

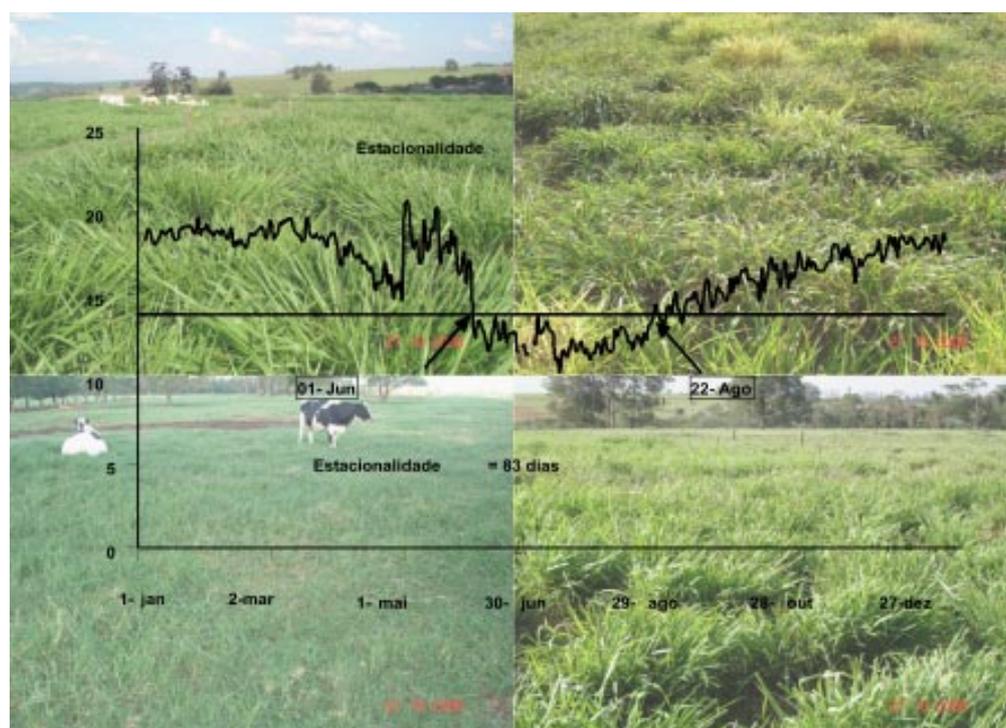
Temperatura-base inferior e estacionalidade de produção de gramíneas forrageiras tropicais

Introdução

As pastagens tropicais são a principal fonte de alimentação na pecuária bovina brasileira, e isso tem possibilitado a produção de carne e de leite de custo competitivo. As espécies e as cultivares utilizadas são plantas perenes, de forma que não há necessidade de fazer plantios anuais nem de armazenar e transportar o alimento, ou de distribuí-lo aos animais (Arruda, 1997; Euclides et al., 2000; Barioni et al., 2003).

Os fatores mais influentes e mais limitantes ao desenvolvimento das forrageiras referem-se ao solo e ao clima. Ao contrário dos fatores do solo, não se pode modificar a maioria dos fatores climáticos, devendo-se adaptar a eles os sistemas de produção. O crescimento das forrageiras tropicais é desuniforme ao longo do ano, com alternância de produtividade maior em um período – primavera-verão – e menor em outro – outono-inverno (Barioni et al., 2003).

Essa alternância é definida como estacionalidade de produção e tem sido alvo de vários estudos, em decorrência de sua grande importância nos sistemas de produção animal baseados em pastejo. Os principais fatores envolvidos na estacionalidade são: características fisiológicas da planta forrageira, deficiência hídrica, radiação solar



Autores

Fernando Campos Mendonça
Eng. Agr., Dr., Irrigação e Drenagem, Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, 13560-970, São Carlos, SP
Endereço eletrônico: fernando@cnpse.embrapa.br

Joaquim Bartolomeu Rassini
Eng. Agr., Dr., Produção Vegetal, Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste
Endereço eletrônico: rassini@cnpse.embrapa.br

(qualidade e intensidade), fotoperíodo e temperatura do ar, especialmente a temperatura-base superior e a temperatura-base inferior (Medeiros et al., 2002).

