 (2,19)
Média	9,8 (2,19)	15,9 (2,19)	13,7 (2,19)	13,4 (2,19)	18,8 (2,19)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P < 0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P < 0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.3 Outras características descritivas de perfilhos de *Brachiaria*

A relação senescência crescimento (S/C) variou apenas em função dos genótipos ($P=0,001$) (Tabela 5). O genótipo Mulato apresentou a maior relação S/C, seguido dos genótipos Basilisk e Marandu. As altas S/C encontradas nesses genótipos são provenientes das maiores TSF (Tabela 2) uma vez que a TALF não diferiu entre os genótipos, nas estações.

O número de folhas em expansão (NFE) por perfilho variou em função dos genótipos ($P=0,011$ Tabela 5) e das estações do ano ($P=0,003$). De forma geral os genótipos tiveram mais de uma folha em estágio expansivo independente da estação do ano. O surgimento de uma nova folha ocorre sempre antes do amadurecimento da folha mais jovem do perfilho em todos os genótipos. No verão agrostológico houve maior NFE que em média foi de $1,3 \pm$

0,02 folha perfilho⁻¹ enquanto no inverno agrostológico esse número foi menor, cerca de $1,1 \pm 0,03$ folha perfilho⁻¹.

Tabela 5 Outras características descritivas de cinco cultivares de *Brachiaria*

Variável	Genótipo					Média	EPM
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes		
S/C	0,12 ab	0,11 ab	0,20 a	0,06 b	0,10 b	0,11	0,02
NFE	1,1b	1,3 a	1,2 ab	1,3 a	1,3 a	1,2	0,04

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si ($P < 0,05$).

S/C: Relação Senescência/Crescimento. NFE: Número de Folhas em Expansão (folha perfilho⁻¹). EPM: Erro Padrão da Média.

O número de folhas maduras (NFM) variou apenas em função das estações do ano ($P=0,003$). No verão o NFM foi de $2,8 \pm 0,10$ folhas perfilho⁻¹ sendo mais elevado quando comparado ao inverno, possuindo cada perfilho $2,3 \pm 0,13$ folhas perfilho⁻¹. Apesar da variação, os perfilhos são semelhantes morfológicamente entre as estações, sendo as variações estruturais causadas pela redução na velocidade de crescimento das partes da planta entre o verão e inverno agrostológico.

4 DISCUSSÃO

A disponibilidade de água, temperaturas elevadas e a nutrição da planta com nitrogênio aumentam a probabilidade do surgimento e desenvolvimento de novos tecidos. No entanto a genética de cada genótipo o faz aproveitar cada um desses recursos de forma diferente, além disso, a estrutura de cada genótipo permite que compensações ocorram dentro do dossel fazendo com que a maior taxa de crescimento seja atribuída ao maior alongamento foliar, ou mesmo à maior quantidade de perfilhos no dossel.

Esse paradigma pode ser elucidado por meio do estudo do fluxo dos tecidos entre diferentes genótipos forrageiros, definindo os que possuem maior quantidade de características desejáveis quando se almeja produtividade de folhas. O genótipo Basilisk apresentou a maior TApF $0,083 \text{ folha.dia}^{-1}.\text{perfilho}^{-1}$ e também a maior DPP, assim como a Xaraés apresentou a menor TApF e menor DPP (Tabelas 2 e 3).

Santos, Fonseca e Gomes (2013) explica que condições ambientais favoráveis proporcionam a ocorrência de uma nova gema axilar. A origem de um novo ponto de crescimento aumenta o potencial para originar novas folhas e consequentemente um novo perfilho. A velocidade do aparecimento de duas folhas consecutivas foi três vezes menor no inverno agrostológico, corroborando com os dados de Lara; Pedreira (2011) que trabalharam com cinco genótipos de *Brachiaria* dentre os quais três foram usados no presente estudo (Basilisk, Marandu e Xaraés).

A velocidade do aparecimento de novas folhas compromete a durabilidade das mesmas, é possível observar que o genótipo Xaraés obteve o maior valor para DVF, a restrição das condições ambientais favoráveis, contribui para a busca da sobrevivência da gramínea e com isso ocorre o aumento da

quantidade de dias para o surgimento de duas folhas consecutivas, o Filocrono (Tabela 2).

Por ser o inverso da TApF, o filocrono expressa a quantidade de dias necessários para o surgimento de uma folha, que segundo Sbrissia e Da Silva (2008) depende, além de fatores abióticos, da TAlF e da distância que a lâmina foliar percorre desde sua emissão até sua visualização acima da bainha de folhas mais velhas. Segundo Teixeira (2014), à medida que as folhas se alongam ocorre alterações no padrão da TApF e filocrono em função do tempo gasto pela folha para surgir, da sua iniciação no meristema até seu aparecimento acima do colmo, influenciando diretamente na DVF. Quando não houve restrição de água e temperatura a TAlF foi mais evidenciada, sendo que no verão agrostológico a TAlF foi 53% maior que no inverno agrostológico.

Sbrissia (2004), trabalhando com Marandu, explicou que a redução na velocidade de crescimento da biomassa durante o inverno ocorre no sentido de conservar os nutrientes assimilados do solo, uma vez que, a limitação por água e o período estacional contribuem para menor absorção desses nutrientes. Além disso, fatores ambientais reduzem a velocidade da assimilação de carbono e portanto, exigindo maior longevidade e menor senescência das folhas durante o inverno. Essa característica de “dormência” da planta já havia sido citada por Lemaire (1997), que descreve a presença de biomassa em certo período, sem que seja detectado nenhum processo de senescência caracterizado pela maior DVF.

No verão, o intervalo de desfolhação de 28 dias promoveu a maior TAIC com o valor de $0,08 \pm 0,01$ cm perfilho⁻¹ dia⁻¹, chegando a ser 85% mais elevada comparando com o inverno agrostológico cujo intervalo foi de 42 dias. Sugere-se com isso, que intervalos longos durante o verão podem desestruturar o dossel forrageiro em termos de arquitetura, dificultando a entrada de luz no dossel ou ainda influenciando na seletividade dos animais e no valor nutritivo colhidos pelos mesmos.

O início do processo de senescência das folhas determina a DVF, assim, quando um perfilho alcança seu máximo de números de folhas vivas pode ocorrer um equilíbrio entre TApF e TSF e o período pontual dessa ocorrência caracteriza em maior ou menor longevidade da folha. No presente trabalho foi o que aconteceu com o genótipo Piatã, os valores similares da TApF e TSF (Tabela 2) determinou a este genótipo uma DVF de 85 dias.

A variação na estrutura do dossel e na disposição das folhas no espaço pode ter influenciado a iluminação da base do dossel, que para o genótipo Basilisk proporcionou o surgimento do maior número de perfilhos (Tabela 3). Segundo Hodgson (1990), a DPP é uma forma que a gramínea encontra para estabelecer sua perenidade e persistência produtiva. Outro fator que poderia influenciar para maior DPP seria os períodos sazonais específicos com condições ambientais favoráveis, juntamente com uma adubação de manutenção para dar um suporte no processo de desenvolvimento da planta (SBRISSIA, 2004). Além disso, Matthew et al. (2000) mostraram que diferentes espécies possuem mecanismos variáveis de perenização como o exemplo do *Phleum pratense* L. onde o aparecimento de novos perfilhos foi maior quando os perfilhos reprodutivos foram decapitados.

O CC é uma característica estrutural que pode ter influência na otimização do uso da luz, uma vez que maiores CC podem ser indícios de limitação por luz na base do dossel. O genótipo com maior valor de CC foi o Basilisk e o Piatã (Tabela 3). Para esses genótipos ocorreram maior TApF e menor TSF características almejadas para expressar melhor potencial produtivo. O elevado valor do CC não os penalizou, devido o tamanho das folhas ser menores comparados aos demais genótipos.

O número de folhas vivas também variou apenas entre as estações, onde no verão agrostológico, a média não passou de 4,8 folhas perfilho⁻¹. Apesar de estatisticamente diferentes, a manutenção do número de folhas vivas nos perfilhos

do verão para o inverno demonstra que mesmo sob condições ambientais distintas as plantas se adaptam mantendo as folhas vivas por mais tempo para manter o mesmo padrão de folhas no perfilho. Esse resultado corrobora com os dados obtidos por Castagnara (2009), que trabalhando com o Mulato I obteve NFV com valor de 4,81 folhas perfilho⁻¹.

Em relação ao comprimento de folhas intactas (CFI) o genótipo Xaraés apresentou as maiores folhas quando comparando as demais gramíneas. Essas diferenças são mais evidenciadas no verão agrostológico (Tabela 4) e suportam a teoria de que há compensações entre tamanho e número de folhas no perfilho, entre taxas de alongamento foliar e senescência, de forma que cada genótipo possui uma estratégia diferenciada para manter o IAF.

O padrão de resposta observado no CFI é um bom exemplo da relação existente entre as características morfogênicas e estruturais das plantas forrageiras, já que os genótipos que possuem folhas mais longas são também os que possuem o maior filocrono e as menores TApF e DPP. Outro ponto importante na determinação do uso correto da planta forrageira é a relação S/C (Tabela 5). Menores relações S/C são almejadas quando o foco é melhorar a eficiência de colheita. Genótipos como Piatã e Xaraés são mais recentes que o Marandu, mas tiveram as mesmas relações S/C enquanto o Mulato teve a relação mais alta, demonstrando que a frequência usada pode influenciar mais um genótipo do que outro.

Essas relações são mais evidentes entre as estações do ano. O NFE e NFM de cada genótipo variaram mais entre as estações do que entre os próprios genótipos, ou seja, o potencial de acúmulo de forragem e formação do IAF depende das características morfogênicas e estruturais, mas o balanço entre seus constituintes pode promover o mesmo acúmulo de biomassa por meio da exploração de uma ou mais características. Nesse caso a DPP tem papel

essencial no equilíbrio da produção assim como as taxas de alongamento das folhas.

5 CONCLUSÕES

As características morfogênicas e estruturais foram afetadas pela genética de todos os genótipos, sendo as diferenças mais representativas entre as estações.

Existem mecanismos de compensação estruturais que permitem ajustes na área foliar e ocupação do espaço. Tal relação mostra que os genótipos estudados possuem capacidades diferenciadas de exploração, mas o uso de cada genótipo deve respeitar a morfofisiologia da planta.

REFERÊNCIAS

- ARGEL PEDRO, J. et al. **Cultivar mulato II (*Brachiaria híbrida* CIAT 36087)**: gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptadas a solos tropicais ácidos. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2007. 22 p.
- BASSO, et al. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 976-989, out./dez. 2010.
- CARNEVALLI, R. A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente**. 2003. 136 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- CASTAGNARA, D. D. et al. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Produção e Nutrição Animal) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.
- DA SILVA T. C. et al. Morfogênese e estrutura de *Brachiaria decumbens* em resposta ao corte e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 233, p. 91-102, mar.2012.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, Oxford, v. 85, n. 5, p. 645-653, Jan. 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).
- HODGSON, J. Plants for grazing systems. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, Massey, v. 50, p. 29-33, Jan. 1990.
- LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Respostas morfogênicas e estruturais de dosséis de espécies de Braquiária à intensidade de desfolhação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 760-767, jul. 2011.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxfordshire: Cab International, 1996. p. 03-36.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 115-144.

LITTELL, R. C. et al. **SAS® system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIER, G. et al. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Oxfordshire: CAB International, 2000. p. 127-150.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, abr. 2007.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de thornthwaite-mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied and Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; GOMES, V. M. Relações entre morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-braquiária. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 201-209, jan./feb. 2013.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 35-47, Jan. 2008.

SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua**. 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

TEIXEIRA, F. A. et al. Estratégias de adubação nitrogenada, características morfológicas e estruturais em pastos de *Brachiaria decumbens* diferidos por 95 dias. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 987-998, mar./abr. 2014.

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models - a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 48, n. 3/4, p. 233- 243, 1993.

**CAPÍTULO 4 Relações luminosas, fotossíntese foliar e potencial
assimilatório de dosséis de cinco genótipos de *Brachiaria***

RESUMO

As condições do meio ambiente podem influenciar os principais processos fisiológicos das plantas forrageiras como a fotossíntese e a respiração, ambos essenciais no balanço da produção. Objetivou-se com este estudo quantificar o potencial de assimilação de Carbono pelos genótipos forrageiros, modelar a fotossíntese do dossel e relacionar a estrutura do dossel com o uso eficiente da luz. O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. Foram estudados cinco genótipos de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés, Piatã, Basilisk, e Mulato II) durante um ano. As Unidades experimentais (parcelas 8x4 m) foram adubadas com 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O e foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições totalizando 20 unidades experimentais. Foi avaliada a taxa de assimilação de carbono e interceptação luminosa (IL). As maiores taxas fotossintéticas de folhas individuais foram obtidas durante verão agrostológico quando ocorre elevada quantidade de luz e temperatura. A fotossíntese do dossel foi similar entre os genótipos, diferenciando somente entre as estações, sendo 30% mais alta no verão. Quando as condições ambientais são favoráveis, ocorre diluição do CO₂ na atmosfera, e entre as células, atingindo valores de concentração em torno de 213 μmol CO₂mol⁻¹, também 30% a mais, comparado ao inverno agrostológico. A IL do dossel no final dos ciclos de rebrotação não foi diferente durante grande parte do ano, no entanto a altura mais baixa dos dosséis durante o inverno, acompanhado da diminuição dos Ângulos foliares causou variação na IL no inverno. Variações no IAF permitem maior acúmulo de biomassa sob a mesma taxa fotossintética, aumentando o acúmulo de forragem. As estações do ano influenciam fortemente a taxa fotossintética das plantas forrageiras e maior IAF de alguns genótipos compensa a mesma taxa fotossintética das folhas, tornando o dossel mais eficiente em assimilar carbono da atmosfera.

Palavras-chave: Assimilação de carbono. Crescimento. Concentração de CO₂. Trocas gasosas.

