

Pasturas Tropicales

Volumen 27, No. 3
Diciembre 2005
ISSN 1012-7410

Publicación del Proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT.

Comité Editorial:

Carlos Lascano, Zootecnista, Coordinador, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

John Miles, Fitomejorador, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

Pedro J. Argel, Consultor, Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales

Alberto Ramírez P., Editor Técnico

Mariano Mejía, Supervisor de Servicios de Referencia, Unidad de Información

Diagramación:

Julia Gómez Quintero

El propósito de esta publicación es servir como medio de comunicación entre los investigadores de forrajes de zonas tropicales involucrados en la introducción, evaluación y utilización de gramíneas y leguminosas forrajeras.

El Comité Editorial recibirá complacido contribuciones de los lectores interesados. Para tal efecto, dirigirse a:

Revista Pasturas Tropicales,
Proyecto Gramíneas y Leguminosas Tropicales,
CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.
c.lascano@cgiar.org
aramire@aolpremium.com

<http://www.ciat.cgiar.org/forrajes>

Foto Carátula: Foto Carátula: Curso a técnicos en evaluación, manejo y utilización de Forrajes. Ensayo de Gramíneas, San Dionisio Nicaragua.
(Foto: Axel Schmidt)

Derechos de autor CIAT 2004. Todos los derechos reservados

El CIAT propicia la amplia diseminación de sus publicaciones impresas y electrónicas para que el público obtenga de ellas el máximo beneficio. Por tanto, en la mayoría de los casos, los colegas que trabajan en investigación y desarrollo no deben sentirse limitados en el uso de los materiales del CIAT para fines no comerciales. Sin embargo, el Centro prohíbe la modificación de estos materiales y espera recibir los créditos merecidos por ellos. Aunque el CIAT elabora sus publicaciones con sumo cuidado, no garantiza que sean exactas ni que contengan toda la información.

Contenido	Pág.
Artículos Científicos	
Experiences with legumes as part of a ley pasture in a low input farming system of North-Eastern Pará, Brazil. S. Hohnwald, B. Rischkowsky, R. Schultze-Kraft, J. A. Rodrigues-Filho, and A. Pinheiro Camarão	2
Variación temporal da fitomassa seca relativa de <i>Brachiaria brizantha</i> cultivares Marandu e Xaraés. E. R. Detomini e D. Dourado Neto	13
Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. M. da Silva Brasil, V. L. Divan Baldani, J. Ivo Baldani, e S. Manhães Souto	22
Análise por componentes principais e regressão de nutrientes acumulados por capins tropicais sob efeito de doses de nitrogênio via chorume bovino. A. de Moura Zanine, P. F. Dias, S. Manhães Souto, J. R. Costa e L. J. Motta	34
Crescimento e produção de três gramíneas forrageiras em amostras de solo sob doses de fósforo. E. E. Mesquita, J. C. Pinto, V. B. Tavares, I. P. A. Santos, A. E. Furtini Neto e D. J. G. Faria	44
Producción de forrajeras arbustivas en monocultivo y asociadas en el trópico húmedo. G. Hernández, J. M. Reichert, R. Taylor y E. Blume	51
Adubação nitrogenada e potássica em pastagem de <i>Brachiaria humidicola</i> em um Planossolo da baixada fluminense, Rio de Janeiro. J. Quinquim Magiero, R. Rossiello, J. B. Rodrigues de Abreu e B. J. Rodrigues Alves	59
Notas de Investigación	
Intersiembrá de leguminosas forrajeras en pasturas degradadas de <i>Chloris gayana</i> Kunt cv. Pioneer. C. S. Roncedo y H. E. Pérez	66
Efeito da adubação verde no desenvolvimento de sorgo forrageiro consorciado com leguminosas. P. F. Dias e S. Manhães Souto	70

Experiences with legumes as part of a ley pasture in a low input farming system of North-Eastern Pará, Brazil

S. Hohnwald*, B. Rischkowsky**, R. Schultze-Kraft***, J. A. Rodrigues-Filho^φ, and A. Pinheiro Camarão^ψ

Introduction

The traditional agriculture of small farmers in the Bragantina region in northeastern Pará is based on the exploitation of the regenerative potential of the secondary vegetation ("Capoeira"). A fallow period is followed by slashing and burning the accumulated biomass to fertilize the soil for the subsequent cropping phase (Sommer, 2000). The traditional cycle consists of one and a half years of maize (or upland rice) and cassava; some farmers plant beans between the maize and cassava. The cropping phase is followed by 3 to 7 years of Capoeira (Denich et al., 2005). In recent decades cattle production has also become important among smallholders in the region, and as pastures are established, the corresponding land is taken out of the traditional slash and burn cycle (Veiga, 1993; Billot, 1995).

Experience in the Amazon shows that extensively used pastures enter into a process of degradation if not adequately managed. The main reasons are weed

invasion, soil fertility decline, and, in the particular case of *Brachiaria* pastures, insect pests (Serrão et al., 1979; Serrão and Nepstad, 1996; Dias-Filho, 2003). Once degraded, pastures are difficult to recuperate and farmers run the risk of losing these areas for agricultural use for a long time (Uhl et al., 1988).

Research on tropical pastures has shown that through the inclusion of legumes, soil fertility can be improved and animal production enhanced (Schultze-Kraft and Peters, 1997). However, replacing the secondary vegetation by a legume pasture means a noticeable decline in biodiversity. As phyto-diverse plant communities are assumed to represent a better use of natural resources by e.g. substitutory, compensatory or complementary growth (Ewel, 1986; Altieri and Nicholls, 2004), a combination of different legume species was seen as more promising.

For the humid tropics, among the most promising and productive herbaceous legume species are *Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Gregory, *Centrosema pubescens* Benth., *Desmodium ovalifolium* Guill. & Perr., *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., and *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. The most promising and productive legume shrubs for the acid soils that prevail in the humid tropics are *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze, *Albizia lebeck* (L.) Benth., *Calliandra calothyrsus* Meisn., and *Flemingia macrophylla* (Willd.) Kuntze ex Merr. (Gutteridge and Shelton, 1994; Shelton, 2001; Peters et al., 2003; FAO, 2004). Another option is a bushy form of *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, which had shown excellent results in the Bragantina region (Cruz et al., 1999a). Based

* Dipl. Geogr., Ph.D., email: shohnwa@gwdg.de, Animal Breeding and Husbandry in the Tropics and Subtropics, Georg-August University Göttingen, Kellnerweg 6, 37077 Göttingen, Germany.

** M.Sc. Agr. Ing., Ph.D., email: Barbara.Rischkowsky@fao.org

***Dipl. Ing. Agr., Ph.D., Prof., Institute of Plant Production and Agroecology in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Garbenstr. 13, 70599 Stuttgart, Germany.

^φ M.Sc Agr. Ing., Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66.017-970, Belém, Pará, Brazil.

^ψ M.Sc Agr. Ing., PhD, Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66.017-970, Belém, Pará, Brazil.

on the N-fixing potential of legumes it was hypothesized that the unproductive phase of woody fallow could be replaced by a productive grass-legume pasture to intensify land use, thus converting the traditional fallow/crop pattern into a ley-farming system.

This study tests whether through the inclusion of three promising legume species on smallholder pastures the restorative function of a fallow phase can be replaced by a grass-legume pasture, which improves forage biomass and quality for livestock production at the same time.

Materials and methods

This hypothesis was tested in a researcher-managed on-farm experiment, located in the municipality of Igarapé-Açu (State of Pará, Brazil; 47°30' W, 1°2' S). The soil was a sandy brown Latosol of the Tertiary Barreiras formation, characterized by high acidity (pH 5.5 in 0-10 cm and 4.7 in 50-100 cm depth) and low nutrient contents, especially plant available phosphorus (~5 g/kg in the topsoil, Mehlich-I method). The climate is characterized as humid warm tropics (Lauer and Frankenberg classification) with a mean annual temperature of 26.7°C and annual rainfall of 2469 mm, and an extended dry

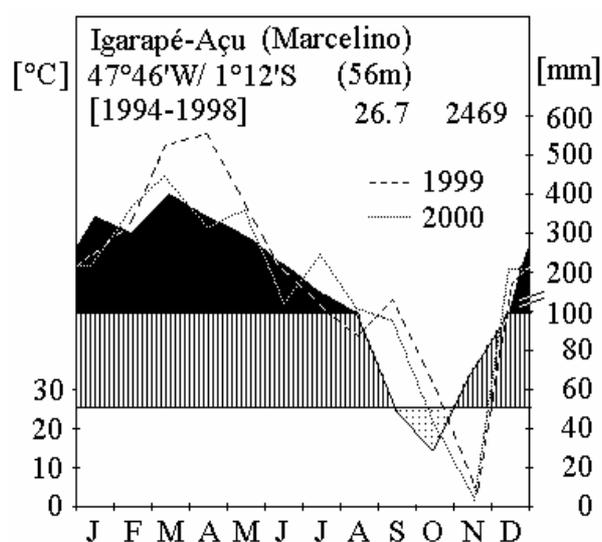


Figure 1. Walter-Lieth diagram of the station "Marcelino" in Igarapé-Açu, complemented by 1999 and 2000 rainfall curves.

season between August and December (Figure 1).

The experimental plots were established on a 1.1-ha field, which had been cropped (maize, cassava) for 1.5 years preceded by the slash-and-burn of a 12-year old fallow. Three legume species were chosen for pasture enrichment: the shrubs *Cratylia argentea* cv. Veraniega (BRA 000167) and *Chamaecrista rotundifolia* var. *grandiflora* (BRA 000183), and the herbaceous *Arachis pintoii* cv. Amarillo (BRA 013521), due to their known excellent adaptation to the environment and positive experiences in the region (Fisher and Cruz, 1994; Pizarro and Rincón, 1994; Queiroz and Coradin, 1996; Cruz et al., 1999b). *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. (Quicuí-da-Amazônia) was chosen as the forage grass due to its ecological adaptation and common use in the region (Camarão et al., 1998). It was planted in 50-cm distances in 5 m broad strips, alternating with *A. pintoii* strips. *Arachis pintoii* was sown in a spacing of 0.5 m x 0.5 m (three seeds per point). Due to insufficient seedling survival, *A. pintoii* was resown four times in the greenhouse and transplanted to the field (Table 1). *Cratylia argentea* and *Ch. rotundifolia* seedlings were also grown under greenhouse conditions in 0.5- and 1-l plastic cups, respectively, containing a mixture of 50% topsoil, 25% of woody splints and 25% chicken manure. Both were transplanted to the field, ten weeks after sowing. While *Ch. rotundifolia* was planted on the *Brachiaria* strips in 1-m distances, *C. argentea* seedlings were planted in a line in the middle of the *Arachis* strips. Late planting was due to difficulties in procuring seed from Costa Rica and delays of the importation process. The legumes were watered on average every three days in the first dry season and initially fertilized with triplesuperphosphate (46% P₂O₅) applied around each plant (P = 3 kg/ha for woody legumes, 8 kg/ha for *A. pintoii*).

Three 1.5-year old cross-bred steers (165-250 kg) were used for each pasture phase and rotated between the three repetitions. Shelters against sun and rain were built, with troughs for salt supply (50 g salt/head/day, water ad lib). The grazing

Table 1. Chronology of pasture establishment and management activities.

Date	Activity
08/03/99-05/04/99	cassava harvest
24/03/99-05/04/99	first weeding, removal of cassava and palm stems
06/04/99-19/04/99	planting of <i>B. humidicola</i>
04/05/99	first sowing of <i>A. pintoi</i> into the plots
17/05/99-21/05/99	second weeding
01/06/99	sowing of <i>Ch. rotundifolia</i> in the greenhouse
14/07/99	first mapping of complete <i>A. pintoi</i> establishment
21/07/99-22/07/99	first re-sowing of <i>A. pintoi</i> in the greenhouse
11/08/99-17/08/99	transplanting of <i>Ch. rotundifolia</i> into the plots
19/08/99-29/12/99	watering of legumes every three days
24/08/99-10/11/99	second transplanting of <i>A. pintoi</i> into the plots and third sowing
31/08/99-01/09/99	third weeding
10/09/99-16/09/99	application of insecticide
16/11/99	sowing of <i>C. argentea</i> in the greenhouse
16/11/99-17/11/99	elimination of grasses and weeds around <i>Ch. rotundifolia</i>
23/11/99-25/11/99	elimination of <i>B. humidicola</i> and weeding of <i>Arachis</i> strips
03/01/00-04/01/00	third transplanting of <i>A. pintoi</i> and fourth sowing in the greenhouse
05/01/00-06/01/00	transplanting of <i>C. argentea</i> into the plots, fourth weeding
25/01/00	watering of <i>A. pintoi</i>
02/02/00	fertilization of legumes
10/02/00-15/02/00	fourth transplanting of <i>A. pintoi</i> into the plots
22/03/00	introduction of cattle on the pasture
01/07/00-03/07/00	fifth weeding
11/07/00	second mapping of complete <i>A. pintoi</i> plots
15/08/00	reduction of stocking rate (dry season)
15/01/01-17/01/01	sixth weeding

periods endured 23 and 18 days in the first and second phase, respectively, so that resting periods lasted 46 resp. 36 days. In the beginning of the dry season, stocking rate was adjusted by withdrawing the lightest animal from each treatment. The average stocking rate was 1.48 LU/ha/year (1 LU = 450 kg liveweight) in the first and 1.23 LU/ha/year in the second pasture phase.

Nodule production of the legumes was measured in January 2001 by collecting nodules from the roots of six average plant individuals per plot. For this, soil volume samples were dug out and examined for nodules: For *C. argentea* bushes soil samples of 0.075 m³ (50 x 50 x 30 cm), for *Ch. rotundifolia* bushes 0.125 m³ (50 x 50 x 50 cm), and for *A. pintoi* 0.027 m³ (30 x 30 x 30 cm) were taken according to the different sizes of the plants. The nodules were examined for active N-fixation by checking for internal color shift (Sarrantonio, 1991), dried (62 °C) and weighed (0.01 g precision).

The establishment and development of the three legumes and the forage grass were measured in four 5 m x 20 m

permanent observation subplots per plot. Two subplots were allocated in the *Arachis* strips and two in the *Brachiaria* strips in a 10-m distance to the border of the plots. Average heights of all individuals of the woody legumes were measured in these subplots. For *C. argentea*, additionally the number of basal shoots and leaves per plant were counted from all sampled bushes (n = 49), at the beginning (22/03/99) and end (28/08/01) of the grazing experiment. Development of *Ch. rotundifolia* bushes was evaluated by measuring the volume (height x length x width) of twenty individuals in the subplots at 11 sample times. On 20/03/00, the number of all well established bushes was determined. Establishment and persistence of *A. pintoi* were evaluated on 14/07/99 and 11/07/00, i.e. 10 and 62 weeks after sowing, respectively, by mapping the soil cover in 2 m x 2.5 m quadrats along the whole length of all four strips per plot. The soil cover by *A. pintoi* was classified as low (< 33% soil cover), medium (33-66%), and high (> 66%). Furthermore, in the *Arachis* strips the soil cover of all legume species (including new *Ch. rotundifolia* plants that invaded in 2000), *B. humidicola*, weeds, and bare soil

was estimated in six fixed sub-subplots, of which two were placed at the borders of the subplots, two in the centre and two in between. Samples were taken in March, May, June, August, September, November and December 2000, and monthly from June to October 2001. Additionally, the soil cover of the forage grass was estimated in the *Arachis* and *Brachiaria* strips in the fixed subplots in February and June 2000, and in January and July 2001.

Results

Nodule production

After one year of grazing, the three legume species showed poor total nodule production, especially active nodules (data not shown). There were almost no active nodules on *C. argentea*. *A. pintoii* produced some small active nodules but all measurements showed nodule weights smaller than 1 g DM/plant. *Ch. rotundifolia* had produced a relatively large amount of nodules but active nodules were small (< 1 mm diameter) and weights were less than 1 g DM/plant.

Cratylia argentea

Cratylia argentea bushes did not develop into an important forage resource due to early defoliation by cattle. In the greenhouse, *C. argentea* had high germination (88%) and good initial growth. After transplanting to the field, seedlings

persisted well and five months after sowing in the greenhouse they produced on average a basal shoot number of 1.7 (se = 0.02, n = 49) per plant and showed an average height of 41 cm (se = 0.2). Although plants were ignored by livestock in the first months, as was expected from the literature (Argel et al., 2001), they were “discovered” by the animals four months after the start of grazing, and all plants were completely defoliated whenever cattle had new access to the plots (Figure 2). Nevertheless, *C. argentea* regenerated fast after the animals were withdrawn, producing each time a higher number of leaves than before defoliation. The resting period was sufficient to recover but frequent back setting did not allow the plants to produce an important foliage biomass for animals. This was also reflected in the number of shoots stagnating at 1.9 (se = 0.02) and in the low average bush height of 57 cm (se = 0.7), 22 months after sowing. Thirty-three percent of the bushes died during that time. *C. argentea* was evergreen, even at the end of the dry seasons in December 2000 and 2001.

Chamaecrista rotundifolia

Although *Ch. rotundifolia* produced large amounts of biomass, the contribution to animal nutrition was probably very low as plants were little palatable. It showed high germination rates and a good early growth in the greenhouse (data not shown). Also

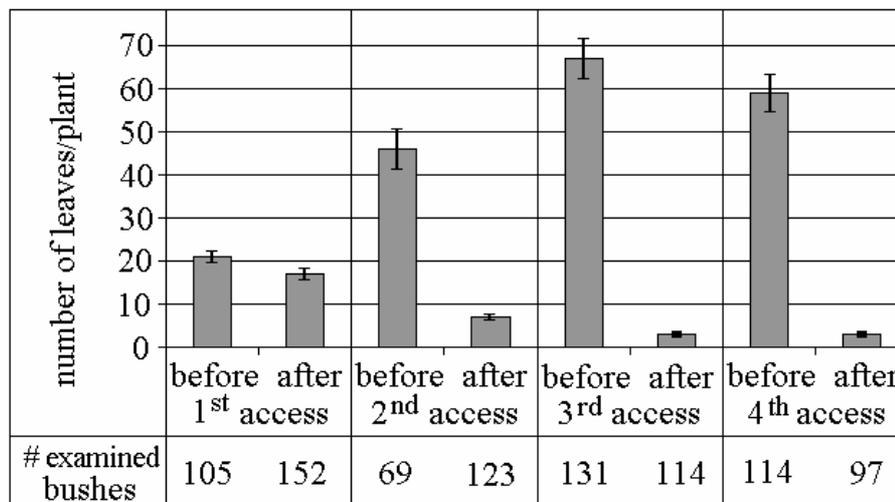


Figure 2. Mean leaf number (+standard error) of *Cratylia argentea* bushes before and after cattle access to the plants (n = 905).

establishment in the field was good, as only 2% of the 1240 transplanted individuals had not survived until the start of grazing in March 2000. By that time, *Ch. rotundifolia* bushes had reached an average height of 92 cm (se = 0.3, n = 44). Plants continued growing vigorously and many bushes reached their maximum height after one year of growth and then stagnated at an average height of 152 cm (se = 0.4, n = 44). All twelve *Ch. rotundifolia* strips in the experiment showed a very dense growth with average volumes of 4.6 m³ (se = 0.02) two years after transplanting. The large bushes even shaded out the forage grass in the second year. Due to profuse seeding in the second year, *Ch. rotundifolia* spread all over the pasture plots, suppressing the forage grass also in other parts of the plots, e.g. in the *Arachis* strips (Figure 3). In the middle of the second dry season in 2001, the height and volume of the bushes started to decline, bushes dropped their leaves and died not much later, ending their biannual life cycle.

Arachis pintoii

Was highly palatable and contributed to the cattle diet in the rainy season but was quickly defoliated in the dry season so that it did not contribute much during this critical time. *Arachis pintoii* seeds germinated well after direct sowing in May

1999 into the plots, and after one week 5 cm high plantlets were almost evenly distributed. But two months later, major losses of plantlets occurred, especially on plots 6 and 7 (Figure 4), so that the above described re-planting was initiated. Low persistence was probably due to insect pests such as leaf cutting ants (*Acromyrmex* spec.: Formicidae, Myrmicinae) or crickets like *Grilo toupera* (Grilotalpidae). But neither the four re-plantings nor the application of an insecticide led to the expected high soil cover as the pest could not be controlled completely. One year later, the situation had improved, especially on plot 6 (July 2000 in Figure 4), but still 40% of the total area showed low cover. Defoliation by cattle and leaf losses during the dry season also contributed to the rather poor development (Figure 3). *Arachis pintoii* did not invade noticeably the adjacent *Brachiaria* strips.

Brachiaria humidicola

Despite the relatively high stocking rates, the forage grass showed a satisfactory production in the first year but dropped to a critical level in the second dry season (Figure 3). Averaged over the two years of grazing, it showed a soil cover of 90% in the *Brachiaria* strips and 28% in the *Arachis* strips, respectively. At the beginning of grazing, grass soil cover averaged about 90% in the former and 20% in the latter.

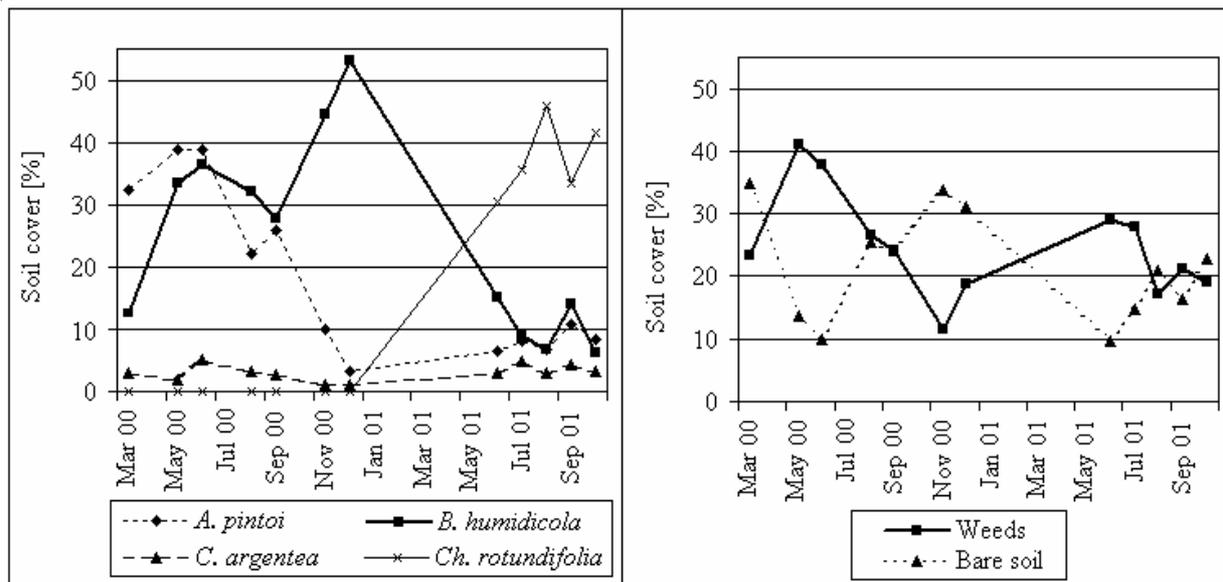


Figure 3. Average soil cover percentage of forage legumes and forage grass (left) and weeds and bare soil (right) on 24 subplots (1 m²) during the grazing time (n = 2010).

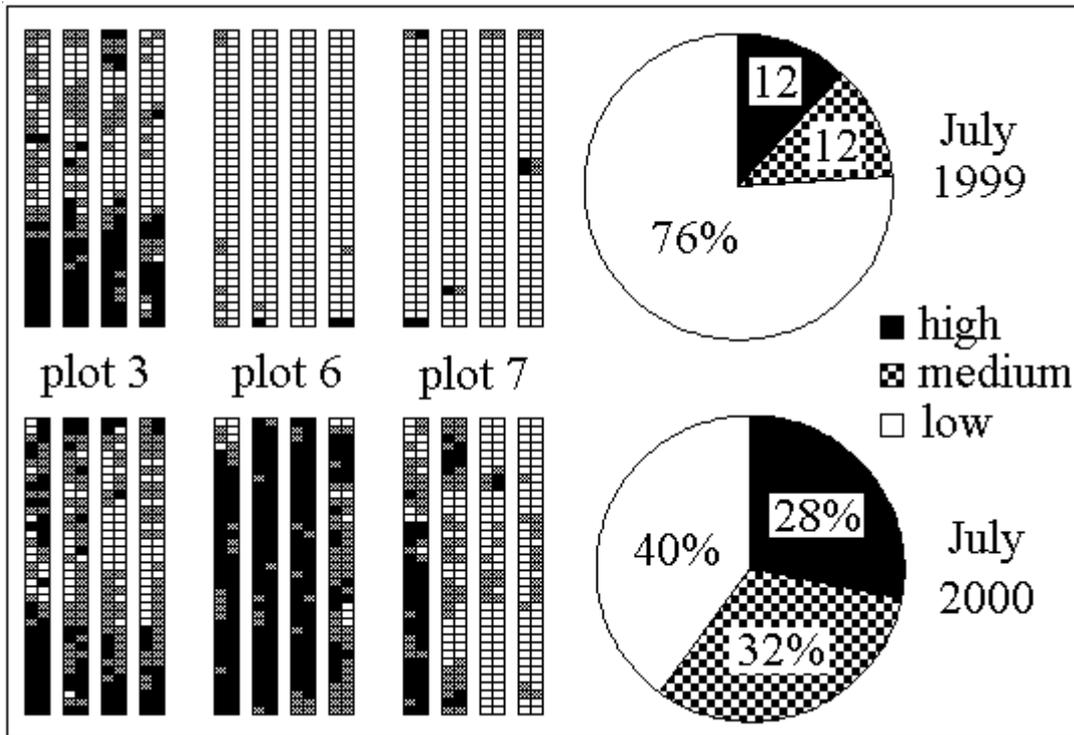


Figure 4. Soil cover of *Arachis pintoii* ten weeks (07/99) and sixty-two weeks (07/00) after sowing on the four 5 m wide strips on the three grass-legume pasture plots (high: >66%, medium: 33-66%, and low: <33% soil cover).

During the establishment year, the grass invasion from the planted *Brachiaria* strips into the *Arachis* strips was so strong that it had to be controlled to reduce competition with *A. pintoii*. *Brachiaria humidicola* produced high biomass in the first grazing year (data not shown), probably due to the relatively long establishment time of one year. Soil cover remained high even in the first dry season. Only in the beginning of the second dry season, the grass cover of the *Brachiaria* strips got scarcer and dropped to 58%, probably due to the relatively high stocking rates. On the *Arachis* strips, *B. humidicola* increased to a maximum of 60% after one year, before dropping to the minimum of 15% in the second dry season.