Embora a radiação solar e a temperatura do ar sejam igualmente importantes para a produção de biomassa, esses atributos representam papéis diferentes na ecofisiologia vegetal. A radiação é a fonte da energia que é convertida em biomassa vegetal e a temperatura está associada à eficiência dos processos metabólicos envolvidos nessa conversão, alterando o desempenho de várias enzimas (Bonhomme, 2000; Villa Nova et al., 2004a).

A temperatura-base inferior e a temperatura-base superior também são denominadas temperaturas limiares e seus valores dependem da espécie vegetal e da região de origem – temperada ou tropical. Caso esses limites sejam alcançados ou ultrapassados, o efeito é a redução drástica ou a paralisação do desenvolvimento vegetativo das plantas (Rodrigues et al., 1993).

Por um lado, a temperatura-base superior (TB) da maioria das espécies forrageiras tropicais situa-se entre 30°C e 35°C, e geralmente não é ultrapassada por muito tempo nas diversas regiões produtoras do Brasil. Por outro lado, a temperatura-base inferior (Tb) situa-se entre 12°C e 16°C, de acordo com a forrageira considerada, e temperaturas menores do que essas ocorrem durante o inverno em diversas regiões produtoras no País (Villa Nova et al., 1999; Villa Nova et al., 2004b).

Há um intervalo ótimo de temperatura para o desenvolvimento de uma cultura, baseado no conceito de graus-dia definido por

Réaumur (1735) e citado por Bonhomme (2000). Tal conceito é utilizado para correlacionar a produtividade da planta com o acúmulo e o saldo de graus-dia. O conhecimento da temperatura-base de espécies vegetais possibilita a avaliação de seu potencial produtivo em uma região ao longo do ano (Villa Nova et al., 2004b). É, portanto, uma ferramenta muito útil para o planejamento de investimentos em irrigação, em sistemas intensivos de produção animal (carne ou leite) ou de forragem (feno, silagem). Se, por um lado, a planta forrageira não se desenvolve em consequência de outro fator, tal como a temperatura ou o fotoperíodo, a irrigação não surtirá efeito. Por outro lado, se a água for o fator limitante, a irrigação aumentará o desempenho produtivo das plantas.

Villa Nova et al. (1984) basearam-se em estudos feitos sobre o crescimento de cana-de-açúcar e correlacionaram-no ao acúmulo de unidades fototérmicas, verificando que a produção de matéria seca de uma espécie forrageira na ausência de déficit hídrico pode ser estimada por uma função, como na equação 1:

$$P = \frac{\beta_0}{1 + e^{\beta_1 - \beta_2 \times UF}} \dots\dots\dots (1)$$

em que

P = produção da parte aérea (kg de matéria seca/ha); e

UF = saldo de unidades fototérmicas no período considerado.

As unidades fototérmicas são calculadas pela equação 2:

$$UF = \frac{\left(\frac{n}{2} \times GD_m\right)^{\frac{Nf}{Ni} + 1}}{\frac{Nf}{Ni} + 1} \dots\dots\dots (2)$$

em que

n = número de dias entre cortes sucessivos; e

GD_m = média de graus-dia no período considerado.

A média diária de graus-dia é obtida por meio da equação 3:

$$GD_m = T_m - T_b \quad , \dots\dots\dots(3)$$

em que

T_m = média da temperatura, °C;

T_b = temperatura-base inferior, °C; e

N_i e N_f = duração do fotoperíodo no início e no final do período considerado.

A relação $P \times UF$ de cada espécie pode ser utilizada no planejamento da capacidade de suporte de pastagens. Se for avaliada juntamente com dados climáticos de cada região e com custos de irrigação, será possível avaliar a viabilidade da irrigação em cada local e em cada período.

O saldo de UF depende de GD_m e, conseqüentemente, das temperaturas limiaries (T_b e T_m). Assim, o primeiro passo para a análise de viabilidade técnico-econômica da irrigação é determinar tais temperaturas.

No presente trabalho, utilizou-se o conceito de unidades fototérmicas para estimar a temperatura-base inferior de cinco espécies de gramíneas forrageiras, com o objetivo de avaliar a estacionalidade de produção dessas espécies, utilizando como exemplo os dados climáticos e de produção obtidos em São Carlos, SP.