CHAPTER 4 Light relations, leaf photosynthesis and potential assimilatory of five *Brachiaria* genotypes canopies

ABSTRACT

The environmental conditions in which plants are subjected can affect the main physiological processes of plants, such as photosynthesis and respiration, determinants of plant productivity. The objective of the study is to assess the photosynthetic rates of individual leaves and with that model the photosynthesis of canopy. The study was conducted in an experimental area of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, in Lavras - MG. Five cultivars of *Brachiaria* were studied, three *Brachiaria*: cvs. Marandu, Xaraés, and Piata a *B. decumbens*: cv. Basilisk, and a hybrid of strains of *B. brizantha*, *B. decumbens* and *B. ruziziensis*: cv. Mulato II, in a randomized complete block design with four replications totaling 20 installments. The carbon assimilation rate and light interception (IL) was evaluated. Most photosynthetic rate of individual leaves was obtained in summer when there is high amount of light and temperature. The canopy photosynthesis remained similar between genotypes, differing only between seasons, in the summer averaged 59.9 micromol CO₂ m⁻² s⁻¹, 30% higher when compared to winter. When environmental conditions are favorable, the increasing in temperature during summer confirms the high CO₂ concentration, reaching a value of 213.2 mol⁻¹ CO₂, 30% more when compared to winter. The cutting height did not affect canopy IL in the late regrowth cycles for big part of the year, however the lowest height of the canopy during the winter, accompanied by the increase in leaf angle caused variation in IL. The seasons strongly influence the photosynthetic rate of individual leaves. The biggest IAF of some genotypes compensate the same photosynthetic rate of leaves, turning the canopy more efficient to assimilate carbon from the atmosphere.

Keywords: Canopy photosynthesis. CO₂ concentration. Height.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade e a qualidade da energia que chega sobre o dossel forrageiro são parâmetros importantes quando se objetiva estudar o crescimento de plantas. O aproveitamento dessa luminosidade é influenciado pela arquitetura das plantas, que por sua vez depende de fatores como genética da planta (KARIA; DUARTE; ARAÚJO, 2006), estrutura do dossel, densidade populacional e colheita das folhas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Estudar esses fatores de forma isolada dificulta o entendimento do crescimento forrageiro, pois são interdependentes. Alterações na estrutura do dossel, principalmente na distribuição espacial das folhas, influencia diretamente a distribuição da luz no interior do relvado, bem como a circulação de ar e os processos de transferência de CO₂ e a evapotranspiração (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

Além do uso eficiente da luz promovido por variações na estrutura do dossel, a produção forrageira baseia-se nas transformações bioquímicas onde o dióxido de carbono é convertido em carboidratos por meio da energia solar (TAIZ; ZEIGER, 2009). Contudo, apenas as taxas fotossintéticas das folhas mensuradas pontualmente não asseguram afirmações sobre o potencial produtivo de determinado genótipo, pois essas taxas são, também, altamente modificadas em decorrência de variações diárias na radiação solar, na temperatura, no desenvolvimento das folhas e na disponibilidade de água (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007). Como consequência, se faz necessária a utilização de outras características morfofisiológicas das plantas forrageiras, para se criar uma rede de informações padronizadas para então definir o potencial de cada genótipo perante a assimilação de carbono num determinado ambiente.

Segundo Braga (2004), muitas informações sobre o padrão de resposta das plantas forrageiras as variações ambientais permanecem desconhecidas e

poderiam ser usadas para definir estratégias mais eficientes de uso potencial das forragens. Alternativas para comparação padronizada de dados está no uso de modelos de simulação que levam em consideração medidas observadas coletadas de forma controlada, e o uso relações positivas entre características do dossel e a produção. Para tanto, concatenar o potencial fotossintético e padrões de iluminação do dossel se torna essencial no entendimento desse complexo sistema.

Objetivou-se com este estudo quantificar a fotossíntese de folhas individuais e modelar a fotossíntese do dossel em função do ambiente luminoso de cinco genótipos de *Brachiaria*, além de relacionar a interceptação luminosa do dossel com a altura como base para metas de manejo adequados para cada genótipo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG (21°14'06'' S e 44°58'06'' W, com altitude 918m). O Clima é classificado (Sistema Köppen) como Cwa (Mesotérmico úmido subtropical de inverno seco)(SÁ JUNIOR, et al., 2012), onde a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é superior 23,9 °C e o mês mais frio (julho) é de 17,2°C.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento foi realizada análise do solo (Tabela 1), e posteriormente foi feita a calagem com 1000 kg de calcário dolomítico e adubação fosfatada com 150 kg P₂O₅ por hectare respectivamente. Em seguida foram impostos os tratamentos, os genótipos foram semeados a lanço no mês de abril de 2012 e decorridos 60 dias iniciou as adubações de manutenção, onde foram realizadas manualmente logo após o corte a cada 60 dias, aplicando-se por corte, 20 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S), com o objetivo de obter-se um ritmo de produção intensivo. Com o início das avaliações experimentais no dia 11 de outubro de 2013 foi realizado adubações de produção com 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, utilizando como adubo, sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S) e cloreto de potássio, KCl (65 % K₂O). Foram realizados 11 ciclos de rebrotação totalizando a aplicação de 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, aplicando-se no verão e inverno agrostológicos a cada 28 e 42 dias respectivamente após o corte.

Tabela 1 Análise de terra proveniente da área experimental

*pH H ₂ O	M.O g dm ⁻³	P mgdm ⁻³	K 75	Ca 3,1	Mg 0,7	H+Al 2,6	SB 4,1	T 6,6	V% 61,0
				----- cmol _c dm ⁻³ -----					

*pH H₂O = potencial hidrogeniônico mensurado em água; M.O= matéria orgânica; SB= soma de bases; T= capacidade de troca catiônica; V%= saturação por bases.

Os dados climatológicos foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Engenharia da UFLA (Figuras 1). O balanço hídrico foi calculado com base nos dados climáticos do experimento usando o balanço hídrico sequencial de Pereira (2005), utilizando a ETP (evapotranspiração potencial) e ETR (evapotranspiração real).

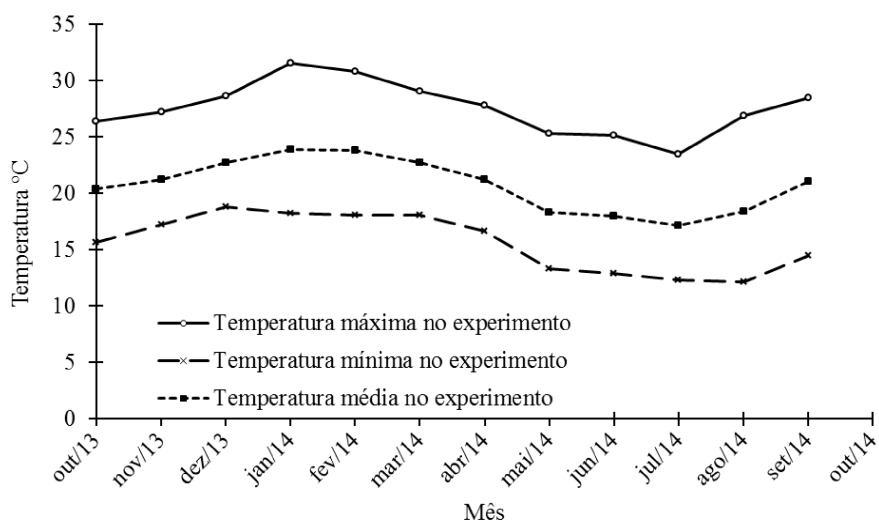


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

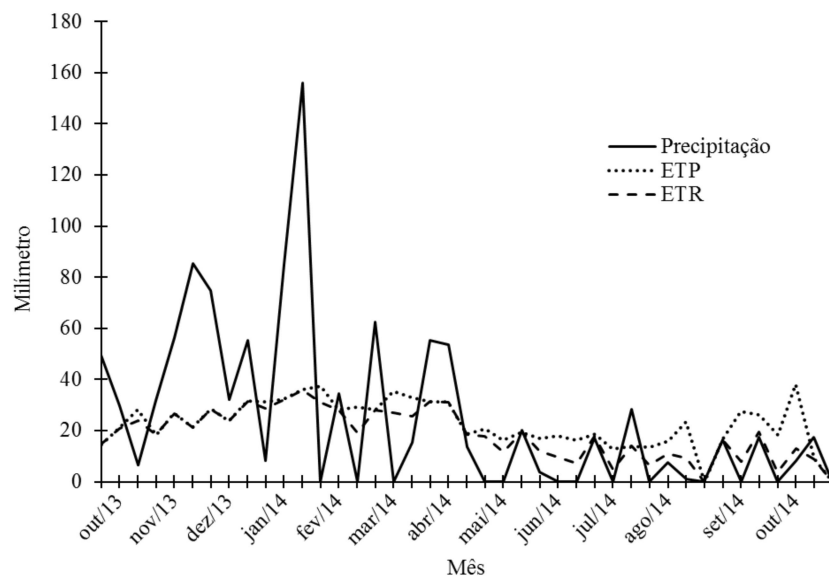


Figura 2 Balanço Hídrico (Outubro de 2013 a outubro de 2014)

2.2 Delineamento experimental e manejo da colheita

Foram estudados cinco genótipos do gênero *Brachiaria*, sendo três de *B. brizantha*: cvs. Marandu, Xaraés, e Piatã, uma *B. decumbens*: cv. Basilisk, e um híbrido de linhagens de *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens*: cv. Mulato II (ARGEL PEDRO et al., 2007), em um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com os genótipos alocados em parcelas com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. A área de cada unidade experimental foi de 32m² (4m x 8m), com corredores de um metro de largura entre as parcelas (Figura 3 A e B). O período experimental teve duração de um ano, a partir do início do verão agrostológico (Set/Out) de 2013.



Figura 3 Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B)

Durante o período experimental a forragem de cada parcela foi colhida a 15 cm de altura em 11 ciclos de crescimento (Figura 4).

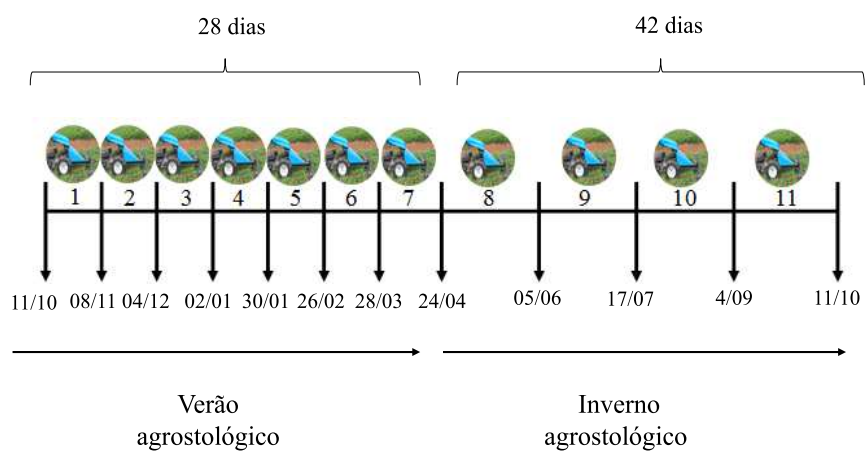


Figura 4 Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos

2.3 Fotossíntese de folhas individuais

As taxas de fotossíntese líquida de folhas individuais foram medidas nos ciclos detalhados utilizando-se um medidor portátil de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA. Figura 5). O analisador de gases por infravermelho (IRGA - LI-6400) é constituído por quatro partes básicas: uma fonte de infravermelho, uma célula de gás, filtros ópticos e um detector. Uma bomba de ar adquire CO_2 e H_2O do ambiente (i.e. valores de referência) que são mensurados antes e após a sua exposição à amostra colocada na câmara. Assim, a diferença de concentração dos gases entre referência e amostra permite mensurar a fotossíntese, transpiração e condutância estomática, dentre outras. Tais medidas são realizadas com base na absorção da radiação infravermelha emitida pela fonte, pelas moléculas de CO_2 e H_2O que passam pela célula de gás. Os filtros ópticos diminuem a interferência de outras moléculas de massas moleculares semelhantes aumentando a precisão da medida. O detector, por sua vez, quantifica a diferença de radiação em relação à fonte emissora, convertendo os dados em informações quantitativas que são aplicadas em fórmulas inseridas no software do aparelho.



Figura 5 Medidor portátil de fotossíntese modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA)

As medições ocorreram no dia intermediário de cada ciclo de rebrotação detalhado (14º dia da rebrotação no verão e no 21º dia da rebrotação no inverno). Nessas datas foram medidas as taxas de fotossíntese da folha mais jovem completamente expandida de dois perfilhos em cada parcela, seguindo um critério de avaliação visual de modo a selecionar as melhores folhas presentes (com lâmina foliar verde e limpa). As folhas foram selecionadas em perfilhos de plantas diferentes que representam o dossel na unidade experimental, tanto em altura quanto em estrutura.

As medidas foram realizadas entre oito e onze horas da manhã em dias de céu aberto tanto no verão quanto no inverno. Médias fotossintéticas foram calculadas para cada parcela. A intensidade de luz usada dentro da câmara foi de $2000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e uma concentração média de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de ar como referência na programação do equipamento, cuja fonte foi proveniente de cilindros de CO_2 instalados no equipamento (LARA; PEDREIRA, 2011). Além das taxas de fotossíntese líquida, o equipamento também registra a concentração intercelular de carbono (Ci) a condutividade estomática e a taxa de transpiração das folhas. Esses dados acessórios foram usados para dar suporte aos resultados obtidos com a medição das taxas de fotossíntese líquida e registrar a o efeito das alturas de corte sobre os processos fisiológicos dos genótipos estudados.

2.4 Índice de área foliar, interceptação luminosa e ângulos foliares

Para as medições de índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL) e os ângulos foliares (ANG) foi utilizado um analisador de dossel modelo LAI 2200 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA. Figura 6), descrito por Welles e Norman (1991), que permite amostragens rápidas e não destrutivas. O aparelho é constituído de uma unidade de controle e de um sensor acoplado numa barra

articulada. O sensor consiste em um conjunto de lentes tipo ‘olho de peixe’, que projeta uma imagem hemisférica de baixo para cima do dossel forrageiro, por meio de detectores de sílica.



Figura 6 Analisador de dossel modelo LAI 2200 (LI-COR, Lincoln Nebraska, EUA)

A técnica combina medidas tomadas com o sensor acima do dossel (I_0) “*sky brightness*” com medidas tomadas sob o dossel ao nível do solo (I). A partir dessas medidas, a inversão de um modelo de transferência de luz permite o cálculo do IAF (WELLES; NORMAN, 1991). Foram amostrados dez pontos representativos da média do dossel em cada parcela, na proporção de uma medida acima para cinco medidas abaixo do dossel, sempre utilizando um padrão visual que englobe estações de leitura entre touceiras que estejam dentro de um mesmo padrão de altura e densidade de folhas.