Weed infestation

Generally, weed infestation, reflected by the total soil cover percentage by woody and herbaceous weeds, showed a strong seasonal variation (Figure 3). The maximum value of 41% was reached in the rainy season of the first grazing year in May 2000. Thereafter, soil cover decreased

constantly until November 2000 when it dropped to 12%. Then weed soil cover started to increase again at the end of the dry season from December 2000 onwards. It reached a new peak (29%) in June 2001, which was considerably lower than in the first grazing year. Subsequently, the weed cover decreased slightly and stabilised at an approximate level of 20% in the following dry season. Inversely, bare soil showed minimum values during the rainy seasons, i.e. 9.8% in July 2000 and 9.6% in July 2001 (Figure 3), while during the dry season it reached maximum values of 35% in November 2000 and 34% one year later. One herbaceous weed that particularly affected establishment and development of *A. pintoii* was bushmint, *Hyptis atrorubens* Poit. (Portuguese: Hortelã brava; Spanish: Marubio oscuro; Lamiaceae). In the first dry season, carpets covering up to 6 m² were observed. Forty-five of the quadrates in the six *A. pintoii* subplots (5% of the area, cf. Figure 4) showed a high cover (> 66%) of this weed. Another important, though less frequent competitor was whitetop sedge *Dichromena ciliata* Pers. (Portuguese: Capim

estrela, Spanish: Cortadera estrellita; Cyperaceae). In contrast to *H. atrorubens*, it invaded only bare patches and vanished when *A. pintoii* took over.

Discussion

The overall performance of the grass-legume pasture was rather disappointing and the pasture will probably not be able to fulfil the goal of soil improvement for a subsequent cropping phase. Given the poor nodule production observed in all legumes, it is unlikely that an increased N content in the soil will be achieved. Poor active nodule production of *C. argentea* and *A. pintoii* was possibly due to the lack of inoculation. Furthermore, the biomass production of the more palatable forage legumes was poor and did not contribute much to cattle nutrition. Thus, the hypothesis that the inclusion of three promising legume species in the pasture would replace the soil-restorative function of a fallow phase, and contribute to cattle nutrition at the same time, could not be confirmed.

Poor legume establishment might have been partly due to delayed planting, in the case of *A. pintoii*, i.e. too close to the dry season, and in the case of *C. argentea*, too close to the start of grazing. Also, high mortality of *C. argentea* bushes can be explained by trampling and defoliation of young, small and fragile plants. Thus, the two species should be sown or planted much earlier, if possible even during the preceding cropping phase (e.g. together with cassava) in the rainy season, so that they would reach an advanced stage of establishment before grazing. This would also allow them to develop a stronger root system to withstand the first dry season. Insufficient establishing time was also due to the fact that the grass-legume pasture was simultaneously tested against other alternatives within the major research project (see Hohnwald, 2002), and a delay in the start of grazing of the grass-legume pasture would have prohibited a direct comparison with the other options. Although *C. argentea* and *A. pintoii* are known to have a slow initial growth, legume establishment would probably have been

more successful if planting had been done earlier.

Although measurements of the botanical composition of faeces revealed that *Ch. rotundifolia* var. *grandiflora* contributed 15% in the first grazing year and 13% in the second grazing year to cattle diet (Camarão et al., 2003), the individual plants showed only few signs of cattle browsing. The species seems to be of relatively low palatability. This cannot be explained by antinutritive factors such as high tannin content. The tannin content of 31.5 g/kg DM was below the critical level of 50 g/kg, which would negatively affect the nutritive value (Camarão et al., 2004).

Chamaecrista rotundifolia var. *grandiflora* was evidently well adapted to the environmental conditions as could be expected from earlier studies (Cruz et al., 1999a). Its low palatability and early, prolific seed production turned the legume into an aggressive pasture weed in the second grazing year. Poor consumption by cattle could be acceptable if the vigorous growth had led to an increased fixation of nitrogen, which –judging by the poor production of active nodules– was not the case. Thus, the shrubby *Ch. rotundifolia* should better be replaced by another legume species.

A disadvantage of *B. humidicola* within the envisaged long-term ley farming system in which the pasture area is supposed to be turned back into a crop field after six to nine years, is its stoloniferous growth habit: Once established, *B. humidicola* is highly competitive and difficult to eradicate, especially on soils of somewhat higher fertility. Repeated uprooting and ploughing, although expensive, would be the only way to get rid of the grass for the subsequent cropping period. Some stolons might survive in the soil and would lead to higher labour inputs for weeding in the crop fields. Other, somewhat less aggressive grass species should be chosen for this special production system. Maintaining *A. pintoii* on the crop fields could provide atmospheric N for both the pasture and the cropping phases (Fisher and Cruz, 1994). However, well established *A. pintoii* could also develop into a prolific

weed, especially on recently sown fields, and would have to be frequently controlled.

Sustaining a well-balanced and productive grass-legume mixture demands appropriate management practices, in particular the adjustment of stocking rates to forage availability. The latter is a problem for many of the Bragantina smallholders as they are predominantly crop farmers and often use cattle as a liquid asset (Siegmund-Schultze, 2002). Frequent sales and purchases of cattle lead to imbalanced stocking rates ranging from 0.37 to 3.53 LU/ha on smallholder farms (Rischkowsky et al., 2003). Poor pasture management has been identified as the most important reason for pasture degradation on smallholdings (Veiga, 1993). Thus, legume-based pastures might be more an option for small dairy farmers in the surroundings of the larger cities or for those, who are explicitly interested in more intensive beef production.

The problems with legume establishment indicate that there is still a need for research on lower-input technologies. Legume research, to be beneficial for smallholdings, has to focus to a greater extent on the feasibility of technology adoption by the farmers. This can only be achieved in close co-operation with the smallholders, who will then decide which management activities are too sophisticated or too risky, and which are adequate. However, an intensification process in agriculture is already taking place in the Bragantina region, where in contrast to other regions in the Amazon, land resources are getting scarce. To make leguminous pastures an option for smallholders in the Bragantina region, the approach of combining various legume species should be pursued.

Conclusions

It is concluded that for a more successful establishment of a grass-legume ley system, the following conditions should be met:

- legume species should be sown or planted much earlier, if possible even

during the preceding cropping phase in the rainy season;

- inoculation of legumes with the respective *Rhizobium* seems necessary;
- one criterion in the choice of legume and grass species needs to be ease of eradication after the pasture phase;
- legume species should neither be of high nor of low palatability to assure persistence and a good balance with the forage grass.

Summary

In the Eastern Amazon, extensive pasture management by smallholders often results in degradation processes leading to unproductive and eventually even abandoned agricultural areas. To avoid lengthy and cost-intensive restoration of such areas, ley systems with alternating cropping and pasture phases might be a promising solution. Due to their ability to fix atmospheric nitrogen, the inclusion of legumes is seen as a suitable method to maintain and improve soil fertility during the pasture phase. As mono-cultures seem not to be appropriate, given the phyto-diverse climax vegetation in the humid tropics, a combination of various shrub and herbaceous legume species was proposed in this study. This paper tests whether three promising legume species, in mixture with the pasture grass *Brachiaria humidicola*, have the potential to replace the restorative function of a fallow phase on smallholdings, and at the same time improve forage biomass for livestock production. To test this hypothesis a researcher-managed on-farm experiment was set up at Igarapé-Açu (47°30' W, 1°2' S). The legumes *Cratylia argentea*, *Chamaecrista rotundifolia* var. *grandiflora* and *Arachis pintoii* were planted in association with the grass on 0.3-ha plots. The plots were rotationally grazed at above-average stocking rates (1st year: 1.48 LU/ha/year; 2nd: 1.23 LU/ha/year). Legume nodulation, establishment, and growth were evaluated during the first two years of the pasture phase. Results indicate an unsatisfactory performance of the grass-legume pasture. All legume species showed poor nodule production and did not contribute much to cattle nutrition. Establishment of *A. pintoii* was very poor

and even repeated replanting did not result in a full cover. *Cratylia argentea* was heavily grazed at a much earlier stage than expected. Both legumes did not provide much forage biomass, especially during the dry seasons. In contrast, *Ch. rotundifolia* established easily and bushes grew vigorously, as they were not very palatable. Furthermore, due to prolific seeding young plants spread all over the pasture plots even suppressing the forage grass. In conclusion, the grass-legume mixture tested in this study was not fully suitable for the envisaged ley system, and improvements are necessary.

Resumen

En la Amazonía Oriental de Brasil el manejo extensivo de pasturas en fincas de pequeños productores puede resultar en procesos de degradación que conllevan a la aparición de áreas improductivas que muchas veces son abandonadas. Una alternativa posible para evitar una larga y costosa rehabilitación de esas áreas, consiste en la implementación de un sistema de rotación con fases alternadas agricultura-pasturas. Debido a la habilidad para fijar nitrógeno atmosférico, la inclusión de leguminosas en pasturas es considerado un sistema posible para mantener y mejorar la fertilidad del suelo. En el trópico húmedo la vegetación primaria se caracteriza por una alta fitodiversidad y consecuentemente las pasturas monofíticas no son la opción más adecuada. Por lo tanto, en este estudio se probó la hipótesis siguiente: con el uso de tres leguminosas forrajeras (dos arbustivas y una herbácea) es posible substituir la función mejoradora del suelo que tiene una fase de barbecho y al mismo tiempo suministrar forraje a los animales en fincas de pequeños productores. El experimento se realizó en una finca ubicada en Igarapé-Açu en la Zona Bragantina (47°30'W/ 1°2'S) en Brasil. Se utilizaron las leguminosas *Cratylia argentea*, *Chamaecrista rotundifolia* var. *grandiflora* y *Arachis pintoi*, previamente sembradas en invernadero antes de ser plantadas en el campo en asociación con la gramínea *Brachiaria humidicola* en parcelas de 0.3 ha. Las pasturas fueron sometidas a pastoreo en rotación con una carga animal

relativamente alta para la región (en el primer año: 1.48 UA/ha y en el segundo: 1.23 UA/ha). La nodulación y el crecimiento de las leguminosas fueron evaluados durante 2 años. Las leguminosas mostraron una baja nodulación. El establecimiento de *A. pintoi* fue difícil y sólo después de varias resiembras se logró una adecuada cobertura. *Cratylia argentea* no se estableció bien, ya que antes de lo esperado fue intensamente consumido por los animales. Las especies de leguminosa no contribuyeron significativamente a la producción forrajera y la población de *A. pintoi* se redujo drásticamente durante la época seca. Aunque el establecimiento de *Ch. rotundifolia* fue fácil, las plantas presentaron una baja palatabilidad para los animales y se convirtieron en vigorosos arbustos; además, debido a su abundante producción de semilla se extendió por todo el área afectando, incluso, el crecimiento de la gramínea. Como conclusión, la asociación gramínea/leguminosas estudiada no cumplió su función en el sistema visualizado de 'ley-farming' y la respectiva tecnología requiere ser mejorada.

Acknowledgements

This study was embedded in the SHIFT-Pecuária and associated SHIFT-Capoeira projects. The authors are grateful to Prof John M. King, Dr Konrad Vielhauer, Dr Tatiana Deane de Abreu Sá, Helson Nascimento, Clécio L.D. de Mendonça, Sebastian Villagra, and the many other members of the SHIFT team in Belém. We are grateful to the BMBF, Germany (FKZ: 01LT0002/9, SHIFT) and CNPq, Brazil (690076/98-3) for funding of this study.

References

- Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. 2004. Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. 2. ed., Food Products Press, Haworth Press, New York.
- Argel, P. J.; González, J.; and Lobo, M. 2001. *Cratylia argentea*: A Shrub Legume for Livestock Production in the Tropics. In: Holmann, F. and Lascano, C. (eds.). Feeding Systems with Legumes to Intensify Dairy Farms. TropicLéche Consortium, International Livestock

- Research Institute (ILRI) and CIAT, Cali. p. 150-154.
- Billot, A. 1995. Agriculture et systèmes d'élevage en zone Bragantine (Pará-Brésil): Diagnostic des systèmes de production familiaux a forte composante élevage. CNEARC-EITARC, EMBRAPA-CPATU, CIRAD-EMVT, Montpellier, Belém.
- Camarão, A. P.; Rodrigues Filho, J. A.; and Carvalho, C. 2004. Composição química e digestibilidade in vitro de *Chamaecrista rotundifolia*. Unpublished document. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.
- _____; Rodrigues Filho, J. A.; Rischkowsky, B.; Mendonça, de C. L.; and Hohnwald, S. 2003. Avaliação da composição botânica da forragem consumida por bovinos em pastagem de *Brachiaria humidicola* com leguminosas sob dois métodos. 40^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Santa Maria-RS.
- _____; Veiga, da J. B.; and Dutra, S. 1998. Produção e valor nutritivo de três gramíneas forrageiras na região de Paragominas, Pará. Boletim de Pesquisa 189, EMBRAPA-CPATU, Belém.
- Cruz, E. D.; Camarão, A. P.; and Simão Neto, M. 1999a. Forage production and nutritive value of *Chamaecrista rotundifolia* (Persoon) Greene in the Eastern Amazon, Brazil. Pasturas Tropicales 21(3): 46-48.
- _____; Simão Neto, M.; and Covre, J. L. 1999b. Produção de sementes de *Arachis pintoi* Krap. et Greg. na Amazônia Oriental Brasileira. Pasturas Tropicales 21(3): 59-61.
- Denich, M.; Vlek, P. L. G.; de Abreu Sa., T. D.; Vielhauer, K.; and Luecke, W. 2005. A concept for the development of fire-free fallow management in the Eastern Amazon, Brazil. Agric. Ecosyst. Envir. 110: 43-58.
- Dias-Filho, M. B. 2003. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Embrapa Amazônia Oriental, Belém.
- Ewel, J. J. 1986. Designing agricultural ecosystems for the humid tropics. Ann. Rev. Ecol. Syst. 17: 245-271.
- FAO 2004. Internet page of the FAO Grassland and Pasture Crops group: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/pasture/pasture.htm>, updated on 20/10/2004.
- Fisher, M. J.; and Cruz, P. 1994. Some ecophysiological aspects of *Arachis pintoi*. In: Kerridge, P. C.; and Hardy, B. (eds.). Biology and Agronomy of Forage *Arachis*. CIAT, Cali. p. 53-70.
- Gutteridge, R. C.; and Shelton, H. M. (eds.) 1994. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. CAB International, Wallingford.
- Hohnwald, S. 2002. A Grass-Capoeira Pasture Fits Better Than a Grass-Legume Pasture in the Traditional Agricultural System of Smallholdings in the Brazilian Humid Tropics. Dissertation, Georg-August-University. Cuvillier-Verlag, Göttingen.
- Peters, M.; Franco, L.H.; Schmidt, A.; and Hincapié, B. 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores de Centroamérica. CIAT, BMZ, GTZ, Cali.
- Pizarro, E. A.; and Rincón, A. 1994. Regional Experience with Forage *Arachis* in South America. In: Kerridge, P. C.; and Hardy, B. (eds.). Biology and Agronomy of Forage *Arachis*. CIAT, Cali. p. 144-157.
- Queiroz de, L. P. and Coradin, L. 1996. Biogeografia de *Cratylia* e Areas Prioritárias para Coleta. In: Pizarro, E. A.; and Coradin, L. (eds.). Potencial del Género *Cratylia* como Leguminosa Forrajera. CIAT, Cali. p. 1-28.
- Rischkowsky, B.; Siegmund-Schultze, M.; Braga Sarmiento, C. M.; da Veiga, J. B.; and King, J. M. 2002. The economics of cattle discourages pasture improvement

- on small-scale farms in the Brazilian Eastern Amazon. Proceedings, International Conference 'Responding to the Increasing Global Demand for Animal Products', British Society of Animal Science, American Society of Animal Science, Mexican Society of Animal Production, Mérida, 12-15 November 2002. p. 112-113.
- Sarrantonio, M. 1991. Methodologies for screening soil-improving legumes. Rodale Institute, Kutztown, PA.
- Schultze-Kraft, R. and Peters, M. 1997. Tropical legumes in agricultural production and resource management: An overview. *Giessener Beiträge zur Entwicklungsforschung* 24: 1-17.
- Serrão, E. A. S.; Falesi, I. C.; Veiga da, J. B.; and Teixeira Neto, J. F. 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soils in the Amazon of Brazil. In: Sánchez, P. A. and Tergas, L. E. (eds.). *Pasture Production in Acid Soils of the Tropics*. CIAT, Cali. p. 195-225.
- _____; and Nepstad, D. C. 1996. Pastures on Amazonian Forestlands: A Review of Environmental and Economic Performance. In: Lieberei, R.; Reisdorf, C.; and Dantas, A. (eds.). *Interdisciplinary Research on the Conservation and Sustainable Use of the Amazonian Rainforest and its Information Requirements*. Report on the Workshop in Brasília, November 20-22, 1995. Hamburg. p. 221-239.
- Shelton, H. M. 2001. Advances in forage legumes: shrub legumes. In: Gomide, J. A.; Mattos, W. R. S.; and Carneiro, da Silva S. (eds.). *Proceedings of the XIX International Grassland Congress, São Pedro, São Paulo, FEALQ, Piracicaba*. p. 549-556.
- Siegmund-Schultze, M. 2002. Gains from Keeping Cattle on Fallow-Based Smallholdings in the Eastern Amazon. Dissertation, Georg-August-University. Cuvillier-Verlag, Göttingen.
- Sommer, R. 2000. Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the Eastern Amazon. Dissertation, Georg-August-University. Cuvillier-Verlag, Göttingen.
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; and Serrão, E. A. S. 1988. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681.
- Veiga da, J. B. 1993. Rehabilitation of degraded pasture areas. In: Parrotta, J. A.; and Kanashiro, M. (eds.). *Management and Rehabilitation of Degraded Lands and Secondary Forests in Amazonia*. Proc. Intern. Symposium/Workshop Santarém, Pará, 18-2.4.1993. Intern. Inst. Trop. Forestry (IITF), USDA-Forest Service, Río Piedras. p. 193-202.

Variación temporal da fitomassa seca relativa de *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu e Xaraés

E. R. Detomini* e D. Dourado Neto**

Introdução

Em estudos de ecofisiologia de pastagens é essencial a obtenção da fitomassa seca relativa das diferentes estruturas das plantas forrageiras quando se visa caracterizar a partição de fotoassimilados ao longo da rebrota. O balanço entre fotossíntese e respiração promove a geração de uma quantidade de carbono, sendo que parte desta quantidade é fixada da atmosfera e outra é consumida para a formação de diversos compostos sintetizados, os quais serão então alocados às diferentes estruturas da planta (folhas, colmos, raízes, reservas), de acordo com uma ordem de prioridade ditada pelas ofertas do meio externo e pela demanda interna da planta. Numa condição de oferta ambiental não restritiva, a proporção de fotoassimilados alocados para cada compartimento é função apenas do estágio fenológico do dossel (Keulen et al., 1989).

Numa condição de disponibilidade de água, nutrientes e radiação solar não limitantes, a prioridade de alocação do carbono numa gramínea obedece a seguinte ordem: folha > colmos > perfilhos > raízes > reservas, ressaltando que muito mais carbono é alocado para a formação de folhas devido à planta ter que investir no recurso mais limitante, que neste caso é a radiação solar (Nabinger, 2002). Entretanto, numa condição de deficiência de água ou de nitrogênio, a proporção de carbono alocado

ao sistema radicular é maior em relação à parte aérea, pois, nesse caso, há necessidade da planta investir mais na busca dos recursos mais escassos, no caso a água e o nitrogênio.

Em solos de alta fertilidade e em ambientes não restritivos quanto à água e aos elementos do clima, genótipos hábeis em alterar sua partição interna em favor da parte aérea são favorecidas (Pedreira et al., 2001). Para que haja saldo de carbono a ser alocado para o sistema radicular em situações adversas, a planta necessita alterar a partição de fotoassimilados (Keulen et al., 1989) e acaba penalizando a alocação às estruturas da parte aérea, interferindo no alongamento de colmos, na emissão de perfilhos e até mesmo no tamanho de folhas (Nabinger, 2002).

O objetivo deste trabalho é caracterizar a variação temporal de fitomassa seca relativa do capim *Brachiaria brizantha*, cultivares (cv.) Marandu e Xaraés.

Material e métodos

Os dados de fitomassa seca relativa foram compilados a partir dos dados de fitomassa seca absoluta obtidos por Detomini (2004) nos experimentos conduzidos entre 22/11/2003 e 27/01/2004 em condições de campo na área de experimentação do pivô central, atualmente sob égide do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) situado no Município de Piracicaba, SP, geograficamente localizado na latitude 22.7083, a uma altitude de aproximadamente 550 m.

O clima correspondente é Cwa, segundo a classificação de Köppen, ou seja,

* Eng. Agrônomo, MSc. Doutorando em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP. Piracicaba, SP. detomini@esalq.usp.br

**Professor Associado, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

mesotérmico tropical úmido com três meses mais secos (junho, julho e agosto), com concentração de chuvas no verão. O solo do local é caracterizado morfologicamente como Nitossolo eutroférico típico (nova classificação), com declividade média ao redor de 2.5% (relevo suave ondulado), apresentando em sua camada mais superficial (0 - 20 cm de profundidade) uma análise que constatou: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 4.9$, matéria orgânica = 25 g/dm^3 , P = 45 mg/dm^3 , S = 45 mg/dm^3 , K = $6.2 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$, Ca = $53 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$, Mg = $17 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$; Al = 0, C.T.C. = $118.2 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ e V = 64%.

O delineamento em quadrado latino foi empregado (Figura 1), apresentando 5 estádios de acúmulo para cada genótipo (tratamentos = Desenvolvimento relativo: I = 0.18, II = 0.41, III = 0.64, IV = 0.81, e V = 1) implicando, portanto, na existência de cinco repetições (no espaço) para cada tratamento (distribuídos no tempo). As populações de plantas caracterizam pastagens bem estabelecidas, homogêneas e adensadas dos genótipos cv. Marandu lançado pelo CIAT como pasto cv. Toledo (Lascano et al., 2002) e Xaraés. As adubações nitrogenadas e potássicas foram feitas através de fertirrigação —parceladas em duas vezes: uma logo no início e outra

10 dias após o corte —aplicando-se 390 kg/ha de N e 250 kg/ha de K, respectivamente.

Para se obter as variáveis-resposta (fitomassa seca de hastes, folha, material senescente e raízes) oriundas da variável independente (desenvolvimento relativo) foram necessárias 25 parcelas de aproximadamente 39 m^2 cada, sendo que de cada parcela útil (retângulo amostrador de 0.5 m^2 lançado três vezes aleatoriamente dentro de cada parcela) coletou-se a parte aérea para posteriormente separá-la em hastes, folha, material em senescência e material morto da rebrota anterior. As diferentes estruturas foram secadas em estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h e depois pesadas para a obtenção de fitomassa seca.

A coleta de raízes foi realizada em dois pontos por parcela, sendo uma dentro da coroa (recém-cortada ao nível do solo) e outra imediatamente ao lado da mesma, fazendo-se a média das duas para a extrapolação. Utilizou-se para essas amostragens uma sonda de 4.5 cm de diâmetro (Figura 2) nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm, neste caso considerou-se a somatória das massas dessas profundidades. As amostras foram lavadas com água corrente para separar o solo das raízes, em peneiras de 1 mm e 0.25 mm, onde as raízes eram retidas. Em

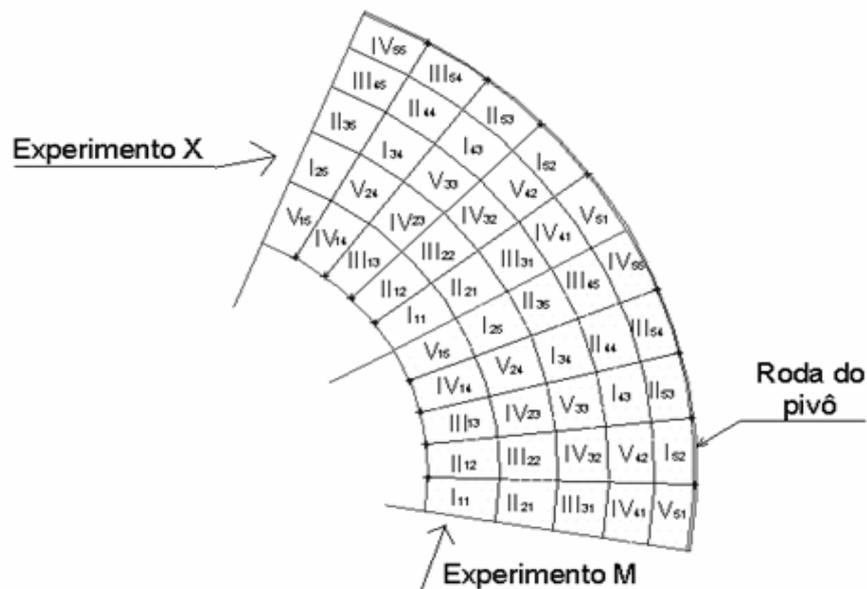


Figura 1. Delineamento em quadrado latino. X: Cultivar Xaraés; M: Cultivar Marandu.

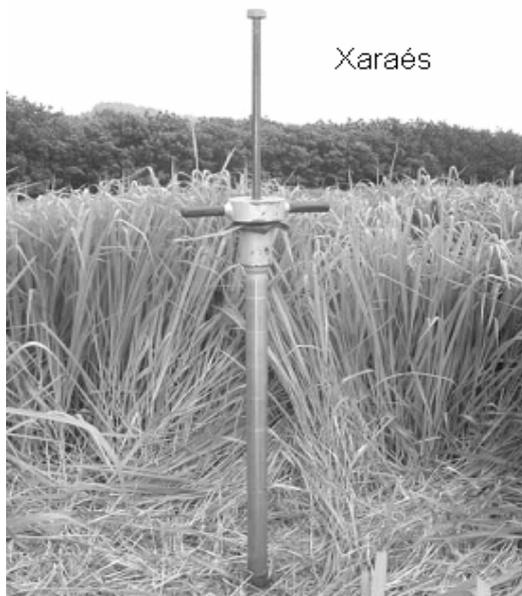


Figura 2. Equipamento para coleta de raízes (0 - 40 cm de profundidade).

seguida as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, secas a uma temperatura de 65 °C por 72 h e pesadas para a avaliação da fitomassa.

A irrigação nas parcelas foi monitorada através de tensiometria, irrigando-se até a umidade correspondente à capacidade de campo sempre que os equipamentos indicassem uma tensão crítica, a qual foi assumida como sendo 0.4 m, valor este referente à média dos três tensiômetros (de cada uma das três baterias) posicionados em 15, 30 e 45 cm de profundidade.

Baseando-se no conceito de graus-dia (Bonhomme, 2000), convencionou-se neste experimento que o desenvolvimento relativo (Dr) máximo ocorreu por volta de momento 602.70 graus-dia (Detomini, 2004), o qual se caracterizou o desenvolvimento correspondente o instante final da rebrota ($Dr = 1$). Convencionou-se também que a temperatura basal inferior —valor de temperatura abaixo da qual o desenvolvimento relativo começa a ser comprometido— assumia o valor de 15 °C.