Desenvolvimento teórico

Cálculo da temperatura-base inferior

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em experimento conduzido na Embrapa

Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (Rassini, 2004). Nesse experimento, o autor avaliou a produtividade e a estacionalidade de cinco gramíneas forrageiras: *Pennisetum purpureum* cv. Napier, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Brachiaria bryzantha* cv. Marandu, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Paspalum atratum* cv. Pojuca. As forrageiras foram adubadas para obtenção de alta produtividade, e o manejo da irrigação foi feito conforme o método de Rassini (2002).

A partir dos dados de produtividade, correlacionou-se a produção de massa e o saldo de unidades fototérmicas acumulado em intervalos de cortes subseqüentes para cada forrageira estudada, conforme metodologia apresentada por Villa Nova et al. (2004a). O método proposto por esses autores baseia-se no conceito das unidades fototérmicas (UF), com a pressuposição de que, na fase linear da curva de crescimento, a produção de matéria seca (P) é sempre proporcional às UF acumuladas no período, conforme a equação 4:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{UF_1}{UF_2} = \frac{\left[\frac{n_1}{2} \times (T_{m1} - T_{b1}) \right]^{\left(\frac{N_{f1}}{N_{i1} + 1} \right)}}{\left[\frac{n_2}{2} \times (T_{m2} - T_{b2}) \right]^{\left(\frac{N_{f2}}{N_{i2} + 1} \right)}} \quad , \dots\dots\dots (4)$$

em que

UF = unidades fototérmicas acumuladas em cada período;

n = período de crescimento, dias;

N_i = fotoperíodo no início dos períodos de crescimento;

N_f = fotoperíodo no final dos períodos de crescimento;

T_m = média da temperatura nos períodos de crescimento; e

T_b = temperatura-base inferior nos períodos de crescimento.

A temperatura-base inferior foi determinada utilizando um processo iterativo, no qual são inseridos os valores dos períodos de crescimento, o fotoperíodo, as médias da temperatura máxima e da temperatura mínima do ar e a produção de matéria seca correspondente a dois períodos consecutivos. Nesse contexto, a única variável desconhecida é T_b .

Os dados referentes aos períodos estudados encontram-se na Tabela 1 e os resultados de produção de matéria seca, as unidades fototérmicas e a temperatura-base inferior das cinco forrageiras são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Data e número dos cortes, temperatura do ar e fotoperíodo durante o ano agrícola.

Corte 1999-2000	Período (dias)			Temperatura do ar (°C)			Fotoperíodo (h/dia)	
	Início	Final	n	Máx.	Mín.	Méd.	Ni	Nf
1	8/2/00	16/3/00	37	28,0	18,7	23,4	12,81	12,06
2	17/3/00	19/4/00	33	28,4	17,8	23,1	12,03	11,34
3	20/4/00	26/5/00	36	25,3	13,4	19,4	11,32	10,76
4	27/5/00	30/6/00	34	25,3	12,2	18,7	10,75	10,66
5	1/7/00	8/9/00	69	24,8	11,6	18,2	10,66	11,74
6	9/9/00	9/10/00	30	28,1	16,2	22,1	11,76	12,41
7	10/10/00	14/11/00	35	30,3	18,3	24,3	12,43	13,05

n = número de dias do período de crescimento; Ni = fotoperíodo no início do período de crescimento;

Nf = fotoperíodo no final do período de crescimento.

As forrageiras que apresentaram o maior e o menor valor de T_b foram *P. purpureum* e *B. decumbens*, respectivamente. *Brachiaria decumbens* apresentou maior sensibilidade a temperaturas baixas, maior estacionalidade de produção e menor resposta à irrigação de outono-inverno.

Também é possível inferir que *Paspalum atratum* apresentará resposta melhor do que *B. decumbens*, porém inferior à das demais forrageiras estudadas.

Os dados de produção de massa corroboram os resultados obtidos de T_b e a pressuposição de estacionalidade de produção. Entretanto, comparando os dados de produção de matéria seca de *B. decumbens* e de *P. atratum*, nota-se que a última espécie apresentou produção anual inferior, porque a primeira espécie apresentou maior produtividade no período de primavera-verão, compensando o menor valor obtido no período de outono-inverno.

Tabela 2 – Produção de matéria seca, unidades fototérmicas acumuladas e temperatura-base inferior das forrageiras estudadas durante o ano agrícola.

