

# ADAPTABILIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Célia Maria M. de Souza Silva  
Aderaldo de Souza Silva  
Aline de Holanda Nunes Maia



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

**Presidente:** Fernando Henrique Cardoso

**Ministro da Agricultura e do Abastecimento:** Marcus Vinícius Pratini de Moraes

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**

**Presidente:** Alberto Duque Portugal

**Diretores:** Dante Daniel Giacomelli Scolari

José Roberto Rodrigues Peres

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha

**Embrapa Meio Ambiente**

**Chefe Geral:** Bernardo van Raij

**Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento:** Deise M. Fontana Capalbo

**Chefe Adjunto Administrativo:** Vander Roberto Bisinoto

ISSN 1516-4675

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Meio Ambiente*

*Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

# **ADAPTABILIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO**

Célia Maria M. de Souza Silva

Aderaldo de Souza Silva

Aline de Holanda Nunes Maia

*Jaguariúna, SP  
1999*

**EMBRAPA MEIO AMBIENTE – Boletim de Pesquisa 07.**

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

**Embrapa Meio Ambiente**

Rodovia SP-340 - km 127,5 - Bairro Tanquinho Velho

Caixa Postal 69 13820-000 - Jaguariúna, SP

Fone: (19) 867-8700 Fax: (19) 867-8740

e-mail:sac@cnpma.embrapa.br

**Comitê de Publicações:** Aldemir Chaim, Célia M. M. de S. Silva, Franco Lucchini, Julio F. de Queiroz, Magda A. de Lima e Maria Cristina Tordin

**Revisão:** Denise Moraes de Oliveira.

**Normalização:** Maria Amélia de Toledo Leme

**Produção Gráfica:** Regina L.Siewert Rodrigues e Franco Ferreira de Moraes.

**Tiragem:** 500 exemplares

SILVA, C.M.M.S.; SILVA, A.S.; MAIA, A.H.N. **Adaptabilidade de gramíneas forrageiras na região semi-árida do submédio São Francisco.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 28p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 07).

CDD 633.2

©EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1999

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	05
<b>Summary</b> .....	07
<b>Introdução</b> .....	09
<b>1. Materiais e métodos</b> .....	11
<b>2. Resultados e discussão</b> .....	15
Produtividade .....	15
Sistema Radicular .....	19
Umidade do solo .....	19
Temperatura do solo .....	20
Índice de sustentabilidade .....	22
<b>3. Conclusões</b> .....	25
<b>4. Referências Bibliográficas</b> .....	27

# ADAPTABILIDADE DE GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO<sup>1</sup>

Célia Maria M. de Souza Silva<sup>2</sup>  
Aderaldo de Souza Silva<sup>3</sup>  
Aline de Holanda Nunes Maia<sup>4</sup>

## Resumo

A adaptabilidade de forrageiras, em relação aos parâmetros água, solo e planta, foi avaliada na Embrapa Trópico Semi-Árido, por meio de quatro gramíneas forrageiras, estabelecidas em parcelas de 4 x 8m. Determinou-se a variabilidade espaço-temporal da temperatura e o teor de água disponível no solo, em diferentes profundidades. A avaliação da estabilidade da produção de gramíneas foi determinada através dos índices de umidade e de sustentabilidade. As máximas temperaturas do solo (36°C), à profundidade de 0-15cm, coincidiram com o menor índice de umidade no mesmo, não afetando a produtividade das espécies mais adaptadas às condições adversas de temperatura e umidade. Através do índice de umidade, *C. gayana* cv. Masaba apresentou grande variabilidade de produção durante o ano, atingindo altas produções (17.103kg ha<sup>-1</sup>) durante o período chuvoso e baixas produções (6.226kg ha<sup>-1</sup>) nos meses de estiagem, enquanto que *C. ciliaris* cvs Molopo e Biloela tiveram uma produtividade mais homogênea (média de 6.245kg ha<sup>-1</sup>) durante o período, com menor suscetibilidade ao déficit hídrico. De acordo com a produtividade e o índice de sustentabilidade, destacaram-se as gramíneas *C. gayana* cv. Masaba

<sup>1</sup> Trabalho realizado através do Convênio BIRD III - Embrapa Trópico Semi-Árido.

<sup>2</sup> Bióloga, Ph.D., Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Meio Ambiente.

<sup>4</sup> Engenheira Agrônoma, Ph.D., Embrapa Meio Ambiente.

(produtividade média = 12.029kg ha<sup>-1</sup> e I<sub>SG</sub> = 0,50) e *Urochloa mosambicensis* (6.875kg ha<sup>-1</sup> e I<sub>SG</sub> = 0,30) como as mais produtivas e também as mais sustentáveis para a região. No entanto, associando-se os índices de umidade e sustentabilidade, verificou-se que as cultivares Biloela e Molopo suportaram melhor as condições adversas da região e, portanto, estão mais adaptadas à região semi-árida do submédio São Francisco.

**Termos de indexação:** índice de sustentabilidade, índice de umidade, solo, temperatura, umidade, *Chloris gayana*, *Cenchrus ciliaris*, *Urochloa mosambicensis*.

# ADAPTABILITY OF FORAGE GRASSES IN THE SEMI-ARID REGION OF SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO.

## Summary

Four forage grasses were studied at the Embrapa Trópico Semi-Árido, to evaluate their sustainability in relation to the following parameters: water, soil, plant and environment, in plots of 4x 8m. Sampling was conducted in twelve central sub-plots. Spatio-temporal variability of temperature and water content in the soil at different depths were determined systematically during a year. The stability of the grass production was determined by indexes of humidity and of the sustainability. The maximum temperatures of the soil (36°C) in the depths of 0-15cm coincide with the low index of humidity that do not affect the productivity of the species more adapted to those hostile conditions, such as the *Cenchrus ciliaris* cultivars. Through the humidity index, *Chloris gayana* cv. Masaba during the year, reaching high production (17,103kg ha<sup>-1</sup>) during the raining period, and low productions (6,226kg ha<sup>-1</sup>) in the dry months. *C. ciliaris* cvs. Molopo and Biloela had a production more homogeneous (average of 6,245kg ha<sup>-1</sup>) during the period, with lower susceptibility to hydric deficit. According to the productivity and the sustainability index, it was demonstrated that the grasses *C. gayana* cv. Masaba (average of 12,029kg ha<sup>-1</sup> and  $I_{sg} = 0,50$ ) and *Urochloa mosambicensis* (6,875kg ha<sup>-1</sup> and  $I_{sg} = 0,30$ ) were more productive and also they were more susceptible for the region. However, when associated the humidity and sustainability indexes it was verified that the species *U. mosambicensis* and *C. ciliaris* cv. Biloela supported much better

the hostile conditions of that region.