Diante destas premissas, têm-se:

$$Dr_i = \frac{\sum_{i=0}^n GD_i}{602.70} \quad (1)$$

em que, Dr_i e GD_i se referem ao desenvolvimento relativo e à soma térmica (°C) no i-ésimo dia de rebrota; respectivamente.

Onde:

$$GD_i = \overline{T_{d_i}} - T_{BI} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} > T_{BI} \text{)} \quad (2)$$

E, em dias menos quentes, pode se ter também as seguintes condições (Villa Nova et al., 1999):

$$GD_i = \frac{(T_{máx_i} - \overline{T_{d_i}})^2}{(T_{máx_i} - T_{mín_i}) \cdot 2} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} = T_{BI} \text{)} \quad (3)$$

$$GD_i = \frac{(T_{máx_i} - T_{BI})^2}{(T_{máx_i} - T_{mín_i}) \cdot 2} ; \text{(quando } \overline{T_{d_i}} < T_{BI} \text{)} \quad (4)$$

$$GD_0 = 0 \quad (5)$$

em que, $\overline{T_{d_i}}$, $T_{máx_i}$ e $T_{mín_i}$ se referem à temperatura média do ar, à máxima temperatura (°C) registrada, e à mínima temperatura (°C) registrada no i-ésimo dia do ciclo de rebrota, respectivamente; e T_{BI} à temperatura basal inferior. As análises de regressão foram obtidas através do aplicativo TableCurve®.

Resultados e discussão

As descrições estatísticas das formas funcionais escolhidas para expressar o comportamento biológico da variação temporal de fitomassa seca relativa de folhas, hastes, material senescente e sistema radicular dos capins *B. brizantha* cvs. Xaraés e Marandu são apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente. Todos os modelos apresentaram altos coeficientes de determinação (significativos a 1% pelo Teste 'F') e apresentaram os valores dos parâmetros em intervalos de confiança isentos do valor zero.

Para o capim *B. brizantha* cv. Xaraés, a proporção de folhas em relação à fitomassa total aumentou de forma crescente até 64% do desenvolvimento relativo do dossel, chegando a representar

Tabela 1. Descrição estatística das formas funcionais obtidas sobre a variação temporal da fitomassa seca relativa (folha, haste, material em senescência e raiz) ao longo do desenvolvimento relativo do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés (sem restrição hídrica ou nutricional).

Forma funcional que descreve o comportamento biológico*	Parâmetros da equação	Intervalo de confiança (95%)	r ²
$\frac{FSF}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c-1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.242605 b = 0.751506 c = 2.088428	a: 0.233689 → 0.251522 b: 0.693593 → 0.809418 c: 1.986752 → 2.349653	0.97
$\frac{FSH}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c-1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.420614 b = 2.187498 c = 1.803148	a: 0.206839 → 0.634338 b: 0.078434 → 4.296562 c: 1.622665 → 1.983630	0.98
$\frac{FSMs}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c-1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.133880 b = 1.061083 c = 4.946286	a: 0.124060 → 0.143700 b: 0.976401 → 1.145764 c: 4.252719 → 5.639854	0.98
$\frac{FSR}{FST} = a + b \cdot Dr^{0.5} + c \cdot e^{-Dr}$	a = 1.507803 b = -0.921082 c = -0.712087	a: 1.062054 → 1.953552 b: -1.200360 → -0.641805 c: -1.136884 → -0.287289	0.93

- Legenda: Dr = Desenvolvimento relativo; FST = Fitomassa seca total; FSF = Fitomassa seca de folhas; FSH = Fitomassa seca de hastes; FSMs = Fitomassa seca de material em senescência; FSR = Fitomassa seca de raízes.

22.35% de toda a fitomassa no estágio final de desenvolvimento (Dr = 1). A proporção de hastes em relação à fitomassa total (Figura 3), entretanto, permaneceu crescente até o final do ciclo, quando representava aproximadamente 32.5% de toda a fitomassa seca. Já a proporção de material em senescência sofreu aumentos

substanciais, nitidamente, a partir de 41% do desenvolvimento relativo do dossel, vindo a representar por volta de 13.12% de toda a fitomassa seca no final do ciclo da rebrota (100% do desenvolvimento relativo).

O capim *B. brizantha* cv. Marandu apresentou padrões similares ao capim

Tabela 2. Descrição estatística das formas funcionais obtidas sobre a variação temporal da fitomassa seca relativa (folha, haste, material em senescência e raiz) ao longo do desenvolvimento relativo do capim *Brachiaria brizantha* Marandu (condições não restritivas).

Forma funcional que descreve o comportamento biológico	Parâmetros da equação*	Intervalo de confiança (95%)	r ²
$\frac{FSF}{FST} = \frac{4 \cdot a \cdot [Dr^{-c-1}] \cdot [b^{c+1}] \cdot c^2}{\{c-1 + [Dr^{-c} \cdot b^c \cdot (c+1)]\}^2}$	a = 0.203755 b = 0.728843 c = 2.289589	a: 0.196794 → 0.210716 b: 0.687287 → 0.770398 c: 2.123070 → 2.456108	0.97
$\frac{FSH}{FST} = a \cdot Dr^b$	a = 0.361542 b = 1.067804	a: 0.342437 → 0.380646 b: 0.924616 → 1.211099	0.96
$\frac{FSMs}{FST} = a \cdot Dr^{-c-1} \cdot b^{c+1} \cdot e^{\frac{[b^c \cdot Dr^{-c} - 1](-c-1)}{c}}$	a = 0.122808 b = 0.942080 c = 2.000000	a: 0.115335 → 0.130280 b: 0.848025 → 1.036136 c: 1.339508 → 2.660491	0.96
$\frac{FSR}{FST} = a + b \cdot Dr + c \cdot Dr^{2.5} + d \cdot e^{Dr}$	a = -22.720733 b = -25.561825 c = -15.321293 d = 23.517616	a: -28.267477 → -17.173989 b: -31.486981 → -19.636668 c: -18.949017 → -11.693569 d: 17.963334 → 29.071884	0.98

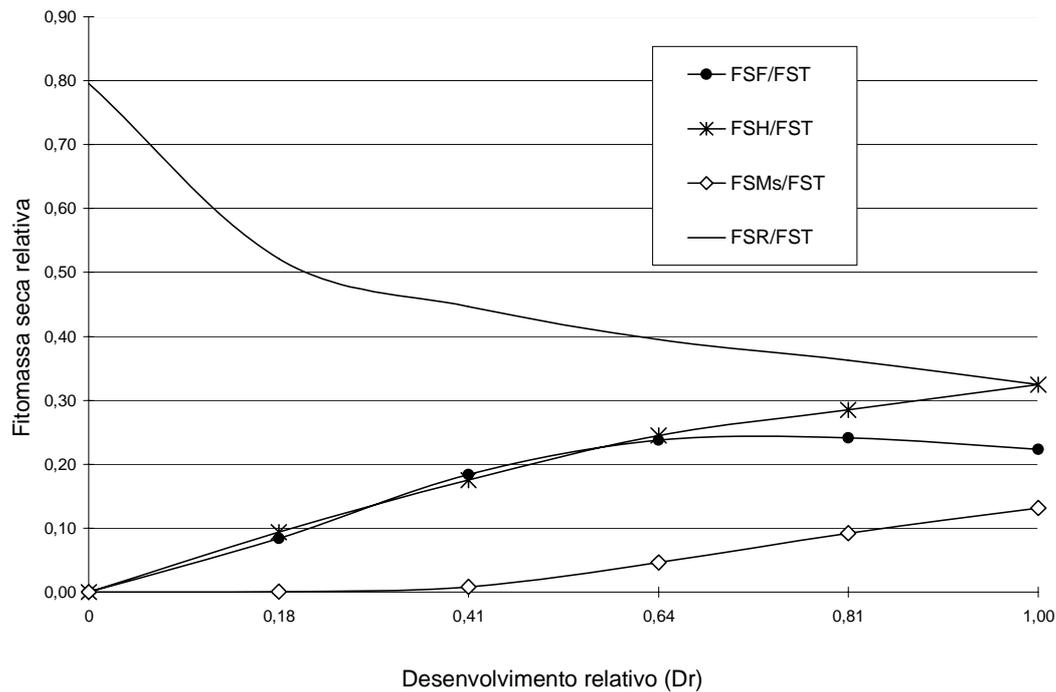


Figura 3. Variação temporal da fitomassa seca relativa do capim *B. brizantha* cv. Xaraés. As curvas de haste, folha e material senescente se referem à fitomassa seca relativa elaborada no ciclo de rebrota considerado

Xaraés no que diz respeito apenas à variação temporal de fitomassa seca relativa de folhas, com pequenas diferenças apenas na magnitude dos valores (Figura 4). Para o capim cv. Marandu, as proporções de fitomassa seca de folhas em relação a fitomassa seca total atingiu no máximo próximo a 20% (Dr = 0.64), vindo a declinar no final do ciclo. Já as formas funcionais das variações temporais de fitomassa seca relativa de haste, material senescente e sistema radicular apresentaram-se de maneira diferenciada aos genótipos, sendo que o capim cv. Marandu apresentou um padrão de declínio de fitomassa seca relativa de sistema radicular menos drásticos até Dr = 0.81.

Nas Figuras 3 e 4, no ponto onde Dr= 0, o restante dos 20% (ordem de grandeza) de fitomassa seca relativa se refere ao material morto da rebrota anterior, componente o qual não é ilustrado graficamente quanto à variação temporal. Contudo, quando o dossel atingiu 64% do desenvolvimento relativo, essas estruturas haviam praticamente se desprendido por completo, vindo a se juntar à material orgânica do solo.

A explicação fisiológica da variação temporal da parte aérea ao longo da rebrota reside no fato que, a partir de 41% do desenvolvimento relativo do dossel (ou 240 graus-dia após o corte), em função da ocorrência do auto-sombreamento das folhas mais velhas pelas mais novas neste subperíodo, desencadeando conseqüentemente uma provável caracterização interceptação máxima (ou próximo disso) de luz quando o dossel atingiu próximo de 64% do desenvolvimento relativo; ou seja, a máxima taxa de acúmulo, a qual é resultante da maior diferença entre fotossíntese bruta e respiração do dossel (Loomis e Connor, 1996).

Na prática, essas variações sugerem que, para populações já estabelecidas, bem homogêneas e adensadas de ambos os genótipos, um subperíodo compreendido entre 41% e 64% do desenvolvimento relativo seria considerado ideal para a colheita ou pastejo (no caso de lotação intermitente) em sistemas intensificados, o que pode acontecer antes de 25 dias de descanso do pasto nas épocas mais quentes do ano, por exemplo. No presente experimento, 41% e 64% do desenvolvimento relativo foram correspondentes a aproximadamente 240 e 360 graus-dia,

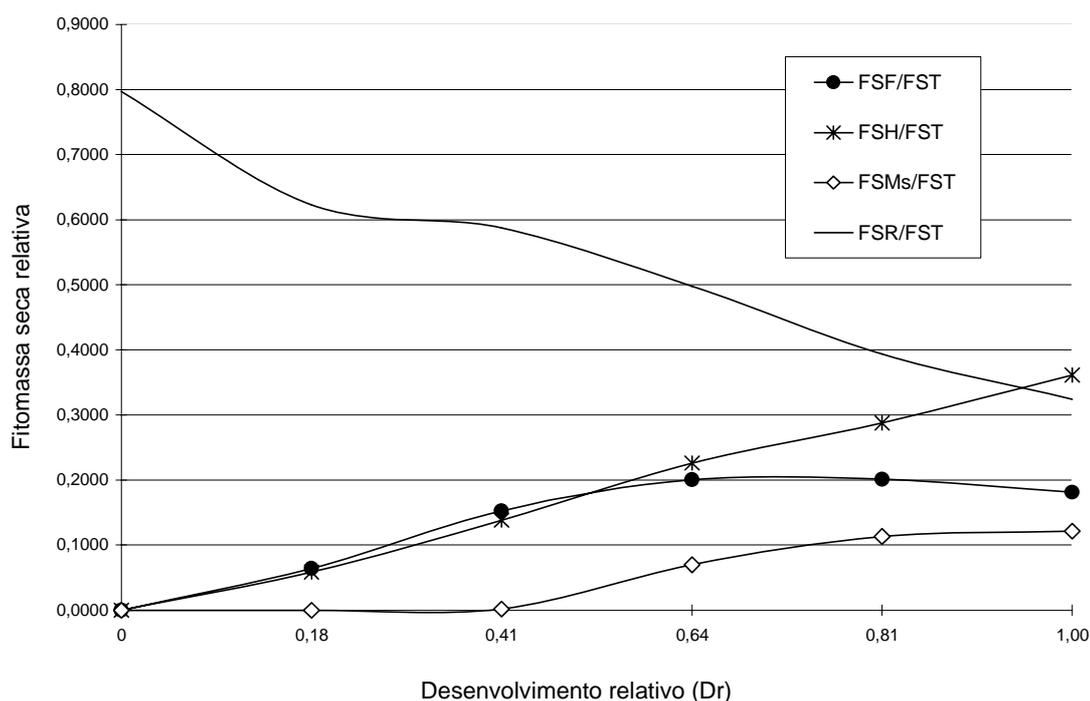


Figura 4. Variação temporal da fitomassa seca relativa do capim *B. brizantha* cv. Marandu. As curvas de haste, folha e material senescente se referem à fitomassa seca relativa elaborada no ciclo de rebrota considerado.

respectivamente, considerando-se a temperatura basal inferior igual a 15 °C. Cabe ressaltar que a rebrota anterior era proveniente de um período de 600 graus-dias de acúmulo, e que apresentava os entre-nós já alongados.

Muito provavelmente, desfolhações que por ventura fossem feitas nesse período (compreendido entre 41% a 64% do desenvolvimento relativo da pastagem) seriam passíveis de garantir as melhores proporções de folha ao longo da rebrota, bem como as menores proporções de haste e material em senescência, e com as raízes ocupando entre 45% e 40% da fitomassa (no caso do capim cv. Xaraés) e entre 50% e 60% (capim cv. Marandu). Isso seria suficiente para garantir também uma rebrota posterior rápida e vigorosa, e traria melhorias ao uso da pastagem ao longo de sua perenização, pois favoreceria a dinâmica das rebrota subseqüentes.

Para ambos os cultivares, a fitomassa seca de sistema radicular, a qual representava aproximadamente 80% da fitomassa seca total no momento do corte

—o restante da fitomassa era referente a perfilhos com meristemas apicais decapitados— teve um drástico declínio em relação à fitomassa seca total do momento inicial do ciclo de rebrota avaliado. Posteriormente, houve declínio em menor aceleração, até que a fitomassa de raízes atingisse por volta de 32.5% da fitomassa seca total no final do ciclo de rebrota (Dr = 1). Essa proporção é inferior às proporções encontradas por Kanno et al. (1999) que relataram valores da ordem de 53% a 76% de fitomassa de raízes em relação ao todo, para diversas gramíneas tropicais.

Entretanto, cabe ressaltar que o sistema empregado no experimento contemplou a ausência de déficit hídrico e a presença de elevados níveis de nitrogênio, o que fez com que o dossel não penalizasse a parte aérea em detrimento do acúmulo de raízes; conceito que se aplicou principalmente ao capim cv. Xaraés que, pelo fato de produzir maior fitomassa seca absoluta e relativa de parte aérea em praticamente todos os estádios de desenvolvimento (Detomini, 2004) caracterizou-se pela maior habilidade, em relação ao capim cv. Marandu, em alocar

carbono para a parte aérea nessas condições. Logo, o capim cv. Xaraés apresenta-se como excelente opção para uso em sistemas intensivos de produção (que contemplam irrigação e suprimento de nitrogênio, p.e.).

O conceito representado na Figura 5 pode elucidar, de uma forma mais clara, a adequação de um genótipo a um determinado ambiente em função de sua partição de fotoassimilados. Se dois genótipos (A e B, por exemplo) são submetidos a uma oferta ambiental não restritiva (cenário 1) ao desenvolvimento vegetal, o genótipo que apresentar maior habilidade em produzir parte aérea deverá ser considerado o mais adequado para sistemas intensivos, como é o caso do genótipo A. Porém, se este mesmo genótipo for submetido a uma restrição ambiental (principalmente de suprimento hídrico-cenário 2) ele deverá supostamente alterar sua partição em prol do sistema radicular, que tenderá a ser relativamente maior e absolutamente menor em fitomassa que o do cenário 1.

Nestas condições, a fitomassa seca absoluta total (parte aérea mais sistema radicular) deverá ser também menor. Isso pode eventualmente ocorrer em menores proporções, no caso do genótipo B, podendo

este vir a produzir absolutamente mais parte aérea que o genótipo A, no caso do cenário 2.

Analogamente ao presente trabalho, estudos posteriores podem ser realizados visando a caracterização da variação temporal de fitomassa seca relativa de outros genótipos também importantes, e levando-se em consideração ainda a presença de animais em pastejo sob lotação intermitente, ao longo de sucessivas rebrotas, executando-se a desfolha quando o dossel atingir 95% a 100% da interceptação luminosa.

Por fim, salienta-se a importância de se desenvolver métodos experimentais que permitam separar as raízes vivas de um ciclo de rebrota anterior ao ciclo de rebrota em estudo das raízes vivas pertencentes a este último, conforme colocado por Detomini et al. (2004). Estudos envolvendo dinâmica de raízes de gramíneas tropicais são limitados, mesmo para as gramíneas de clima temperado (Thornley, 1998) e pouco alimentam os modelos de simulação de acúmulo de fitomassa de pastagens, os quais devem exigir informações de parte aérea e de raízes para serem melhor concebidos e empregados para que se faça a verificação da adequação de um genótipo a um determinado ambiente.

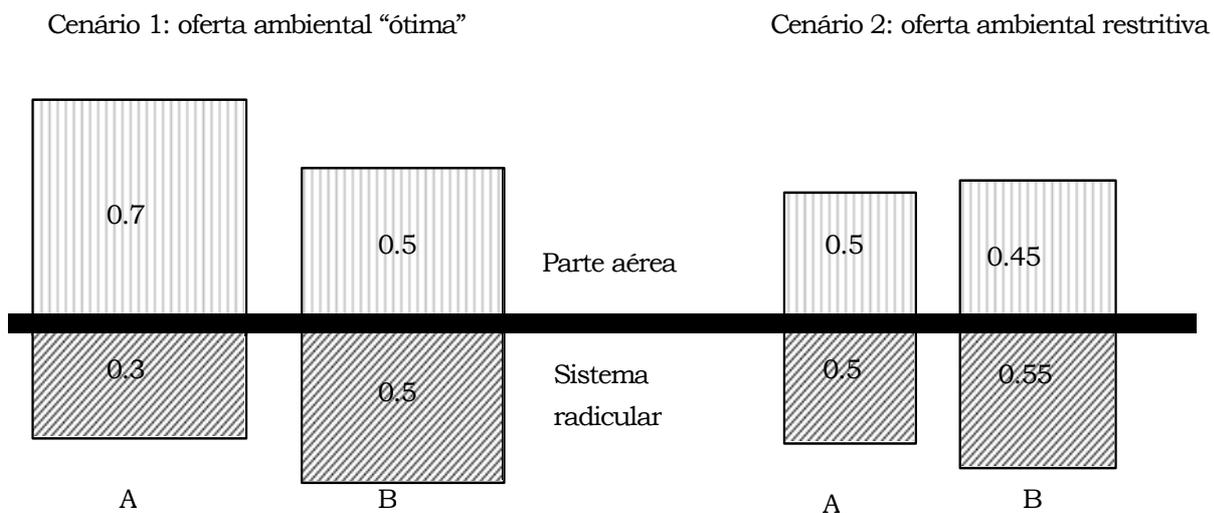


Figura 5. Representação esquemática das diferenças de fitomassa seca absoluta e relativa entre dois genótipos (A e B) sob diferentes cenários (1 e 2) de oferta ambiental. Genótipo A: hábil em produzir parte aérea; Genótipo B: rústico.

Conclusión

O estudo da fitomassa seca relativa de genótipos submetidos a condições não limitantes é fundamental em estudos que buscam a compreensão da interação entre planta e atmosfera, pois fornecem uma idéia geral sobre a caracterização da partição de fotoassimilados numa condição em que o genótipo possa expressar seu potencial biológico de acúmulo de fitomassa e de parte aérea, mais especificamente. O capim *B. brizantha* cv. Xaraés apresenta-se como excelente opção forrageira em sistemas de produção que contemplam um adequado suprimento hídrico e de nutrientes, haja visto a sua maior habilidade em produzir parte aérea nessas condições. A dinâmica do sistema radicular e o rendimento em fitomassa seca relativa da planta sob restrição hídrica e/ou nutricional devem ser também melhor investigados para os principais genótipos empregados em pastagens nos sistemas tropicais.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais à Fundação Agrisus pelo apoio financeiro e pelo fomento às pesquisas voltadas a uma agropecuária sustentável, economicamente viável e socialmente mais justa.

Resumen

Entre noviembre de 2003 y enero de 2004, en el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiros da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) situado en el municipio de Piracicaba, SP, Brasil, bajo condiciones teóricamente óptimas de disponibilidad de humedad y nutrientes, y variables de radiación y brillo solar y temperatura, se hizo una caracterización del cambio temporal de fitomasa seca relativa (FSR) del sistema radicular y componentes de la parte aérea de los cultivares *Brachiaria brizantha* Xaraés y Marandu. La magnitud de los valores de FSR a través del período experimental permitió desarrollar ecuaciones útiles para evaluar las propiedades favorables de estos cultivares en sistemas de producción intensiva en

zonas tropicales, especialmente el cv. Xaraés.

Summary

The study of relative dry-matter of forage plants is essential to characterize the destination of carbon into the plants and to establish the physiological principles that drive the production of the pasture in the existing systems, being therefore very important for decision making in pasture management and for the adoption of some genotypes. Plants need to modify their carbon assimilates partition to take better advantage of the existing environmental conditions. Field trials were carried through in near-optimal conditions of water and nutrients supply in the Plant Production Department of the Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiros da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), aiming to characterize the relative dried biomass of root systems and different tissues of shoots of *Brachiaria brizantha* (Marandu and Xaraés cultivars). Only climatic attributes (solar radiation, temperature and day light length) varied during the trial period. The magnitude of relative dry-matter values, during the trial time, allowed the development of useful equations to assess the suitable properties regarding to the temporal variation of those values, reinforcing the data bases of the chosen genotypes. As Xaraés grass had shown better ability by producing a much shoot under these conditions, this genotype might be mentioned as an excellent option for forage production under intensive management.

Referências

- Bonhomme, R. 2000. Bases and limits to using degree-day units. *Europ. J. Agron.* 13:1-10.
- DetominI, E. R. 2004. Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* variedades cultivadas Marandu e Xaraés. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ),

Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 112 p.

- _____; Dourado Neto, D.; Barioni, L. G.; Manfron, P. A.; Zerbini, M. A.; e Ballaminut, C. E. 2004. Variação das proporções de fotoassimilados em pastagens de capim Xaraés ao longo de uma rebrota. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 41. Campo Grande, 2004. Anais. CD-Rom.
- Kanno, T.; Macedo, M. C.; Euclides, V. P.; Bono, J. A.; Santos, J. D.; Rocha, M. C.; e Beretta, L. G. 1999. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. *Grassl. Sci.* 45:9-14.
- Keulen, H. Van.; Goudriaan, J.; e Seligman, N. G. 1989. Modeling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. En: Russel, G.; Marshall, B.; e Jarvis, P. G. *Plant canopies: their growth, form and function*. Society for Experimental Biology. Seminar series 31. Cambridge University Press. p. 83-104.
- Lascano, C.; Pérez, R.; Plazas, C.; Medrano, J.; e Argel, P. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110): gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Villavicencio, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 22 p.
- Loomis, R. S. e Connor, D. J. 1996. *Crop ecology –Productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press. 538 p.
- Nabinger, C. 2002. Manejo da desfolha. En: Simposio sobre Manejo da Pastagem, 17, Piracicaba, 2002. Anais. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 133-158.
- Pedreira, C. G.; Mello, A. C. de; e Otani, L. 2001. O processo de produção de forragem em pastagens. En: Mattos, W. R. (comp.). *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). p. 772-807.
- Thornley, J. H. 1998. *Grassland dynamics - an ecosystem simulation model*. Wallingford: Cab International. 241 p.
- Villa Nova, N. A.; Barioni, L. G.; Pedreira, C. G.; e Pereira, A. R. 1999. Modelo para produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. *Rev. Bras. Agromet.* 7(1):75-79.

Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal

M. da Silva Brasil*, V. L. Divan Baldani**, J. Ivo Baldani**, e S. Manhães Souto**

Introdução

A principal atividade sócioeconômica no Pantanal é a pecuária de corte, conduzida de maneira extensiva, com alimentação do rebanho constituída, principalmente de pastagens de gramíneas nativas ou exóticas. No entanto, no cultivo dessas pastagens, a utilização de insumos agrícolas, principalmente dos fertilizantes nitrogenados, é praticamente nula.

A região pantaneira é marcada por ciclos de seca e inundação bem definidos sendo por isso um ambiente que tem períodos de limitações de água e de outros nutrientes, ou seja, pode-se dizer que é um agroecossistema extremamente atípico, nessas condições. A inundação influencia o tipo de solo e conseqüentemente a vegetação local. Esta condição pode afetar diretamente a pecuária pantaneira, uma vez que são poucas as forrageiras de alto valor nutritivo adaptadas a condições de inundações periódicas do Pantanal e de solo pouco fértil. A pastagem exótica mais utilizada no pantanal é a braquiária (*Brachiaria* spp.) porque tem um alto valor nutritivo em comparação com as nativas e capacidade de se adaptar bem em diferentes agroecossistemas. Entretanto, muitas forrageiras nativas são também usadas para a alimentação do gado, dentre elas, se destacam o capim Carona (*Elyonurus muticus*) e o capim Mimoso (*Axonopus*

purpusii) que são plantas bem adaptadas às condições climáticas e por isso são bastante usadas nas formações de pastagens do Pantanal.

Em agroecossistema pastoril, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) associada às raízes das plantas forrageiras é uma etapa importante no ciclo do nitrogênio (N) e as bactéria diazotróficas podem representar um componente de papel relevante no suprimento de N para as plantas (Chalk, 1991). Uma possível entrada de N nos agroecossistemas do Pantanal pode ser via FBN feita por bactérias diazotróficas, como por exemplo, *Azospirillum* spp., *Herbaspirillum* spp. e *Burkholderia* spp, dentre outras, que se associam as raízes das gramíneas forrageiras nativas e exóticas.