Cortes 1999- 2000	Produção de matéria seca (t/ha) e Temperatura base inferior (°C)								
	<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier			<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia			<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu		
	MS _{med}	UF	Tbi	MS _{med}	UF	Tbi	MS _{med}	UF	Tbi
1	12,4	14805	13,0	8,2	9907	15,0	6,9	9906,9	15,0
2	5,6	6686	14,6	5,2	6323	14,9	6,7	9714,5	13,0
3	3,7	4418	12,5	2,8	3343	13,3	1,8	2548,9	13,9
4	3,3	3940	13,3	2,1	2497	14,4	1,3	1923,7	14,9
5	3,3	3940	16,1	2,3	2819	16,4	0,9	1298,5	16,9
6	8,0	9591	13,9	4,2	5034	16,2	2,1	3029,8	17,5
7	11,1	13253	16,0	5,9	7168	18,1	5,6	8127,5	17,7
Média Total	5,6 47,4	6686 ---	13,9 ---	4,2 30,7	5034 ---	15,0 ---	2,1 25,3	3030 ---	15,0 ---

Cortes 1999- 2000	Produção de matéria seca (t/ha) e Temperatura base inferior (°C)					
	<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk			<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca		
	MS _{med}	UF	Tbi	MS _{med}	UF	Tbi
1	8,4	9907	15,0	6,0	9907	15,0
2	3,1	3710	16,7	3,2	5229	15,6
3	1,6	1895	14,6	1,2	2036	14,4
4	1,5	1776	15,0	1,7	2807	14,1
5	1,2	1460	16,9	2,2	3578	16,2
6	3,1	3631	17,0	3,0	4954	16,2
7	5,8	6828	18,3	6,6	10953	16,7
Média Total	3,1 24,7	3631 ---	16,7 ---	3,0 23,9	4954 ---	15,6 ---

MS_{med} = média da produção de matéria seca; UF = unidades fototérmicas acumuladas no período entre o corte atual e o anterior; Tbi = temperatura-base inferior calculada para cada forrageira.

Tabela 3 - Temperatura inferior (Tb) determinada para cada planta forrageira estudada.

Nome	Tb (°C)
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Napier	13,9
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia	15,0
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	15,0
<i>Brachiaria decumbens</i> cv. Basilisk	16,7
<i>Paspalum atratum</i> cv. Pojuca	15,6

Determinação do período de estacionalidade da produção de forragem

Após a determinação da temperatura-base inferior de cada forrageira estudada, esses valores foram utilizados para determinar o período de estacionalidade de produção dessas forrageiras.

Para atingir tal objetivo, foram utilizadas médias diárias de temperatura do ar registrada no período de 1991 a 2005, em uma estação meteorológica convencional situada nas dependências da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP.

Com as médias de temperatura mínima diária do ar e os valores de T_b , foi feita a determinação do início e do final do período de estacionalidade de cada forrageira.

O início e o final do período de estacionalidade foram determinados graficamente, traçando-se uma reta com o valor de T_b de cada forrageira e inserindo a seqüência de dados de temperatura mínima do ar. Considerou-se que a estacionalidade iniciou quando os dados apresentaram a tendência de $T_{min} \leq T_b$, e que finalizou quando houve tendência de $T_{min} > T_b$. Esse critério permitiu agrupar e estimar o período de estacionalidade de cada forrageira estudada. Os resultados obtidos foram organizados e apresentados em gráficos, para facilitar a visualização e a comparação entre as espécies.

Os resultados da estimativa de estacionalidade de produção encontram-se na Figura 1, que mostra um gráfico para cada espécie, com uma linha reta que representa a temperatura-base inferior (T_b) da planta forrageira e a curva das médias de temperatura mínima diária do ar, numa série histórica de

1991 a 2005, para a região de São Carlos, SP, sob clima tropical de altitude, na latitude $21^{\circ}57'42''$ e longitude $47^{\circ}50'28''$ W e altitude de 860 m. Nos gráficos, verifica-se que a estacionalidade das forrageiras variou de 83 dias, em *P. purpureum*, a 148 dias, em *B. decumbens*. Portanto, observou-se a variação de 65 dias entre as duas espécies, a qual certamente levará a diferenças significativas na produção total de matéria seca em sistemas de pastejo sob irrigação.