2.5 Modelagem da fotossíntese de dossel

Taxas fotossintéticas dos dosséis serão estimadas usando-se o modelo de assimilação de CO_2 de folhas “de sol” e folhas “de sombra”, proposto por Boote e Jones (1987), que leva em consideração o coeficiente de extinção luminosa (k) e também a reflexão e a transmissão de luz pelo dossel. Assim, um IAF de sol é

calculado analiticamente usando IAF total e k (equação 1) e um IAF de sombra é calculado subtraindo-se do IAF total (equação 2).

$$\text{IAFsol} = (1/k)[1-\exp(-k*\text{IAFtotal})] \quad (1)$$

$$\text{IAFsomb} = \text{IAFtotal} - \text{IAFsol} \quad (2)$$

A assimilação de CO₂ pelas folhas de sol é calculada por uma curva de resposta exponencial negativa, onde a assíntota é dada pela fotossíntese máxima de folhas, o coeficiente angular pela eficiência de utilização de luz e a variável de entrada é a irradiância fotossinteticamente ativa absorvida [$k(1-\sigma)\text{PAR}$], conforme a equação 3:

$$\text{Fsol} = \text{Fmax} \{1-\exp[-\text{Qe}*k(1-\sigma)\text{PAR}/\text{Fmax}]\} \quad (3)$$

Onde: Fmax = fotossíntese de folhas individuais ($\mu\text{g de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); Qe = eficiência de utilização de luz ($\mu\text{g de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); PAR = radiação fotossinteticamente ativa ($\text{J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); σ = coeficiente de reflexão e transmissão. A PAR incidente para a fotossíntese de folhas sombreadas, considerando o mesmo k e a mesma eficiência no uso da luz refletida e transmitida por todas as folhas sombreadas, é dada pela equação 4:

$$\text{PARsomb} = \sigma*\text{PAR}[1-\exp(-k*\text{IAFsomb})]/\text{IAFsomb} \quad (4)$$

onde: PARsomb = radiação fotossinteticamente ativa para folhas de sombra. Deste modo, a assimilação por folhas de sombra é calculada de maneira análoga à de folhas de sol (equação 5):

$$\text{Fsomb} = \text{Fmax}[1-\exp(-\text{Qe}*PARsomb/\text{Fmax})] \quad (5)$$

Onde: F_{somb} = assimilação de CO_2 por folhas de sombra. Por fim, a assimilação total do dossel é a soma de ambas as categorias de folhas (equação 6):

$$F_{dos} = F_{sol} * IAF_{sol} + F_{somb} * IAF_{somb} \quad (6)$$

onde: F_{dos} = assimilação total CO_2 pelo dossel.

A partir dessas simulações, serão estimadas as taxas fotossintéticas dos dosséis forrageiros. Assumindo-se que Q_e para espécies de metabolismo C_4 é de aproximadamente 0,07, independentemente da temperatura ambiente e do regime de luz em que as plantas se desenvolvem (HAY; WALKER, 1989; BOOTE; LOOMIS, 1991; MORENO, 2004; LARA; PEDREIRA, 2011). O valor de 20% foi assumido para o coeficiente de reflexão e transmissão de luz no interior do dossel (BOOTE; LOOMIS, 1991). O coeficiente de extinção de luz (k) será calculado pela fórmula $k = - [\log_e (I/I_0)]/IAF$, com I e I_0 correspondendo aos valores de irradiância abaixo e acima do dossel, respectivamente (HAY; WALKER, 1989).

2.6 Medição de altura

As medições de altura foram realizadas nos mesmos dias em que foram feitas as medidas de IAF, IL, Ângulo foliar, ou seja, uma vez por semana, tomando-se 24 pontos de altura usando o método da régua e transparência (CUNHA; DA SILVA, 2003). A média entre esses 24 valores foi considerada a altura média de cada parcela em cada dia de avaliação.

2.7 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando o método de modelos mistos por meio do procedimento MIXED do “software” estatístico SAS (LITTELL et al., 1996). Na escolha da matriz de covariância será utilizado o critério de informação de Akaike e basea no (WOLFINGER; OCONNELL, 1993). Os efeitos de genótipo e época do ano e suas interações foram considerados como efeitos fixos (LITTELL et al., 1996). As médias dos tratamentos foram estimadas por meio do “LSMEANS” e a comparação entre elas foi realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”) ajustada para o teste de “Tukey” e um nível de 5% probabilidade.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + \gamma_{ij} + E_k + (GE)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado no i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo da k -ésima estação do ano;

μ = média geral;

B_i = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco, $i = 1, \dots, 4$;

G_j = efeito fixo associado ao j -ésimo genótipo, $j = 1, \dots, 5$;

γ_{ij} = efeito aleatório associado ao i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo, assumindo $\gamma_{ij} \sim N(0, I\sigma_\gamma^2)$, sendo que $I\sigma_\gamma^2$ é a matriz identidade de variância e covariância, pois se assume independência dos resíduos;

E_k = efeito fixo associado a k -ésima estação do ano, $k = 1, 2$;

$(GE)_{jk}$ = efeito da interação do j -ésimo genótipo com a k -ésima estação do ano;

ε_{ijk} = erro aleatório associado ao i -ésimo bloco no j -ésimo genótipo na k -ésima estação do ano, assumindo que $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, I\sigma_\varepsilon^2)$, sendo que $I\sigma_\varepsilon^2$ é a matriz de variância e covariância, pois se assume dependência dos erros;

Para o ajuste do modelo de predição da fotossíntese foliar entre o verão e inverno agrostológicos, utilizou-se o procedimento NLIN (SAS®, 2004), sendo as estimativas dos parâmetros obtidas por meio de processo iterativo de *Gauss-Newton*, desenvolvido por Hartley (1961) para modelos não-lineares. O modelo logístico apresenta a seguinte forma:

$$Y = \frac{a}{1 + e^{-\left(\frac{x-x_0}{b}\right)}}$$

em que ' a ', representa a assíntota (valor máximo de Y), ' x_0 ' o valor de x para $Y = a/2$, que é o ponto de inflexão do modelo, que corresponde ao ponto de máximo da primeira derivada da função ($\partial y/\partial x$) (HUNT, 1982; SEBER; WILD, 1989) e ' b ' o inverso da taxa de aceleração inicial do modelo (que corresponde ao inverso da máxima taxa de crescimento relativo quando o modelo parte da origem) (BIRCH, 1999). Segundo Parsons et al. (1988) a primeira derivada da função logística corresponde à taxa de acúmulo instantânea e seu ponto de máximo (máxima taxa de acúmulo instantânea) e ocorre um pouco antes da máxima taxa de acúmulo média $[(y_1 - y_0)/x]$. O valor de ' y ' corresponde à taxa fotossintética em $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e ' x ' a temperatura do ar.

3 RESULTADOS

3.1 Fotossíntese de folhas individuais, concentração intercelular de CO₂, condutividade estomática e taxa de transpiração

A taxa de fotossíntese foliar sofreu efeito apenas para estação do ano ($P=0,001$). Entre as estações o verão apresentou maior taxa de fotossíntese de folhas individuais $35,0 \pm 0,6 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e no inverno ocorreu uma redução na taxa de fotossíntese foliar de $24,2 \pm 0,5 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A concentração intercelular de carbono (Ci) sofreu efeito apenas para estação do ano ($P=0,001$). O verão agrostológico apresentou valor de $213,2 \pm 8,5 \mu\text{mol de CO}_2\text{mol}^{-1}$ enquanto que no inverno agrostológico a Ci foi de $146,9 \pm 8,5$.

A condutividade estomática sofreu efeito apenas da estação do ano ($P=0,002$). Entre as estações o verão apresentou maior condutividade estomática $0,3 \pm 0,01 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e no inverno ocorreu uma redução na condutividade estomática $0,2 \pm 0,01 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A taxa de transpiração foliar sofreu efeito apenas da estação do ano ($P=0,001$). O verão agrostológico apresentou $3,9 \pm 0,1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que no inverno agrostológico foi de $2,0 \pm 0,1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Em função dos dados obtidos das taxas de fotossíntese foliar, foi possível gerar equações que permitem simular a fotossíntese foliar em função da temperatura do ar (Figura 7).

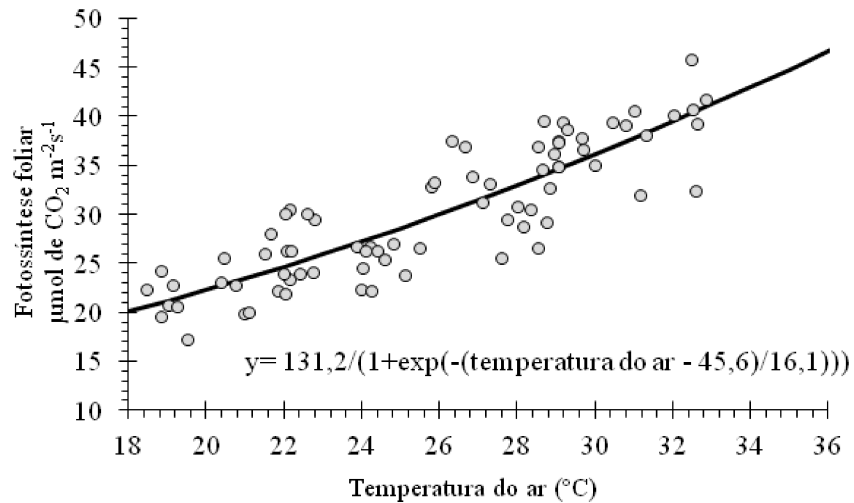


Figura 7 Fotossíntese foliar média de cinco genótipos de *Brachiaria* em função da temperatura do ar

3.2 Fotossíntese do dossel forrageiro

A Fotossíntese de dossel sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,019$). Entre os genótipos na mesma estação a fotossíntese total foi similar, já entre as estações ocorreu uma redução significativa no inverno em média 69% comparado ao verão.

Tabela 2 Fotossíntese de dossel de cinco genótipos de *Brachiaria* no verão e inverno agrostológico

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xaráes	
	----- $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ -----					
Verão	55,2 Aa (1,78)	62,5 Aa(1,78)	60,6 Aa(1,78)	62,8 Aa(1,78)	58,4 Aa(1,78)	59,9 (0,79)
Inverno	42,9 Aa (1,45)	38,3 Ba(1,45)	40,4 Ba(1,45)	44,4 Ba(1,45)	41,2 Ba(1,45)	41,5 (0,64)
Média	49,0 (1,04)	50,4 (1,04)	50,5 (1,04)	53,6 (1,04)	49,8 (1,04)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P < 0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P < 0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

3.3 Relações luminosas

Foram feitas regressões entre interceptação luminosa e altura, com o objetivo de simular uma estrutura de dossel forrageiro que se encaixe em uma necessidade de manejo específica. As variações entre altura e interceptação luminosa e ângulos foliares também foram realizadas para os cinco genótipos ao longo do período experimental (Figura 8). No presente estudo, os genótipos Basilisk, Marandu, Mulato, Piatã e Xaráes com 95% de interceptação luminosa alcançaram 27, 25, 24, 25, 26 cm de altura respectivamente.

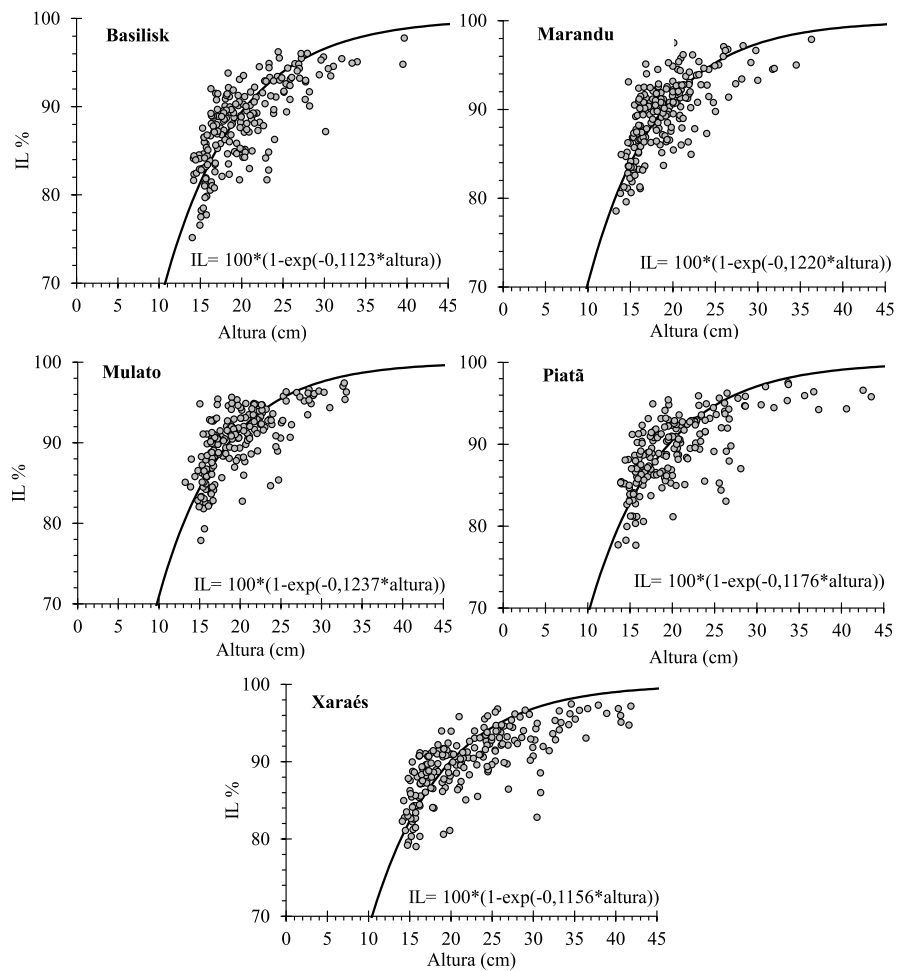


Figura 8 Variação na interceptação luminosa em função da altura do dossel para cinco genótipos de *Brachiaria*