Estudos sobre esse grupo de microrganismos fixadores, bem como sua possível contribuição à incorporação de nitrogênio no ecossistema para a região pantaneira, são ainda inexistentes. De uma maneira geral, a maioria dos experimentos de inoculação feito até então, em mais de 20 anos, se refere ao gênero *Azospirillum* e as espécies mais usadas foram *A. brasilense* e *A. lipoferum*, no entanto, poucos experimentos foram feitos com forrageiras. Fallik e Okon (1996) observaram aumento do crescimento panicular e matéria seca (MS) de *Setaria italica* cultivada em condições de vaso quando inoculada com *A. brasilense*. Outros experimentos de inoculação com *Azospirillum*, citados por Okon e Labandera-Gonzales (1994), também mostraram efeitos significativos sobre a matéria seca de gramíneas forrageiras, como em *Penisetum americanum*, *P. purpureum*, *Panicum maximum* e *Digitaria decumbens*, *Setaria italica*, *Brachiaria mutica*, e outras. Recentemente

* Bolsista de Pós-graduação da UFRRJ, em Seropédica-RJ.

** Pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ.

Itzigsohn et al. (2000) fizeram experimentos em duas regiões climáticas de Israel com pastagem natural, onde inocularam *A. brasilense* e verificaram aumento da MS da pastagem em relação ao controle não inoculado. Entretanto, os estudos de inoculação com *Azospirillum* ainda não apresentaram conclusões definitivas que indiquem com certeza se os efeitos observados decorrentes da inoculação são provenientes da FBN ou se são efeitos hormonais, os quais podem estimular o crescimento da raiz e esta com consequência, obter mais N do solo, ou ainda, se esses resultados são provenientes da atividade redutase do nitrato pelas bactérias (Bashan e Levanony, 1990).

Por outro lado, a FBN por bactérias diazotróficas associadas a raízes de gramíneas pode ser importante nas condições encontradas no Pantanal, uma vez que o fornecimento de nitrogênio via FBN pode melhorar a produtividade e o valor nutritivo das forrageiras, assim esta associação poderá, a médio prazo, contribuir para o desenvolvimento sócioeconômico da região, através da diminuição dos custos de produção, principalmente do cultivo das forrageiras exóticas e da manutenção do agroecossistema do Pantanal.

Devido aos fatos mencionados, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da inoculação de *Azospirillum* spp. no número de bactérias nas raízes e parte aérea das plantas, bem como, a produção de MS e N total acumulado na parte aérea e produção de MS nas raízes, em três espécies de gramíneas forrageiras do Pantanal.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação na Embrapa Agrobiologia em Seropédica-RJ, Brasil, utilizando vasos sob condições permanente de alagamento durante o período experimental. O solo e mudas das três gramíneas forrageiras usadas no experimento, foram coletadas na fazenda Nhumirim, subregião da Nhecolândia, pertencente à Embrapa Pantanal, situada a 18° 59' S e 56° 39' W.

As espécies de gramíneas usadas

foram duas nativas, o capim Carona (*Elyonurus muticus*) e o capim Mimoso (*Axonopus purpusii*) e uma exótica, o capim Braquiaria também chamado de kikuio da Amazonia (*Brachiaria humidicola*). O solo tipo Podzol Hidromórfico, contendo em média 0.5% de matéria orgânica e 2% de argila, apresentou a seguinte composição química nos 20 cm superficiais: pH = 4.5, Ca + Mg = 0.6 cmol_c/dm³, Al = 0.3, P = 18 mg/kg e K = 27 mg/kg. O solo foi peneirado em peneira de 2 mm e colocado 3 kg de solo em cada vaso com capacidade para 5 kg, onde as mudas dos capins foram plantadas 15 dias após sua aclimação.

Antes do plantio foram feitas contagens de bactérias diazotróficas nesse solo com todos os meios de cultivos pelo método NMP (Dobereiner et al., 1995) e foram encontradas em torno de 10³ células/g de solo. O solo foi adubado com 2 g/vaso do composto Fosfomag (15% P e 20% Mg) macerado.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com os vasos arranjados num fatorial 3 x 3 x 3, de três tratamentos (controle sem inoculação, inoculação de uma mistura de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*) três espécies de capins: Braquiaria, Carona e Mimoso e três épocas de coleta (30, 60 e 90 dias após a inoculação) e quatro repetições.

As bactérias do gênero *Azospirillum*, isoladas das próprias plantas, foram inoculadas nas forrageiras a fim de se avaliar o efeito das mesmas sobre a produção de MS aérea e acúmulo de N. Para a inoculação, as bactérias foram crescidas em meio DYGS por 24 h e 2 ml dessa suspensão contendo 10⁸ células/ml foram inoculadas em cada vaso. Três dias após a inoculação os vasos foram inundados com uma lâmina d'água de 3 a 4 cm. A contagem de bactérias diazotróficas na raiz lavada, esterelizada e na parte aérea da planta foi feita pelo método do NMP nas placas com meio NFb semisólido e sólido para *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum*, e nas placas com meio LGI semisólido e sólido para *A. amazonense*. A avaliação da produção de MS e do N acumulado na parte aérea de plantas dos capins foi feita nas três

coletas, ao passo que, a produção de MS das raízes foi feita na segunda e terceira coletas. O N foi avaliado pelo método de Kjeldahl modificado por Alves et al. (1989). As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o programa estatístico MSTATC e o teste Tukey a 5% de probabilidade foi aplicado, na separação das médias. Foi também usado o Programa SAEG Versão 9.0, para análise de regressão e correlações de Pearson.

Resultados e discussão

Resultados do número de bactérias crescidas das raízes lavadas, esterelizadas e da parte aérea das plantas dos três capins são mostrados nas Tabelas 1, 2 e 3 para o meio LGI e Tabelas 4, 5 e 6 para o meio NFB. Apesar de não ter sido observada diferenças significativas entre os tratamentos com inoculação e entre as coletas, na população de bactérias diazotróficas nas amostras de raízes lavadas e raízes esterilizadas (Tabela 1) de capim Braquiaria (*B. humidicola*) inoculadas em meio LGI houve efeito da inoculação na população de bactérias dentro da primeira coleta nas raízes lavadas e na segunda coleta nas raízes esterelizadas. Isso sugere

que houve um incremento de um número maior de bactérias advindo da inoculação que pode ter produzido um efeito sinérgico sobre a população préexistente nas mudas das plantas, estimulando o crescimento desses microrganismos.

Na parte aérea (Tabela 1) houve diferença no número de bactérias crescidas no meio LGI entre as épocas de coleta, com os maiores valores encontrados nas duas últimas coletas. Na segunda coleta a inoculação com a mistura de *Azospirillum* e o controle apresentaram maior número de bactérias do que o tratamento com *A. amazonense*, enquanto que este tratamento na terceira coleta foi superior a mistura. O número de bactérias crescidas no meio LGI proveniente da parte aérea do capim Braquiária foi altamente correlacionado ($R = 0.81$, $P < 0.0039$) com a produção de MS da parte aérea do capim.

A população de bactérias presentes nas raízes lavadas e parte aérea (Tabela 2) do capim Mimoso (*A. purpusii*) crescidas no meio LGI não foi diferente entre e dentro das coletas e entre tratamentos de inoculação. Isso pode indicar que a população das bactérias presentes nas mudas dessas plantas

Tabela 1. Logaritmo do número de bactérias/planta crescidas em meio LGI em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim braquiaria (*Brachiaria humidicola*) nos tratamentos, controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Azospirillum. brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
(A) Raízes lavadas				
Controle	4.723 b*	6.143 a	5.715 a	5.520 A
Mistura	6.095 a	6.077 a	6.102 a	6.092 A
<i>A. amazonense</i>	5.980 a	5.867 a	6.590a	6.146 A
Média	5.59 A	6.029 A	6.136 A	
(B) Raízes esterilizadas				
Controle	2.470 a	2.470 b	3.320 a	2.753 A
Mistura	3.200 a	3.920 a	4.410 a	3.843 A
<i>A. amazonense</i>	3.375 a	3.015 a	3.232 a	3.208 A
Média	3.015 A	3.135 A	3.654 A	
(C) Parte aérea				
Controle	4.475 a	5.442 a	5.895 a	5.271 A
Mistura	3.732 a	5.442 a	5.132 b	4.769 A
<i>A. amazonense</i>	3.535 a	3.962 b	6.377 a	4.625 A
Média	3.914 B	4.949 A	5.802 A	

* Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Logaritmo do número de bactérias/planta crescidas em meio LGI em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim Mimoso (*Axonopus purpusii*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Azospirillum brasilense* e *A.lipoferum* e inoculação de *A.amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
	(A) Raiz lavada			
Controle	5.980 a*	5.785 a	6.492 a	6.086 A
Mistura	5.765 a	5.827 a	6.450 a	6.014 A
<i>A.amazonense</i>	5.030 a	5.560 a	6.348 a	5.546 A
Média	5.592 A	5.724 A	6.430 A	
	(B) Raiz esterilizada			
Controle	3.420 b	3.890 a	5.915 a	4.408 A
Mistura	4.158 a	3.997 a	6.012 a	4.722 A
<i>A.amazonense</i>	2.563 b	4.450 a	5.487 a	4.167 A
Média	3.380 B	4.112 AB	5.805 A	
	(C) Parte aérea			
Controle	4.728 a	4.947 a	6.185 a	5.287 A
Mistura	5.242 a	5.575 a	5.762 a	5.527 A
<i>A.amazonense</i>	5.512 a	5.535 a	6.276 a	5.775 A
Média	5.165 A	5.352 A	6.075 A	

* Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

não sofreu qualquer mudança devido a uma inoculação de um número maior de bactérias diazotróficas.

Já nas raízes esterilizadas houve um efeito da época de coleta (C) sobre o número de bactérias (NB) diazotróficas, mostrado na Tabela 2 e evidenciado pela equação de regressão ajustada: $NB = 2.04 + 0.0400C$ ($R^2 = 0.81$, $P < 0.0020$). Isto pode estar relacionado com as condições fisiológicas da planta que estaria nesse período já aclimatada às condições de vaso e alagamento, podendo liberar exsudatos que podem ter contribuído numa maior densidade de microrganismos. Dentro da primeira coleta o tratamento de inoculação com a mistura de *Azospirillum* pode ter beneficiado de alguma forma o aumento no número de bactérias diazotróficas ou a bactéria inoculada pode ter sido mais competitiva que as outras já existentes na planta.

O capim Carona (*E. muticus*) mostrou diferenças significativas no número de bactérias (NB) crescidas nas raízes lavadas e esterilizadas em meio LGI (Tabela 3) no decorrer das coletas (C), respectivamente expressas pelas equações ajustadas de regressão: $NB = 4.989 + 0.0183C$ ($R^2 = 0.63$,

$P < 0.0108$) e $NB = 6.367 - 0.1050C + 0.0012C^2$ ($R^2 = 0.89$, $P < 0.0013$). No entanto, não foi verificado o efeito de tratamento com inoculação nas coletas, bem como entre os tratamentos dentro das coletas. A maior densidade de bactérias na terceira coleta pode estar relacionada também às condições fisiológicas da planta, estando esta mais adaptada às condições do experimento nessa última fase. O número de bactérias crescidas no meio LGI, proveniente de raízes lavadas do capim Carona, correlacionou negativamente ($R = -0.81$, $P < 0.0255$) com a produção de raízes do capim. Também foi encontrado um maior número de bactérias (NB) diazotróficas na parte aérea dessa planta com o decorrer das coletas (C), expresso pela equação ajustada de regressão: $NB = 9.200 - 0.1950C + 0.001833C^2$ ($R^2 = 0.89$, $P < 0.0013$), porém, foi observado efeito da inoculação sobre a população dessas bactérias na segunda coleta, mostrando maior número dos microrganismos nos tratamentos mistura de *Azospirillum* e controle (Tabela 3). Isto pode ser devido a efeitos sinérgicos entre a população nativa e a inoculada na planta.

As raízes lavadas e esterilizadas (Tabela 4) do capim Braquiaria não apresentaram diferenças significativas na população de bactérias diazotróficas que

Tabela 3. Logaritmo do número de bactérias por planta crescidas em meio LGI em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim Carona (*Elyonurus muticus*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Asozpirillum brasilense* e *A.lipoferum* e inoculação de *A.amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
	(A) Raiz lavada			
Controle	5.033 a*	6.490 a	6.615 a	6.046 A
Mistura	5.437 a	5.665 a	6.402 a	5.835 A
<i>A. amazonense</i>	5.980 a	6.480 a	6.742 a	6.401 A
Média	5.483 B	6.212 AB	6.587 A	
	(B) Raiz esterilizada			
Controle	4.553 a	4.617 a	6.517 a	5.229 A
Mistura	3.738 a	4.313 a	5.892 a	4.647 A
<i>A. amazonense</i>	4.538 a	3.872 a	6.700 a	5.037 A
Média	4.276 B	4.267 B	6.370 A	
	(C) Parte aérea			
Controle	5.472 a	4.050 a	7.140 a	5.554 A
Mistura	4.530 a	4.725 a	6.015 a	5.090 A
<i>A. amazonense</i>	5.007 a	3.450 b	6.370 a	4.942 A
Média	5.003 AB	4.075 B	6.508 A	

* Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

cresceram no meio NFb no decorrer das três coletas, bem como não foram verificadas diferenças entre os tratamentos ao longo das coletas. Também não foi verificado efeito do tratamento sobre a densidade dessas bactérias em cada coleta, exceto na

segunda coleta da parte aérea (Tabela 4) onde o tratamento com a mistura de *Asozpirillum* foi superior ao tratamento com *A. amazonense* mas não diferenciando do controle.

Tabela 4. Logaritmo do número de bactérias por planta crescidas no meio NFb. em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim Braquiaria (*Brachiaria humidicola*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Asozpirillum brasilense* e *A.lipoferum* e inoculação de *A.amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
	(A) Raiz lavada			
Controle	6.840 a*	6.087 a	6.120 a	6.349 A
Mistura	6.382 a	6.172 a	6.055 a	6.203 A
<i>A. amazonense</i>	6.645 a	5.785 a	6.492 a	6.307 A
Média	6.622 A	6.015 A	6.222 A	
	(B) Raiz esterilizada			
Controle	4.345 a	3.975 a	2.950 a	3.757 A
Mistura	4.462 a	4.770 a	3.795 a	4.342 A
<i>A. amazonense</i>	4.577 a	3.635 a	2.752 a	3.655 A
Média	4.462 A	4.127 A	3.166 A	
	(C) Parte aérea			
Controle	4.810 a	5.245 ab	5.467 a	5.174 A
Mistura	4.170 a	5.770 a	5.077 a	5.006 A
<i>A. amazonense</i>	5.255 a	4.347 b	5.885 a	5.162 A
Média	4.745 A	5.121 A	5.477 A	

*Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O capim Mimoso não apresentou diferenças no número de bactérias diazotróficas em todas as partes da planta (Tabela 5) no decorrer das épocas de coleta, bem como entre os tratamentos. As raízes lavadas e parte aérea também não mostraram efeito do tratamento com inoculação dentro de cada coleta, no entanto, as raízes lavadas na terceira coleta apresentaram efeitos significativos decorrentes dos tratamentos, mostrando um número de bactérias maior no controle sem inoculação que nos outros tratamentos. É possível que as bactérias inoculadas não foram tão competitivas em relação às aquelas pré-existentes nas plantas e sua população tenha diminuído ou tenha se mantido estável como aconteceu para as outras partes da planta, não conseguindo se estabelecer.

O número de bactérias diazotróficas nas raízes lavadas de capim Carona (Tabela 6) não foi diferente para as três épocas amostradas e também não houve efeito de tratamento entre as coletas e em coletas separadas. É possível que as bactérias inoculadas não foram tão competitivas quanto a população natural da planta. Nas raízes esterilizadas (Tabela 6) a população

de bactérias diazotróficas foi significativamente maior na terceira coleta quando comparada com a segunda, mas diferenciou da primeira coleta. Analisando a segunda e terceira coletas separadamente, podemos observar que na segunda coleta o número de bactérias no tratamento com a mistura de bactérias se igualou estatisticamente ao controle e foi superior ao inoculado com *A. amazonense*. Isto pode indicar que a inoculação da mistura de *Azospirillum* pode ter estimulado o aumento da população de bactérias nativas dessa planta. Na terceira coleta, o tratamento com *A. amazonense* apresentou maior número de bactérias que o tratamento inoculado com a mistura mas não diferenciou do controle.

Não houve efeito da coleta sobre o número de bactérias presentes na parte aérea da planta, bem como efeito de tratamento inoculação (Tabela 6). Analisando a parte aérea da planta em cada coleta, observou-se que o tratamento com *A. amazonense* promoveu um aumento do número de bactérias diazotróficas na primeira coleta, enquanto na segunda coleta ela não diferenciou da inoculação com a mistura de *Azospirillum* e do controle o que pode indicar, de certa forma, que a inoculação de bactérias

Tabela 5. Logaritmo do número de bactérias por planta crescidas no meio NFb em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim Mimoso (*Axonopus purpusii*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *A. brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
(A) Raiz lavada				
Controle	5.747 a*	5.205 a	6.465 a	5.806 A
Mistura	4.995 a	5.730 a	5.945 b	5.557 A
<i>A. amazonense</i>	5.430 a	5.642 a	5.472 b	5.515 A
Média	5.391 A	5.526 A	5.961 A	
(B) Raiz esterilizada				
Controle	3.515 b	3.123 a	4.740 a	5.806 A
Mistura	4.577 a	3.123 a	3.745 a	5.557 A
<i>A. amazonense</i>	3.123 b	3.320 a	4.695 a	3.71 B
Média	3.738 A	3.188 A	4.393 A	
(C) Parte aérea				
Controle	5.640 a	4.947 a	5.620 a	5.402 A
Mistura	5.832 a	5.640 a	5.860 a	5.777 A
<i>A. amazonense</i>	5.105 a	5.455 a	5.740 a	5.433 A
Média	5.552 A	5.347 A	5.740 A	

a. Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Logaritmo do número de bactérias por planta crescidas no meio NFb em raízes lavadas (A), raízes esterilizadas (B) e parte aérea (C) de capim Carona (*Elyonurus muticus*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *A. brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*. Média de quatro repetições.

Tratamento	Coletas (meses após a inoculação)			Média
	1	2	3	
	(A) Raiz lavada			
Controle	6.615 a	6.247 a	7.140 a	6.667 A
Mistura	6.397 a	6.183 a	6.427 a	6.336 A
<i>A. amazonense</i>	6.865 a	6.120 a	6.840 a	6.608 A
Média	6.626 A	6.183 A	6.802 A	
	(B) Raiz esterilizada			
Controle	5.600 a	4.572 ab	6.145 ab	5.439 A
Mistura	6.365 a	5.907 a	5.487 b	5.920 A
<i>A. amazonense</i>	5.680 a	3.690 b	6.840 a	5.403 A
Média	5.882 AB	4.723 B	6.157 A	
	(C) Parte aérea			
Controle	5.955 b	5.017 b	6.207 a	5.727 A
Mistura	4.805 b	6.055 ab	6.207 a	5.689 A
<i>A. amazonense</i>	6.615 a	6.642 a	6.390 a	6.549 A
Média	5.792 A	5.905 A	6.262 A	

* Valores seguidos de mesma letra minúscula dentro de cada coluna para coletas e maiúscula na coluna para médias dos tratamentos de inoculação e médias de coletas não são diferentes significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

estimulou o crescimento da população nativa na parte aérea, podendo ter contribuído para a eficiência na FBN, bem como para o melhor desenvolvimento das raízes, devido aos possíveis efeitos hormonais que possuem essas bactérias.

De uma maneira geral, a inoculação de bactérias diazotróficas em plantas que já possuem uma microflora nativa pode resultar numa interação sinérgica entre as bactérias inoculadas e as nativas, sendo que as inoculadas podem contribuir para um melhor desempenho de microrganismos benéficos presentes na planta. Bashan e Holguin (1997) numa revisão sobre as relações de *Azospirillum* com as plantas mostraram que misturas de bactérias interagem entre si e auxiliam na produção de nutrientes, remoção de alguns produtos inibitórios, cooperando um com o outro através de mecanismos físicos e bioquímicos. Outra hipótese levantada é que as bactérias inoculadas poderiam ser mais competitivas e se estabeleceriam melhor no solo. Burdman et al. (2000) descreveram que as bactérias do gênero *Azospirillum* possuem várias características que parecem contribuir para sua sobrevivência e competitividade no solo, como a quimiotaxia e motilidade, além de

produzir bacteriocinas que podem aumentar a competitividade no solo.

Os resultados dos efeitos da inoculação com *Azospirillum* na produção de MS da raiz, da parte aérea e acúmulo de N da parte aérea das coletas nos três capins são mostrados nas Figura 1, 2 e 3, respectivamente. Observações nas diferenças no volume das raízes das plantas com e sem inoculação durante as coletas, estimulou a investigação do efeito da inoculação sobre o peso da MS das raízes na segunda e terceira coletas.

As plantas do capim Braquiaria inoculadas com a mistura de *Azospirillum*, assim como com *A. amazonense* tiveram produção da MS radicular significativamente maior que o tratamento sem inoculação nas duas coletas avaliadas (Figura 1). No capim Mimosa foram observadas diferenças significativas das plantas inoculadas com *A. amazonense* em relação àquelas inoculadas com a mistura de *Azospirillum* na coleta feita aos 60 dias, no entanto não foi melhor que o controle. Aos 90 dias pôde-se notar que as plantas de capim Mimosa inoculadas com a mistura de *Azospirillum* foi significativamente maior que os outros tratamentos (Figura 1).

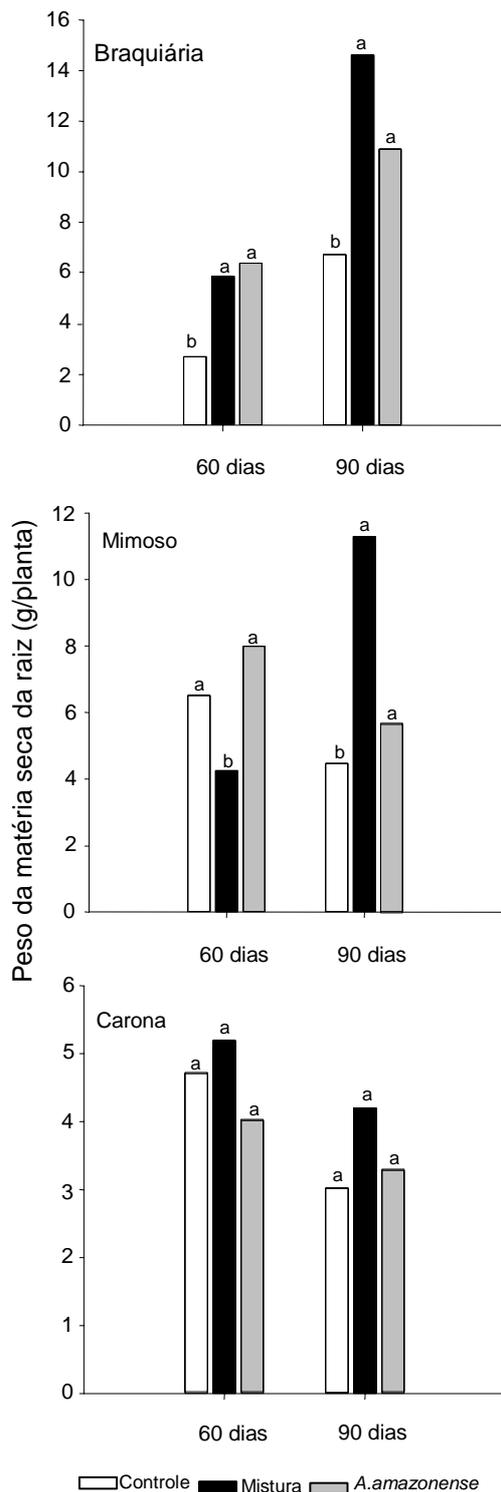


Figura 1. Peso da MS da raiz de Braquiária (*Brachiaria humidicola*), capim Mimoso (*Axonopus purpusii*), capim Carona (*Elyonurus muticus*), em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Azospirillum brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*. Média de quatro repetições. Valores seguidos de mesma letra dentro de cada coleta não são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5%.

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com inoculação nas duas coletas realizadas na produção de MS de raízes do capim Carona (Figura 1). O aumento da MS das raízes no presente trabalho deve estar relacionado com a produção de fitormônios das bactérias inoculadas, que pode induzir o crescimento das raízes. Muitos autores atribuem que esta característica aliada à FBN é muito importante uma vez que as plantas podem dessa maneira aumentar a sua capacidade de absorção de água e nutrientes essenciais para o seu crescimento. Okon e Kapulnik (1986) relataram que os principais efeitos da inoculação com *Azospirillum* foram derivados de mudanças morfológicas e fisiológicas em raízes das plantas inoculadas, precedido do aumento da absorção de água e sais minerais.

Não foi observado efeito dos tratamentos de inoculação na produção de MS da parte aérea do capim Braquiária na coleta feita aos 30 e 90 dias após a implantação do experimento, no entanto aos 60 dias, as plantas submetidas aos tratamentos com inoculação apresentaram produção de MS superior ao controle (Figura 2).

O capim Mimoso não apresentou diferença na produção de MS entre os tratamentos com inoculação na coleta feita aos 30 dias, porém ao 60 dias o tratamento com *A. amazonense* mostrou-se superior ao tratamento com a mistura e com o controle, e aos 90 dias ambos tratamentos com inoculação não diferenciaram entre si mas apresentaram maior produção de MS de parte aérea do que o controle (Figura 2).