**Index terms:** sustainability index, humidity index, temperature, humidity, soil, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Urochloa mosambicensis*.

## Introdução

Os recursos solo, água e ar são os constituintes do ambiente, e a proteção desses recursos contra a deterioração, como resultado da atividade humana, é o tema de muitos trabalhos, não só da comunidade científica, mas da sociedade como um todo. Já existem legislações para a proteção da qualidade do ar e da água, todavia o recurso solo permanece explorado, degradado, esgotado e não percebido (Wagenet & Hutson, 1997). Os solos são fundamentais para a vida e os processos que neles ocorrem são componentes importantes do ecossistema global.

As propriedades físicas que impactam a qualidade do solo são normalmente identificadas como características estáticas dele (parâmetros da qualidade do solo), como textura e profundidade, enraizamento, densidade de plantio, capacidade de retenção de água e temperatura (Doran & Parkin, 1994). Essas propriedades determinam o potencial do solo tendo efeito sobre o desenvolvimento e produtividade das culturas.

A temperatura e a disponibilidade de água são os fatores mais importantes que limitam a distribuição, o crescimento e a produção das plantas. A água é o fator fundamental para a produção agrícola; sua falta e seu excesso causam efeitos negativos para o desenvolvimento das plantas. As culturas consomem, durante o seu ciclo de desenvolvimento, um grande volume de água, sendo que cerca de 98% deste volume perde-se na atmosfera pela transpiração (Reichardt, 1978). Os solos variam amplamente em sua capacidade de retenção de água para as plantas, sendo que a quantidade existente no perfil do solo, disponível ao sistema radicular, em um dado tempo, é função do balanço hídrico.

Em condições de campo, a absorção da água pelas plantas é freqüentemente limitada pela extensão, profundidade e eficiência dos sistemas

radiculares, pelo decréscimo da umidade do solo, pelo aumento da concentração salina da água do solo, por baixa temperatura (tanto do solo como do ar) e por aeração deficiente (Reichardt, 1987). A porosidade e a aeração desempenham papel importante no crescimento das raízes. Quando a macroporosidade do solo é reduzida a valores inferiores a  $0,15\text{dm}^3$ , o crescimento das raízes é prejudicado (Alvarenga et al., 1996). No caso de gramíneas forrageiras, o sistema radicular tende a se concentrar na camada superficial, imediatamente acima da camada compactada (Silva et al., 1992).

Existem limites ótimos de umidade para o desenvolvimento das plantas. A água em excesso no solo altera processos físicos e biológicos, limitando a quantidade de oxigênio e acelerando a formação de compostos tóxicos à raiz. Por outro lado, a deficiência hídrica, que se caracteriza por diferentes formas e intensidade, corresponde à causa principal de decréscimo de produtividade (Castro et al., 1987). Também o potencial de água no solo decresce com o acréscimo da temperatura (Reichardt, 1987).

A temperatura do solo afeta os processos químicos, físicos e biológicos que nele se desenvolvem, influi na desintegração do material original, na retenção e fluxo de água, aeração e movimento dos colóides (Poincelot, 1986). O efeito da temperatura do solo no crescimento de uma cultura é muito variável e envolve a germinação e o desenvolvimento das plantas. A faixa de temperatura ótima depende da cultura, do seu estágio de crescimento, regime de umidade do solo e de outros fatores que afetam o crescimento e o vigor da cultura (Cassel & Lal, 1992). Além disso, as altas temperaturas do solo aumentam a taxa de decomposição da matéria orgânica, podendo também reduzir o crescimento e a produtividade da cultura pelo efeito sobre o sistema radicular e pela redução na disponibilidade de nutrientes e água (Cassel & Lal, 1992).

O potencial de produção agrícola depende tanto das características intrínsecas da terra (solo, clima) como do nível de manejo. Ainda são insuficientes

os dados disponíveis para a determinação da produtividade das áreas de pastagens. Um dos problemas que dificulta essa determinação consiste de variações climáticas associadas a muitas dessas áreas, o que se reflete na produção das plantas forrageiras de um ano para outro. O monitoramento dessas características citadas, incluindo períodos de seca, é uma das ferramentas para uma boa avaliação das pastagens (Ota, 1982). Diversos tipos de manejo de pastagens estão disponíveis hoje, com a finalidade de melhorar as áreas de pastoreio e manter a sua produtividade. Entre eles está a manipulação de espécies forrageiras para melhorar o vigor e a abundância das espécies desejáveis.

Com o intuito de avaliar a capacidade de adaptação das espécies forrageiras na região árida do médio São Francisco, através da sustentabilidade da produção de gramíneas forrageiras, desenvolveu-se este trabalho.

## 1. Materiais e métodos

Este trabalho foi conduzido no Campo Experimental de Manejo da Caatinga do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Embrapa Trópico Semi-Árido), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), localizado no Município de Petrolina (PE), durante o ano agrícola de abril de 1985 a março de 1986, com o plantio do experimento realizado em dezembro de 1984. O solo onde foi conduzida a pesquisa classifica-se como podzólico plântico A fraco, textura areno/argilosa, com as seguintes características na camada arável : pH entre 5,0 e 6,0; fósforo -  $2\text{mg kg}^{-1}$  ; matéria orgânica -  $10\text{g kg}^{-1}$  ; potássio -  $1,6\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$  ; cálcio -  $1,3\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$  ; magnésio -  $5,7\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$  e alumínio -  $1,6\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ . As características físico-hídricas dos solos na área experimental estão descritas na Tabela 1.

A precipitação pluviométrica durante o período experimental foi bastante variável, como demonstrado pelos valores quinzenais acumulados das precipitações pluviais diárias (Figura 1).