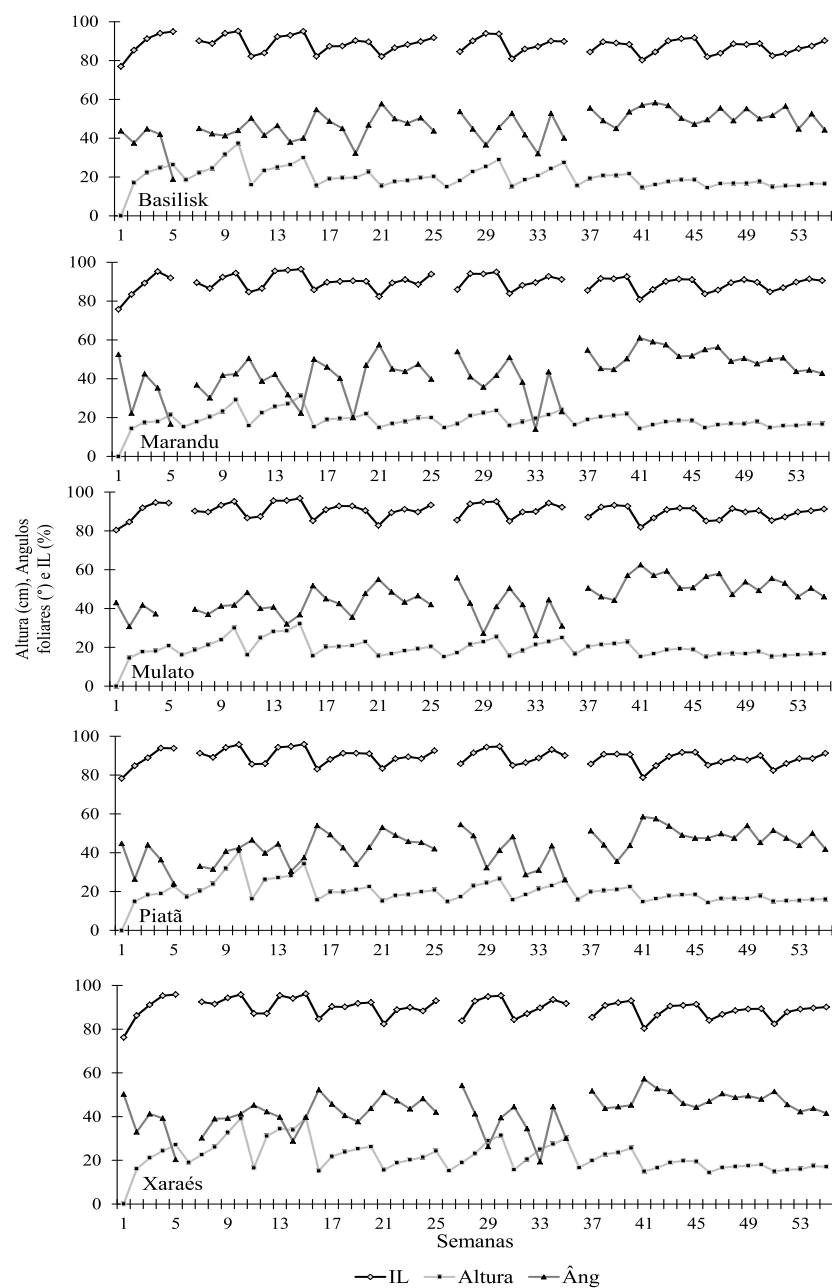


Figura 9 Altura, interceptação luminosa (IL) e ângulos foliares ($\hat{\text{A}}\text{ng}$) medidos semanalmente para cinco genótipos de *Brachiaria*

3.4 Altura do dossel forrageiro

A altura do dossel sofreu efeito da interação entre genótipo e estação do ano ($P=0,001$; Tabela 3). Marandu e Mulato foram os genótipos com menores alturas na mesma estação primavera e outono respectivamente, os demais obtiveram valores similares entre si. Entre as estações os genótipos obtiveram valores diferentes, os genótipos menos estacionais são: Marandu e Mulato, suas características são representadas por menores alturas.

Tabela 3 Altura de cinco genótipos de *Brachiaria* nas quatro estações do ano

Estação	Genótipo					Média
	Basilisk	Marandu	Mulato	Piatã	Xarães	
	----- cm -----					
Primavera	32,0 Aa (1,42)	26,8 Ab(1,42)	26,8 Ab(1,42)	32,7 Aa(1,42)	34,8 Aa (1,42)	30,6 (0,64)
Verão	23,4 Ba (0,86)	22,4 Aa (0,86)	23,5 Aa (0,86)	23,4 Ba(0,86)	27,6 Ba(0,86)	24,1 (0,38)
Outono	24,4 Ba (0,64)	22,5 Ab(0,64)	23,4 Aa (0,64)	24,0 Ba(0,64)	27,8 Ba(0,64)	24,4 (0,29)
Inverno	17,4 Ca (0,18)	17,7 Ba(0,18)	17,7 Ba(0,18)	17,3 Ca(0,18)	17,9 Ca(0,18)	17,6 (0,07)
Média	24,3(0,42)	22,3 (0,42)	22,7 (0,42)	24,3 (0,42)	27,0 (0,42)	

Letra minúscula na linha comparam médias entre genótipos na mesma estação ($P<0,05$).

Letra maiúscula na coluna comparam médias entre estação no mesmo genótipo ($P<0,05$).

Valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média.

4 DISCUSSÃO

A fotossíntese de folhas individuais contribui positivamente para o potencial de geração de carboidratos e conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento da planta. A maior taxa fotossintética de folhas individuais foi obtida no verão agrostológico quando ocorre elevada quantidade de luz e temperatura.

Fatores ligados à quantidade e qualidade de luz no ambiente pastoril contribuem para o aumento ou redução na eficiência de assimilação do CO₂. Plantas C₄ toleram melhor ambientes com maior energia que as plantas C₃ expressando intenso crescimento vegetativo no verão. Segundo Braga et al. (2004) estudando *B. brizantha* cv. Marandu com diferentes intensidades de pastejo e frequências de rebrotação, verificou que a fotossíntese foliar líquida no verão chegara a 33 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹ enquanto no inverno a redução na taxa fotossintética chegou a 30%. Esses dados corroboram com valores encontrados para os genótipos de *Brachiaria* estudados no presente experimento cuja taxa média no verão foi de 35 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹.

Além do efeito das estações do ano, as taxas de fotossíntese de folhas individuais podem ser influenciadas pela estrutura do dossel (LARA, 2011). A estrutura das plantas pode proporcionar redução no ambiente luminoso principalmente das folhas expandidas das gramíneas e com isso comprometer a eficiência fotossintética geral da planta, ou seja, alta área foliar e baixa quantidade de carbono assimilado por unidade de IAF.

A temperatura afeta todas as reações bioquímicas, bem como processos da abertura estomática e o grau de perda de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009). A variação estacional da fotossíntese em função da temperatura do ar pôde ser expressa por meio de uma função não-linear logística (Figura 7). Dessa forma, mesmo sem medidor de fotossíntese, é possível estimar as taxas

fotossintéticas entre 18 e 33°C. Apesar da temperatura mínima encontrada ser de 18°C, similar à temperatura mínima avaliada por Lara (2011), a fotossíntese de folhas individuais foi maior no inverno na região de Lavras do que em Piracicaba, com taxas superiores a cinco $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ entre 18 e 20°C. Essa variação positiva pode estar relacionada aos novos genótipos estudados e às condições climáticas que antecederam as avaliações sendo as médias climáticas de Lavras mais altas que as de Piracicaba na semana que antecedeu à avaliação.

Levando em consideração que a taxa de fotossíntese de folhas individuais corresponde a máxima taxa fotossintética de cada genótipo, foi possível relacionar esses valores com a fotossíntese de dossel, que engloba fotossíntese e IAF de sol e sombra, tornando possível estimar quanto o dossel forrageiro assimila do carbono atmosférico. Como a fotossíntese de cada folha possui um grau de variação alto, a determinar o potencial fotossintético do dossel parece ser mais sensato, já que para isso são levados em consideração fatores como temperatura, disponibilidade de água e o coeficiente de extinção luminosa (BRAGA et al., 2006).

A fotossíntese do dossel manteve-se similar entre os genótipos, diferenciando somente entre as estações, no verão apresentou valor médio 59,9 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 30% mais alta quando comparado ao inverno. Apenas o genótipo Basilisk teve a fotossíntese de dossel similar entre as estações (Tabela 2). Segundo Braga (2008), trabalhando com *B. brizantha* cv. Marandu, avaliando taxas fotossintéticas em diferentes condições de altura do dossel encontraram redução na assimilação de $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ das folhas mais jovens completamente expandidas para as folhas mais velhas, da base do dossel nos primeiros dias após o pastejo, isso ocorreu devido menor ponto de compensação de luz que passou de 36 para 10 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ explica o autor. No presente estudo houve também redução da fotossíntese do dossel, mas o valor encontrado ainda ultrapassa os obtidos por Pedreira e Pedreira (2007) trabalhando com

capim-Xaraés, sendo três vezes superior ao dado coletado no dia médio de um ciclo de 28 dias e Lara e Pedreira (2011) que trabalhou com três dos cinco genótipos do presente trabalho (Marandu, Basilisk e Xaraés), sendo os dados 18% mais altos quando mensurados no mesmo intervalo de rebrotação.

Quando as condições ambientais são favoráveis, o aumento da temperatura no verão agrostológico confirma a elevada concentração de CO₂, no presente estudo atingiu valor de 213,2 CO₂mol⁻¹ 30% a mais, comparado ao inverno agrostológico. Contudo, apesar de gramíneas C₄ possuírem uma melhor eficiência em armazenar CO₂ nos espaços intercelulares do mesófilo, a deficiência hídrica pode ser um fator que tende a reduzir CO₂ devido ao fechamento dos estômatos confirmando a redução no inverno. Dessa forma, quanto maior a deficiência hídrica, menor será o grau de abertura dos estômatos e, conseqüentemente, maior será a resistência à entrada de CO₂ atmosférico (MAJEROWICZ, 2008).

As plantas C₄ estão adaptadas a absorver elevada quantidade de dióxido de carbono da atmosfera e reduzir ao máximo de perda de água através do fechamento dos estômatos. A Ci não variou entre os genótipos, porém no verão agrostológico obteve maiores taxas de trocas gasosas e conseqüentemente maior perda de água por transpiração. A transpiração seguiu o mesmo padrão da Ci reduzindo o vapor de água entre as estações e mais específico no inverno. Segundo Sasaki et al. (1997), estudando *Dalbergia miscolobium* foi observado um elevado coeficiente de correlação de 0,91 entre esses dois parâmetros. À medida que há maior ocorrência da condutância estomática as taxas de transpiração são elevadas também.

As plantas normalmente competem intra e interespecificamente pela luz solar, as folhas constituem o dossel que absorve a luz e influencia diretamente nas taxas fotossintéticas. A altura do dossel é um dos parâmetros que modifica diretamente a entrada de luz no dossel forrageiro pela modificação na estrutura

das plantas e na arquitetura dossel. Por sua vez, a arquitetura do dossel é um dos principais determinantes dos padrões de interceptação luminosa (WARREN WILSON, 1961). Segundo Loomis e Williams (1969), a arquitetura do dossel interfere em fatores como a distribuição da luz dentro da população de plantas e na circulação do ar, o que afeta a transferência de CO₂ entre plantas e o ambiente, e também a evapotranspiração. Isso torna a arquitetura do dossel um elemento importante na determinação dos padrões de interceptação luminosa. Pequenas diferenças na altura do dossel podem ter grandes efeitos na competição por luz, pois variações mínimas em altura já são suficientes para uma folha sobrepor-se à outra (LOOMIS; WILLIAMS, 1969) alterando os padrões de interceptação de luz no dossel.

A altura de corte não afetou a IL do dossel no final dos ciclos de rebrotação durante grande parte do ano (Figura 9), no entanto a altura mais baixa dos dosséis durante o inverno, acompanhado do aumento no Ângulo foliar causou variação na IL. Quando correlacionadas IL e Altura do dossel, é possível encontrar a altura que o dossel deve ser manejado como se tem encontrado na literatura.

Os 95% de IL almejados foram muito similares às IL dos mesmos genótipos na literatura. (NASCIMENTO JÚNIOR, 2010). Apenas o genótipo Xaraés apresentou altura mais baixa (26 cm) na mesma IL encontrada por Pedreira et al. (2009) cuja interceptação de 95% da luz correspondeu a 30 cm. Os genótipos Mulato e Piatã se assemelharam ao Marandu quanto a altura correspondente à IL de 95%, ficando em torno de 25 cm, no entanto Souza Jr. (2011) encontrou valores de 30 para a mesma IL para o capim Mulato quando em pastejo.

De forma geral, a altura do dossel no final de cada ciclo de rebrotação não variou no verão e no inverno (Tabela 3). As alturas foram mais oscilantes nas transições (primavera e outono), sendo os genótipos Xaraés, Piatã e Basilisk

os mais altos em ambas as estações. É possível que o corte mecânico provoque redução nas alturas das plantas quando comparadas à forragens colhidas por animais. A densidade da forragem no resíduo influencia na IL fazendo com que alturas mais baixas possam ser encontradas para o mesmo genótipo quando o objetivo é definir a altura ideal de entrada dos animais em pastagens.

5 CONCLUSÕES

As estações do ano influenciam fortemente a taxa fotossintética das folhas individuais. O maior IAF de alguns genótipos compensa a mesma taxa fotossintética das folhas, tornando o dossel mais eficiente em assimilar carbono da atmosfera.

A arquitetura do dossel influencia diretamente na IL a cada ciclo de rebrotação. Ciclos com dias fixos respondem negativamente na manutenção do padrão estrutural do dossel, podendo ser responsável por reduções na produtividade e erros no manejo baseado na altura.