Por ser uma planta pouco adaptável as condições de alagamento e sendo uma planta nativa da região pantaneira, o capim Carona teve dificuldades de aclimação em casa de vegetação, uma vez que foram observadas muitas oscilações no desenvolvimento da planta durante o período experimental, o que poderia explicar o comportamento desse capim em relação aos tratamentos impostos. Mesmo assim, na coleta feita aos 30 dias, as plantas inoculadas apresentaram produções de MS da parte aérea superior ao controle. Aos 60 dias o tratamento com a mistura de *Azospirillum* produziu mais MS do que o

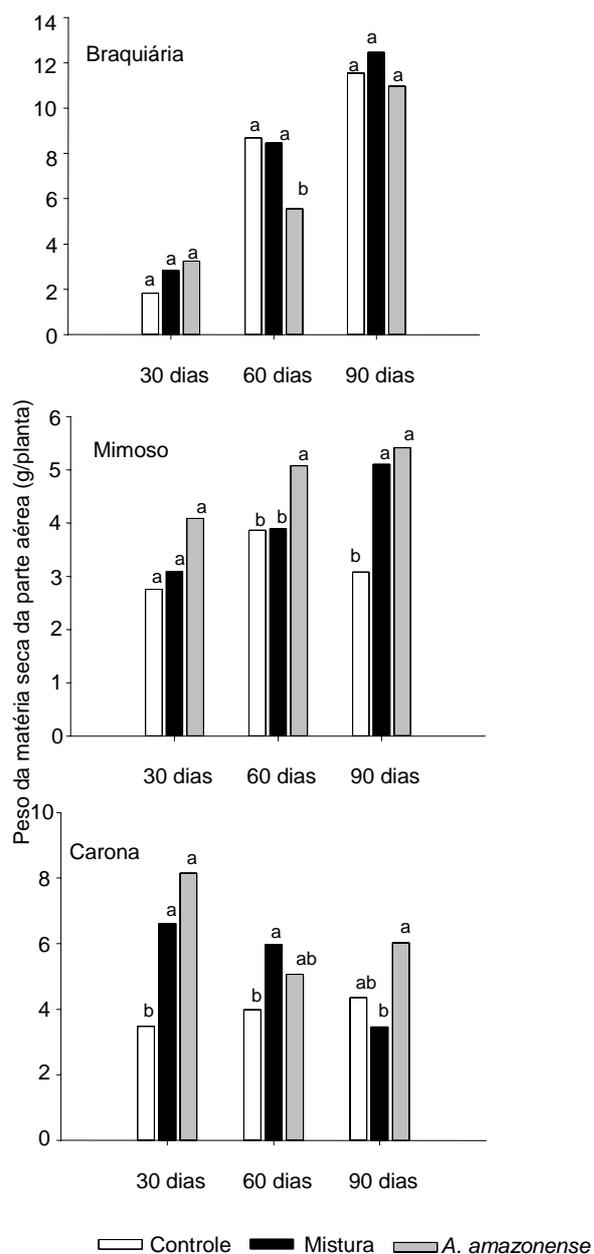


Figura 2. Peso da MS da parte aérea de Braquiária (*Brachiaria humidicola*), capim Mimoso (*Axonopus purpusii*) e capim Carona (*Elyonurus muticus*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *Asozpirillum brasilense* e *A.lipoferum* e inoculação de *A.amazonense*. Média de quatro repetições. Valores seguidos de mesma letra dentro de cada coleta não são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5%.

controle, porém aos 90 dias foi a inoculação com *A. amazonense* que se destacou, mas não foi diferente do tratamento controle (Figura 2).

Foi observado um efeito significativo

da inoculação com mistura de *A. brasilense* + *A. lipoferum* no N acumulado na parte aérea de plantas do capim Braquiária aos sessenta e noventa dias após a instalação do experimento (Figura 3). No capim Mimoso esse mesmo efeito foi observado aos noventa dias após a inoculação da mistura. Para o capim Carona a inoculação com a mistura promoveu um aumento significativo no acúmulo de N na primeira e segunda coletas.

Os resultados obtidos mostraram que os efeitos da inoculação sobre a produção da MS e acúmulo de N na parte aérea das plantas dos três capins variaram de acordo com a espécie em estudo, mas de uma maneira geral, os efeitos da inoculação de bactérias na planta tornaram-se mais evidentes aos sessenta e aos 90 dias. Provavelmente este foi o tempo que as bactérias levaram para aclimatar e restabelecer o equilíbrio com os microrganismos presentes nas plantas.

Um fato interessante foi o efeito da inoculação com a mistura de bactérias em relação a inoculação com o *A. amazonense*. Poucos estudos de inoculação em plantas, envolvendo misturas de estirpes de *Azospirillum* em comparação à inoculação de apenas uma estirpe, têm sido feitos. O trabalho desenvolvido por Han e New (1998) mostrou aumento na MS e acúmulo de N em plantas de trigo quando as plantas foram inoculadas com uma mistura de estirpes de *Azospirillum* em comparação com a inoculação simples. Oliveira (2000) num experimento de inoculação de bactérias diazotróficas em plantas de cana de açúcar mostrou que a inoculação com a mistura de estirpes foi capaz de suprir em mais de 30% as necessidades de nitrogênio das plantas inoculadas quando comparadas com a comunidade bacteriana natural. Por outro lado, os trabalhos de inoculação em gramíneas forrageiras e de grãos têm apontado a espécie *A. brasilense* como aquela que tem apresentado melhores resultados (Fallik e Okon, 1996; Itzigsohn et al., 2000).

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram algumas vezes a eficiência da inoculação, isto pode ser explicado pelo fato que essas plantas foram

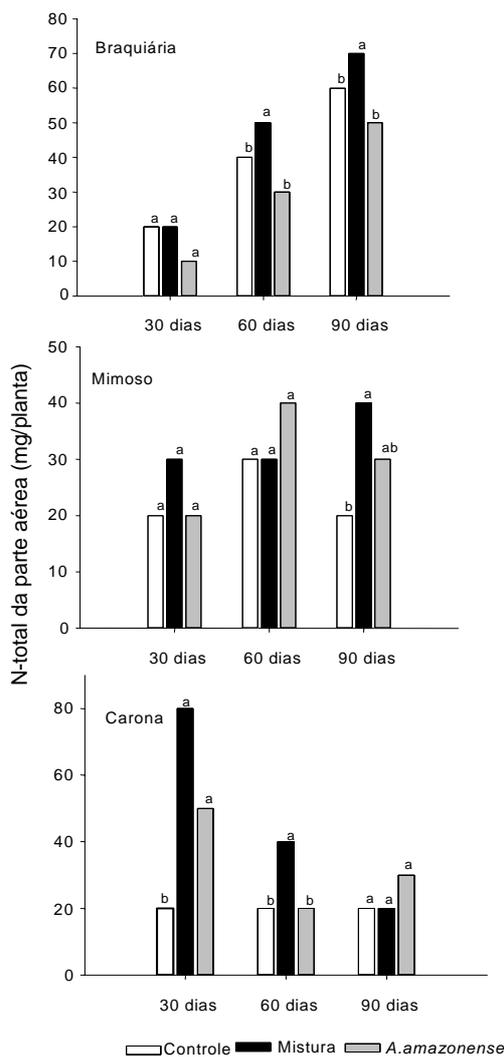


Figura 3. N total da parte aérea de Braquiária (*Brachiaria humidicola*), capim Mimoso (*Axonopus purpusii*) e capim Carona (*Elyonurus muticus*) em diferentes épocas e nos tratamentos controle sem inoculação, inoculação da mistura de *A. brasilense* e *A. lipoferum* e inoculação de *A. amazonense*. Média de quatro repetições. Valores seguidos de mesma letra dentro de cada coleta não são significativamente diferentes pelo teste Tukey a 5%.

inoculadas com bactérias previamente isoladas das próprias plantas, indicando haver uma certa especificidade entre a planta e o hospedeiro. A literatura consultada não mostra muitos estudos na área de inoculação de gramíneas forrageiras, principalmente as tropicais. Assim, o pioneirismo deste trabalho mostra a viabilidade de se usarem métodos biológicos que permitem estudar a ciclagem de nutrientes no ambiente pantaneiro.

Conclusões

Os efeitos da inoculação de bactérias na planta tornou-se mais evidente aos 60 e 90 dias após o plantio. Os efeitos da inoculação variaram de acordo com a espécie de capim em estudo, porém grande parte das plantas inoculadas com a mistura de bactérias (*A. brasilense* + *A. lipoferum*) apresentaram maior produção de MS de raiz, de parte aérea e acúmulo de N do que o controle sem inoculação.

Resumen

En casa de vegetación de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrobiologia) localizada en Seropédica-RJ, Brasil, se evaluaron los efectos de la inoculación con *Azospirillum* spp. en la colonización de bacterias, la acumulación de N y producción de MS en la parte aérea y las raíces de las gramíneas Carona (*Elyonurus muticus*), Mimoso (*Axonopus purpusii*) y Braquiaria (*Brachiaria humidicola*). Las plantas fueron establecidas en macetas con suelo Podzol Hidromórfico recolectado en la subregión de la Nhecolândia (18° 59' S e 56° 39' O) de Pantanal, Brasil. Antes de la siembra se hicieron conteos de bacterias diazotróficas en el suelo, encontrándose un promedio de 10³/g de suelo. Se utilizó un diseño de bloques al azar en arreglo factorial 3 x 3 x 3 (tres tratamientos de inoculación = control sin inoculación, inoculación de una mezcla de *A. brasilense* y *A. lipoferum* e inoculación de *A. amazonense*), tres especies de forrajeras y tres épocas de cosecha (30, 60 y 90 días después de la inoculación) con cuatro repeticiones. Para la inoculación, las bacterias fueron aisladas de plantas nativas del Pantanal. Tres días después de la inoculación las macetas fueron inundadas con una lámina de agua de 3 a 4 cm. Los efectos de los tratamientos en el número de bacterias en las raíces y en la parte aérea de las plantas dependieron de la combinación entre el medio de cultivo, la especie de forrajera y la época de recolección. En general, se observó un efecto de sinergia entre las bacterias inoculadas y las nativas en el suelo. El aumento de la producción de MS en las raíces posiblemente se relacionó con la producción de fitohormonas por las

bacterias inoculadas, lo que puede inducir el crecimiento de las raíces. Los efectos de la inoculación sobre la producción de MS y la acumulación de N en la parte aérea de las plantas de las tres gramíneas variaron de acuerdo con la especie en estudio y el tiempo después de la inoculación. La inoculación con la mezcla de *Azospirillum* mostró los mejores resultados después de 60 y 90 días. El conocimiento de las bacterias diazotróficas asociadas con las forrajeras del Pantanal ayudará a la realización de nuevos trabajos que contribuirán a un mejor desarrollo de los sistemas agropastoriles en esa región.

Summary

This work evaluates the effects of the inoculation of *Azospirillum* in a bacteria culture, the cumulated N and the DM yield in the roots and shoots of the grasses Carona (*Elyonurus muticus*), Mimosa (*Axonopus purpusii*) and Braquiaria (*Brachiaria humidicola*) sowed in pots with Podzol Hydromorphic collected from the sub-region of Nhecolândia (18° 59' S e 56° 39' W) of Pantanal, Brasil. Before the sowing, countings of diazotrophic bacteria in the soil were made, finding around 10³ cells/g soil. A randomized block design in a factorial array 3 x 3 x 3 was used (three treatments of inoculation = control without inoculation, inoculation of a combination of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum*, and inoculation of *A. amazonense*), three species of forages, three times of harvesting (30, 60 and 90 days after the inoculation), and four repetitions. For the inoculation, bacteria from the Pantanal native plants were isolated. Three days after the inoculation, the pots were flooded with a 3-4 cm layer of water. The effects of the treatments with inoculation in the number of bacteria in the roots and shoots depended on the combination between the culture (LG or NFb), the forage species and the time of harvesting; in general, a synergy effect between the inoculated and the soil-native bacteria was observed. The increase of DM yield in the roots was related probably on the phytohormones produced by the inoculated bacteria, which could induce to the growth of the roots. The effects of the inoculation on the DM yield and the N accumulation in the shoots of the three

species of grasses varied according to the studied species and the time after the inoculation. The inoculation with the mixture of *Azospirillum* showed higher results after 60 and 90 days. The knowledge of the diazotrophic bacteria associated to the Pantanal forrages will permit the establishment of new studies contributing to a better development of an agro-pastoral system in the Pantanal conditions.

Referências

- Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Cadisch, J.; Souto, C. M.; e Boddey, R. M. 1989. In situ estimation of soil nitrogen mineralization. En: Dynamics of soil organic matter in relation to sustainability of tropical agriculture Soil Microbiology and Biochemistry. San Diego: Academic Press.
- Bashan, Y. e Levanony, H. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36:591-608.
- Bashan, Y. e Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990 - 1996). Can. J. Microbiol. 43:103-121.
- Burdman, S.; Okon, Y.; e Jukervitch, E. 2000. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. Critical Rev. Microb. 26(2):91-110.
- Chalk, P. M. 1991. The contribution of associative and symbiotic nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of non-legumes. Plant Soil 132:29-39.
- Döbereiner, J.; Baldani, V. L. D.; e Baldani, J. I. 1995. Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas. Brasília: Embrapa-SPI: Itaguaí, RJ : Embrapa-CNPAB. 60 p.
- Fallik, J. e Okon, Y. 1996. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: biomass production, survival and growth

- promotion of *Setaria italica* and *Zea Mays*. Soil. Biol. Biochem. 28:123-126.
- Han, S. O. e New, P. B. 1998. Variation in Nitrogen fixing ability among natural isolates of *Azospirillum*. Microbiol. Ecol. 36:193-201.
- Itzigsohn, R.; Burdman, S.; Okon, Y.; Zaady, E.; Yonatan, R.; e Perevolotsky, A. 2000. Plant-growth promotion in natural pastures by inoculation with *Azospirillum brasilense* under suboptimal growth conditions. Arid Soil Res. Rehab. 13:151-158.
- Okon, Y. e Labandera-Gonzalez, C. A. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil Biol. Biochem. 12(26):1591-1601.
- Okon, Y. e Kapulnik, Y. 1986. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. Plant Soil 90:3-16.
- Oliveira, A. L. M. 2000. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio por bactérias diazotróficas na cultura da cana-de-açúcar: avaliação da interação entre espécies de relevância agronômica com a planta hospedeira . Rio de Janeiro-RJ., Tese de Mestrado UFRJ, DBV. 127 p.

Análise por componentes principais e regressão de nutrientes acumulados por capins tropicais sob efeito de doses de nitrogênio via chorume bovino

A. de Moura Zanine*, P. F. Dias**, S. Manhães Souto***, J. R. Costa*** e L. J. Motta^φ

Introdução

O chorume é obtido da água de lavagem de currais, pocilgas e granjas, sendo constituído de fezes, urina, restos de rações e pêlos. Nas zonas rurais, como consequência da criação de animais em confinamento e semiconfinamento, há uma grande produção de chorume. E grande parte desse dejetos é lançado diretamente nos cursos d'água ou acumulado inadequadamente, provocando sérios desequilíbrios ecológicos (Chateaubriand et al., 1989). Na estação experimental de Seropédica, em Seropédica-RJ, a produção média de chorume por vaca e por dia é aproximadamente igual a 27 kg. Se levar em conta que o rebanho aproximado de vacas ordenhadas no Brasil é de 19 milhões, segundo o Censo do IBGE para 2002, chegar-se-á a uma quantidade produzido chorume, aproximadamente igual a 513 milhões de quilos por ano.

Daí o chorume nos últimos anos na Europa ter recebido bastante atenção por parte dos governos e da pesquisa. Tal interesse é devido, por um lado, ao alto custo dos fertilizantes químicos que limita o seu uso pelos pequenos agricultores, e por outro lado, à pressão social por uma

agricultura sustentável, onde a reciclagem de nutrientes dentro da propriedade contribua não somente para a redução dos custos mas também para a redução da poluição ambiental (Simas e Nussio, 2001).

No Brasil, segundo a Embrapa (2003), entre as várias tendências com alta probabilidade de permanecerem constantes no horizonte considerado (2002/2012), destacam-se as relacionadas ao esgotamento de recursos naturais ou na degradação do meio ambiente, fazendo com que hajam uma preocupação forte e constante do desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias para a reciclagem de nutrientes, a disposição ambiental correta dos dejetos animais e a reutilização de resíduos rurais e urbanos.

Há muitos trabalhos de pesquisa sobre efeitos da aplicação de chorume bovino e de suino na produção de plantas (Barcellos, 1991; Treham, 1995; Melo et al., 1997; Gonçalves et al., 2001), inclusive estudos conduzidos no campo demonstraram a existência de respostas inter e intra específicas de gramíneas ao chorume aplicado (Studdy et al., 1995; Estavillo et al., 1996), bem como os registros de perdas de N logo após sua aplicação, são encontrados na literatura para forrageiras temperadas (Jensen, 1991; Glaser et al., 2001; Stevens e Laughlin, 2002), mas quase nada para forrageiras tropicais, principalmente, se os efeitos avaliados forem nos nutrientes das plantas nas diferentes partes das plantas. Daí, Schimidt et al. (2003), em condições tropicais, terem se preocupado em pesquisar os efeitos do N aplicado, através de chorume

* Bolsista de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFV.

** Pesquisador da PESAGRO-RJ; Email para correspondência: pfrancisco@hotmail.com.br

*** Pesquisador da Embrapa Agrobiologia

^φ Bolsista de Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ.

bovino, não só na parte aérea do capim Tanzânia mas também no seu sistema radicular. Estes pesquisadores encontraram que a matéria seca (MS) e nutrientes acumulados em ambas as partes do capim Tanzânia (*Panicum maximum*), foram maiores aos 84 dias após o plantio e com a maior dose aplicada (180 kg/ha de N), e concluíram que o chorume bovino pode ser uma boa fonte de N durante a fase de crescimento inicial do capim.

Segundo Ribeiro Jr. (2001) os dados provenientes de experimentos que mostrem correlações significativas entre suas variáveis, devem ser analisados por análise multivariada e, se os tratamentos forem quantitativos, uma análise de regressão deve complementá-la (Gomes, 1981).

Devido aos fatos relatados sobre a importância do chorume como fonte de nitrogênio foi que se objetivou estudar com o presente trabalho, os seus efeitos no acúmulo de MS e nutrientes na parte aérea e nas raízes em quatro gramíneas forrageiras tropicais, via análise dos dados, por regressão e por método multivariado dos componentes principais.

Material e métodos

O experimento foi instalado em vasos com capacidade de 22 dm³ de solo em área da Embrapa Agrobiologia, localizada no Km 47 da BR 465, no município de Seropédica-RJ (21° 45' latitude sul, 43° 41' longitude oeste e altitude de 33 m).

O solo usado foi classificado como Argissolo vermelho Amarelo, cuja análise química mostrou o seguinte resultado: pH = 5.7, Al⁺⁺⁺ = 0 cmol_c/dm³, P = 3 mg/dm³ (Mehlich-1), K = 56 mg/dm³, Ca = 2.3 cmol_c/dm³ e Mg = 1.9 cmol_c/dm³. Foi feita uma adubação uniforme em todos os vasos antes do plantio para atender as necessidades de P (4.5g/vaso) e K (0.9g/vaso) dos capins nesse solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em um arranjo fatorial 4 x 3 com quatro gramíneas (duas cultivares de *Digitaria*, Transvala e Suazi; e duas cultivares de *Cynodon*, Coast-cross e Tifton 85) e três doses de nitrogênio,

na forma de chorume, com cinco repetições.

A composição de nutrientes contidos em 1 kg do chorume de bovino usado foi a seguinte: matéria orgânica = 870 g, P = 73.8g, K = 6 g, Ca = 19.5g, Mg = 4.6 g e N = 2%. O plantio dos capins nos vasos (oito mudas/vaso) foi feito no 05/12/2001, tomando todo o cuidado de uniformizá-las para cada cultivar.

As doses de N (150 e 300 kg/ha) foram divididas em nove aplicações. Na primeira e segunda aplicação usou-se 50% das doses de N do chorume com a finalidade de estimular o crescimento inicial das plantas e o restante das doses, para as outras sete aplicações, foi aplicada parceladamente em partes iguais com a finalidade de diminuir as perdas de N, que ocorrem segundo Estavillo et al. (1996).

Foram feitos nove cortes cada 35 dias no período chuvoso, e cada 56 dias no período de escassez de chuva. As variáveis MS, N, P, K, Ca e Mg da parte aérea e das raízes dos capins no último corte, foram avaliadas segundo a metodologia de Silva (1999). A unidade usada para todas variáveis foi mg/vaso.

Os dados foram analisados estatisticamente separados, para parte aérea e raízes, utilizando-se do método multivariado denominado Análise de Componentes Principais (ACP) e de regressão por meio do software SAEG 8.1 (Euclides e Theodoro, 2003). Na interpretação dos resultados multivariados, além dos três primeiros componentes principais, também foram utilizados os valores de coeficientes de correlação linear ($r_{x_i y_j}$) entre as variáveis originais (X_i) e os três primeiros componentes principais (Y_1 , Y_2 e Y_3). Quanto maior o valor absoluto de $r_{x_i y_j}$, maior será a contribuição da variável X_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) para a formação do componente principal Y_j ($j = 1, 2, 3$).

Resultado e discussão

Nas Tabelas 1 e 2 observam-se respectivamente, para a parte aérea e raiz, os valores dos três componentes principais e a ordenação decrescente dos tratamentos com relação aos valores de cada um dos

Tabela 1. Valores dos componentes principais (Y_1 , Y_2 e Y_3) para os tratamentos em estudo referentes as combinações entre as quatro gramíneas e doses de nitrogênio relacionadas a parte aérea. Os valores entre parênteses correspondem a ordenação decrescente dos tratamentos para Y_1 , Y_2 e Y_3 .

Tratamento	Gramínea (cvs.)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Y_1	Y_2	Y_3
1	Coast-cross	0	-2.681 (9)	-0.017 (7)	-0.026 (7)
2		150	-0.061 (7)	-0.589 (11)	-0.090 (8)
3		300	2.464 (3)	-0.532 (10)	0.279 (1)
4	Tifton 85	0	-2.919 (11)	0.486 (2)	0.193 (2)
5		150	0.885 (5)	0.387 (3)	-0.178 (11)
6		300	3.493 (1)	0.846 (1)	0.107 (4)
7	Suazi	0	-3.221 (12)	-0.154 (8)	-0.138 (10)
8		150	0.591 (6)	-0.671 (12)	0.044 (5)
9		300	1.775 (4)	-0.494 (9)	-0.122 (9)
10	Transvala	0	-2.730 (10)	0.313 (5)	0.027 (6)
11		150	-0.154 (8)	0.039 (6)	0.129 (3)
12		300	2.566 (2)	0.385 (4)	-0.223 (12)

componentes. Os 12 tratamentos envolvidos no estudo foram dados pela combinação entre as quatro gramíneas (cvs. Transvala, Suazi, Coast-cross e Tifton 85) e as doses de N (0, 150 e 300 kg/ha). Nas Tabelas 3 e 4 observam-se que, nesse estudo, a utilização do método multivariado de análise de componentes principais foi viável, pois os três primeiros componentes principais foram responsáveis por cerca de 100% e 99 % da informação contida no conjunto das seis variáveis originais, para a parte aérea e raízes dos capins, respectivamente.

Deste modo, para a parte aérea (Tabela 1 e Figura 1) e raízes (Tabela 2 e Figura 2), os tratamentos com maiores valores de Y_1

apresentam maior disponibilidade de Ca, N, P, K e MS na parte aérea e MS e Mg nas raízes, o contrário ocorrendo com menores valores de Y_1 , para ambas partes das plantas. Assim, destacam-se os tratamentos (T) com N: T6 (cv. Tifton 85 com a dose 300 kg/ha), T12 (cv. Transvala com 300 kg/ha) e T3 (cv. Coast-cross com 300 kg/ha) como os de maior disponibilidade e produtividade de Ca, N, P, K e MS na parte aérea; e os tratamentos sem N: T7 (cv. Suazi), T4 (cv. Tifton 85), T10 (cv. Transvala) e T1 (cv. Coast-cross) apresentam-se como os de menor disponibilidade destas variáveis na parte aérea, situando-se os demais tratamentos em uma posição intermediária. Nas raízes destacam-se os tratamentos T3 (cv. Coast-

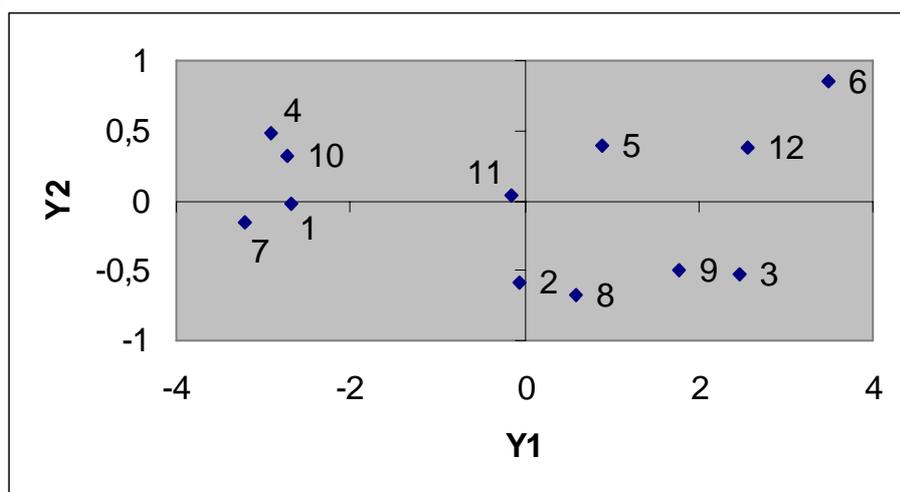


Figura 1. Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis da parte aérea dos capins no último corte. Dados de 12 tratamentos.

Tabela 2. Valores dos componentes principais (Y₁, Y₂ e Y₃) para os tratamentos em estudo referentes as combinações entre as quatro gramíneas e as três doses de nitrogênio relacionadas as raízes. Os valores entre parênteses correspondem a ordenação decrescente dos tratamentos para Y₁, Y₂ e Y₃.

Tratamento	Gramínea (cvs.)	Dose de nitrogênio (kg/ha)	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	Coast-cross	0	-1.660 (9)	0.087 (5)	0.317 (4)
2		150	2.007 (4)	0.124 (4)	-0.039 (7)
3		300	3.337 (1)	0.624 (2)	0.438 (1)
4	Tifton 85	0	-2.822 (11)	0.043 (6)	0.422 (2)
5		150	2.658 (2)	-1.385 (12)	0.352 (3)
6		300	0.342 (6)	-0.509 (11)	-0.187 (10)
7	Suazi	0	-3.499 (12)	0.026 (7)	-0.175 (9)
8		150	-0.766 (7)	-0.338 (10)	-0.125 (8)
9		300	-1.059 (8)	0.302 (3)	-0.438 (11)
10	Transvala	0	-2.332 (10)	-0.038 (9)	0.116 (6)
11		150	2.050 (3)	-0.016 (8)	-0.831 (12)
12		300	1.744 (5)	1.081 (1)	0.150 (5)

cross com a dose 300 kg N/ha) e T5 (cv. Tifton 85 com a dose 150 kg N/ha) como os de maior disponibilidade de MS e Mg nas raízes e os tratamentos sem N: T7 (cv. Suazi), T4 (cv. Tifton 85) e T10 (cv. Transvala) apresentam-se como os de menor disponibilidade destas variáveis.

Pela Tabela 3 nota-se que todas as variáveis (MS, N, P, K, Ca e Mg) da parte aérea apresentaram valores altos de coeficientes de correlação (próximos de 1 em valor absoluto) com o primeiro componente principal (Y₁). Este resultado, também observado na Figura 3, indica que estas seis variáveis tiveram contribuição importante para os valores de Y₁, porém, destacam-se

Ca, N, P, K e MS, com valores $r_{x_{iyj}}$ em torno de 0.99.

As seis variáveis nas raízes também apresentaram valores altos de coeficientes de correlação com o componente principal Y₁ (Tabela 4 e Figura 4); porém, destacam-se MS e Mg com $r_{x_{iyj}} = 0.98$.