**Tabela 1: Características físico-hídricas dos solos da área experimental (Agroprincipal, 1988)**

	Profundidade, cm		
	0-17	17-40	40-60
ds (g/cm <sup>3</sup> )	1,690		
Capacidade de campo (0,03Mpa) (%)	8,8	8,2	8,9
Ponto de murcha permanente (0,15Mpa) (%)	4,1	5,9	6,7
Água disponível (%)	4,7	2,3	2,2
Água disponível 60cm (mm)	13,50	8,94	7,44
Soma (AD)	29,88		
Ajuste da infiltração instantânea*	566,51T <sup>-0,61</sup>		
Ajuste da infiltração acumulada*	24,21T <sup>0,39</sup>		

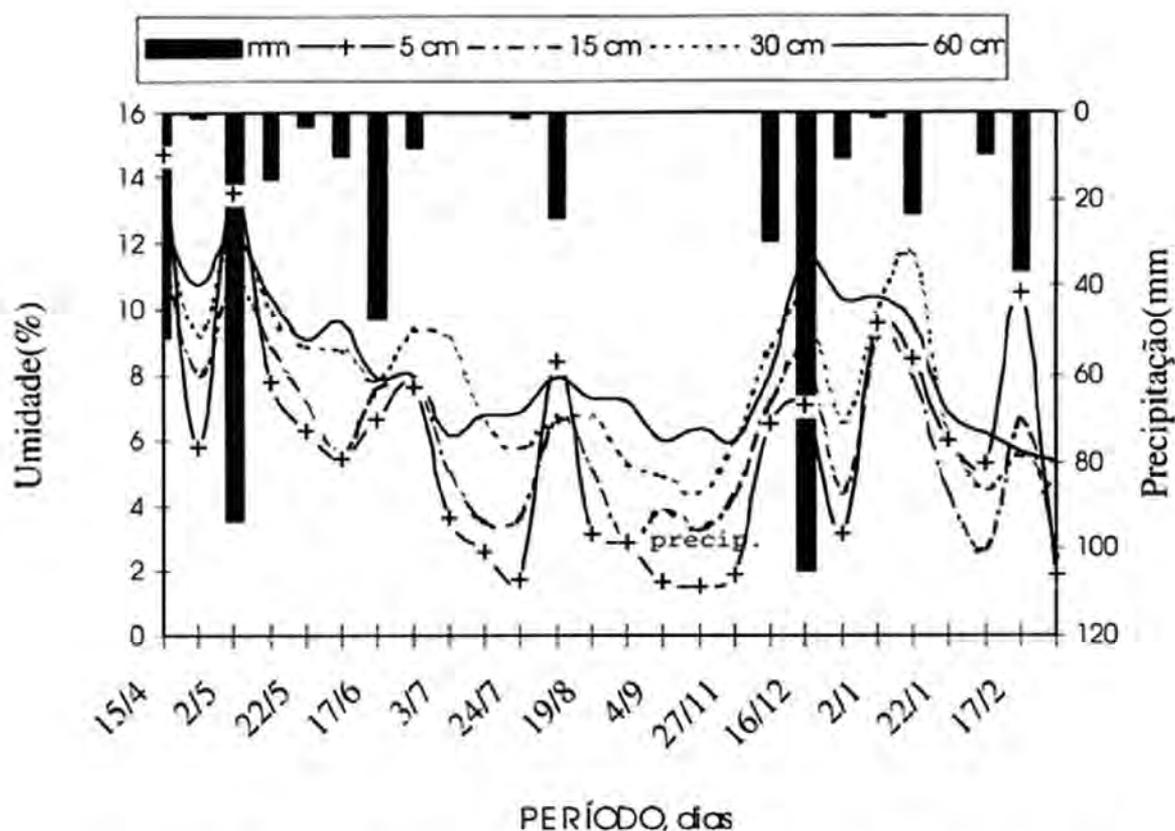
$I = Kt^n$ , onde

$I$  = infiltração instantânea em mm/h,

$k$  = infiltração teórica no tempo zero,

$t$  = tempo,

$n$  = tangente da curva de infiltração instantânea.



**FIGURA 1.** Distribuição espaço-temporal de água no solo a 5, 15, 30 e 60 cm de profundidade e distribuição da precipitação pluviométrica entre 15/04/1985 a 27/02/1986.

Foram utilizadas quatro gramíneas forrageiras (*Chloris gayana* Kunth cv Masaba ; *Urochloa mosambicensis* ( Hackel ) Dandy CPATSA 7606 (BRA- 000060) ; *Cenchrus ciliaris* L. cvs. Molopo e Biloela, estabelecidas em parcelas de 4 x 8m, em sulcos espaçados de 0,50m . Cada parcela foi subdividida em 32 quadrados de 1m<sup>2</sup>, sendo a área útil representada pelas doze subparcelas centrais. Estas foram sorteadas para serem amostradas durante os doze meses do ano. As avaliações agronômicas foram efetuadas após um corte de uniformização realizado quando todas as forrageiras atingiam o estágio de plena floração. Mensalmente cortavam-se as plantas equivalentes a 1m<sup>2</sup> amostrado à altura de 10cm do solo. Desse material retiravam-se duas subamostras para determinação da matéria seca, cujos teores foram determinados pela diferença entre o peso verde e o peso seco, este último obtido por secagem das amostras em estufa, à temperatura de 65°C, até peso constante. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As médias foram comparadas pelo Teste de Tuckey.

Foi avaliado o comportamento do sistema radicular das espécies por meio da exposição das raízes no solo, medindo a profundidade média destas, bem como realizando avaliações visuais sobre o comportamento das cultivares em relação ao período seco.

Foram medidas as temperaturas máximas e mínimas diárias das parcelas em estudo, às profundidades de 15, 30 e 60cm, registradas em um geotermógrafo, durante o período experimental.

O teor de umidade do solo foi determinado por método gravimétrico, nas mesmas parcelas e durante o mesmo período, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 50-70cm, e determinado em laboratório a 105-110°C. O índice de umidade foi calculado pela equação, conforme Martin de Sta Olalla (1992):

$$I_{um} = P_m / ET_o'$$

onde:

$I_{um}$  = índice de umidade;

$P_m$  = precipitação diária, em mm;

$ET_o$  = evapotranspiração potencial, em mm.