REFERÊNCIAS

- ARGEL PEDRO, J. et al. **Cultivar mulato II (*Brachiaria* híbrida CIAT 36087)**: gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptadas a solos tropicais ácidos. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2007. 22 p.
- BIRCH, C.P.D. A new generalized logistic sigmoid growth equation compared with the Richards growth equation. **Annals of Botany**, Oxford, v.83, p. 713-723, 1999.
- BOOTE, K. J.; LOOMIS, R. S. The prediction of canopy assimilation. In: BOOTE, K. J.; LOOMIS, R. S. (Ed.). **Modeling crop photosynthesis** – from biochemistry to canopy. Madison: CSSA/ASA, 1991. p. 109-140.
- BOOTE, K. J.; JONES, J. W. Equations to define canopy photosynthesis from quantum efficiency, maximum leaf rate, light extinction, leaf area index, and photon flux density. In: BIGGINS, J. (Ed.). **Progress in photosynthesis research**. The Hague: M. Nijhoff, 1987. v. 4, p. 415-418.
- BRAGA, G. J. et al. Sward structure and herbage yield of rotationally stocked pastures of ‘Marandu’ palisadegrass *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf] as affected by herbage allowance. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 121-129, mar./abr. 2006.
- BRAGA, G. J. **Assimilação de carbono, acúmulo de forragem e eficiência de pastejo em pastagem de capim- Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A Rich.) STAPF.] em resposta a oferta de forragem**. 2004. 117 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.
- BRAGA, G. J. et al. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-tanzânia sob lotação intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 84-91, jan. 2009.
- BRAGA, G. J. et al. Herbage allowance effects on leaf photosynthesis and canopy light interception in palisade grass pastures under rotational stocking. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 42, n. 4, p. 214-223, Dec. 2008.

CUNHA, W. F.; DA SILVA, S. C.; Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 981-989, ago. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

HARTLEY, H. O. The modified Gauss-Newton method for the fitting of nonlinear regression functions by least squares. **Technometrics**, Alexandria, v.3, p 269-280, 1961.

HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. Interception of solar radiation by the crop canopy. In: _____. **An introduction to the physiology of the crop yield**. New York: Longman Scientific & Technical, 1989. p. 8-30.

HUNT, R. **plant growth curves**. New York: Edward Arnold, 1982. 248 p.

KARIA, C. T.; DUARTE, J. B.; ARAÚJO, A. C. G. de. **Desenvolvimento de cultivares do gênero *Brachiaria* (trin.) Griseb. no Brasil**. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2006. 58 p. (Documentos, 163).

LARA, M. A. S.; PEDREIRA, C. G. S. Estimativa da assimilação potencial de carbono em dosséis de espécies de braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 743-750, jul. 2011.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxfordshire: Cab International, 1996. p. 3-36.

LITTELL, R. C. et al. **SAS® system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

LOOMIS, R. S.; WILLIAMS, W. A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J. D. et al. (Ed.). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA: CSSA: SSA, 1969. p. 2 -47.

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. (Org.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, v. 1, p. 82-133.

MORENO, L. S. B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas**. 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Atualidades do manejo do pastejo nos trópicos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 5.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 3., 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: 2010.

PARSONS, A. J.; JOHNSON, I.R.; HAVEY, A. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 43 p. 49-59, 1988.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Cv. Xaraés) e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 773-779, jul./ago. 2007.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de thornthwaite-mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied and Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1–7, Apr. 2012.

SASSAKI, R. M. et al. Effect of water deficiency on photosynthesis of *dalbergia miscolobium* benth., a cerrado tree species. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 2, p. 83-87, 1997.

SEBER, G. A. F.; WILD, C. J. **Nonlinear regression**. New York: John Wiley, 1989. 769 p. (Wiley series in probability and mathematical statistics).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de Eliane Romanato Santarém et al. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

WARREN WILSON, J. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8., 1960, Oxford. **Reading Proceedings...** Oxford: Alden, 1961. p. 275-279.

WELLES, J. M.; NORMAN, J. M. Instrument for indirect measurement of canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 5, p. 818-825, 1991.

WOLFINGER, R.; OCONNELL, M. Generalized linear mixed models - a pseudo-likelihood approach. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, New York, v. 48, n. 3/4, p. 233- 243, 1993.

CAPÍTULO 5 Modelagem do acúmulo de forragem de cinco genótipos de *Brachiaria* com base em variáveis climáticas

RESUMO

Atualmente, modelos que contemplam conjuntos de processos fisiológicos estão se tornando instrumentos importantes na quantificação dos efeitos do clima sobre o potencial produtivo das culturas. O uso de artifícios matemáticos na estimativa do acúmulo de forragem é uma importante ferramenta no gerenciamento da propriedade pecuária e na pesquisa, tornando possíveis comparações e simulações em tempo rápido e de forma econômica. O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG. Foram estudados cinco genótipos de *Brachiaria* (Marandu, Xaraés, Piatã, Basilisk, e Mulato II) durante um ano. As Unidades experimentais (parcelas 8x4 m) foram adubadas com 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O e foram distribuídas em um delineamento experimental de blocos completos casualizados com quatro repetições totalizando 20 unidades experimentais. Acompanhou-se o crescimento da forragem ao longo dos ciclos de rebrotação e com medições mais detalhadas um ciclo no auge do verão e outro no auge do inverno para obtenção dos dados de acúmulo de forragem nos períodos de maior e menor energia. A temperatura base inferior (T_{Bi}) dos cinco genótipos variou de em torno de 12 °C. Os modelos de graus-dia (GD) e unidades fototérmicas (UF) ajustaram-se bem aos dados de acúmulo de forragem, mas o uso de um modelo gerado apenas no verão compromete a acurácia da estimativa de produção do inverno. Os modelos de GD tiveram melhor correlação com o acúmulo de forragem do que os modelos de UF, mas os modelos baseados na temperatura média mínima dos ciclos foram mais precisos. Apesar da grande variação entre dados preditos e observados, os modelos podem ser empregados com objetivos específicos.

Palavras-chave: Clima. Modelagem. Simulação. Temperatura Base. Graus Dia. Unidades Fototérmicas.

CHAPTER 5 Modeling of herbage accumulation of five genotypes of *Brachiaria* based on climatic variables

ABSTRACT

Currently, models that include sets of physiological processes are becoming important tools in measuring the effects of weather on the productive potential of crops. The use of mathematical models for estimate the herbage accumulation is an important tool in the management of livestock farms and research, making possible comparisons and simulations in quick time and in an economic way. The study was conducted in an experimental area of the Department of Animal Science of the Federal University of Lavras, in Lavras - MG. Five *Brachiaria* genotypes were studied (Marandu Xaraés, Piata, Basilisk, and Mulato II) for one year. The experimental units (plots 8x4 m) were fertilized with 220 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N and K₂O and were distributed in a randomized complete block design with four replications totalizing 20 experimental units. Accompanied the growth of forage throughout the regrowth cycles and more detailed measurements was realized a in the middle of summer and another in the middle of winter to obtain forage accumulation data during periods of higher and lower energy. The lower base temperature (T_{Bi}) of five genotypes varied around 12° c. The models of degree days (GD) and photothermal units (UF) fit well to the forage accumulation data, but using a model generated only in summer committed the accuracy of estimated production during winter. GD models had better correlation with forage accumulation than the UF models, but the models based on average minimum temperature have been more accurate. Despite the great variation between predicted and observed data, the models can be used with specific objectives.

Keywords: Climate. Modeling. Simulation. Base temperature. Degrees-day. Photothermal units.

1 INTRODUÇÃO

Quando usamos a variável “dia” para prever qualquer atividade de crescimento vegetal, nos deparamos com a falta de precisão das estimativas sendo que as espécies forrageiras não respondem da mesma maneira a um mesmo intervalo de tempo nas diferentes estações do ano e nas localidades. Dessa maneira, desenvolver um método ou utilizar uma medida padronizada que caracterize as estações pode ser a base para estimar com mais acurácia a produção de biomassa. O uso desses modelos facilitaria o planejamento da atividade pecuária baseada no uso de pastagens e racionalizaria o processo produtivo como um todo (LARA, 2011).

Na literatura há evidências que a maior produção de forragem das espécies tropicais não acontece nos meses mais quentes do ano (PEDREIRA; MATTOS, 1981), mesmo sob irrigação (GHELFI FILHO, 1972), sugerindo que outros fatores além da temperatura alta possam atuar no processo de acúmulo de forragem. Nesse sentido, usar variáveis fortemente relacionadas com o acúmulo de forragem pode trazer novas perspectivas na seleção de quais variáveis usar e como elas respondem quando são usadas nas simulações.

Existem modelos simples de predição com base no tempo (dias), em soma térmica (acúmulo de temperatura diária) além de outros modelos que integram, além da temperatura, os efeitos do fotoperíodo chamados de Unidades Fototérmicas (VILLA NOVA; CARRETEIRO; SCARDUA, 1983). Tonato (2009) salientou que correlações altas foram encontradas para genótipos de *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria* quando foram relacionados o acúmulo de forragem e a temperatura mínima do local.

Atualmente na pesquisa procura-se minimizar os efeitos não controláveis do ambiente, como fotoperíodo e temperatura, na tentativa de estimar com antecedência a capacidade produtiva das pastagens usando artifícios

como a irrigação e a adubação para maximizar o aproveitamento das condições ótimas do período quente e chuvoso, evitando os veranicos e prolongando a estação de crescimento. Assim, o uso de modelos na pesquisa auxilia a tomada de decisão e pode dar condições, aos pecuaristas e manejadores, de traçarem estratégias de uso mais eficiente desses recursos tornando as variações estacionais menos acentuadas e menos problemáticas ao longo dos anos (LARA, 2011).

Objetivou-se com este trabalho de gerar modelos que descrevessem o acúmulo de forragem de cinco genótipos de *Brachiaria* com base em variáveis climáticas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O estudo foi conduzido em uma área experimental do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras - MG (21°14'06'' S e 44°58'06'' W, com altitude 918m). O Clima é classificado (Sistema Köppen) como Cwa (Mesotérmico úmido subtropical de inverno seco) (SÁ JUNIOR et al., 2012), onde a temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é superior 23,9°C e o mês mais frio (julho) é de 17,2°C.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com textura argilosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA, 1999). Antes da implantação do experimento foi realizada análise do solo (Tabela 1), e posteriormente foi feita a calagem com 1000 kg de calcário dolomítico e adubação fosfatada com 150 kg P₂O₅ por hectare respectivamente. Em seguida foram impostos os tratamentos, os genótipos foram semeados a lanço no mês de abril de 2012 e decorridos 60 dias iniciou as adubações de manutenção, onde foram realizadas manualmente logo após o corte a cada 60 dias, aplicando-se por corte, 20 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S), com o objetivo de obter-se um ritmo de produção intensivo. Com o início das avaliações experimentais no dia 11 de outubro de 2013 foi realizado adubações de produção com 20 kg ha⁻¹ de N e K₂O, utilizando como adubo, sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ (22 % de N e 18 % de S) e cloreto de potássio, KCl (65 % K₂O). Foram realizados 11 ciclos de rebrotação totalizando a aplicação de 220 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e K₂O, aplicando-se no verão e inverno agrostológicos a cada 28 e 42 dias respectivamente após o corte.

Tabela 1 Análise de terra proveniente da área experimental

pH H ₂ O	M.O g dm ⁻³	P mgdm ⁻³	K 75	Ca 3,1	Mg 0,7	H+Al 2,6	SB 4,1	T 6,6	V% 61,0
				----- cmol _c dm ⁻³ -----					

pH H₂O = potencial hidrogeniônico mensurado em água; M.O= matéria orgânica; SB= soma de bases; T= capacidade de troca catiônica; V= saturação por bases.

Os dados climatológicos foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Engenharia da UFLA (Figuras 1). O balanço hídrico foi calculado com base nos dados climáticos do experimento usando o balanço hídrico sequencial de Pereira (2005) utilizando a ETP (evapotranspiração potencial) e ETR (evapotranspiração real).

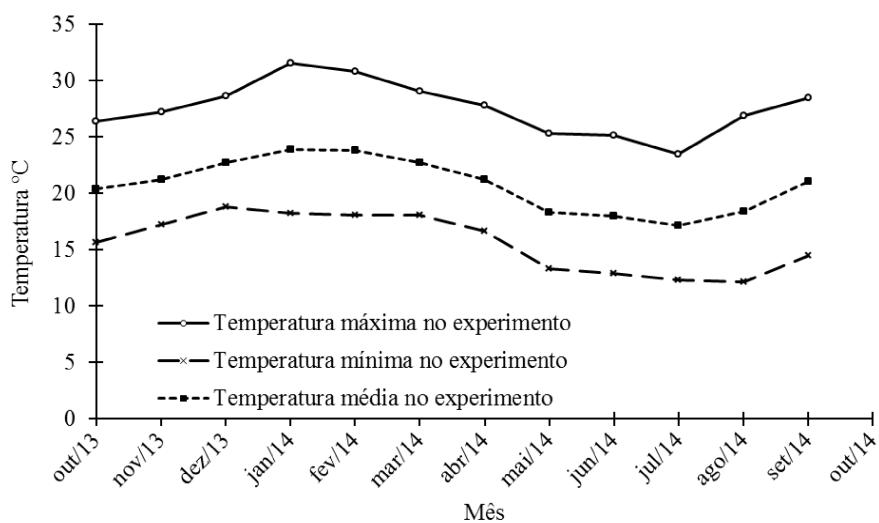


Figura 1 Médias mensais de temperaturas máximas, médias e mínimas durante o período experimental

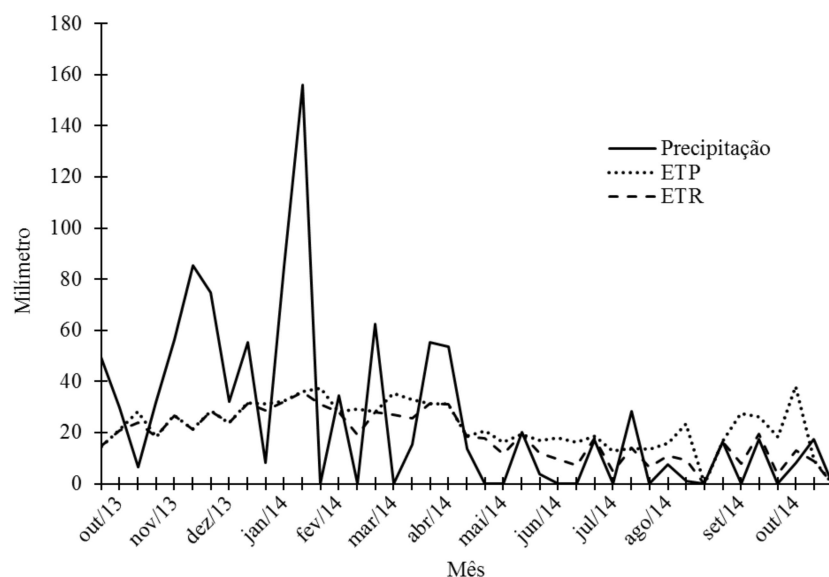


Figura 2 Balanço Hídrico (outubro de 2013 a outubro de 2014)

2.2 Delineamento experimental e manejo da colheita

Foram estudados cinco genótipos do gênero *Brachiaria*, sendo três de *B. brizantha*: cvs. Marandu, Xaraés, e Piatã, uma *B. decumbens*: cv. Basilisk, e um híbrido de linhagens de *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. decumbens*: cv. Mulato II (ARGEL PEDRO et al., 2007), em um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com os genótipos alocados em parcelas com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. A área de cada unidade experimental foi de 32m² (4m x 8m), com corredores de um metro de largura entre as parcelas (Figura 3 A e B). O período experimental teve duração de um ano, a partir do início do verão agrostológico (Set/Out) de 2013.