As estimativas deste trabalho contrastam com os resultados obtidos por Rassini (2004), que utilizou a altura mínima de corte dessas espécies como critério de determinação da estacionalidade de produção sob irrigação na região de São Carlos, SP. Segundo esse autor, a estacionalidade de produção das forrageiras estudadas variou de 65 a 70 dias. Isso sugere duas hipóteses:

- a) A temperatura-base inferior é útil, porém insuficiente para determinar a estacionalidade da produção, e seria interessante adicionar outros parâmetros climáticos na análise da estacionalidade.
- b) A temperatura-base inferior está superestimada, pois valores mais baixos levariam a menores períodos de estacionalidade. Tais resultados devem ser verificados em trabalhos de pesquisa abordando a fisiologia vegetal e a resposta à irrigação.

Qualquer que seja o caminho adotado, novos estudos sobre estacionalidade são importantes para definir critérios de início e de final do período de resposta de forrageiras à irrigação nas diversas regiões do Brasil.

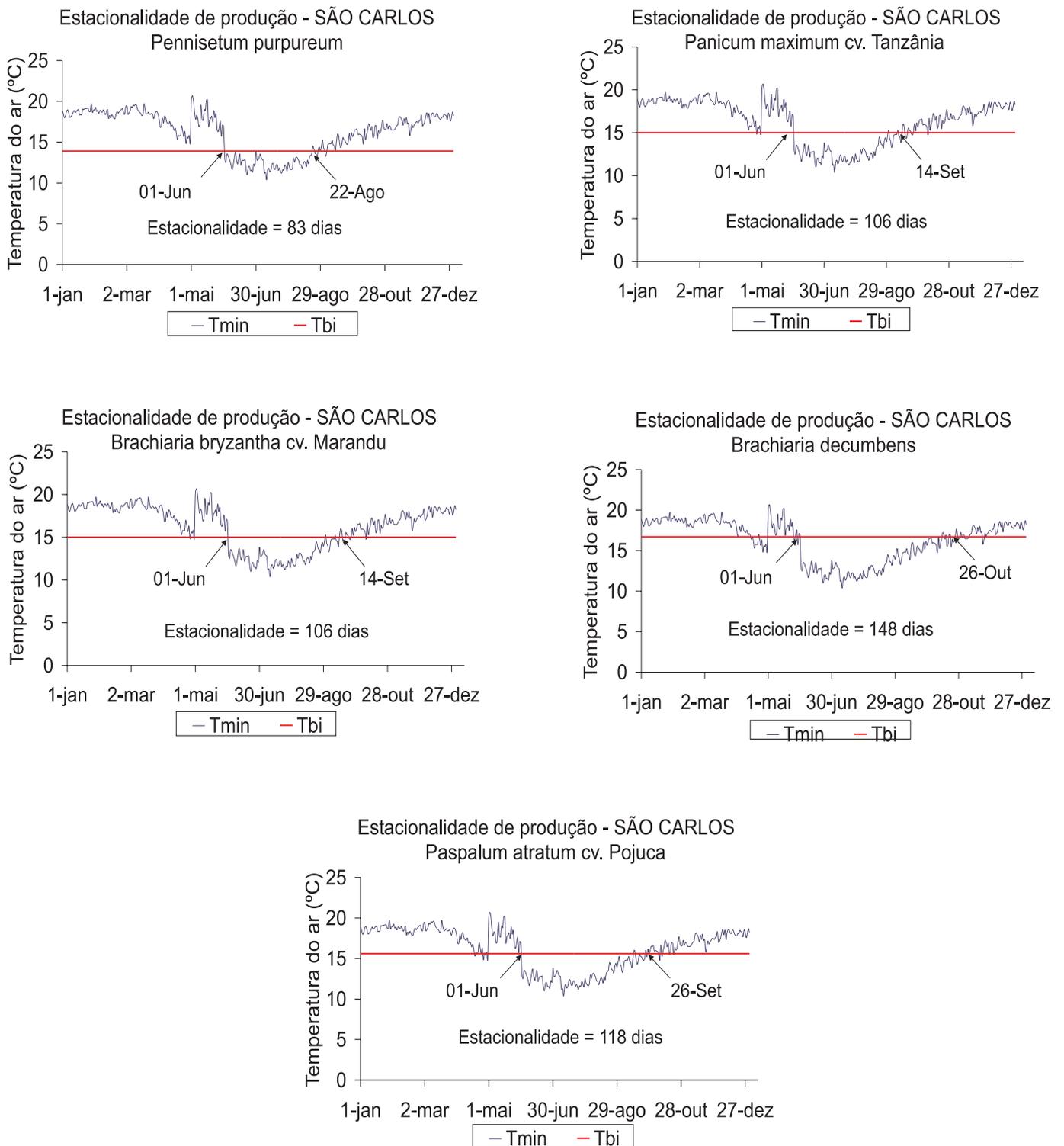


Figura 1 – Estimativa de estacionalidade de produção das forrageiras estudadas por meio de gráficos de temperaturas mínimas diárias (Tmin) e temperatura-base inferior (Tbi).