Os cálculos da evapotranspiração potencial (mm), baseados nos dados climáticos diários, foram feitos de acordo com o método de Penman-Monteith, adotado pela FAO (Smith, 1993).

Foi avaliada a estabilidade da produção das gramíneas para o Trópico Semi-Árido Brasileiro (TSA), através do índice de sustentabilidade proposto por Singh et al., (1990), o qual permite identificar práticas agrícolas que melhoram o ambiente e incrementam a produtividade sobre uma base sustentável. O índice foi obtido pela fórmula:

$$I_{sg} = (\gamma - \alpha) / Y_{max}$$

onde:

$I_{sg}$  = índice de sustentabilidade da produção de gramíneas;

$\gamma$  = rendimento médio de cada gramínea, obtido na época de colheita, em kg ha<sup>-1</sup>;

$\alpha$  = desvio padrão;

$Y_{max}$  = rendimento máximo das gramíneas, no experimento, em kg ha<sup>-1</sup>.

O desvio padrão determinado para cada gramínea forrageira, envolvendo as épocas de colheita, quantifica os riscos associados à produtividade de matéria seca.

## 2. Resultados e Discussão

**Produtividade:** Como demonstrado pela Tabela 2, a espécie *Chloris gayana* Kunth. cv. Masaba destacou-se pela alta produtividade durante todo o período amostrado, com média de 12.029kg de matéria seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , enquanto as gramíneas *C. ciliaris* cvs. Biloela e Molopo, já utilizadas pelos produtores da região, apresentaram produtividades entre 6.000 a 7.000kg de matéria seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ . A precipitação média ocorrida no período experimental (Figura 1) foi superior à média anual dos últimos 75 anos (375mm) (Silva et al., 1990), o que permitiu um adequado desenvolvimento das espécies em estudo, principalmente no caso de *Chloris gayana* Kunth. cv. Masaba que pôde desenvolver seu potencial produtivo. Nos meses de agosto e outubro de 1985, dentro do período seco para a região, houve boas produtividades em consequência das chuvas ocorridas nos meses anteriores, de junho e agosto, respectivamente (Figura 2). No entanto, a ausência de interação significativa entre época de corte e espécie da gramínea ( $p = 0,2385$ ) indica que a posição relativa de cada gramínea em relação à produtividade não se alterou ao longo do tempo. Observou-se que a cultivar Masaba apresentou, em todas as épocas de corte, produtividade superior às demais, que apresentaram produtividades semelhantes ao longo do ano (Figura 3).

Na Índia, a gramínea *Chloris gayana* Kunth. produziu 2,24kg de matéria seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , enquanto as cultivares de *Cenchrus ciliaris* L. cvs. Biloela e Molopo, em Cuba, produziram em média, 6,4kg de matéria seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (Melkania & Tanden, 1989 e Gerardo & Rodriguez, 1987). Outros trabalhos realizados em Petrolina (Oliveira et al., 1988 e Silva et al., 1987), apresentaram produtividades de matéria seca de 3.154, 6.550 e 5.355kg  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  para *Urochloa mosambicensis* (Hackel) Dandy e *Cenchrus ciliaris* L. cvs. Molopo e Biloela, respectivamente. Comparando as produtividades obtidas no experimento com as obtidas em outros locais, pode-se afirmar que as gramíneas em estudo estão bem adaptadas à região.

**Tabela 2.** Produtividade média de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras nas diferentes épocas de colheita.

Épocas de colheita	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Masaba <sup>(1)</sup>	Biloela <sup>(2)</sup>	<i>U. mosambicensis</i> <sup>(3)</sup>	Molopo <sup>(4)</sup>
05.04.85	6.226	2.180	4.853	2.623
13.04.85	6.906	3.996	3.103	2.900
18.06.85	13.760	5.480	6.546	4.083
15.07.85	8.863	3.920	6.256	4.240
19.08.85	17.103	7.976	7.003	5.410
16.09.85	11.486	6.729	7.050	6.683
15.10.85	10.646	8.296	8.863	6.776
18.11.85	15.640	4.780	7.620	5.580
16.12.85	15.010	8.500	10.540	8.003
13.01.86	10.553	8.980	6.603	9.510
17.02.86	15.210	9.943	9.323	9.286
17.03.86	12.950	6.383	4.896	7.650
MÉDIAS*	12.029a	6.429b	6.875b	6.062b

\* Valores das médias, seguidas da mesma letra, não diferem significativamente de 5%.  
<sup>(1)</sup>*Chloris Gayana* cv Masaba, <sup>(2)</sup>*Cenchrus ciliaris* cv Biloela, <sup>(3)</sup>*Urochloa mosambicensis*, <sup>(4)</sup>*Cenchrus ciliaris* cv Molopo.