Figura 3 Área experimental no momento do estabelecimento (novembro 2012) (A); Parcelas prontas para a coleta de dados em outubro de 2013 (B)

Durante o período experimental a forragem de cada parcela foi colhida a 15 cm de altura em 11 ciclos de crescimento (Figura 4).

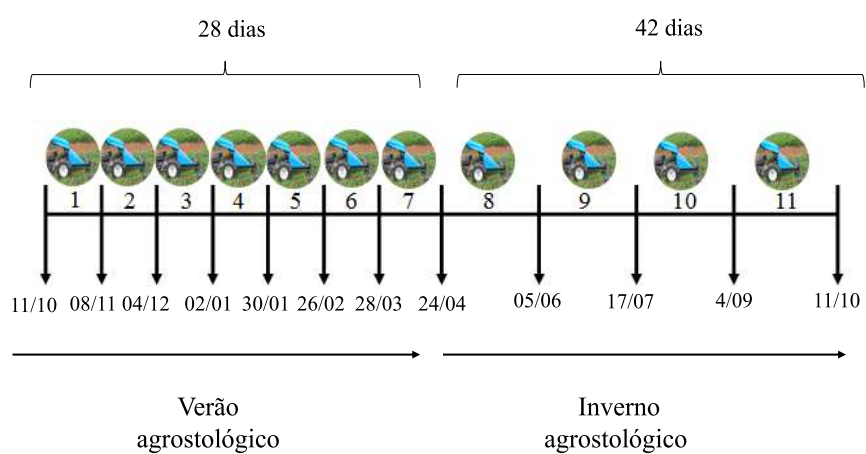


Figura 4 Cronograma de colheita de forragem e ciclos de crescimento dos genótipos

2.3 Amostragem de forragem para geração dos modelos com base em Temperatura Média Mínima (Tmin)

Para compor os modelos de produção de forragem baseados em Tmin, utilizou-se a taxa média de acúmulo (TMA) de cada ciclo de rebrotação. Em cada ciclo de rebrotação, amostras foram retiradas para quantificação do acúmulo de forragem (AF), cortando-se a forragem contida no interior de três molduras metálicas retangulares medindo 0,5 x 1,0 m a 15cm do nível do solo (HAYDOCK; SHAW, 1975). Para tanto, as molduras de amostragem foram confeccionadas com “pés” que proporcionam o corte da forragem na altura determinada. O corte foi realizado com o auxílio de tesouras, em pontos da parcela onde a condição de vegetação foi representativa da média.

As amostras de forragem fresca foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e pesadas no laboratório, com auxílio de uma balança. Uma amostra de aproximadamente 500g foi acondicionada em saco de papel, novamente pesada fresca e levada para estufa de circulação forçada a 60°C para secagem até peso constante.

O AF foi calculado com a média da massa de forragem acima do resíduo de corte dos três retângulos de amostragem em cada parcela. A taxa média diária de acúmulo de forragem ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi calculada dividindo o valor de AF encontrado no final de cada ciclo de rebrotação pelo número de dias de rebrotação do mesmo.

2.4 Amostragem de forragem para geração dos modelos com base em Graus Dia (GD) e Unidades Fototérmicas (UF)

Para compor os modelos de produção de forragem baseados em graus-dia (GD), unidades fototérmicas (UF) foi acompanhado, com avaliações

detalhadas, um ciclo de rebrotação no auge do verão agrostológico (Ciclo 3, Figura 4). Devido à escassez de água, optou-se por não modelar o crescimento da forragem no período correspondente ao inverno agrostológico, pois o déficit hídrico poderia influenciar nas taxas de crescimento das plantas forrageiras.

Durante quatro semanas no auge do verão agrostológico, foram colhidas amostras em duplicata da forragem acumulada acima da altura do resíduo, correspondendo a 0,5 m² (duas amostras de 0,25 x 1,0m) em cada parcela, com o auxílio de molduras de metal e tesoura (Figura 5B). As amostras foram pesadas no laboratório de forragicultura do DZO, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob refrigeração para posterior separação morfológica (folha: colmo: material morto). Após a separação, cada fração foi acondicionada em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada a 60°C até peso constante. A soma desses componentes resultou na forragem acumulada em cada evento de amostragem gerando um padrão de acúmulo de forragem durante o ciclo de rebrotação.

Para que não houvesse a sobreposição de amostragens na parcela, foi realizada a subdivisão imaginária, dividindo a parcela em nove seções de igual tamanho, para tanto foi usado calcário nos corredores (Figura 5A). A demarcação foi usada para o balizamento visual no momento da retirada das amostras.

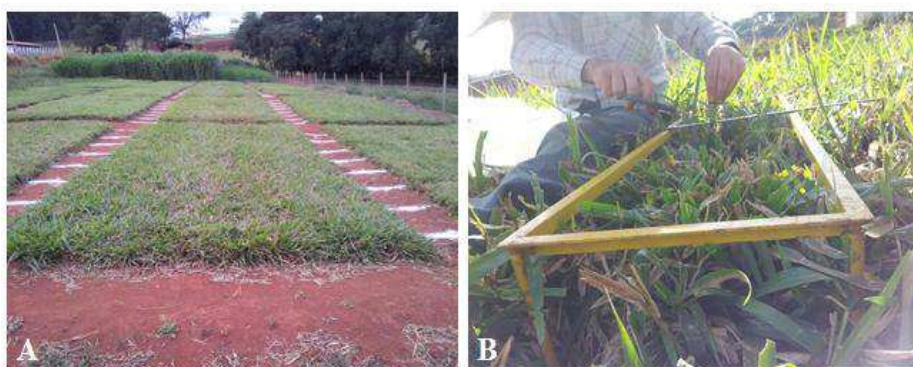


Figura 5 Marcação das parcelas com cal virgem durante as quatro semanas no verão agrostológico (A); Retirada da amostra de forragem (B)

2.5 Calculo de Unidade Fototérmicas e Graus-Dia

Com base nos dados de produção colhidos durante o ciclo acompanhado foi feito o cálculo de GD e UF acumulados durante o período de rebrotação. Segundo Villa Nova et al. (1983) a Unidade Fototérmica pode ser descrita como:

$$UF = \frac{\left(\frac{n}{2} \overline{GD}\right)^{\frac{Nf}{Ni}+1}}{\frac{Nf}{Ni} + 1} \quad (1)$$

Em que, UF é o número de unidades fototérmicas acumuladas no período de n dias de desenvolvimento após a desfolhação; \overline{GD} o grau-dia médio do período do período de n dias; Nf o valor do fotoperíodo (horas e décimos) no final do período de crescimento e Ni o valor do fotoperíodo no início do período de crescimento.

O valor de \overline{GD} é expresso pelas equações:

$$\overline{GD} = (\overline{T} - T_{Bi}) - C \quad (2) \text{(usada quando } \overline{Tm} \text{ for maior que a } T_{Bi} \text{ } ^\circ\text{C)}$$

$$\overline{GD} = \frac{(\overline{T_x} - T_{Bi})^2}{2(\overline{T_x} - \overline{Tm})} - C \quad (3) \text{(usada quando } \overline{Tm} \text{ for menor que a } T_{Bi} \text{ } ^\circ\text{C)}$$

Onde \overline{GD} é o grau-dia médio do período de n dias; $\overline{T_x}$ a média das temperaturas máximas do ar do período; \overline{Tm} a média das temperaturas mínimas do ar do período; \overline{T} a temperatura média do ar do período, calculada pela média de $\overline{T_x}$ e \overline{Tm} , T_{Bi} é a temperatura base inferior e C a correção de temperatura base superior (usada somente se \overline{T} for maior que $30 \text{ } ^\circ\text{C}$), dada por:

$$C = \frac{(\overline{T_x} - 30)^2}{2(\overline{T_x} - \overline{Tm})} \quad (4)$$

Os valores de N (N_f ou N_i) para qualquer dia do ano podem ser obtidos pelas equações:

$$N = 0,1333 \arccos(-\text{tg } \delta \cdot \text{tg } \phi) \quad (5)$$

$$\delta = 23,45 \text{sen} \left[\frac{360}{365} (DJ - 81) \right] \quad (6)$$

Onde N é o fotoperíodo (horas e décimos); ϕ = latitude do local (graus e décimos; negativa para Sul e positiva para Norte); δ a declinação solar (graus e décimos) e DJ o dia Juliano (n° de ordem a partir de 01 de Janeiro).

Além dos modelos de produção baseados em variáveis climáticas gerado no verão agrostológico, ou com base na temperatura mínima de cada ciclo de rebrotação no ano, foi possível gerar curvas de estimativa de produção anual de forragem. Cada modelo foi ajustado para as condições climáticas do experimento na tentativa de validação dos modelos. Para tanto, foi aplicado o balanço hídrico sequencial de Thornthwaite e Mather (1995), com CAD de 60, profundidade de raízes de 30, e calculados os fatores “I” = 99,9 e “a” = 2,19 cm. Para determinar o potencial de produção e o valor real obtido no campo, foi usado um fator de correção para deficiência hídrica, para correção dos dados.

O Fator Hídrico (FH) pode limitar ou não a produção de forragem corrigindo a produção quando há restrição de água para as plantas (considera-se que a planta possui restrição de água quando a evapotranspiração real da planta é inferior á evapotranspiração máxima), O FH relaciona a queda de rendimento relativo com o déficit de evapotranspiração relativa, ou seja, o modelo relaciona o rendimento real obtico (Yr) com o rendimento máximo obtido (Ym).

O FH utilizado para gramíneas forrageiras é de 0,5 (adimensional), assumindo que quando o Ky é igual a 0,5 a cultura tem suas exigências hídricas atendidas, entretanto, quando o Ky for menor que 0,5 a cultura entra em déficit hídrico necessitando de uma correção na estimativa potencial de produção utilizando o déficit de evapotranspiração (ALLEN et al., 1998).

$$Ky = \left[1 - \frac{Yr}{Ym} \right] = \left[1 - \frac{ETr}{ETm} \right] \quad (7)$$

Onde:

Ky = Fator de Resposta da Cultura (Fator Hídrico); Yr = Rendimento real obtido (kg ha⁻¹); Ym = rendimento máximo obtido, (kg ha⁻¹); ETr = evapotranspiração real (mm); ETm = Evapotranspiração máxima (mm).

2.6 Análise dos dados

As TBi's dos cinco genótipos foram obtidas por meio de regressão linear simples (usando o PROC REG do SAS), relacionando a taxa média diária de acúmulo de forragem (TMA), modulada para porcentagem da máxima produção de cada rebrotação (Chamada de Índice de Produtividade (IP) que vai de zero a um), e a temperatura média mínima do respectivo período (PEDRO JR.; ALCANTARA; ROCHA, 1990). Resolvendo a equação $y = ax + b$ para $y = 0$, tem-se a temperatura média mínima em que a TMA é nula e, definindo-se esta como a temperatura base inferior.

O modelo de produção com base na temperatura mínima (Tmin) é o mesmo modelo utilizado para encontrar a TBi, mas não modulada, utilizando diretamente os dados de TMA.

Foram realizadas análises de correlação entre variáveis climáticas e produtivas usando-se o procedimento CORR, do "software" estatístico SAS (SAS®, 2004). Para a geração dos modelos de crescimento com base em GD e UF usou-se regressões lineares simples e de segundo grau (por meio do PROC REG do SAS), relacionando o acúmulo semanal de forragem com seus respectivos índices acumulados de GD ou UF.

3 RESULTADOS

3.1 Correlações entre acúmulo de forragem e variáveis climáticas

Para verificar as variáveis climáticas estiveram correlacionadas com o acúmulo de forragem, calculou-se o coeficiente de correlação (r) (Tabela 2). Assim como Lara (2011), a temperatura mínima foi mais bem correlacionada com o acúmulo de forragem, tendo em média correlação de 0,89. Já o GD e a UF tiveram correlações menores com o acúmulo de forragem ficando em torno de 0,76 e 0,61 respectivamente. Também foi usada a abordagem da Unidade Fototérmica modificada proposta por Lara (2011), que ficou em média em 0,65.

Tabela 2 Coeficientes de correlação (r) entre acúmulos de forragem e variáveis climáticas ao longo das estações do ano para cinco genótipos de *Brachiaria*

Genótipo	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura média	GD	UF	UF modificada
Basilisk	0,64	0,85	0,76	0,73	0,71	0,62
Marandu	0,74	0,92	0,83	0,80	0,59	0,69
Mulato	0,69	0,89	0,80	0,78	0,63	0,67
Piatã	0,64	0,89	0,76	0,73	0,53	0,61
Xaraés	0,70	0,93	0,82	0,80	0,60	0,68

GD = Graus dia; UF = Unidade Fototérmica.