Recomendações

O uso de unidades fototérmicas é de grande interesse para avaliação da produtividade de matéria seca de forrageiras nas diversas regiões do Brasil, bem como para a previsão das datas de corte ou da disponibilidade de forragem. Entretanto, o ajuste de modelos adequados a essas funções depende da realização de experimentos de calibragem em diferentes condições climáticas, latitudes e altitudes.

O período de estacionalidade de produção tem grande importância para a produção animal, pois é utilizado para determinar a necessidade de suplementação alimentar dos animais na época de baixa produção de forragem.

Estudos de risco climático sobre forrageiras podem ser extremamente úteis no planejamento da produção animal e no financiamento de equipamentos e de insumos para a produção intensiva.

Referências bibliográficas

- ARRUDA, Z. J. A pecuária bovina de corte no Brasil e resultados econômicos de sistemas alternativos de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 259-273.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using "degree.day" units. **European Journal of Agronomy**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2000.
- BARIONI, L. G.; MARTHA JR., G. B.; RAMOS, A. K. B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D.C.; VILELA, L. 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. 105-154.
- EUCLIDES, V. P. B.; CEZAR, I. M.; EUCLIDES FILHO, K. Sistema intensivo de produção de carne bovina. **Informe Agropecuário**, v. 21, p. 85-95, 2000.
- MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A. Temperatura base de gramíneas forrageiras estimadas através do conceito de unidade fototérmica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife, PE. **Anais...** Recife : Sociedade Brasileira de Zootecnia, UFRPE, 2002. v. 1.
- RASSINI, J. B. **Irrigação de pastagens: Frequência e quantidade de aplicação de água em Latossolos de textura média**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 7 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 31).
- RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 821-825, 2004.
- RÉAUMUR, R. A. Observations du thermomètre faites pendant l'année MDCXXXV comparées à celles qui ont été faites sous la ligne à l'Isle-de-France, à Alger et en quelques-unes de nos Isles de l'Amérique. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. p. 545-576, 1735.
- RODRIGUES, T. J. D.; RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R. A. Adaptação de plantas forrageiras a condições adversas. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L. R. A.; REIS, R. A. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DE PASTAGENS, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP-UNESP, 1993. p. 17-61.
- VILLA NOVA, N. A.; CARRETERO, M. V.; SCARDUA, R. Um modelo de avaliação do crescimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: SBA, 1984. p. 31-48.

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R. Modelo para previsão da produtividade de capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p. 75-79, 1999.

VILLA NOVA, N. A.; DETOMINI, E. R.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; PEDREIRA, C. G. S. Modelo de estimativa da produtividade de fitomassa seca de parte aérea de *Cynodon nlemfuënsis* L. cv. Florico em função da radiação solar. **Pasturas Tropicais**, v. 26, n. 3, p. 56-61, 2004a.

VILLA NOVA, N. A.; TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S.; CARNEIRO, B. Método alternativo para a determinação da temperatura-base de espécies forrageiras. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, 2004b. v. 1.

Circular Técnica, 45

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Pecuária Sudeste
Endereço: Rod. Washington Luiz, km 234, C.P. 339,
13560-970, São Carlos, SP
Fone: (16) 3361-5611
Fax: (16) 3361-5754
E-mail: sac@cppse.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão on-line 2006

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Comitê de publicações

Presidente: *Alberto C. de Campos Bernardi*
Secretário-Executivo: *Edison Beno Pott*
Membros: *Carlos Eduardo Silva Santos, Maria Cristina Campanelli Brito, Odo Maria Artur S.P.R. Primavesi, Sônia Borges de Alencar*

Expediente

Revisão de texto: *Edison Beno Pott*
Editoração eletrônica: *Maria Cristina Campanelli Brito*