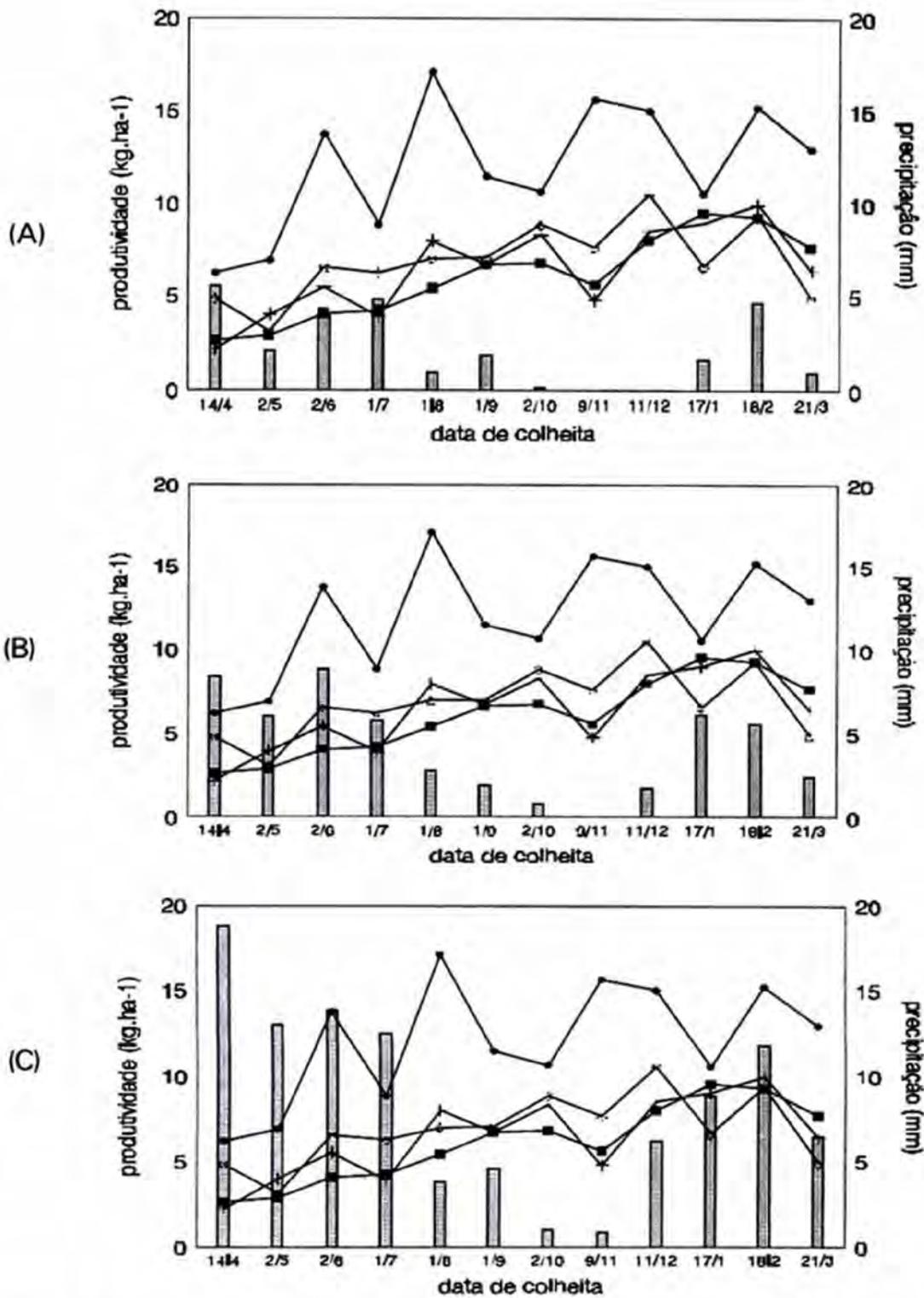
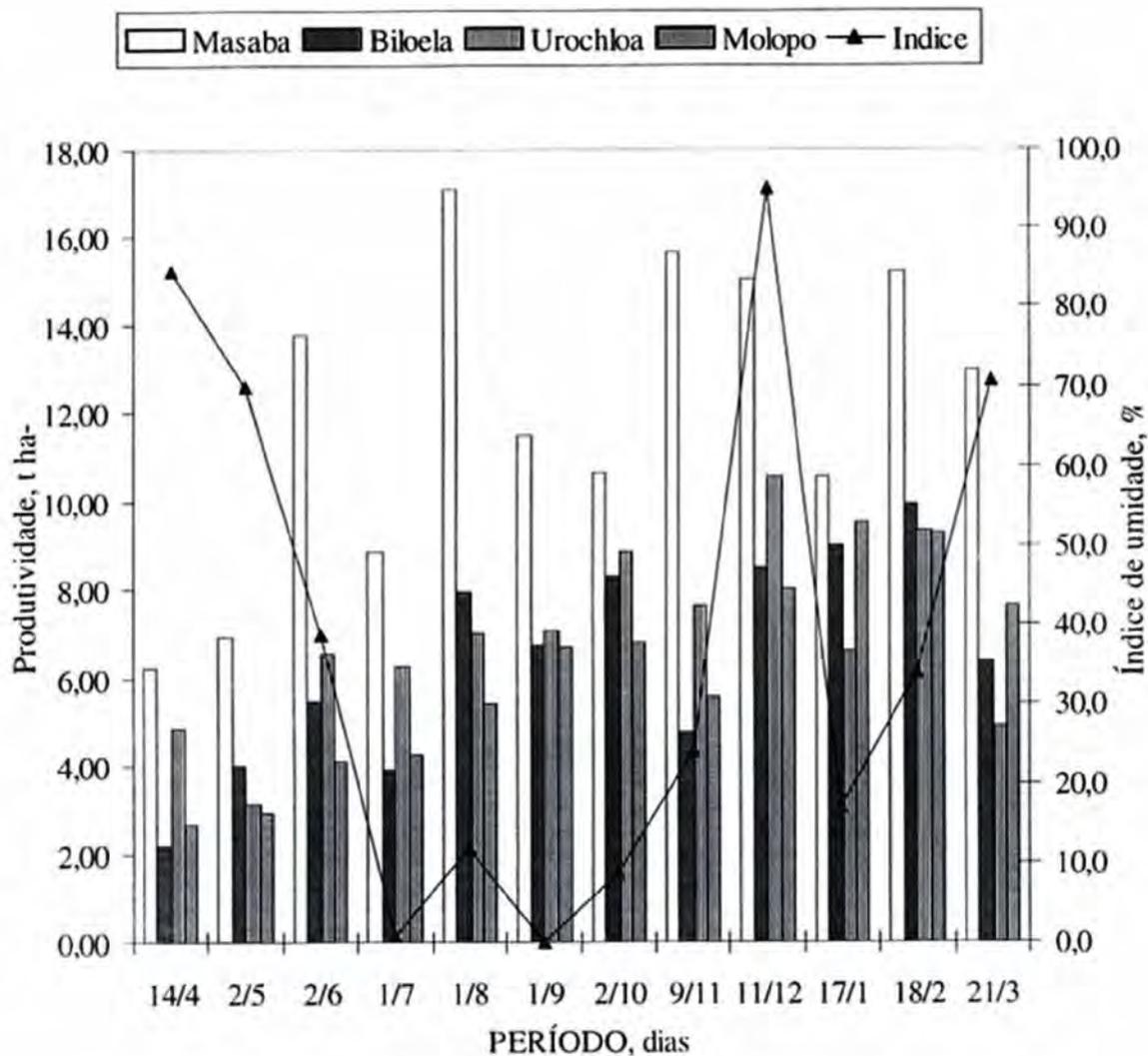


FIGURA 2. Produtividade das gramíneas forrageiras versus (A) precipitação pluviométrica (mm) acumulada, correspondente ao período de 30 dias anteriores à colheita; (B) 60 dias anteriores à colheita e (C) 90 dias anteriores à colheita.