3.2 Temperatura base inferior (TBI)

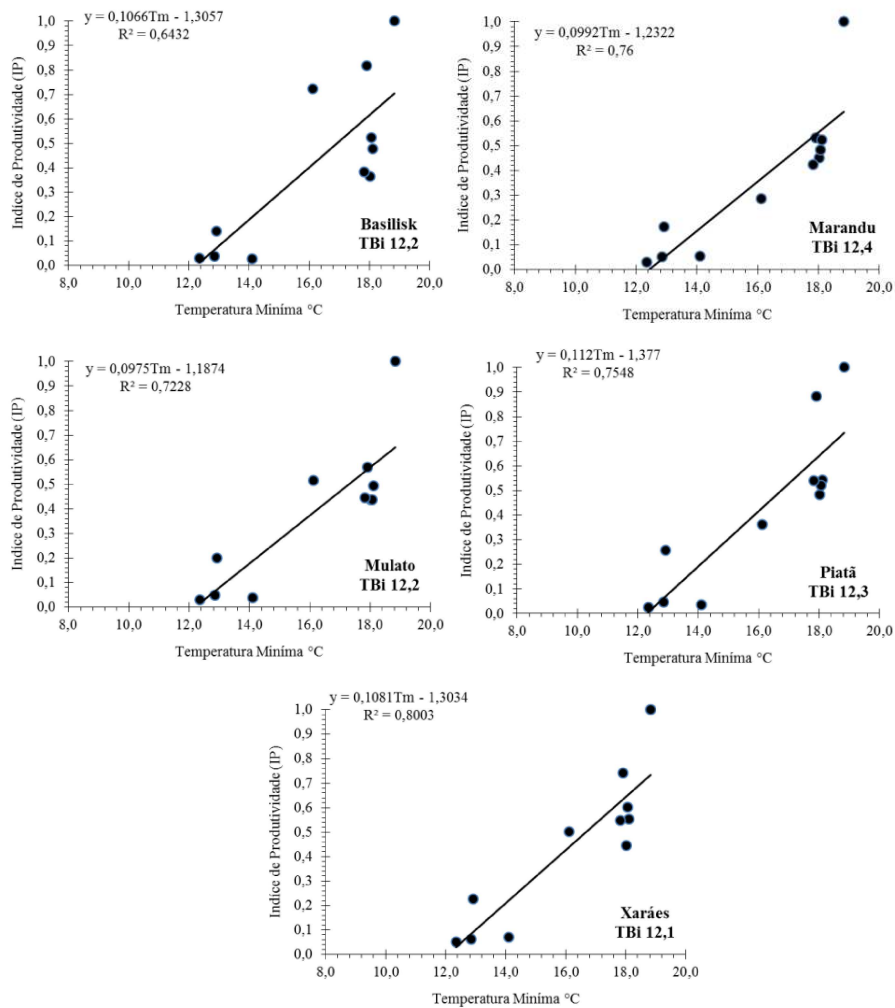


Figura 6 Regressões entre índice de produtividade (IP) e temperatura média mínima dos ciclos de rebrotação para determinação da TBI de cinco genótipos de *Brachiaria*

3.3 Modelos de acúmulo de forragem para o verão agrostológico

O modelo baseado na temperatura mínima (Tmin) foi o mesmo usado para encontrar as TBi's, no entanto os dados não foram ajustados para o IP, sendo usado para geração dos modelos a TMA real dos dados coletados no campo. Os modelos encontrados foram: $(-110,77 \cdot T_{\min} + 9,0456)$ para Basilisk; $(-102,05 \cdot T_{\min} + 8,2123)$ para Marandu; $(-119,27 \cdot T_{\min} + 9,8908)$ para o Mulato; $(-123,71 \cdot T_{\min} + 10,0650)$ para Piatã e $(-110,45 \cdot T_{\min} + 9,0728)$ para o genótipo Xaraés.

Os modelos de produção baseados em GD foram mais bem ajustados por regressões lineares de segundo grau ($P < 0,001$), enquanto os modelos de produção baseados em UF foram mais bem ajustados para regressões lineares de primeiro grau ($P < 0,001$).

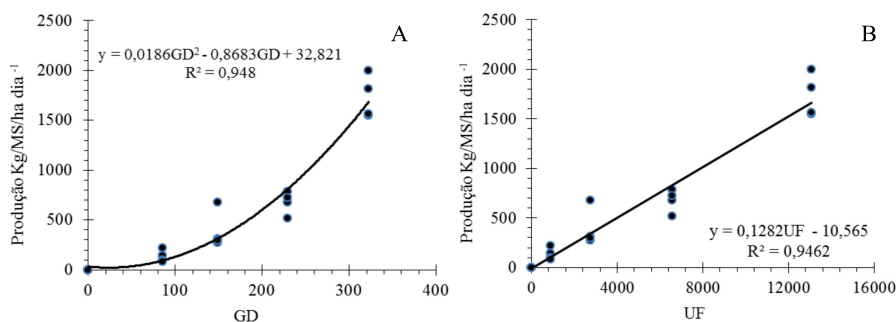


Figura 7 Acúmulo de forragem do genótipo Basilisk no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B)

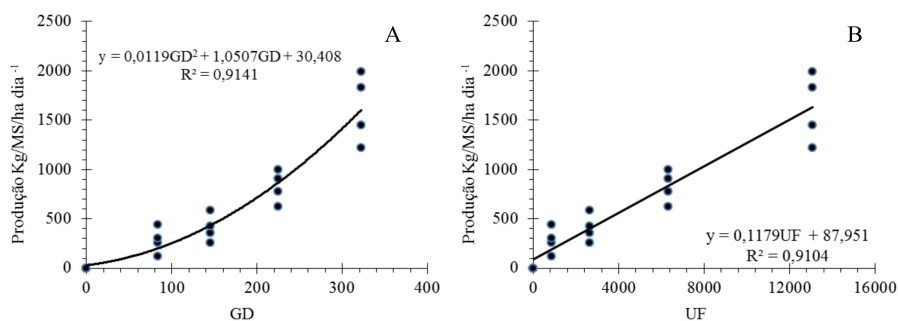


Figura 8 Acúmulo de forragem do genótipo Marandu no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B)

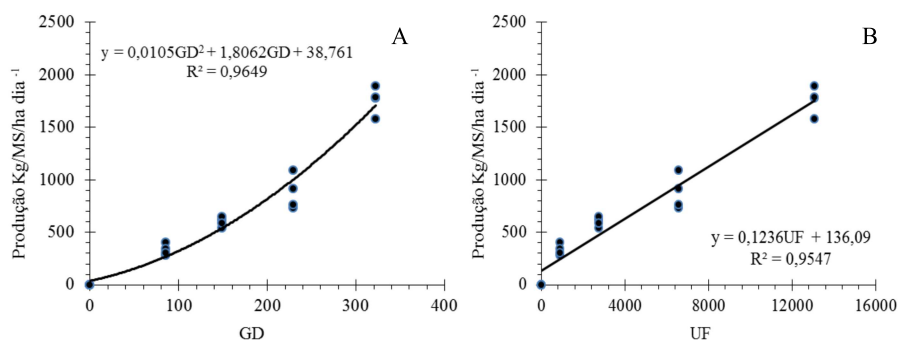


Figura 9 Acúmulo de forragem do genótipo Mulato no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B)

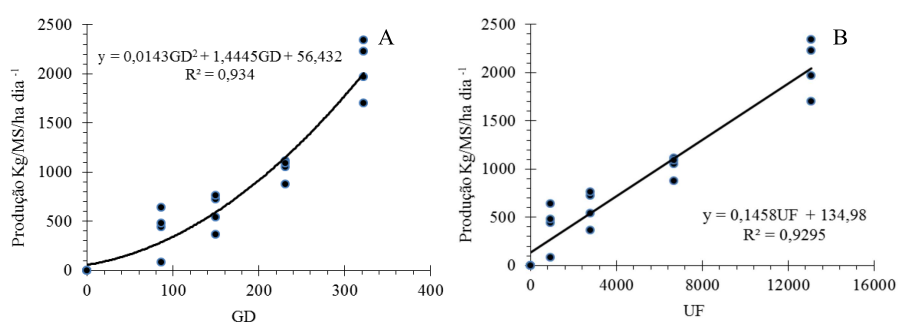


Figura 10 Acúmulo de forragem do genótipo Piatã no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B)

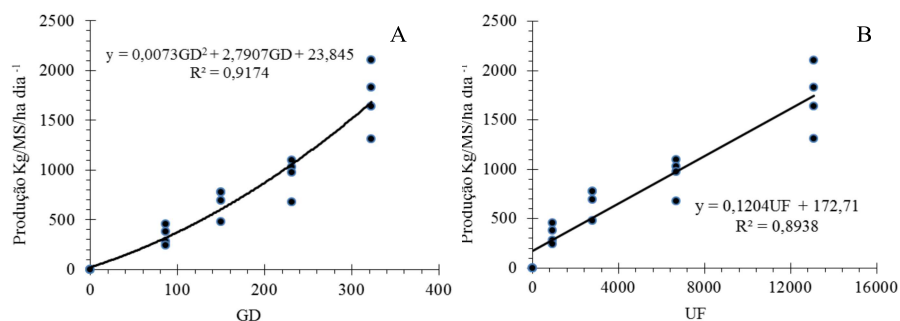


Figura 11 Acúmulo de forragem do genótipo Xaraés no auge do verão agrostológico em função de grau dia (A) e Unidades Fototérmicas (B)

3.4 Modelos de produção anual de forragem em função de Tmin, GD e UF

Após a geração dos modelos, utilizou-se as variáveis climáticas médias de cada ciclo de rebrotação para estimar o acúmulo de forragem em cada ciclo de rebrotação do ano experimental aplicando-se o FH para corrigir os dados simulados (Figura 12).

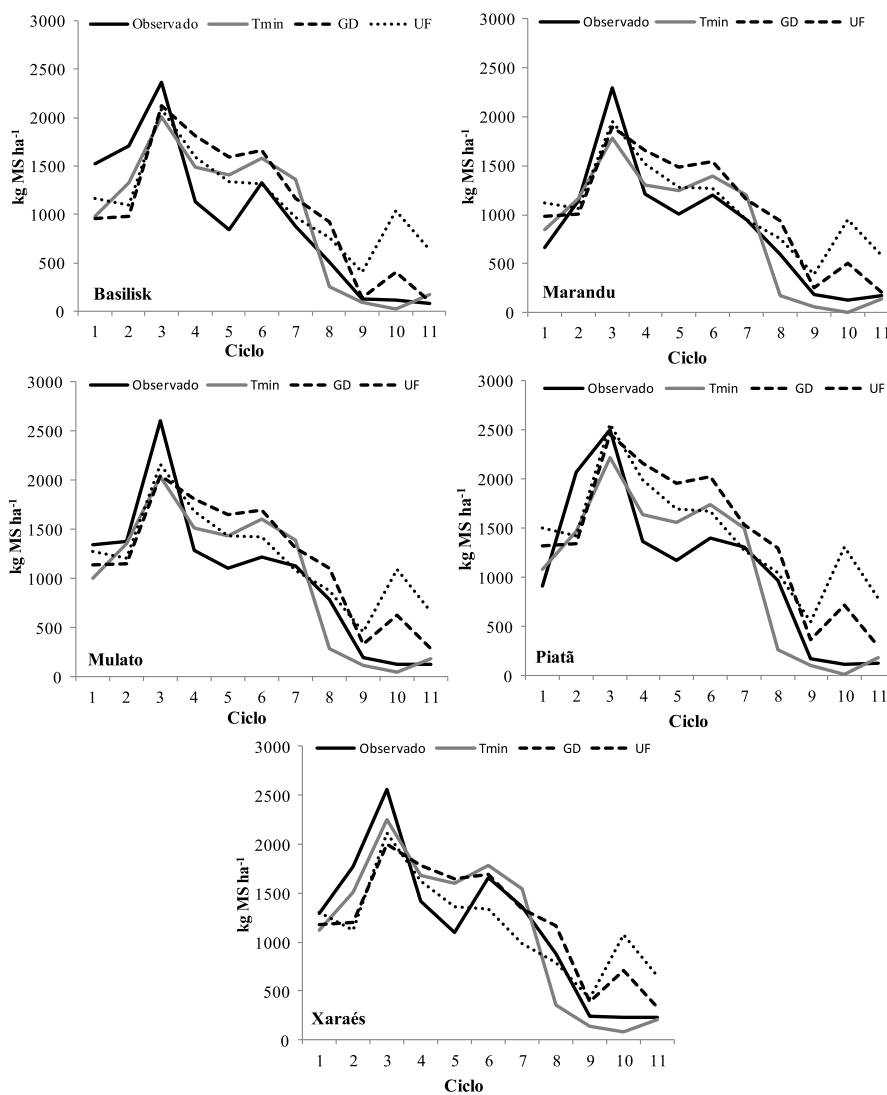


Figura 12 Simulação da produção anual da forragem por meio de modelos baseados em Temperatura Média Mínima (Tmin), Graus Dia (GD) e Unidades Fototérmicas (UF) para cinco genótipos de *Brachiaria*

Os modelos gerados apenas no verão agrostológico (GD e UF) tendem a superestimar o acúmulo de forragem anual, uma vez que esses modelos foram

gerados em condições hídricas favoráveis. O fator de deficiência hídrica ajustou o potencia de produção estimado pelos modelos resultando em valores de acúmulo mais próximos dos reais (Tabelas 3 a 7).