A análise comparativa na disponibilidade dos nutrientes nas partes das plantas, mostram para o primeiro componente principal, responsável por cerca de 95% e 90,4% da informação no conjunto das seis variáveis da parte aérea e raízes, respectivamente que as variáveis que se destacam como as mais disponíveis para a

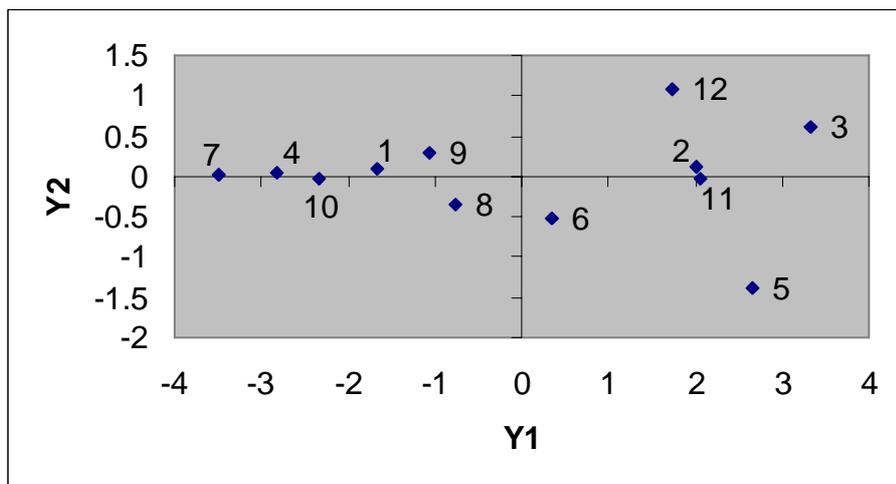


Figura 2. Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis das raízes dos capins no último corte. Dados de 12 tratamentos.

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear ($r_{X_iY_j}$) entre as variáveis originais (X_i) e os três primeiros componentes principais (Y_1, Y_2 e Y_3) e, ainda, porcentagem da informação retida pelos componentes principais (variância e variância acumulada) -parte aérea.

Variáveis originais (X_i)	Y_1	Y_2	Y_3
Ca	0.99	-0.10	0.09
K	0.98	-0.16	-0.07
MS	0.98	-0.19	0.04
N	0.99	0.03	-0.09
P	0.99	0.06	0.01
Mg	0.91	0.41	0.02
Variância (%)	95.00	4.00	1.00
Variância acumulada (%)	95.00	99.00	100.00

parte aérea (Ca, N, P, K e MS) enquanto que para as raízes sobressaem-se MS e Mg, e os tratamentos que se destacam como os que proporcionaram maior disponibilidade dos nutrientes nas partes da planta não coincidem, exceto no caso do T3 (cv. Coast-cross com 300 kg/ha de N), enquanto, que os tratamentos T4, T7, T1 e T10, todos sem N para os quatro capins, foram os que se destacaram como os que proporcionaram menor disponibilidade do nutrientes em ambas partes das plantas, exceto o T1 (cv. Coast-cross), para a raiz.

Apesar da baixa correlação da variável Mg com o segundo componente principal (Y_2) ($r = 0.41$) em valor absoluto, esta foi a variável na parte aérea da planta que mais contribuiu para os valores de Y_2 . Já as variáveis N e P em quase não contribuíram para Y_2 . Para as raízes, apesar também da baixa correlação das

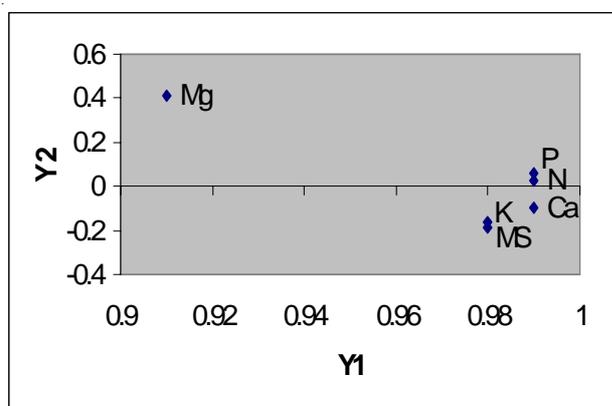


Figura 3. Círculo das correlações entre as variáveis da parte aérea dos capins no último corte e os eixos dos dois primeiros componentes principais.

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear ($r_{X_iY_j}$) entre as variáveis originais (X_i) e os três primeiros componentes principais (Y_1, Y_2 e Y_3) e, ainda, porcentagem da informação retida pelos componentes principais (variância e variância acumulada) -raízes.

Variáveis originais (X_i)	Y_1	Y_2	Y_3
Ca	0.91	-0.38	-0.14
K	0.92	0.33	-0.20
MS	0.98	0.02	0.16
N	0.96	-0.23	0.12
P	0.95	0.23	0.17
Mg	0.98	0.03	-0.13
Variância (%)	90.45	6.01	2.42
Variância acumulada (%)	90.45	96.46	98.88

variáveis Ca e K com o segundo componente principal (Y_2) ($r = 0.38$ e 0.33) em valor absoluto, respectivamente, estas foram as variáveis na raiz da planta que mais contribuíram para os valores de Y_2 . Para as raízes, as variáveis MS e Mg em quase não contribuíram para Y_2 . Assim, o tratamento T6 (cv. Tifton 85, dose 300 kg/ha de N), com maior valor de Y_2 , apresentou maior disponibilidade de Mg do que os demais tratamentos. Menor valor de Y_2 foi apresentado pelo tratamento T8 (cv. Suazi, dose 150 kg/ha de N). Para as raízes, os tratamentos T12 (cv. Transvala, dose 300 kg/ha de N) e T3 (cv. Coast-Cross, dose 300 kg/ha de N) com maiores valores de Y_2 , apresentaram maior disponibilidade de K e menor disponibilidade de Ca do que os demais tratamentos. Menor valor de Y_2 foi apresentado pelo tratamento T5 (cv. Tifton 85, dose 150 kg/ha de N).

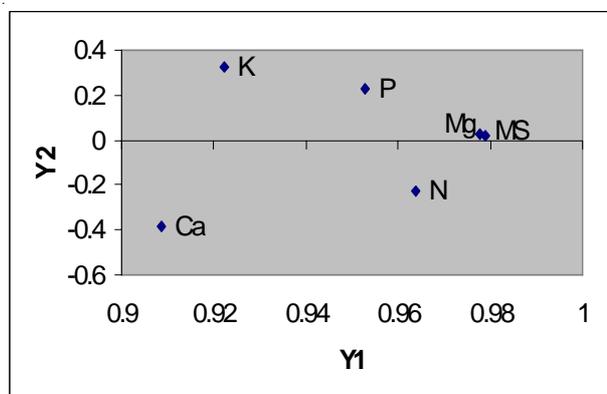


Figura 4. Círculo das correlações entre as variáveis das raízes dos capins no último corte os eixos dos dois primeiros componentes principais.

No caso da parte aérea, o terceiro componente principal (Y_3) foi responsável apenas por 1% da informação contida nas variáveis originais sendo que as variáveis que contribuíram um pouco mais para seu valor foram o Ca e N. Para as raízes o componente Y_3 foi responsável apenas por 2.42% da informação contida nas variáveis originais sendo que a variável que contribuiu também um pouco mais para seu valor foi K.

A análise da variância tal como é feita usualmente pressupõe a independência dos diversos tratamentos utilizados. Quando esta hipótese não se verifica, a análise da variância deve refletir a dependência entre os tratamentos, sob a pena de não ser válida (Gomes, 1981). Assim acontece no presente trabalho, em que os tratamentos são quantitativos e se justifica a existência de uma correspondência funcional (equação de regressão) que ligue os valores dos tratamentos aos dados analisados.

No capim cv. Coast-cross, a MS acumulada na parte aérea com a aplicação de N mostrou uma dependência quadrática decrescente segundo a equação ajustada:

$$MS (cv. Coast-cross, parte aérea) = 66.6 + 0.375N - 0.00071N^2 \quad (F = 22.1, P < 0.0001)$$

enquanto a relação para a raiz foi linear positiva, através da equação ajustada:

$$MS (cv. Coast-cross, raiz) = 45.6 + 0.124N \quad (F=9.1, P = 0.0099)$$

portanto, a produção máxima calculada de MS da parte aérea do capim cv. Coast-cross foi obtida com adubação de 264.1 kg/ha de N e aquela da raiz não foi alcançada com a dose máxima (300 kg/ha de N) do adubo nitrogenado.

A MS acumulada na parte aérea e raízes dos capins cv. Suazi mostrou uma dependência quadrática decrescente com a aplicação de N, enquanto com o capim cv. Transvala a relação de dependência na parte aérea foi linear positiva e com as raízes foi quadrática decrescente, através as equações:

$$MS (cv. Suazi, parte aérea) = 58.7 + 0.781N - 0.0016N^2 \quad (F = 33.5, P < 0.0001)$$

$$MS (cv. Suazi, raiz) = 17.3 + 0.228N - 0.0005N^2 \quad (F = 8.0, P < 0.0061).$$

$$MS (cv. Transvala, parte aérea) = 62.2 + 0.296N \quad (F = 71.8, P < 0.0001).$$

$$MS (cv. Transvala, raiz) = 33.6 + 0.284N - 0.00058N^2 \quad (F = 8.9, P < 0.0043).$$

As produções máximas calculadas de MS na parte aérea e raízes do capim cv. Suazi foram alcançadas, respectivamente, com 244.1 e 228 kg/ha de N. Com o cv. Transvala a produção máxima calculada de MS nas raízes foi obtida com 244.8 kg/ha de N e na parte aérea não foi alcançada com a dose máxima de N.

Com o capim cv. Tifton 85 a relação de dependência de MS da parte aérea com o N aplicado foi linear positiva, segundo a equação:

$$MS (cv. Tifton 85, parte aérea) = 60.9 + 0.364N \quad (F = 60.5, P < 0.0001)$$

e a produção máxima de MS não foi obtida com a maior dose de N aplicado e nenhuma relação de dependência foi observada no acúmulo de MS nas raízes do capim cv. Tifton 85 com N aplicado, via chorume.

A relação de dependência do N acumulado na parte aérea das plantas dos capins cvs. Coast-cross e Suazi com o N aplicado foi linear positiva, enquanto que na raiz a dependência foi linear e quadrática decrescente para os cvs. Coast-cross e Suazi, respectivamente, segundo as equações:

$$N (Coast-cross, parte aérea) = 639.0 + 2.500N \quad (F = 64.4, P < 0.0001)$$

$$N (Coast-cross, raiz) = 184.2 + 0.530N \quad (F = 7.5, P < 0.0167).$$

$$N (Suazi, parte aérea) = 626.3 + 2.500N \quad (F = 26.1, P < 0.0002).$$

$$N (Suazi, raiz) = 109.2 + 1.287N - 0.00365N^2 \quad (F = 7.1, P < 0.0093).$$

A produção máxima calculada de N nas raízes do capim cv. Suazi foi obtida com aplicação de 176.3 kg/ha de N. Com cvs. Transvala e Tifton 85 foi observado uma relação de dependência linear da parte

aérea desses capins com o N aplicado, porém nenhuma dependência foi encontrada nas raízes desses capins.

$$N \text{ (cv. Transvala, parte aérea)} = 620 + 3.013N \text{ (F = 70.5, P < 0.0001)}$$

$$N \text{ (cv. Tifton 85, parte aérea)} = 607 + 3.340N \text{ (F = 55.1, P < 0.0001)}.$$

Schimidt et al. (2003) também encontraram uma relação de dependência da MS e N, acumulados na parte aérea e nas raízes do capim Tanzânia (*Panicum maximum*) com a idade das plantas e com as doses de nitrogênio aplicados, via chorume bovino.

Na parte aérea dos capins foram observados uma dependência linear positiva do P acumulado com o N aplicado, enquanto que com o P acumulado nas raízes não se observou relação de dependência no capim cv. Tifton 85, ela foi linear positiva nos capins cvs. Coast-ross e Transvala e quadrática decrescente no cv. Suazi, segundo as equações:

$$P \text{ (cv. Coast-cross, parte aérea)} = 87.8 + 0.669N \text{ (F = 72.4, P < 0.0001)}$$

$$P \text{ (cv. Coast-cross, raiz)} = 19.7 + 0.793N \text{ (F = 41.5, P < 0.0001)}$$

$$P \text{ (cv. Suazi, parte aérea)} = 85.7 + 0.653N \text{ (F = 53.7, P < 0.0001)}$$

$$P \text{ (cv. Suazi, raiz)} = 7.3 + 0.151N - 0.00035N^2 \text{ (F = 13.2, P < 0.0008)}$$

$$P \text{ (cv. Transvala, parte aérea)} = 84.3 + 0.659N \text{ (F = 68.3, P < 0.0001)}$$

$$P \text{ (cv. Transvala, raiz)} = 13.4 + 0.126N \text{ (F = 72.7, P < 0.0001)}$$

$$P \text{ (cv. Tifton 85, parte aérea)} = 80.9 + 0.929N \text{ (F = 57.3, P < 0.0001)}.$$

A produção máxima calculada de P acumulado nas raízes do capim cv. Suazi foi obtida com aplicação de 215.7 kg/ha de N.

Relação linear positiva de dependência ao N aplicado foi encontrada para o K acumulado na parte aérea dos quatro capins e nas raízes dos capins cvs. Coast-cross e Suazi e quadrática decrescente nas raízes dos capins cvs. Transvala e Tifton 85, através das equações:

$$K \text{ (cv. Coast-cross, parte aérea)} = 993.4 + 4.240N \text{ (F = 25.5, P < 0.0002)}$$

$$K \text{ (cv. Coast-cross, raiz)} = 82.8 + 0.793N \text{ (F = 48.5, P < 0.0001)}$$

$$K \text{ (cv. Suazi, parte aérea)} = 953.2 + 0.456N \text{ (F = 16.7, P < 0.0013)}$$

$$K \text{ (cv. Suazi, raiz)} = 33.1 + 0.451N \text{ (F = 48.3, P < 0.0001)}$$

$$K \text{ (cv. Transvala, parte aérea)} = 817.1 + 4.661N \text{ (F = 66.4, P < 0.0001)}$$

$$K \text{ (cv. Transvala, raiz)} = 39.8 + 2.351N - 0.005623N^2 \text{ (F = 14.4, P < 0.0007)}$$

$$K \text{ (cv. Tifton 85, parte aérea)} = 839.1 + 0.521N \text{ (F = 52.5, P < 0.0001)}$$

$$K \text{ (cv. Tifton 85, raiz)} = 27.2 + 1.455N - 0.00348N^2 \text{ (F = 4.8, P < 0.0301)}.$$

As produções máximas calculadas do potássio acumulado nas raízes dos capins cvs. Transvala e Tifton 85 foram obtidas com aplicações de 224.8 e 209.1 kg/ha de N, respectivamente. A relação de dependência encontrada por Schimidt et al. (2003) para o P e K acumulados na parte aérea e nas raízes do capim cv. Tanzânia mostraram que o acúmulo de ambos nutrientes nas partes das plantas foram dependentes do N aplicado, via chorume bovino, e também da idade da planta, porém em graus diferentes.

O Ca acumulado na parte aérea mostrou uma dependência linear positiva ao N aplicado nos capins cvs. Coast-cross, Transvala e Tifton 85 e quadrática decrescente no cv. Suazi. Em relação a raiz a dependência encontrada foi quadrática decrescente nos capins cvs. Transvala, Tifton 85 e Suazi, porém linear positiva no capim cv. Coast-cross, segundo as equações:

$$Ca \text{ (cv. Coast-cross, parte aérea)} = 311.9 + 1.223N \text{ (F=41, P < 0.0001)}$$

$$Ca \text{ (cv. Coast-cross, raiz)} = 67.7 + 0.195N \text{ (F = 5.8, P < 0.0313)}$$

$$Ca \text{ (cv. Suazi, parte aérea)} = 265.1 + 2.645N - 0.005193N^2 \text{ (F = 31.7, P < 0.0001)}$$

$$Ca \text{ (cv. Suazi, raiz)} = 48.2 + 0.446N - 0.00113N^2 \text{ (F = 6.3, P < 0.0133)}$$

$$Ca \text{ (cv. Transvala, parte aérea)} = 322.4 + 1.069N \text{ (F = 25.9, P < 0.0002)}$$

$$Ca \text{ (cv. Transvala, raiz)} = 52.8 + 0.857N - 0.00244N^2 \text{ (F = 4.6, P < 0.0339)}$$

$$Ca \text{ (cv. Tifton 85, parte aérea)} = 310.7 + 1.222N \text{ (F = 28.4, P < 0.0001)}$$

$$Ca \text{ (cv. Tifton 85, raiz)} = 47.8 + 1.223N - 0.00336N^2 \text{ (F = 4.3, P < 0.0393)}.$$

A produção máxima calculada de cálcio acumulado na parte aérea nos capim Suazi foi obtida com a aplicação de 254.7 kg/ha de N, e aquelas nas raízes dos capins cvs. Suazi, Transvala e Tifton 85 foram alcançadas com a aplicação de 197.3, 175.6 e 188.4 kg/ha de N, respectivamente.

A dependência do Mg acumulado na parte aérea das plantas em relação ao N aplicado foi linear positiva para os capins cvs. Suazi, Transvala e Tifton 85 e quadrática decrescente para o Coast-cross, enquanto que na raiz a dependência quadrática decrescente foi observada em todos capins, através das equações:

$$Mg \text{ (cv. Coast-cross, parte aérea)} = 105.9 + 0.188N - 0.000627N^2 \text{ (F = 13.4, P < 0.0009)}$$

$$Mg \text{ (cv. Coast-cross, raiz)} = 21.4 + 0.213N - 0.000449N^2 \text{ (F = 5.8, P < 0.0172)}$$

$$Mg \text{ (cv. Suazi, parte aérea)} = 87.8 + 0.398N \text{ (F = 65, P < 0.0001)}$$

$$Mg \text{ (cv. Suazi, raiz)} = 9.8 + 0.151N - 0.000360N^2 \text{ (F = 15.7, P < 0.0004)}$$

$$Mg \text{ (cv. Transvala, parte aérea)} = 119.1 + 0.498N \text{ (F = 41.3, P < 0.0001)}$$

$$Mg \text{ (cv. Transvala, raiz)} = 20 + 0.287N - 0.000751N^2 \text{ (F = 7.2, P < 0.0089)}$$

$$Mg \text{ (cv. Tifton 85, parte aérea)} = 134.1 + 0.653N \text{ (F = 38., P < 0.0001)}$$

$$Mg \text{ (cv. Tifton 85, raiz)} = 10.6 + 0.335N - 0.000889N^2 \text{ (F = 5.1, P < 0.0257)}$$

A produção máxima de Mg calculada na parte aérea do capim cv.Coast-cross foi obtida com aplicação de 1501 kg/ha de N, enquanto aquelas relacionadas com as raízes de cvs. Coast-cross, Suazi, Transvala e Tifton 85 foram alcançadas com o N aplicado nas doses 237.1; 209.7, 191.1 e 188.4 kg/ha de N, respectivamente. Schmidt et al. (2003) mostraram que o Ca e Mg acumulados na parte aérea e raízes do capim cv. Tanzânia tiveram uma relação de dependência diferente com o N aplicado via chorume bovino e com a interação N x idade das plantas, pois enquanto com o Ca não foi possível estabelecer esta relação, com o Mg a mesma foi estabelecida.

Conclusões

Os resultados apresentados através dos ganhos de MS e nutrientes/kg de N aplicado via chorume bovino permitem afirmar que dependendo da dose aplicada, o chorume é uma fonte alternativa de N e outros nutrientes, beneficiando o crescimento inicial do sistema radicular e da parte aérea dos capins cvs. Coast-cross, Tifton 85, Transvala e Suazi. A análise dos componentes principais dos dados mostra que as variáveis mais importantes, que devem ser consideradas em um experimento sobre efeitos de aplicação de N via chorume, nas raízes dos capins são MS e Mg. Os tratamentos com maior disponibilidade e produtividade destas variáveis foram cvs. Coast-cross (300 kg/ha de N) e Tifton 85 (150 kg/ha de N). No caso da parte aérea, as variáveis mais importantes foram Ca, N, P, K e MS e os tratamentos (kg/ha) que apresentaram maior disponibilidade dessas variáveis foram os cvs. Tifton 85 (300), Transvala (300) e Coast-cross (300).

Resumen

En el área experimental de Embrapa Agrobiologia, localizada en Seropédica-RJ (21° 45' latitud sur, 43° 41' longitud oeste), Brazil, se realizó un experimento en recipientes conteniendo suelo Argisol para evaluar los efectos de la aplicación de nitrógeno (N) en la forma de efluentes de establos de bovinos sobre la producción de MS y nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) en la parte aérea y las raíces de *Cynadon* cvs. Coast-cross y Tifton 85 y de *Digitaria* cvs. Transvala y Suazi. Se utilizo un diseño de bloques al azar con parcelas ordenadas en factorial 4 x 3 (cuatro cultivares y tres dosis de N: 0, 150 y 300 kg/ha) con cinco repeticiones. La aplicación de N se hizo en forma fraccionada en nueve aplicaciones y un número igual de cortes en el período 2001-03, cada 35 días en época de lluvias y cada 56 días en época seca. Los resultados fueron analizados por regresión y por el método multivariada de componentes principales. Se encontraron respuestas diferentes en producción de MS y nutrientes acumulados en la parte aérea y las raíces.

Las producciones máximas calculadas para MS y Ca en la parte aérea y las raíces de cv. Suazi se obtuvieron con la aplicación de 244.1, 228 y 254.7, 197.3 kg/ha de N, mientras que para Mg en cv. Coast-cross esta dosis fue de 150.1 y 237.1 kg/ha, respectivamente. Las producciones máximas calculadas de MS, K, Ca e Mg acumulados en las raíces de cv. Transvala se obtuvieron con la aplicación de 244.8, 224.8, 197.3 y 191.1 kg/ha de N, respectivamente.

En las raíces de cv. Suazi las mayores concentraciones de N, P, e Mg se alcanzaron con la aplicación de 176.3, 215.7 y 209.7 kg/ha de N, respectivamente, y las de K, Ca e Mg en las raíces de cv. Tifton 85 con 209.1, 188.4 y 188.4 kg/ha de N, respectivamente. No se encontró relación entre el N aplicado con la MS, el N y el P acumulados en las raíces de cv. Tifton 85, ni con el N en las raíces de cv. Transvala. Los análisis de los componentes principales de los datos con mediciones de raíces muestran que las variables más importantes, que deben ser consideradas en experimentos de este tipo son la producción de MS y el contenido de Mg, en este caso, la mayor disponibilidad y productividad de estas variables se encontraron con cv. Coast-cross con 300 kg/ha de N y cv. Tifton 85 con 150 kg/ha de N. En el caso de la parte aérea, las variables más importantes fueron los contenidos de Ca, N, P, K y la producción de MS, principalmente con la aplicación de 300 kg/ha de N como afluente en los cvs. Tifton 85, Transvala y Coast-cross.

Summary

In Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ (21° 45' South latitude, 43° 41' West longitude), Brazil, the evaluation of the effects of nitrogen application by cow slurry, in the dry matter (DM) and nutrients (N, P, K, Ca and Mg) was assessed in the shoots and roots of some grasses planted in pots with soil Argisol (open air). The trial was carried out in a randomized block design with plots arranged in 4x3 factorial, with four grasses (two varieties of *Cynodon*, cultivar (cv.) Coast-cross and Tifton 85, and two varieties of *Digitaria*, cultivar Transvala and Suazi) and 3 doses of nitrogen (0, 150 and 300 kg N/ha) with five repetitions. Nine applications of N and nine

cuttings were done in the 2001-03 period, every 35 days during the rainy season and every 56 days during the dry season. The experiment's data were analyzed by regression and the multi-mixed method of main components. The highest productions calculated for DM and Ca in the shoot and root parts of cv. Suazi were obtained with 244,1; 228,0; and 254,7; 197,3 kg N/ha, and for Mg in cv. Coast-cross with 150,1 and 237,1 kg N/ha. The highest yields accumulated in the Transvala roots for DM, K, Ca and Mg were 244,8; 224,8; 197,3; 191,1 kg N/ha. The highest concentrations of N, P and Mg in cv. Suazi were obtained with 176,3; 215,7 and 209,7 kg N/ha, and those of K, Ca and Mg in the roots of Tifton 85 with 209,1; 188,4 and 188,4 kg N/ha. The highest yields of DM and Ca in cv. Suazi were reached with the highest dose of nitrogen (300 kg N/ha), for the following variables: N for Coast-cross; P for Coast-cross and Transvala; K for Coast-cross and Suazi; and Ca for Coast cross. No correlation was found between the application of N and the DM, N and P cumulated in the root of cv. Tifton 85, or the N content in the roots of cv. Transvala. No relationship was found between the nitrogen applied with DM, N and P cumulated in the roots of cv. Tifton 85, and N in cv. Transvala. The analysis of the main data components showed that the most important variables, in this kind of root measuring, were DM and Mg. The treatments with more availability and productivity of these variables were the grasses Coast-cross x 300 kg N/ha and Tifton 85 x 150 kg N/ha. Within the shoot part, the most important variables were the contents of Ca, N, P, K and the DM yield, mainly with the application of 300 kg N/ha as cow slurry in cv. Tifton 85 x, Transvala and Coast-cross.

Referências

- Barcellos, L. A. R. 1991. Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos. Tese de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. 108 p.
- Chateabriand, A. D.; Loureiro, B. T.; Caixeta, T. J. e Loures, E. G. 1989.

- Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulcos, na cultura de milho (*Zea mays*). Rev. Ceres 36(205): 264-277.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2003. Pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro: Cenários 2002-2012. Embrapa, Secretaria de Gestão e Estratégia. Brasil. Embrapa Informação Tecnológica. 92 p.
- Estavillo, J. M.; Gonzalez-Murua, C.; Besga, G.; e Rodriguez, M. 1996. Effect of cow slurry N on herbage productivity, efficiency of N utilization and on white clover content in a natural sward in the Basque Country, Spain. Grass Forage Sci. 51(1):1-7.
- Euclides, R. F. e Theodoro, F. 2003. Sistema para análises estatísticas. Viçosa: UFV. SAEG 8.1. – Pacote Computacional.
- Glaser, B.; Bol, R.; Preedy, M.; McTiernan, K. B.; Clark, M.; e Amelung, W. 2001. Short-term sequestration of slurry-derived carbon and nitrogen ion temperate grassland soil as assessed by ^{13}C and ^{15}N natural abundance measurement. J. Plant Nutr. Soil Sci. 164(5):467-474.
- Gomes, F. P. 1981. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). 430 p.
- Gonçalves, C. A.; Azevedo, G. P. C.; e Dutra, S. 2001. Adubação mineral e orgânica em *Panicum maximum* cv. Tobiatã como alternativa para capineira. Pasturas Tropicales. 23(3):36-41.
- Jensen, I. 1991. The after effect of P from cattle slurry and superphosphate on yield and nutrient uptake in sugar beets. Acta Agric. Scand. 41(3):259-265.
- Melo, A. S.; Capeche, C. L.; Macedo, J. R.; Carmo, C. A.; Meneguelli, N. A.; Silva, E. F.; Resende, H. C.; e Santos, D. M. 1997. Efeito de fontes de nutrientes na cultura do milho em um podzólico vermelho-escuro degradado, Prado-M.G. En: Anais do Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 26. Rio de Janeiro. p. 252
- Ribeiro Jr., J. I. 2001. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa (UFV). 301 p.
- Schimidt, L. T.; Dias, P. F.; Souto, S. M.; Rossiello, R. O.; e Zanine, A. M. 2003. Absorção e acúmulo de nutrientes no capim cv. Tanzânia (*Panicum maximum*) em resposta à aplicação de nitrogênio com chorume bovino. Pasturas Tropicales 25(1):10-16.
- Silva, F. C. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1ª Ed., Rio de Janeiro. CNPS. 370p.
- Simas, J. M. E Nussio, C. M. 2001. Reciclagem de nutrientes de esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente. In: Mattos, W.R. et al. (eds). A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba:FEALQ. P.383-394.
- Stevens, R. J. e Laughlin, R. J. 2002. Cattle slurry applied before fertilizer nitrate lowers nitrous oxide and dinitrogen emission. Soil Sci. Soc. Am. J. 66:647-652.
- Studdy, C. D; Morris, R. M.; e Ridge, I. 1995. The effects of separated cow slurry liquor on soil and herbage nitrogen in *Phalaris arundinacea* and *Lolium perenne*. Grass Forage Sci. 50(2):106-111.
- Trehan, S. P. 1995. Comparison of inorganic fertilizers and cattle slurry for meeting nitrogen needs of maize band potatoes. J. Indian Potato Assoc. 22(1-2):1-7.

Crescimento e produção de três gramíneas forrageiras em amostras de solo sob doses de fósforo

E. E. Mesquita*, J. C. Pinto**, V. B. Tavares***, I. P. A. Santos^φ, A. E. Furtini Neto^λ e D. J. G. Faria***

Introdução

Os solos mais comuns da microbacia hidrográfica do Alto Rio Grande são classificados em Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (LVd), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (LVAd) e Neossolo Quartzarênico de textura arenosa (RQ) (Embrapa, 1999). Os solos RQ, anteriormente classificados como Areia Quartzosa, são profundos, fortemente ácidos, de fertilidade muito baixa, com baixos teores de fósforo (P) disponível, e são aproveitados para pecuária extensiva. A deficiência de fósforo (P) nesses solos é por demais conhecida, assim a aplicação de P prontamente solúvel, é de suma importância para o desenvolvimento radicular, a produção de matéria seca (MS) e o perfilhamento. Na literatura foram registrados aumentos com a aplicação de P nas densidades de perfilhos e produções de MS de várias espécies de forrageiras, entre elas *Cynodon* spp., *Pennisetum clausenianum* Hochest (Santos, 2004), *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf., *Panicum maximum* Jacq. (Corrêa e Haag, 1993), *B. decumbens* Stapf, *B. humidicola* (Rendle.) Schw. (Guss et al.,

1990), *Andropogon gayanus* Kunth e *Hyparrhenia rufa* (Ness.) Stapf. (Fonseca, et al., 1990). O número de perfilhos surgidos após o corte ou pastejo é um dos principais componentes da produção de MS das forrageiras. Pinto (1994) encontrou maior número de perfilhos em *A. gayanus* cv. Planaltina do que em *P. maximum* cv. Guiné, Além do aumento no número de perfilhos, a aplicação de P aumenta a área foliar (AF), a área foliar específica (AFE) e as taxas de aparecimento e alongamento foliar (Rao et al., 1996; Rodrigues et al., 1998; Singh e Sale, 1998), Incrementos de 20 kg/ha de P propiciaram aumento na AF e redução na AFE de *B. dictyoneura* CIAT 6133 (Rao et al., 1996), Sob doses crescentes de P, Rodrigues et al. (1998) verificaram aumentos lineares no peso seco da planta, na AF total e na taxa de expansão foliar de *Triticum aestivum* L., os quais garantem maior capacidade de rebrotação da forrageira, propiciando altas produções de MS. McIvor (1984) constatou que a maior produção de MS de várias gramíneas forrageiras, quando se aplicou fósforo, foi em razão do aumento na densidade de perfilhos, na taxa de aparecimento de folhas e no tamanho de folhas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de P sobre a produção de MS, densidade de perfilhos, área foliar (AF), área foliar efectiva (AFE) e taxas de alongamento e de aparecimento de folhas na rebrotação de *P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu e *A. gayanus* cv. Planaltina cultivados em amostras de Latossolos e Neossolos.

* Professor do CCA da UNIOESTE, Mar, Cândido Rondon, PR, Brasil, mesquita@unioeste.br

** Professor do Departamento de Zootecnia da UFLA, Lavras, MG, Brasil, josecard@ufla.br

***Estudantes de Doutorado do Departamento de Zootecnia da UFLA, Lavras, MG, Brasil,

^φ Doutora em Zootecnia – Forragicultura e Pastagem pela UFLA, Lavras, MG, Brasil.

^λ Professor do Departamento de Solos da UFLA, Lavras, MG, Brasil, afurtini@ufla.br

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, na Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). As amostras de solo, com características físico-químicas distintas (Tabela 1) foram retiradas na camada de 0 - 20 cm de profundidade em áreas de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), textura média; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura argilosa; Neossolo Quartzarênico, textura arenosa; localizadas, respectivamente, nos municípios de Itumirim (MG), Lavras (MG) e Itutinga (MG), circunscritos geograficamente, pela Microbacia Hidrográfica do Alto Rio Grande,

As amostras de solo foram peneiradas e corrigidas para elevar a saturação por bases em 60%, incubando-as por 20 dias com uma mistura de CaCO_3 e MgCO_3 na relação estequiométrica 4:1, em quantidades calculadas de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). Cada solo foi subdividido em volumes de 4 dm^3 , os quais receberam adubações com reagentes p.a., por ocasião da semeadura, nas seguintes quantidades: 150, 50, 100, 0.8, 4, 5, 0.15, 3.6 e 1.5 mg/dm^3 , respectivamente de K, S, N, B, Fe, Zn, Mo, Mn e Cu, sob as formas de KCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 , H_3BO_3 , FeSO_4 ,

ZnSO_4 , Na_2MoO_4 , MnSO_4 e CuSO_4 .

Decorridos 15 dias, procedeu-se a dosagem do P disponível, extraído com os extratores Mehlich 1 (HCl 0.05 mol/L + H_2SO_4 0.0125 mol/lit) e resina trocadora de ânions. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura com 50 mg/dm^3 de N e 60 mg/dm^3 de K, para correção de sintomas iniciais de deficiência,

Os tratamentos consistiram de cinco doses de P (0, 110, 220, 330 e 560 mg/dm^3 nas amostras de Latossolos e 0, 80, 160, 240 e 410 mg/dm^3 nas amostras de Neossolo) sob a forma de H_3PO_4 p.a. (45.98 g/lit de P) e de três espécies forrageiras (*P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu e *A. gayanus* cv. Planaltina) arranjados aleatoriamente em esquema fatorial, sendo o delineamento experimental blocos ao acaso com três repetições. Após 15 dias da aplicação dos nutrientes, procedeu-se a semeadura das espécies forrageiras. As plantas foram desbastadas, deixando-se quatro plantas/vaso. Na idade de 48 dias procedeu-se o primeiro corte da parte aérea das forrageiras a 4 cm do nível do solo e após 45 dias avaliou-se o corte da rebrotação. Após o corte, caules e lâminas foliares foram secos, separadamente, em estufa a 65°C, até atingirem peso constante.

Tabela 1. Características químicas e físicas de amostras de LVAd, LVd e RQ coletadas nos respectivos municípios de Itumirim (MG), Lavras (MG) e Itutinga (MG), Brasil.

Características	Classes de solo		
	LVAd	LVd	RQ
pH em água (1:2.5)	5.3	5.5	5.2
P (Mehlich-1) - mg/dm^3	0.6	0.9	7.5
P remanescente - mg/dm^3	5.8	7.0	28.7
K (Mehlich-1) - mg/dm^3	16.0	19.0	19.0
Ca^{2+} (KCl 1 mol/lit) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	0.4	2.0	0.4
Mg^{2+} (KCl 1 mol/lit) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	0.2	0.5	0.2
Al^{3+} (KCl 1 mol/lit) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	0.0	0.1	0.7
H + Al (acetato de cálcio -0.5 mol/lit) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	1.9	3.6	3.6
SB (Soma de Bases) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	0.6	2.5	0.7
t (CTC efetiva) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	0.7	2.7	1.4
T (CTC a pH 7.0) - $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$	2.5	6.2	4.7
V (Saturação por bases) - %	25.5	41.5	14.2
Matéria orgânica -dag/kg	0.9	2.0	3.0
m (Saturação por alumínio) -%	0.0	4.5	51.0
Textura (Bouyoucos) -%			
Areia	66	20.0	93.0
Silte	10	28.0	0.0
Argila	24	52.0	7.0

Na rebrotação, a partir do desenvolvimento dos perfilhos foram identificados, aleatoriamente, com auxílio de fios coloridos, dois perfilhos por vaso para as avaliações morfogênicas. Foram efetuadas medições do comprimento das lâminas foliares dos perfilhos marcados, duas a três vezes por semana. A lâmina foliar teve seu comprimento medido até sua completa expansão, ou seja, até o aparecimento da lígula. Foram obtidas as variáveis: taxa de alongamento de folhas (mm/dia), obtida subtraindo-se o comprimento inicial do comprimento final e dividindo-se a diferença pelo número de dias envolvidos; duração de alongamento de folhas individuais (dias); intervalo de tempo entre o aparecimento do ápice de cada folha até a exposição da lígula e taxa de aparecimento de folhas individuais (folhas/dia.perfilho), obtida pela divisão do número de folhas surgidas por perfilho pelo número de dias envolvidos. Após amostragem de cinco perfilhos de cada parcela separaram-se as lâminas foliares para determinação da área laminar em aparelho medidor de área (Devices Ltda). A AF total foi estimada multiplicando-se o peso da MS das lâminas foliares, presente nas quatro plantas do vaso, pela área laminar de cinco perfilhos amostrados e dividindo-se o produto pelo peso da MS das lâminas foliares de cinco perfilhos amostrados, A AFE foi obtida dividindo-se a AF total pelo peso da matéria seca das lâminas foliares. Os efeitos de doses de P foram analisados ajustando-se equações de regressão e as espécies forrageiras tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

No solo de textura média (LVAd) a aplicação de P propiciou maior produção de MS do capim cv. Mombaça em relação às demais forrageiras e o capim andropogon cv. Plananltina superou o capim cv. Marandu em produção de MS, exceto na dose de 110 mg/dm³. Em todas as doses de P observa-se maior perfilhamento do capim cv. Adropogon, o que confirma a elevada capacidade de perfilhar dessa forrageira. Fonseca et al, (2000) com a aplicação de P registraram maior número de perfilhos em *A. gayanus* do que em *P. maximum* cv. Colonião. No solo argiloso na presença de P (Tabela 2) constataram-se maiores produções de MS do capim cv. Mombaça, em comparação com as demais forrageiras, exceto na maior dose, na qual o capim cv. Mmombaça igualou-se ao capim cv. Marandu (P < 0.05). O número de perfilhos emitidos pelo capim cv. Mmombaça foi igual ao número de perfilhos emitidos pelo capim cv. Marandu e o capim andropogon cv. Plananltina foi o que apresentou maior número de perfilhos com a aplicação de P. Possivelmente, a maior produção de MS do capim cv. Mombaça ocorreu em decorrência do desenvolvimento de perfilhos mais pesados,

Por outro lado, o capim andropogon cv. Plananltina apresentou comprimento maior de perfilhos (Tabela 3) e maior número de perfilhos/vaso (Tabela 2), os quais não se converteram em maiores produções de MS. O número de perfilhos é considerado importante componente da produção das forrageiras, todavia quando este é muito elevado pode resultar na

Tabela 2. Produção de matéria seca da parte aérea (MS, g/vaso) e número de perfilhos (NP/vaso), nos diferentes solos e nas diferentes doses de fósforo (P) (mg/dm³), aos 45 dias de rebrota.

Solos	Gramínea (cv.)	0		110		220		330		560	
		MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP	MS	NP
LVAd	Mombaça	4.0a	4.0a	30.3a	18.6b	31.9a	22.6b	30.6a	26.6b	30.3a	25.0b
	Marandu	3.0a	4.0a	24.3b	16.0b	18.6c	22.6b	19.0c	29.6b	16.0c	26.3b
	Andropogon	3.2a	4.0a	28.5b	47.6a	22.7b	43.0a	21.9b	43.3a	23.3b	48.6a
LVd	Mombaça	3.0a	4.0a	33.0a	39.0b	35.7a	44.0c	32.3a	39.6c	31.5a	41.0c
	Marandu	3.0a	4.0a	28.6b	40.0b	32.0b	59.3b	29.7b	72.0b	30.4a	56.6b
	Andropogon	3.0a	4.0a	24.0c	56.6a	28.7b	82.0a	26.8c	82.0a	24.9b	64.3a
		0		80		160		240		410	
RQ	Mombaça	3.1a	4.0a	39.0a	38.6c	35.0a	53.0b	31.6a	59.0b	32.0a	47.3b
	Marandu	3.1a	4.0a	36.6a	46.0b	29.3b	51.0b	26.3b	39.6c	24.6b	36.6c
	Andropogon	3.0a	4.0a	23.0b	75.3a	27.6b	115.0a	24.6b	85.3a	25.0b	65.6a

Tabela 3. Tamanho de perfilhos (cm) de gramíneas em solos distintos, aos 45 dias de rebrota.

Gramíneas	Solos		
	L Vad	LVd	NQ
Capim cv. Mombaça	47.2 b*	47.6 b	45.1 b
Capim cv. Marandu	34.0 c	39.0 c	36.3 c
Capim andropogon cv. Plananltina	54.4 a	64.0 a	58.3 a

* Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.05).

emissão de perfilhos menos vigorosos e, certamente, mais leves (Humphreys e Riveros, 1986). Pinto (1994) também encontraram maior número de perfilhos em *A. gayanus* cv. Planaltina do que em *P. maximum* cv. Guiné, cultivados em vasos, O capim cv. Marandu embora apresentasse menores perfilhos que as demais espécies (Tabela 3), apresentou maior produção de MS que o capim andropogon cv. Plananltina no solo LVd (Tabela 2).

No solo arenoso nas doses mais altas de P (160, 240 e 410 mg/dm³) a produção de MS do capim cv. Mombaça foi maior que as produções do capim cv. Marandu e do capim andropogon cv. Plananltina (Tabela 2) evidenciando maiores capacidade de resposta e eficiência de uso do P (mg/dm³ de P aplicado por g de MS produzida) do capim cv. Mombaça, a qual foi obtida com a aplicação de 80 mg/dm³ de P, correspondendo a 2.05 mg/dm³ por grama. Fonseca et al. (2000) comparando capim-colonião com capim andropogon cv. Plananltina, verificaram maior absorção e eficiência de utilização do P no capim cv. Colonião. Observa-se (Tabela 2) que a produção de MS do capim cv. Marandu igualou-se (P < 0.05) ao capim andropogon cv. Plananltina, exceto na dose de 80 mg/dm³ de P, sob a qual o capim cv. Marandu foi superior (P > 0.05). Nesse solo, o capim cv. Mombaça superou a produção de MS do capim cv. Marandu em 19%, 20% e 30%, nas respectivas doses de 160, 240 e 410 mg/dm³ de P, ostentando o maior potencial de produção sob altas doses de P.

A produção de MS, o número de perfilhos, a AF, a AFE e a taxa de alongamento de folhas incrementaram de forma quadrática com as

doses de P (Tabela 4). Também, Fonseca et al. (2000) obtiveram ajustamentos quadrático e quadrático base raiz quadrada para os dados de produção de MS e números de perfilhos de capim cv. Colonião e capim andropogon cv. Plananltina em função das doses de P.

Outros estudos constataram aumentos na AF, AFE de *B. dictyoneura* (Rao et al., 1996), na taxa de expansão foliar de *Triticum aestivum* (Rodrigues et al., 1998) e *Trifolium repens* (Singh e Sale, 1998) e no tamanho de folhas de *A. gayanus* (McIvor, 1984). Nos solos argilosos, LVA e LV, houve maiores respostas na AF e AFE do capim andropogon cv. Plananltina, o que pode ser observado pelos maiores coeficientes angulares das equações (Tabela 4). Rao et al. (1996) observaram que a aplicação de P incrementou a AF de *B. dictyoneura*, cultivada em solo argiloso e arenoso, entretanto o fósforo teve pouco efeito sobre a AFE, e, quando cultivada em solo arenoso, ocorreram decréscimos na AFE.

Em todos os solos, independente da dose de P, o capim-andropogon foi o que apresentou a maior AF (Tabela 5) e a maior AFE (Tabela 6). A emissão de um maior número de perfilhos pelo capim-andropogon (Tabela 2), nos quais se inserem folhas mais delgadas, possivelmente, contribuiu para maiores AF e AFE. Pinto (1993) observou valores mais altos de AFE em espécies de folhas mais delgadas, como o capim cv. Setária e capim andropogon cv. Plananltina, Além da variação de espécie (Pinto, 1993) e de cultivar (Gomide, 1997), fatores ambientais afetam marcadamente a AFE, tais como a intensidade de radiação (Gomide, 1997) e a aplicação de P (Rao et al., 1996). Observa-se que na dose mais alta de P os valores de AF e AFE são mais elevados, o que evidencia a importância do P para formação do aparelho fotossintético das gramíneas forrageiras. Ressalta-se que maiores valores de AF e AFE no início da rebrota não implicam necessariamente em maiores crescimento e potencial de produção de MS. Segundo Pedreira et al. (2001) a rebrotação a partir de um índice de AF baixo propicia maior crescimento da forrageira e uma maior produção de MS.

Tabela 4. Produção de matéria seca (?1, g/vaso), número de perfilhos (?2, No./vaso), área foliar (?3, cm²), área foliar específica (?4, cm²/g) e taxa de alongamento foliar (?5, mm/dia) nas doses de fósforo (X, mg/dm), na rebrotação das gramíneas em três solos.

Gramínea (cvs.)	Solos	Equações
Mombaça	LVAd (81)*	?1 = 5.73448 + 0.16855X - 0.000228X ² ; R ² = 0.81
		?2 = 4.72839 + 0.12433X - 0.000153X ² ; R ² = 0.98
		?3 = 632.945 + 29.782X - 0.0423X ² ; R ² = 0.95
	LVd (21)	?4 = 29.941 + 0.9928X - 0.00140X ² ; R ² = 0.79
		?5 = 7.138 + 0.165X - 0.00027X ² ; R ² = 0.73
		?1 = 6.26967 + 0.18580X - 0.000258X ² ; R ² = 0.80
	RQ (80)	?2 = 9.65120 + 0.20850X - 0.000279X ² ; R ² = 0.82
		?3 = 225.44 + 24.2379X - 0.03077X ² ; R ² = 0.97
		?4 = 14.0087 + 0.82914X - 0.0011X ² ; R ² = 0.99
Marandu	LVAd (76)	?5 = 7.282 + 0.117X - 0.00017X ² ; R ² = 0.80
		?1 = 8.37547 + 0.24606X - 0.000474X ² ; R ² = 0.70
		?2 = 6.17174 + 0.41752X - 0.000778X ² ; R ² = 0.72
	LVd (23)	?3 = 823.28 + 20.414X - 0.0274X ² ; R ² = 0.68
		?4 = 35.32 + 0.566X - 0.00075X ² ; R ² = 0.63
		?5 = 8.884 + 0.0671X - 0.000093X ² ; R ² = 0.95.
	RQ (74)	?1 = 5.49288 + 0.10447X - 0.000157X ² ; R ² = 0.60
		?2 = 4.36221 + 0.11442X - 0.000139X ² ; R ² = 0.99
		?3 = 455.197 + 19.88769X - 0.025524X ² ; R ² = 0.86
Planaltina	LVAd (79)	?4 = 28.444 + 0.756X - 0.001016X ² ; R ² = 0.80
		?5 = 7.084 + 0.113X - 0.00016X ² ; R ² = 0.77
		?1 = 5.38518 + 0.16498X - 0.000220X ² ; R ² = 0.83
	LVd (21)	?2 = 4.53111 + 0.36103X - 0.000479X ² ; R ² = 0.99
		?3 = 472.13 + 20.96241X - 0.024841X ² ; R ² = 0.89
		?4 = 25.1186 + 0.73968X - 0.000916X ² ; R ² = 0.99
	RQ (84)	?5 = 8.026 + 0.085X - 0.00012X ² ; R ² = 0.52
		?1 = 8.34106 + 0.20973X - 0.000428X ² ; R ² = 0.70
		?2 = 11.53499 + 0.32815X - 0.000669X ² ; R ² = 0.72
Planaltina	LVAd (79)	?3 = 429.63 + 22.514X - 0.0291X ² ; R ² = 0.91
		?4 = 28.575 + 0.731X - 0.00094X ² ; R ² = 0.85
		?5 = 9.293 + 0.0839X - 0.000134X ² ; R ² = 0.50.
	LVd (21)	?1 = 6.60081 + 0.11602X - 0.000159X ² ; R ² = 0.60
		?2 = 13.83886 + 0.19504X - 0.000245X ² ; R ² = 0.71
		?3 = 994.077 + 44.567X - 0.0595X ² ; R ² = 0.85
	RQ (84)	?4 = 46.396 + 1.962X - 0.00257X ² ; R ² = 0.80
		?5 = 8.146 + 0.0088X - 0.00012X ² ; R ² = 0.66
		?1 = 4.22416 + 0.15212X - 0.000210X ² ; R ² = 0.87
RQ (84)	?2 = 8.43258 + 0.45913X - 0.000647X ² ; R ² = 0.97	
	?3 = 632.057 + 40.011X - 0.057496X ² ; R ² = 0.88	
	?4 = 47.6461 + 1.7757X - 0.003571X ² ; R ² = 0.84	
RQ (84)	?5 = 6.364 + 0.719X - 0.000104X ² ; R ² = 0.85	
	?1 = 4.46362 + 0.19111X - 0.000352X ² ; R ² = 0.84	
	?2 = 13.17971 + 0.79359X - 0.001653X ² ; R ² = 0.85	
RQ (84)	?3 = 1.189.45 + 22.382X - 0.0248X ² ; R ² = 0.65	
	?4 = 73.347 + 0.731X - 0.00093X ² ; R ² = 0.57	
	?5 = 5.755 + 0.0717X - 0.000103X ² ; R ² = 0.88.	

* En parêntese, teores de P no solo (mg/dm³) para obtenção de 90% da máxima produção de MS.

Tabela 5. Área foliar (cm²) das gramíneas cultivadas em Latossolo Vermelho-amarelo (LVA), Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (RQ), na menor e na maior dose de P, aos 45 dias de rebrota.

Gramíneas (cvs.)	L Vad		LVd		NQ	
	P (mg/dm ³)		P (mg/dm ³)		P (mg/dm ³)	
	110	560	110	560	110	560
Mombaça	4258 b*	4353 b	3042 b	4185 b	4394 ab	3905 b
Marandu	3030 c	3785 b	3243 b	4613 ab	3310 b	4078 b
Planaltina	6742 a	7699 a	5205 a	5316 a	5428 a	6390 a

* Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.05).

Tabela 6. Área foliar (cm²) das gramíneas cultivadas em Latossolo Vermelho-amarelo (LVA), Latossolo Vermelho (LV) e Neossolo Quartzarênico (RQ), na menor e na maior dose de P, aos 45 dias de rebrota.

Gramíneas (cvs.)	L Vad		LVd		NQ	
	P (mg/dm ³)		P (mg/dm ³)		P (mg/dm ³)	
	110	560	110	560	110	560
Mombaça	146 b*	156 b	102 b	133 b	140 b	124 b
Marandu	126 b	142 b	119 b	158 b	132 b	149 b
Planaltina	283 a	354 a	271 a	252 a	272 a	269 a

* Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.05).

Conclusões

Em todos os solos, a aplicação de fósforo aumenta de forma quadrática a produção de matéria seca, o perfilhamento, a AF, a AFE e a taxa de alongamento foliar das gramíneas. Com a aplicação de fósforo, o capim cv. Mombaça apresentou a maior produção de matéria seca entre as forrageiras, e o capim *Andropogon* cv. Planaltina exibiu maiores comprimento de perfilhos, número de perfilhos por área, AF e AFE.

Resumen

En condiciones de casa de vegetación de la Universidad Federal de Lavras, Lavras (MG), Brasil, se evaluaron los efectos de dosis crecientes de fósforo (P) aplicados en muestras de Latossolo Vermelho-Amarelo distroférrico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférrico (LVd) (0, 110, 220, 330 e 560 mg/dm³) e Neossolo Quartzarênico (RQ) (0, 80, 160, 240 e 410 mg/dm³), recolectados en la microbacia hidrográfica del Alto Rio Grande, sobre la producción de MS (PMS), altura de la plantas (AP), número de macollas o rebrotes/maceta (NM), área del hojas (AH), área específica del hojas (AEH), tasa del elongación (TAL) e aparición (TAP) de hojas de las especies forrajeras *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu y *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Las muestras de suelo, con características físico-químicas diferentes y tomadas hasta 20 cm de profundidad, fueron tamizadas y corregidas hasta alcanzar una saturación de bases del 60%. En cada suelo, los tratamientos fueron dispuestos en bloques al azar con arreglo factorial (5 x 3) y tres repeticiones. La PMS, el NM, el AH, el AEH y la TAL del hojas aumentaron en forma cuadrática en función de las dosis crecientes de P aplicada. Las plantas en los tratamientos testigo no

emitieron rebrotes y la PMS y el crecimiento no fueron significativos. *Andropogon gayanus* cv. Planaltina presentó los mayores valores de AP, NM, AH y AEH, sin embargo, también presentó menor PMS. Los valores más altos de NM no se tradujeron en mayores producciones de MS, posiblemente, por el efecto compensatorio entre número y tamaño de los rebrotes,

Summary

A pot trial was carried out in a glasshouse to evaluate the effect of phosphorus doses applied in samples of Red-yellow Latosoil (LRy) and Red Latosoil (LR) (0, 110, 220, 330 and 560 mg/dm³ de P) and Quartzsandy Neosoil (NQ) (0, 80, 160, 240 and 410 mg/dm³), collected in the hydrographic micro-basin of upper 'Rio Grande' on the yield of dry matter of shoot (DMS), the high of the plant (HP), the number of tillers, the leaf area (LA), the specific leaf area (SLA), the elongation leaf (LER) and the leaf rate appearance (LAR) of Mombaça grass (*Panicum maximum* cv. Mombaça), Marandu grass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) and *Andropogon gayanus* cv. Planaltina). Soil samples, with different physical-chemical features, taking from 20 cm deep, were sieved and corrected up to a base saturation of 60%. In each soil, the treatments were put in a randomized block array with a 5 x 3 factorial and three repetitions. The DMS, HP, LA, SLA, LER and LAR increased quadratically according to the increasing phosphorus applied doses. The tillering and shooting production in the plants with control treatments were inconsistent. *Andropogon gayanus* cv. Planaltina presented higher HP, TN, LA, SLA and a lower DM yield. The higher TN values did not raised the DM yield; probably, there

was a compensatory effect between the number and length of the tillers.