**FIGURA 3:** Produtividade das gramíneas *Chloris gayana* cv. Masaba, *Cenchrus ciliaris* cv. Molopo e Biloela e *Urochloa mosambicensis* em função do índice de umidade entre 14/04/1985 a 21/03/1986.

**Sistema radicular:** O sistema radicular das espécies em estudo (aproximadamente 90%) concentrou-se nos primeiros 23cm de profundidade, sendo que parte dessas raízes atingiram 30cm. O crescimento horizontal variou de 40 a 60cm. Raízes com maior diâmetro (1 a 2mm) foram apresentadas pelas cultivares Biloela e Molopo, enquanto as demais espécies apresentaram diâmetro em torno de 0,50mm.

Os solos das regiões áridas e semi-áridas, devido à ultradessecação quando sujeitos às secas extremas e prolongadas, adquirem uma consistência extremamente dura e são freqüentemente compactados (Mullins et al., 1990). Os solos da região semi-árida do submédio São Francisco apresentam uma camada adensada à profundidade de 30cm (Agroprincipal, 1988). Na área experimental, esse adensamento funcionou como barreira física para a penetração das raízes além dos 30cm de profundidade. Elas, por sua vez, alongaram-se em sentido horizontal no solo, percorrendo em alguns casos, distâncias de até 60cm de comprimento.

A eficiência de um sistema radicular, em termos gerais, é conseqüência da extensão, do comprimento, do perfilhamento, da permeabilidade e da idade das raízes (Reichardt, 1987). No presente estudo, as raízes se mantiveram nos primeiros 30cm de profundidade, onde estiveram expostas a altas temperaturas no solo (36°C) e baixo teor de umidade (6%). A temperatura ideal da rizosfera de algumas gramíneas foi citada por Fageria (1989) e está entre 25 e 30°C, portanto abaixo da observada na área experimental.

**Umidade do solo:** O conteúdo de água no solo (Figura 1) aumentou significativamente nas profundidades de 5 a 15cm por ocasião das chuvas. Observou-se, considerando a profundidade de 30cm, que a umidade esteve abaixo de 6% nos meses de agosto a novembro, conseqüentemente em baixa

disponibilidade para as plantas, uma vez que o ponto de murcha permanente na área é igual a 5,9% (Agroprincipal, 1988). No período chuvoso foi observado um máximo de 12% de umidade nesta profundidade, ou seja, em capacidade de campo. Estes resultados são corroborados pelo balanço hídrico expressado pelo índice de umidade (Figura 2), onde se verifica que, de janeiro até o final de junho, a disponibilidade de água no solo foi superior à evapotranspiração. Resultados inversos foram observados de julho a novembro. Salienta-se, como já mencionado anteriormente, que o ano em questão é atípico para a região semi-árida do nordeste.

Durante o período seco, caracterizado por baixos índices de umidade (Figura 3), correspondente a cinco meses com valores inferiores a 15%, as espécies de gramíneas forrageiras apresentaram resultados diferenciados. De uma maneira geral, as espécies em estudo estão adaptadas à região semi-árida porque, mesmo em períodos de déficit de água (julho a novembro), todas elas mantiveram as produtividades em torno da média, apesar de a gramínea *C. gayana* cv. Masaba ter sido mais sensível ao déficit hídrico, embora tenha ganho em produtividade. As cultivares de *C. ciliaris* foram mais resistentes, com menor variação na produtividade durante o período, indicando menor susceptibilidade ao stress hídrico (em torno de dois meses em ponto de murcha permanente) tendo apresentado início da perda de umidade na planta em agosto para a cultivar Biloela e em setembro para a cultivar Molopo. As demais espécies Masaba e *Urochloa* iniciaram a desidratação em julho, mantendo-se posteriormente na forma de feno em pé, mas com características nutricionais (Silva et al, 1995) inferiores àquelas apresentadas pelos *Cenchrus*.

**Temperatura do solo:** Observando as características térmicas do solo da área experimental (Figura 4) verificou-se que, durante o período de estudo, houve uma variação para as três profundidades estudadas. As curvas de temperatura apresentaram

quase o mesmo aspecto, atingindo valores máximos entre os meses de setembro a dezembro. As amplitudes na camada superficial (15 cm) foram de 28,5 a 22°C e 36 a 26°C entre os meses de abril a junho e de outubro a janeiro, respectivamente. Para a profundidade de 30cm a temperatura do solo variou um pouco menos, entre 21°C e 33°C, com média de 27°C e desvio padrão de 3,01. A 60cm, a variação foi ainda menor, sendo de 26 a 22°C e 32 a 26°C para os meses de abril a junho e de outubro a janeiro, respectivamente.