Tabela 3 Acúmulo de forragem do genótipo Marandu colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG

Ciclo	MS Colhida	MS Estimada					
		Tmin		GD		UF	
		Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
		----- Kg MS ha ⁻¹ -----					
1	662	849	849	984	984	1121	1121
2	1144	1171	1171	1006	1006	1066	1066
3	2302	1780	1780	1892	1892	1952	1952
4	1217	1307	1307	1652	1652	1518	1518
5	1005	1242	1242	1490	1490	1284	1284
6	1203	1389	1389	1540	1540	1265	1265
7	946	1199	1199	1155	1155	954	954
8	600	170	170	936	936	751	751
9	183	148	62	937	251	934	392
10	121	0	0	1195	507	1596	944
11	169	519	142	1555	211	2139	586
Soma	9553	9774	9311	14341	11622	14581	11834

MS = Massa Seca; Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

Tabela 4 Acúmulo de forragem do genótipo Basilisk colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG

Ciclo	MS Colhida	MS Estimada					
		Tmin		GD		UF	
		Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
		----- Kg MS ha ⁻¹ -----					
1	1518	981	981	961	961	1166	1166
2	1703	1333	1333	984	984	1099	1099
3	2360	2008	2008	2126	2126	2084	2084
4	1132	1485	1485	1809	1809	1598	1598
5	837	1413	1413	1596	1596	1335	1335
6	1331	1579	1579	1667	1667	1317	1317
7	876	1365	1365	1171	1171	969	969
8	503	256	256	926	926	762	762
9	133	231	97	927	139	977	410
10	119	42	25	1263	405	1754	1038
11	87	632	173	1703	102	2329	638
Soma	10600	11324	10714	15133	11885	15390	12416

MS = Massa Seca; Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

Tabela 5 Acúmulo de forragem do genótipo Xaraés colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG

Ciclo	MS Colhida	MS Estimada					
		Tmin		GD		UF	
		Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
		----- Kg MS ha ⁻¹ -----					
1	1289	1124	1124	1183	1183	1303	1303
2	1768	1505	1505	1199	1199	1123	1123
3	2554	2249	2249	1995	1995	2118	2118
4	1419	1676	1676	1786	1786	1625	1625
5	1103	1595	1595	1641	1641	1358	1358
6	1653	1782	1782	1692	1692	1341	1341
7	1357	1542	1542	1340	1340	988	988
8	877	357	357	1164	1164	788	788
9	239	331	139	1165	394	1011	425
10	227	137	81	1423	707	1818	1076
11	234	760	208	1722	333	2385	653
Soma	12720	13058	12258	16309	13433	15858	12797

MS = Massa Seca; Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

Tabela 6 Acúmulo de forragem do genótipo Mulato colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG

Ciclo	MS Colhida	MS Estimada					
		Tmin		GD		UF	
		Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
		----- Kg MS ha ⁻¹ -----					
1	1342	1002	1002	1132	1132	1270	1270
2	1379	1354	1354	1152	1152	1206	1206
3	2597	2033	2033	2046	2046	2155	2155
4	1287	1508	1508	1806	1806	1687	1687
5	1098	1434	1434	1643	1643	1434	1434
6	1217	1603	1603	1698	1698	1416	1416
7	1121	1386	1386	1305	1305	1080	1080
8	783	284	284	1103	1103	881	881
9	191	260	109	1103	334	1088	457
10	130	74	44	1380	631	1837	1087
11	130	658	180	1725	281	2392	655
Soma	11276	11597	10938	16093	13131	16447	13328

MS = Massa Seca; Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

Tabela 7 Acúmulo de forragem do genótipo Piatã colhido e estimado por três modelos de simulação baseados em fatores climáticos em Lavras MG

Ciclo	MS Colhida	MS Estimada					
		Tmin		GD		UF	
		Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
		----- Kg MS ha ⁻¹ -----					
1	910	1079	1079	1318	1318	1504	1504
2	2064	1471	1471	1340	1340	1424	1424
3	2506	2221	2221	2459	2459	2556	2556
4	1368	1640	1640	2156	2156	1995	1995
5	1175	1559	1559	1950	1950	1691	1691
6	1401	1743	1743	2022	2022	1673	1673
7	1311	1506	1506	1530	1530	1271	1271
8	963	265	265	1293	1293	1043	1043
9	176	238	100	1294	362	1297	545
10	110	25	15	1644	712	2215	1311
11	121	687	188	2064	301	2859	783
Soma	12104	12434	11787	19072	15445	19527	15794

MS = Massa Seca; Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

As estimativas do acúmulo anual de forragem com base nos modelos de Tmin, GD e UF possuem desvios que vão de -3,6% a 63,1% (Tabela 8). O modelo baseado na temperatura mínima possui menor percentual de erro quando comparado aos demais modelos que superestimaram o AF de todos os genótipos em até 18%. Os modelos de GD e UF quando usados sem correção do FH superestimaram o AF em mais de 44%.

Tabela 8 Porcentagem de erro na estimativa do acúmulo de forragem em função do acúmulo real de forragem de cinco genótipos de *Brachiaria* spp. em função de variáveis climáticas

Genótipo	Tmin		GD		UF	
	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH	Sem FH	Com FH
	----- % -----					
Basilisk	6,8	1,1	42,8	12,1	45,2	17,1
Marandu	2,3	-2,5	50,1	21,7	52,6	23,9
Mulato	2,8	-3,0	42,7	16,5	45,9	18,2
Piatã	2,7	-2,6	57,6	27,6	61,3	30,5
Xaraés	2,7	-3,6	28,2	5,6	24,7	0,6
Média	3,5	-2,1	44,3	16,7	45,9	18,1

Tmin = Temperatura mínima; GD = Graus Dia; UF = unidades Fototérmicas; FH = Fator Hídrico.

4 DISCUSSÃO

O uso de modelos matemáticos simples é fundamental para que pesquisadores entendam padrões de resposta associando duas características simples. Atrelar o acúmulo de forragem as variáveis climáticas pode ser uma importante ferramenta de entendimento de processos ou ainda uma forma simples de avaliar o potencial de produção de uma fazenda ou região, auxiliando o produtor na tomada de decisão dentro da fazenda (LARA, 2011).

Para se determinar o grau de relação existente entre duas características simples é possível usar a correlação (r) (LITTEL et al., 2006), sendo que correlações positivas, negativas ou nulas proporcionam ao pesquisador a visão de como o sistema funciona e onde esforços devem ser gastos na melhoria do entendimento do processo produtivo.

Os coeficientes de correlação entre acúmulo de forragem (AF) e variáveis climáticas oscilaram bastante dependendo da base de comparação. A correlação entre as temperaturas máximas e mínimas subiram respectivamente de 68,2% para 89,6%, ficando a correlação do AF e temperatura média entre ambos (79,4%) (Tabela 1). A melhor correlação entre AF e Temperatura mínima demonstra que para a região sudeste, de forma geral, baixas temperaturas limitam o crescimento das *Brachiarias* influenciando diretamente no processo produtivo, enquanto as altas temperaturas não limitam o potencial de produção caso não haja restrição hídrica.

Também foi correlacionado o AF com o GD e UF, de certa forma, ambas as variáveis possuem padrões distintos de resposta sendo menos correlacionados com o AF do que a temperatura mínima (Tabela 1). Como o GD depende da temperatura média dos dias para ser calculada, a correlação fica mais fraca devido a o fato de que as oscilações diárias de temperatura são suavizadas pela expressão da temperatura média do dia.

A UF, por sua vez, relaciona não só o GD, mas também o comprimento dos dias durante as estações para geração do índice, que quando correlacionado com o AF possui baixa correlação, não passando de 62% quando correlacionados os cinco genótipos. Uma das limitações do uso de GD e UF é que a falta de água pode reduzir a relação existente entre essas variáveis e o AF, já que pode haver a mesma soma térmica com produções diferentes devido à falta de água.

Como o experimento não foi irrigado o fator água pode ter sido marcante na redução das relações, no entanto Lara (2011) trabalhando com cinco genótipos de *Brachiaria*, incluindo os genótipos do presente experimento (Marandu, Basilisk e Xaraés) também obteve relações mais baixas do que quando comparadas à temperatura mínima, mesmo com os genótipos mantidos sob irrigação e sem deficiência hídrica. Talvez parte dos erros existentes nas correlações possa ser atribuída aos ciclos de rebrotação e à comparação utilizando os dados médios de temperatura do ciclo ou ainda o GD e UF acumulados que são mais influenciados quanto maior o ciclo de rebrotação.

Como a UF sempre esteve aquém das expectativas de correlação já que engloba duas variáveis importantes no crescimento vegetativo (temperatura e fotoperíodo), Lara (2011) propôs uma modificação na UF, trabalhando com máximos e mínimos fotoperíodos dentro de cada ciclo de rebrotação ao invés de trabalhar com fotoperíodos finais e iniciais de cada ciclo de rebrotação como proposto por Villa Nova, Carreteiro e Scardua (1983). As correlações usando a UF modificada foram mais altas que da própria temperatura mínima, no entanto, no presente trabalho a correlação com o AF foi um tanto ruim, não passando de 65%. Isso pode ser explicado pelo fato do presente estudo não ser irrigado, o que causou problemas no AF em ciclos onde temperaturas foram altas e fotoperíodos longos, mas a falta de água acarretou no menor AF. O ano de 2013/2014 foi crítico quanto à precipitação na região de Lavras-MG e no Brasil como um todo.

O fato de a água ter um papel importante na predição do AF por meio dos modelos baseados em GD, UF ou UF modificada torna o uso desses modelos factível quando não há restrição hídrica, ou ainda, pode-se fazer o uso de outros modelos para corrigir o efeito da falta de água na produção da forragem, ajustando os dados estimados para condições de suficiência de água para condições de estresse hídrico.

Para se chegar em todos os modelos citados acima, o primeiro passo é se determinar a temperatura basal inferior (T_{Bi}). Essa característica fisiológica limita o processo de crescimento vegetal quando temperaturas são muito baixas, e apesar de cada processo fisiológico dentro das plantas possuem temperaturas específicas para melhor eficiência, o uso de uma única T_{Bi} é suficiente para a geração de modelos simples de predição.

As T_{Bi}'s giraram em torno de 12°C no presente estudo (Figura 1), sendo diferentes dos dados de T_{Bi} encontrados por Lara (2011) que ficaram em torno de 11°C ou por outros autores que relatam temperaturas basais mais altas como (COOPER;TAINTON, (1968) que dizem estar por volta de 15°C, ou ainda Costa (1984) com valores próximos de 17°C. Já Pedro Jr.,Alcantara e Rocha (1990) concluíram que a produção de massa seca foi quase nula em temperaturas mínimas inferiores a 10 °C.

De forma geral, chegar às T_{Bi}'s pelo método de Pedro Jr., Alcantara e Rocha (1990), é passível de erro, e apenas alguns graus fazem grande diferença quando se pretende usar esses modelos para simular o crescimento das plantas forrageiras em outras regiões, no entanto valores similares trazem uma perspectiva de uso mais generalista e por isso mais segura. Após a determinação das T_{Bi}'s, o modelo com base na temperatura média mínima dos ciclos (T_{min}) foi gerado se ajustando melhor a uma regressão linear simples.

Já os modelos de GD e UF foram gerados no auge do verão agrostológico, onde não houve problemas hídricos devido às chuvas bem

distribuídas nos meses anteriores (Figuras 2 a 6). O uso desses modelos, gerados no verão, para a estimativa anual do AF teve alguns problemas, principalmente na estimação dos valores relacionados ao inverno. Um dos entraves é o fato dos ciclos de inverno serem mais longos e por isso superestimar a produção de forragem, e o fato desses ciclos serem mais secos o que limita a produção de forragem no campo, mas que o modelo não expressa pois foi gerado numa condição de suficiência hídrica.

Para controlar essas falhas do uso do modelo no presente trabalho, optou-se por usar o FH (ALLEN et al., 1998), que reduz percentualmente a produção potencial de forragem em virtude da variação entre evapotranspiração real e evapotranspiração máxima. Usando esse artifício, foi possível reduzir a estimativa de AF potencial, estimada pelos modelos, para o potencial (Tabelas 2 a 6).

Aplicando o FH, em todos os modelos (Tmin, GD e UF) foi possível melhorar a estimativa de produção de forragem. Em termos percentuais, o modelo baseado na temperatura mínima foi o que melhor estimou o AF, sem o uso do FH, o modelo superestimou em até 6,8% o AF do genótipo Basilisk. Sendo que para os demais genótipos o modelo superestimou o AF em torno de 2,7% (Tabela 7). Quando se usou o FH, o modelo subestima a produção variando de -3,6% a -2,5% para os genótipos Xaraés e Marandu respectivamente.

Quando se uso o modelo de GD ou UF, sem o FH o AF é superestimado em mais de 44%. Quando o FH é usado para ajustar os dados simulados, esse erro cai para cerca de 17% (Tabela 7). Apesar da grande variação no uso desses modelos, aprimorando a forma de coleta dos dados, controlando de forma mais eficiente as variações hídricas, usar um FH mais elaborado e modelos de GD e UF diferentes para cada estação, podemos melhorar o poder de predição dos

modelos propostos e com isso aplicar de forma mais eficiente o uso de modelos matemáticos nas propriedades rurais.

Segundo Lara (2011), modelos são abstrações da realidade e, dependendo do objetivo, seu uso deve ser condicionado ao julgamento e conhecimento das limitações impostas pelo fato de que as representações são quase sempre incompletas. O autor ainda diz que para uma modelagem efetiva deve-se discernir entre o realismo e a abstração na reprodução do sistema. Dessa forma, não existe um modelo correto ou errado, mas modelos com diversos graus de aplicação para diversas circunstâncias. Também não há perfeição na representatividade universal dos parâmetros, mas ainda assim, modelos devem continuar sendo formulados e adaptados às diversas situações particulares.

Cabe aos pesquisadores definir claramente os objetivos antes de gerar os modelos e usar o conhecimento multidisciplinar para ajusta-los à realidade enquanto os usuários devem escolher sabiamente e com fundamento aqueles que melhor representem sua realidade.

5 CONCLUSÕES

Os modelos de regressão simples baseados em variáveis climáticas podem ser usados como simuladores do potencial de produção de forragem, no entanto, ressalvas devem ser feitas quanto ao poder de predição. Esses modelos precisam ser mais bem elaborados para englobar as variações ocorridas dentro do experimento.

Dos modelos gerados, a estimativa do AF com base na temperatura mínima foi a que mais se aproximou da produção real de forragem, sendo o mais indicado quando o objetivo é simular o crescimento das *Brachiarias*.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p.

ARGEL PEDRO, J. et al. **Cultivar mulato II (*Brachiaria* híbrida CIAT 36087)**: gramínea de alta qualidade e produção forrageira, resistente a cigarrinhas e adaptadas a solos tropicais ácidos Cali CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2007. 22 p.

COOPER, J. P.; TAINTON, N. M. Light and temperature requerimenst for the growth of tropical and temperate grasses. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 38, n. 3, p. 167-176, 1968.

COSTA, N.M.S. Regionalização da produção de sementes de plantas forrageiras em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Viçosa, v.11, p.18-23, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p. (Produção de Informação).

GHELFI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) variedade napier**. 1972. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1972.

HAYDOCK, P. K.; SHAW, N. H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 15, p. 663-670, Oct. 1975.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* ssp. Sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e do fotoperíodo**: adaptação do modelo CROPGRO. 2011. 213 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011.

LITTELL, R. C. et al. **SAS® system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633 p.

PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS, H. B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 117-143, 1981.

PEDRO Jr., M. J.; ALCANTARA, P. B.; ROCHA, G. L. **Aptidão climática pra plantas forrageiras no estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. 27 p. (Boletim Técnico, 139).

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de thornthwaite-mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied and Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide**: version 9.1. Cary, 2004. Software.

TONATO, F. **Desenvolvimento e avaliação de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais para apoio à tomada de decisão**. 2011. 111 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2011.

VILLA NOVA, N. A.; CARRETEIRO, M. V.; SCARDUA, E. Um modelo de avaliação de crescimento em cana-de-açúcar (*Sccharum* sp) em termos de ação combinada de fotoperíodo e temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: SBA, 1983. p. 31-48.