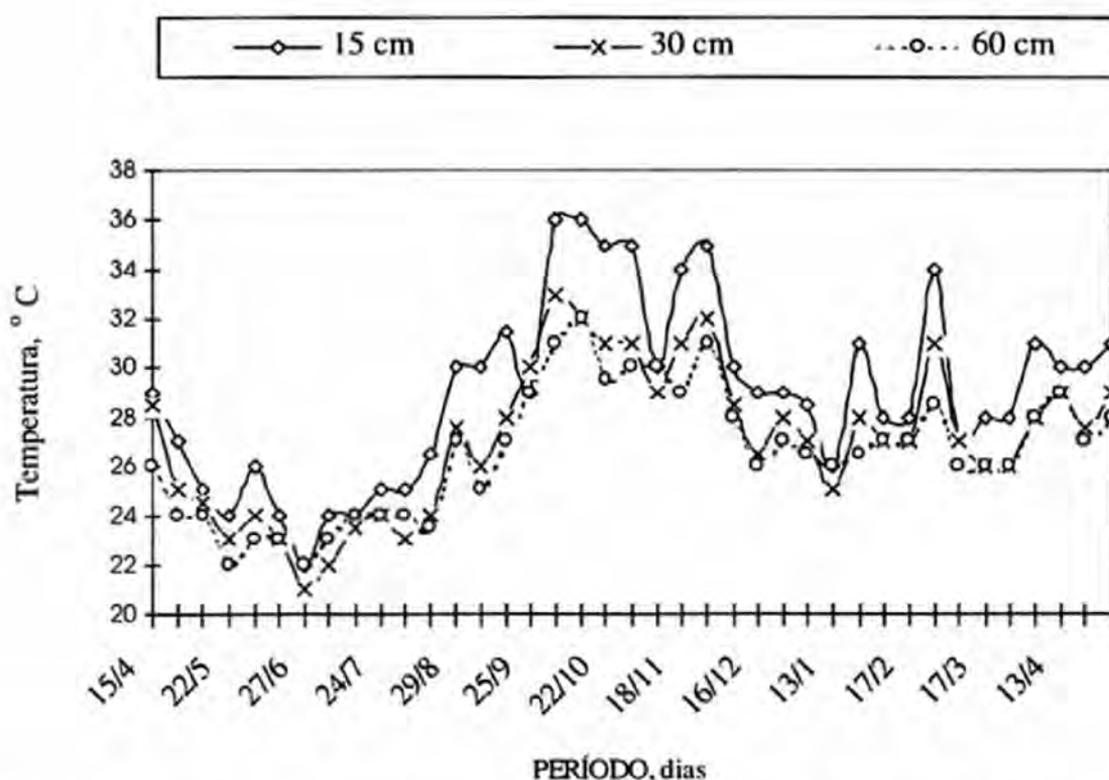


FIGURA 4. Distribuição espaço-temporal da temperatura no solo a 15, 30 e 60cm de profundidade entre 15/04/1985 a 29/04/1986.

A temperatura do solo em qualquer época dependerá da relação entre a energia absorvida e a que está sendo perdida. As variações constantes dessa relação se refletem nas temperaturas sazonais mensais e diárias. Neste trabalho verificou-se que camadas superficiais variaram mais ou menos de acordo com a temperatura do ar

e, conseqüentemente, apresentaram uma flutuação maior do que a do subsolo.

De uma maneira geral, as temperaturas no solo, nas três profundidades estudadas, apresentaram-se em ascensão de julho até o mês de novembro, atingindo valores máximos (36°C) à profundidade de 0-15cm no mês de outubro, o qual coincide com o menor índice de umidade, tendo efeito significativo sobre a produtividade, principalmente para as espécies mais resistentes às condições adversas de temperatura e umidade, a exemplo de *C. ciliaris* e *U. mosambicensis*. O mesmo comportamento não é apresentado pela *C. gayana* cv. Masaba. Também foi observado que as cultivares mais adaptadas apresentaram aumento progressivo de produtividade, independente das variações de temperatura, a partir do mês de julho, mesmo existindo déficit de umidade, como citado anteriormente. No caso em estudo, esta adaptação ao aumento de temperatura no solo indica a adaptabilidade dessas espécies às regiões áridas e semi-áridas, como demonstrado pelas Figuras 2 e 3.

**Índice de sustentabilidade:** O índice de sustentabilidade transformado em escalas de 0 a 1 e 0 a 100% (Tabela 3) permitiu relacionar aos riscos climáticos, ao longo do período agrícola, a produtividade da matéria seca das gramíneas nas diferentes épocas de colheita. A análise desse índice indicou que a forrageira *C. gayana* cv. Masaba, com desvio padrão igual a 3,516 e um rendimento médio de 12.029kg ha<sup>-1</sup> durante o ciclo de cultivo, portanto abaixo do rendimento máximo do experimento (17.103kg ha<sup>-1</sup>), foi a gramínea, dentre as estudadas, que apresentou maior produção para a região, com um  $I_{SG} = 0,50$ . Este valor indica que essa gramínea teve uma produtividade mínima mensal garantida acima de 50% da maior produção (17.103kg ha<sup>-1</sup>) alcançada entre todas as gramíneas pesquisadas durante o ano agrícola. Os demais  $I_{SG}$  são: 0,30, 0,20 e 0,20 para *U. mosambicensis* e *C. ciliaris* cvs. Molopo e Biloela, respectivamente.

A análise da sustentabilidade das práticas desenvolvidas para aumentar a produtividade de culturas dependentes de chuva é um aspecto

**Tabela 3.** Índice de sustentabilidade ( $I_{sg}$ ) para quatro gramíneas forrageiras no semi-árido brasileiro.

	<b>C. gayana cv. Masaba</b>	<b>U. mosambicensis</b>	<b>C. ciliaris cv. Biloela</b>	<b>C. ciliaris cv. Molopo</b>
Média (Y) *	12.029	6.888	6.430	6.062
Desvio padrão	3.516	2.062	2.393	2.320
Ymax. *	17.103	17.103	17.103	17.103
$I_{sg}$	0,50	0,30	0,20	0,20

\*kg ha<sup>-1</sup>

totalmente diferente da análise com base somente na produtividade agrícola comumente utilizada. Apesar dos resultados obtidos neste experimento indicarem a superioridade da espécie *C. gayana* cv. Masaba para a região, argumenta-se que, pelo índice de umidade e também por observações em campo, o comportamento dessa gramínea em relação à sua produtividade mostrou-se bastante variável, estando muito dependente da precipitação pluviométrica ocorrida. As espécies *C. ciliaris* cvs. Biloela e Molopo apesar de apresentarem produtividades mais baixas, mantiveram-se mais resistentes à seca, condição básica na região para uma boa forrageira. Portanto é imprescindível avaliar o índice de sustentabilidade após várias estações secas, para melhor definir as gramíneas mais sustentáveis para a região. Neste caso, considerando-se apenas um ano agrícola e levando-se em conta os dois índices em estudo, recomenda-se as cultivares de *C. ciliaris* como as mais estáveis para a região semi-árida do submédio São Francisco.

Oliveira et al. (1988), avaliando o comportamento de gramíneas forrageiras sob pastejo intensivo durante cinco anos, concluíram que o capim buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Biloela) destacou-se pela maior disponibilidade de forragem, mantendo praticamente a mesma produção durante o período

experimental. Em seguida aparece *U. mosambicensis*, com oscilações na produtividade ocasionadas pelas variações na precipitações pluviométricas ocorridas no período, sendo pastejada no período seco como feno em pé. De acordo com os autores, o capim buffel foi, entre as gramíneas estudadas, o que apresentou maior potencial forrageiro para as regiões secas do nordeste brasileiro. Para o capim *Urochloa*, concluíram que, desde que lhe seja dado um manejo adequado, poderá ser uma opção para áreas onde o capim buffel não possa ser implantado. Assim, as conclusões apresentados por Oliveira et al., (1988) convalidam os resultados obtidos neste trabalho.

Os estudos sobre a quantificação da sustentabilidade e o desenvolvimento de índices de qualidade do solo e produtividade, além de serem recentes, são um estágio informativo do desenvolvimento agrícola. A quantificação da sustentabilidade é essencial para assegurar objetivamente o impacto das produtividades atuais, potenciais e do ambiente. Esta sustentabilidade pode ser avaliada por um ou por diversos índices e estes podem envolver um ou vários parâmetros. O princípio geral é o mesmo em qualquer caso, e estes índices devem ser bem ajustados e adaptados a ambientes agroecológicos específicos.

### 3. Conclusões

1. Considerando a análise convencional e o teste de média apresentado neste trabalho recomendar-se-iam como espécies mais aptas para a região semi-árida brasileira, as gramíneas *Chloris gayana* cv. Masaba, *Urochloa mosambicensis*, *Cenchrus ciliaris* cv. Biloela e *C. ciliaris* cv. Molopo, em ordem decrescente de produtividade.
2. Através da associação dos índices de umidade e sustentabilidade verificou-se que as cultivares de *C. ciliaris* suportaram melhor as condições adversas de clima e solo em termos de estabilidade, por suportarem quatro meses com umidade em ponto de murcha permanente.
3. Houve efeito positivo da temperatura do solo sobre as produtividades de *U. mosambicensis* e *C. ciliaris*.

## 4. Referências Bibliográficas

- AGROPRINCIPAL. **Estudo da fertilidade e das características hídricas dos solos e respectivas recomendações de manejo para o perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, núcleos 01,02, 03, 04 e 05.** Petrolina: CODEVASF, 1988. v.1, tomo III, 153p.
- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 319-326, 1996.
- CASSEL, D.K.; LAL, R. Soil physical properties of the tropics: common beliefs and management restraints. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A., ed. **Myths and science of soils of the tropics.** Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, 1992. p.61-89. (SSSA Special Publication, 29).
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., ed. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: SSSA, 1994. p.3-22 (SSSA Special Publication, 35).
- FAGERIA, N.K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas.** Brasília: EMBRAPA - DPU, 1989. 425p.
- GERARDO, J.; RODRIGUEZ, O. Introducción de dieciseis gramíneas tropicales en un suelo pardo con carbonato sin riego. **Pastos y Forrajes**, Habana, v.10, n.1, p.25-31, 1987.
- LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics.** Washington: Soil Management Support Services : USDA Soil Conservation Service : US Agency for International Development, 1994. 78p. (SMSS Technical Monograph, 21).
- LAL, R. **Tropical ecology and physical edaphology.** New York: John Wiley, 1987.
- MARTIN DE STA OLALLA, F.; JUAN, J.A de. **Agronomia del riego.** Madrid: Mundi Prensa, 1992. 732p.
- MELKANIA, N.P.; TANDEN, J.P. Pangola (*Digitaria decumbens* Stend) a potential perennial pasture grass for mid-Himalaya. **Indian Dairyman**, New Delhy, v.41, n.8, p.440-445, 1989.
- MULLINS, C.E.; McLEOD, D.A.; NORTHCOTE, K.H.; TISDALL, J.M.; YOUNG, I.M. **for Dryland Agriculture**, 1990. 106p.

- OLIVEIRA, M.C. de; SILVA, C.M.M.de S.; ALBUQUERQUE, S.G.; BERNARDINO, F.A. **Comportamento de gramíneas forrageiras sob condições de pastejo intensivo por bovinos na região semi-árida do Nordeste do Brasil**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1988. 15p. (EMBRAPA- CPATSA. Documentos, 56).
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Impacts of technology on U.S. - cropland and rangeland productivity**. Washington: OTA, 1982.
- POINCELOT, R.P. **Toward a more sustainable agriculture**. Westport: AVI Publishing Company, 1986. 241p.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188p.
- SILVA, A. de S.; BRITO, L.T. de L.; OLIVEIRA, C.A.de V. ; MOITA, A.W. Parâmetros de solos em função de umidade na capacidade de campo em áreas irrigáveis do Trópico Semi-Árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.103-106, 1990.
- SILVA, C.M.M.S.; FARIA, C.M.B. Variação estacional de nutrientes e valor nutritivo em plantas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.413-420, 1995.
- SILVA, C.M.M.S.; OLIVEIRA, M.C. de; ALBUQUERQUE, S.G. de. Avaliação da produtividade de treze cultivares de capim buffel, na região semi-árida de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.5, p.513-520, 1987.
- SILVA, G.P.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Resposta de espécies de gramíneas forrageiras em camadas compactadas do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.39, p.31-43, 1992.
- SINGH, R.P.; DAS, S.K.; BHASKARA RAO, U.M.; NARAYANA REDDY, M. **Towards sustainable dryland agricultural practices**. Hyderabad: Central Research Institute for Dryland Agriculture, 1990. 106p.
- SMITH, M. **Cropwat**. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Roma: FAO, 1993. 133 p. (Estudio FAO Riego y Drenage, 46).
- WAGENET, R.J.; HUTSON, J.L. Soil quality and its dependence on dynamic physical processes. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.26, p.41-48, 1997.

**Embrapa**

---

***Meio Ambiente***

  
**Brasil**  
EM AÇÃO

**GOVERNO**  
**FEDERAL**