Referências

- Corrêa, L. A. e Haag, H. P. 1993. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo vermelho-amarelo álico. I: Ensaio em casa de vegetação. Piracicaba. Scien. Agríc. 50(1):99-108.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1993. Recomendações para estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, Planaltina, Comunicado Técnico no. 67. Embrapa-CPAC. 6 p.
- Fonseca, D. M.; Alvarez, V. V.; Neves, J. C.; Gomide, J. A.; Novais, R. F.; e Barros, N. F. 1988. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. Rev. Bras. Ciência do Solo 12:49-58.
- Gomide, J. A. 1997. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. En: Simpósio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo, 1997. Viçosa, MG. Anais, Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa. 1997. p. 411-430.
- Guss, A.; Gomide, J. A.; e Novais, R. F. 1990. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. Rev. Bras. Zoot. 19(4):278-289.
- Humphreys, L. R. e Riveros, F. 1986. Tropical pasture seed production. 3.ed. Roma, FAO, 1986. FAO plant production and protection paper 8. 203 p.
- McIvor, J. G. 1984. Phosphorus requirements and responses of tropical pasture species: native and introduced grasses, and introduced legumes. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 24(8):370-378.
- Pedreira, C. G.; Silva, S. C.; Braga, G. J.; Souza Neto; e Sbrissia, A. F. 2002. Sistemas de pastejo na exploração pecuária brasileira. En: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem. 2002. Viçosa, MG. Anais. Universidade Federal de Viçosa. p. 97-234.
- Pinto, J. C. 1994. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. Rev. Bras. Zoot. 23(3):327-332.
- Ribeiro, C. A.; Gontijo, P. T.; e Alvarez, V. H. 1999. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. En: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 5ª Aproximação. Viçosa 1999. 359 p.
- Rao, I. M.; Borrero, V.; Ricaurte, J.; García, R.; e Ayarza, M. A. 1996. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils. II. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. J. Plant Nutr. 19(2):323-352.
- Rodriguez, D.; Keljens, W. G.; e Goudriaan, J. 1998. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. Plant soil 200:227-240.
- Santos, I. P. A. 2004. Morfofisiologia e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob fontes e doses de fósforo. Tese Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal de Lavras. 243 p.
- Singh, D. K. e Sale, P. W. 1998. Phosphorus supply and the growth of frequently defoliated white clover (*Trifolium repens* L.) in dry soil. Plant Soil 205:155-162.

Producción de forrajeras arbustivas en monocultivo y asociadas en el trópico húmedo

G. Hernández*, J. M. Reichert**, R. Taylor*** y E. Blume**

Introducción

La producción de forrajes es la base de la alimentación de los bovinos en los trópicos, no obstante, esta producción en el trópico húmedo de Centro América es baja (Ibrahim et al., 2000), lo que compromete la producción ganadera en pasturas no mejoradas (Jansen et al., 1997). Los forrajes arbóreos o arbustivos mejoran la calidad nutritiva, ya que son una fuente proteica importante en la dieta animal (Velásquez, 1992; Ibrahim et al., 2000) y, de forma general, poseen una alta digestibilidad. La morera (*Morus alba*) y el poró blanco (*Erythrina fusca*) son dos de las especies leñosas, usadas en prácticas agroforestales conocidas como bancos de proteína, con mayor potencial forrajero dentro de las evaluadas en los últimos años (Oviedo et al., 1994; Ibrahim et al., 2000).

En regiones con épocas de clima estacional, los forrajes leñosos sustituyen a los herbáceos, ya que sus raíces más profundas permiten extraer el agua que necesitan para su desarrollo (Araya et al., 1994).

La morera se desarrolla bien hasta 4000 m.s.n.m. en zonas con temperatura entre 18 y 38 °C, con una precipitación entre 600 y

2500 mm por año, un fotoperíodo entre 9 y 13 h/día y una humedad relativa entre 65 y 80%. En condiciones tropicales la producción de materia seca (MS) por planta de morera puede alcanzar 1.64 kg/año, con cortes cada 60 días (Benavides et al., 1994). En cuanto a suelos, esta planta prospera satisfactoriamente en casi todos los suelos, excepto en pantanosos y muy calcáreos (Libreros et al., 1994) y, luego de establecida, es resistente a la sequía y crece en casi todas las condiciones edáficas (González, 1951), pero es susceptible en suelos muy húmedos o muy duros (Benavides et al., 1994).

El poró crece bien hasta 2000 m.s.n.m. y su producción de MS por planta alcanza 1.60 kg/año, con una densidad de 1667 árboles/ha y podas a cada 103 días (Libreros et al., 1994). El follaje de esta leguminosa es rico en proteína y minerales de alta disponibilidad para los vacunos (Benavides, 1994).

El monocultivo intensivo de la morera requiere una alta fertilización nitrogenada, mientras que el poró fija nitrógeno atmosférico que recicla en el sistema. Esto sugiere una posible opción de cultivo asociado de ambos en un sistema de bancos de proteína para reducir la aplicación de insumos y los costos de producción. Sin embargo, González (1951) y Gómez et al. (1995) consideran que existen incompatibilidades en esta asociación debido a respuestas diferentes de las especies frente a la saturación agua en el suelo.

En el presente trabajo se plantea la hipótesis que el nivel freático y la profundidad del suelo afectan de manera diferente los crecimientos del poró y la morera. Los objetivos específicos fueron: (1) determinar el desarrollo y la producción de biomasa de ambas plantas

* Ingeniero Agrónomo. Profesor de la Universidad de Panamá. Apartado 143, Las Tablas, Panamá.
g_hernandez_r@hotmail.com

** Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Profesor de la Universidad Federal de Santa Maria (UFSM). UFSM-Centro de Ciências Rurais, Prédio 42, Campus. 97105-900 Santa Maria, RS, Brasil.
reichert@smail.ufsm.br (**Autor correspondiente**) y eblume@ccr.ufsm.br

***Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Profesor de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH).

bajo condiciones diferentes de nivel freático, humedad gravimétrica y condición de drenaje en el suelo, tanto en época seca como lluviosa; (2) estimar los niveles freáticos óptimos y los que limitan el crecimiento de la morera y el poró blanco y (3) evaluar la posibilidad de asociación de ambas especies en condiciones de nivel freático variable en el paisaje y en el tiempo.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en un lote perteneciente a la finca pecuaria integrada de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), ubicada en Guácimo, Limón, Costa Rica. La finca está ubicada a 40 m.s.n.m., con una precipitación anual de 3500 mm, humedad relativa del aire de 90% y temperatura media de 25 °C. Durante el período experimental de 153 días la temperatura del aire fluctuó entre 22 y 30 °C y la precipitación total fue de 1297 mm.

Según Holdridge (1979) la evapotranspiración potencial anual es de 1473 mm, el superávit hídrico es de 1991 mm y la zona de vida corresponde a Bosque Húmedo Tropical. Los suelos son Inceptisoles y Entisoles con una pendiente entre 2% a 6%. Antes del establecimiento del ensayo, el área estaba cubierta por una pastura de cv. Marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Diamantes 1) y ratana (*Ischaemum indicum*).

El ensayo fue establecido en junio de 1994 en 27 parcelas distribuidas en tres bloques, cada uno de los cuales constaba de tres parcelas y tres tratamientos localizados al azar en cada parcela. Los tres tratamientos consistieron en monocultivo de morera (*M. alba*), monocultivo de poró blanco (*E. fusca*) y la asociación de ambas especies arbóreas en hileras alternas. En la Figura 1 aparece la distribución de las parcelas de cada tratamiento en el sitio del ensayo, según el gradiente freático, la altitud y la profundidad del manto rocoso.

La siembra de morera se hizo con material vegetativo consistente en estacas con un promedio de 1.8 cm de diámetro, 35 cm de longitud y cinco yemas a una distancia de siembra de 0.40 x 1.1 m para un total de

22,727 plantas/ha. El poró blanco se estableció, igualmente, con estacas de un diámetro aproximado de 3 cm, 55 cm de longitud y seis yemas a una distancia de siembra de 1 x 1.1 m para una densidad de 9091 plantas/ha (Palacios et al., 1994). Durante el establecimiento se hizo control de malezas manual y se sembró una cobertura viva de maní forrajero (*Arachis pintoii*).

La recolección de información sobre establecimiento y producción de biomasa fresca de ambas especies, así como la medición de las profundidades del nivel freático, se iniciaron 22 meses después de la siembra de las parcelas, durante un período experimental de 153 días de observación. El porcentaje de establecimiento en cada parcela se determinó mediante la relación entre las plantas vivas después de 22 meses de la siembra y la densidad inicial de establecimiento. La producción de biomasa fresca fue determinada en 10 microparcelas distribuidas al azar sobre el gradiente freático. Estas microparcelas de 2.2 m²—con cinco plantas en el monocultivo de morera y de dos plantas en el de poró—fueron colocadas al azar en seis parcelas de morera y en cuatro de poró blanco. Cada una de las 30 plantas de morera y las ocho plantas de poró blanco fueron podadas en tres ocasiones, en el comienzo de las evaluaciones y luego cada 2 meses en el período de crecimiento. La medición de la producción de biomasa se hizo en la época seca, entre el final de febrero y el comienzo de mayo (72 días), y en la época lluviosa, entre mediados de mayo y julio (81 días). Las podas se realizaron a 60 cm de altura de las plantas, incluyendo la biomasa de hojas y tallos tiernos.

La cobertura del suelo por *B. brizantha* cv. Marandú, pasto ratana y Maní Forrajero se determinó utilizando marcos de 25 cm² que fueron dispuestos al azar en 10 sitios en cada parcela experimental.

La profundidad del nivel freático fue determinada mediante la instalación de tubos de PVC de 1.5 pulgadas de diámetro y 2 m de profundidad, perforados lateralmente para permitir la entrada del agua presente en el subsuelo. Estos tubos fueron colocados en cada parcela a distintas profundidades en

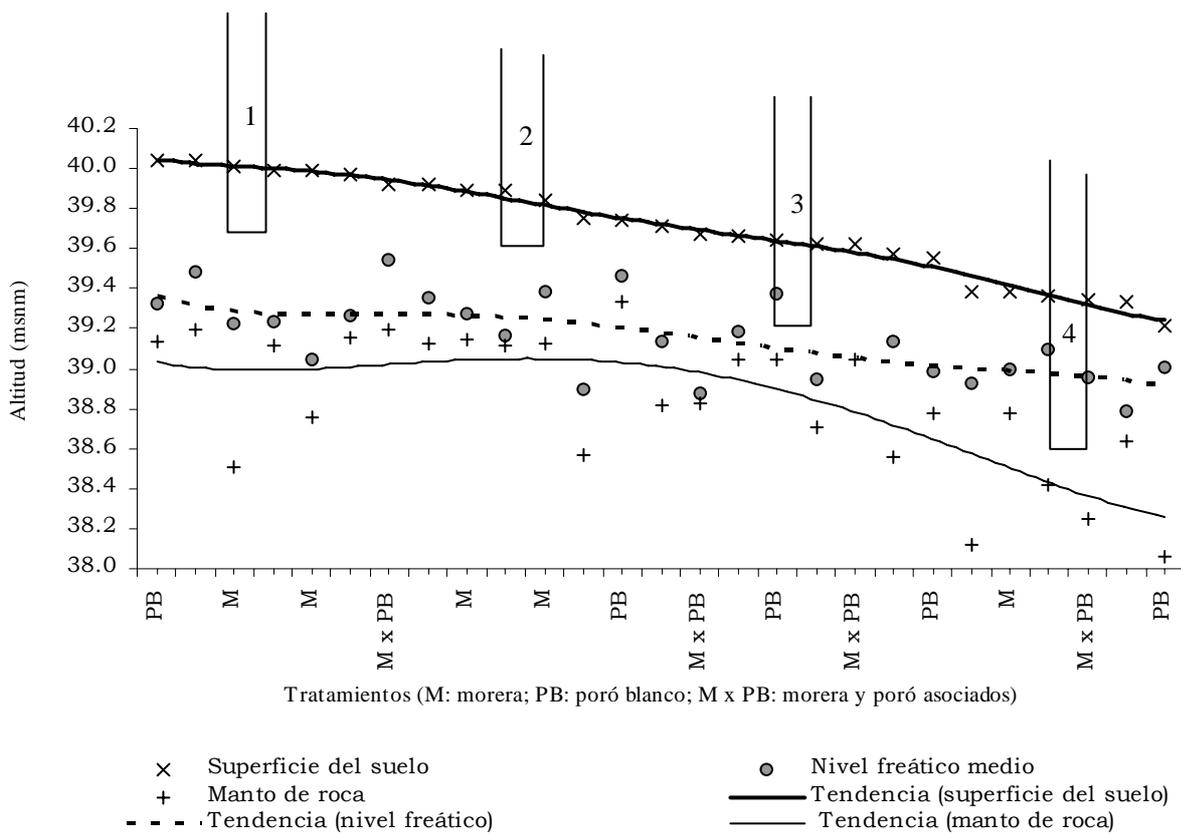


Figura 1. Profundidad del nivel freático, manto de roca y ubicación de cuatro calicatas a través del relieve de 27 parcelas en la Región Atlántica de Costa Rica.

función del manto de roca. El nivel freático fue medido con un sensor eléctrico a intervalos de 15 días, para un total de 139 lecturas durante el período experimental. Para la determinación del agua gravimétrica se tomaron muestras de suelo con barreno a dos profundidades entre 0 y 20 cm y entre 20 y 40 cm, en cada sitio donde estaban ubicados los tubos de PVC. Las características del perfil del suelo fueron descritas en cuatro sitios con diferentes condiciones de drenaje, incluyendo la textura, el color en húmedo mediante la tabla de Munsell y la profundidad de los horizontes (Lemos y Santos, 1996).

La posición de las parcelas en el relieve, obtenida por levantamiento topográfico, y los datos de humedad y profundidad del nivel freático fue relacionada por correlación y regresión con las variables tipo, establecimiento y rendimiento de las plantas.

Resultados y discusión

Suelo y drenaje

Las características del perfil de suelo, en especial la profundidad del nivel freático (Figura 1) y el color (Cuadro 1) eran variables. En la parte superior del relieve del lote, el perfil 1 corresponde a un Inceptisol medianamente desarrollado, con horizontes diferenciados, bien drenado y sin manchas de oxireducción en ninguno de los horizontes; aunque no se determinó la posición exacta de la profundidad del nivel freático en este perfil, ésta debe ser mayor que 76 cm. En la parte media del relieve (perfil 2) el suelo era de características similares a las detalladas en el perfil anterior, pero la profundidad del nivel freático era mayor que 67 cm. En la parte mediana inferior (perfil 3) el suelo era Inceptisol mal drenado con un nivel freático entre 10 y 15 cm e incrustaciones de moteados de oxireducción frecuentes y

Cuadro 1. Descripción simplificada de perfiles del suelo en el ensayo. EARTH, Costa Rica.

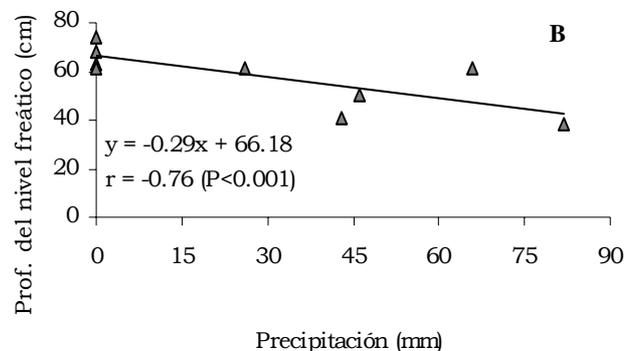
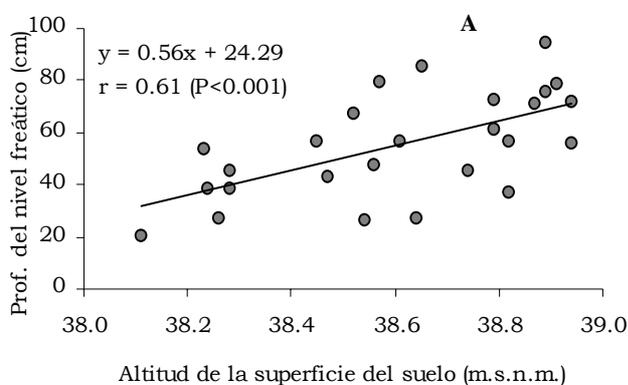
Perfil	Horizonte	Espesor (cm)	Color en húmedo (Munsell)	Clase textural	Observación
1	A	0-16	7,5YR 3,5/4 marrón oscuro	Franco arcillosa	Pedregoso
	B	16-44.5	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	Limo arcilloso	
	C	44.5-75.5	7,5YR 4/6 marrón fuerte	Franco arcilloso	
2	A	0-12.5	7,5YR 3/4 marrón oscuro	Franco arcilloso	Pedregoso
	B	12.5-36	10YR 3/4 marrón amarillo oscuro	Arcilloso limoso	
	C	36-66.5	10YR 5/6 marrón amarillo	Franco arcilloso	
3	A	0-19	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	Franco arcilloso	Moteados
	B	19-49	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	Arcilloso	Moteados
	C1	49-67	2,5YR 5/4 marrón oliva claro	Franco limoso	Moteados
	C2	67-78	2,5YR 5/4 marrón oliva claro	Franco limoso	Pedregoso, moteados
4	A	0-29.5	7,5YR 4/3 marrón	Franco arcillo limoso	Pedregoso, moteados
	C	29.5-85	10YR 4/6 marrón amarillo oscuro	Arcilloso arenoso	Pedregoso, moteados

pequeños en todos los horizontes. En la parte más baja del relieve (perfil 4) el suelo era Entisol con moteados en los horizontes A y C y gleyzación a los 70 cm de profundidad. En este sitio el nivel freático se encontraba entre 50 y 60 cm de profundidad. En todos los sitios, la profundidad (entre 75 y 85 cm) y la textura de los suelos fueron poco variable, mientras que la estructura y el material parental original fueron constantes.

La profundidad del nivel freático estuvo directamente relacionado con la fisiografía del paisaje (Figura 2a), obtenida a partir del levantamiento topográfico, con un coeficiente de correlación (r) de 0.52. Lo mismo se observa al separar los datos por época, con correlaciones más altas en las épocas seca ($r = 0.8$) que en la lluviosa ($r = 0.6$). El coeficiente de correlación más

alto en la época seca fue debido a que el perfil del suelo estudiado presentó una mayor diversidad de valores de nivel freático como consecuencia del déficit hídrico propio de esta época, de tal manera que los puntos más bajos presentaron mayores acumulaciones de humedad por drenaje superficial e interno. En general, el nivel freático en esta zona se mantiene como un plano horizontal que se mueve verticalmente siguiendo ligeramente la pendiente del terreno, debido a factores como la presencia del manto de roca y el movimiento lento del agua dentro del suelo por la textura fina o por la presencia de horizontes compactos.

La profundidad del nivel freático varió inversamente con la intensidad de la precipitación ($r = -0.76$) (Figura 2b). Según la ecuación lineal que rige la relación entre las dos variables (Figura 2b) se necesitarían

**Figura 2.** Relación durante el período experimental de la profundidad del nivel freático con la altitud de la superficie del suelo (A) y con la precipitación (B) en la EARTH, región Atlántica de Costa Rica.

aproximadamente 220 mm de lluvia, distribuidos en 2 días, para llevar la profundidad del nivel freático promedio a cero, permitiendo la incidencia de agua superficial o exfiltración. En la época seca, la disponibilidad de agua fácilmente drenable está en función de la posición del relieve que, a su vez, está asociada con el nivel freático; mientras que en la época lluviosa las constantes precipitaciones aseguran la disponibilidad de agua para llenar los requerimientos de las plantas.

Gradiente de drenaje y de vegetación

El gradiente de drenaje en sitios con suelo bien drenado en las partes más elevadas y suelo mal drenado en las partes bajas (Cuadro 1 y Figuras 1 y 2a) influyen sobre la vegetación herbácea dominante. En general, en suelo bien drenado la vegetación predominante era *B. Brizantha* cv. Marandú, mientras que en el suelo mal drenado predominaba el pasto ratana. El análisis de la información recopilada mostró que la relación entre profundidad del nivel freático era directa y positiva ($r = 0.93$) para cv. Marandú e inversa ($r = -0.92$) para el pasto ratana, lo que indica claramente un gradiente de vegetación que refleja las condiciones de

drenaje y humedad en el suelo. Por otro lado, *A. Pintoi* cv. Maní Forrajero fue persistente y cubrió en forma uniforme entre 20% y 30% del área experimental, indicando su capacidad de asociación con las gramíneas y su adaptación a diferentes condiciones de drenaje.

En la Figura 3 se observa que el establecimiento y producción de forraje verde de la morera presentaron una relación directa ($r = 0.32$ y $r = 0.40$) con la profundidad del nivel freático, mientras que en el caso del poró esta relación fue inversa ($r = -0.35$ y $r = -0.52$). Resultados similares fueron encontrados para la humedad gravimétrica en las dos profundidades analizadas (datos no presentados), pero con relaciones más bajas principalmente para prendimiento de las dos especies.

En el análisis de resultados por época sólo se incluyó la producción de biomasa, ya que las evaluaciones se iniciaron 22 meses después de la siembra y para la época del estudio el establecimiento era el resultado de la integración de varios efectos como capacidad de rebrote y sobrevivencia.

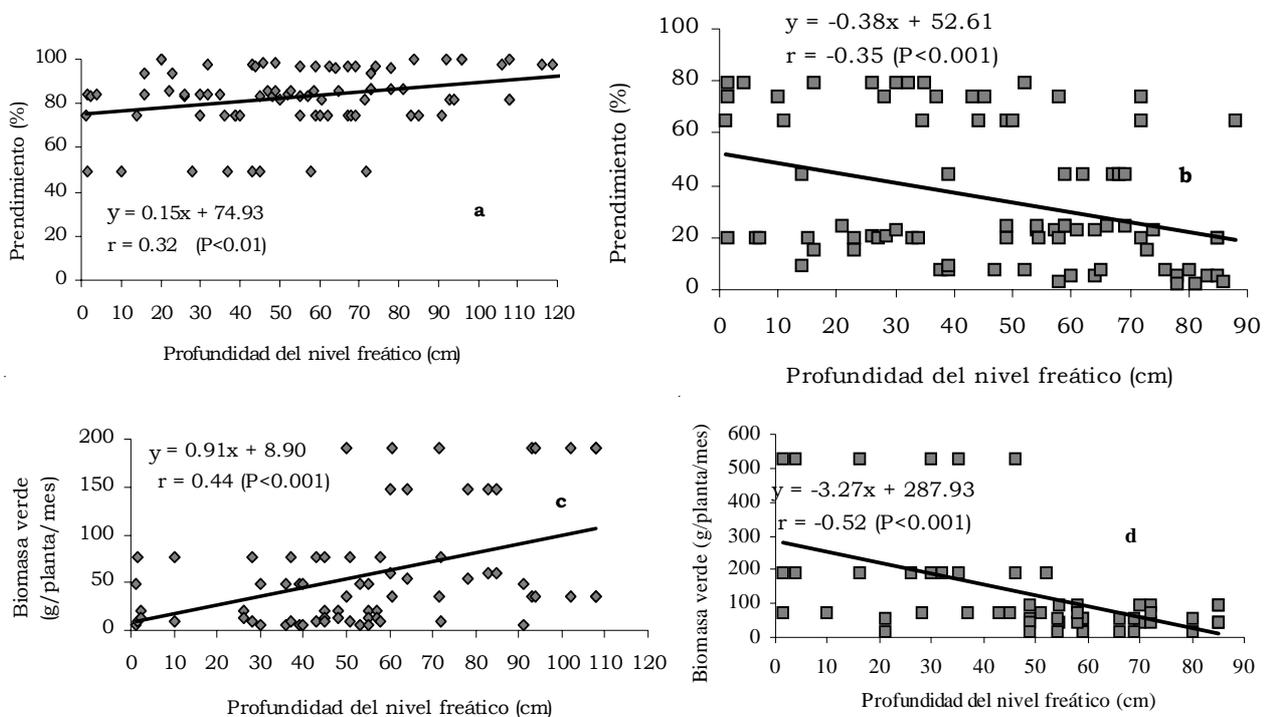


Figura 3. Establecimiento y producción de forraje fresco de morera (*Morus alba*) (a y c) y de poró blanco (*Erythrina fusca*) (b y d) como respuesta a la profundidad de nivel freático en la EARTH, zona Atlántica de Costa Rica.

La profundidad óptima del nivel freático para obtener un máximo porcentaje de establecimiento (100%) de morera, según la ecuación lineal presentada en la figura 3a, fue de 80 cm, la máxima incluida en el ensayo. Esto indica que esta planta se desarrolla adecuadamente en suelos con nivel freático profundo y, posiblemente, la mejor época de siembra en la zona del estudio es al final de la época lluviosa cuando dicho nivel empieza a descender.

En el caso del poró, el mejor establecimiento se obtuvo con el nivel freático más alto (21 cm) (Figura 3b), lo que sugiere que la mejor época para establecer esta leguminosa es el inicio de la época de lluvias cuando dicho nivel comienza a ascender en el suelo. Se debe mencionar que el material vegetativo utilizado en la siembra de poró no fue uniforme por lo que su establecimiento fue inferior al de la morera.

La producción de forraje de ambas especies fue variable entre épocas y sus relaciones con el nivel freático siguieron tendencias similares a las del establecimiento (Figura 3c,d). La época seca fue más favorable para la producción de la morera, ya que el nivel freático se encuentra a mayor profundidad. El poró, por el contrario, presentó la mayor producción de biomasa en la época de lluvias en sitios con nivel freático alto.

Establecimiento y producción de biomasa

El promedio de establecimiento de plantas de morera fue de $86 \pm 3\%$ y la producción de forraje verde fue de 0.81 ± 0.21 kg/planta por año con una densidad de 22,727 plantas/ha. Este rendimiento coincide con el encontrado por Rodríguez et al. (1994) de 0.823 kg/planta de forraje verde, con podas cada 63 días, sin fertilización y densidades de 20,833 plantas/ha; y es diferente del encontrado por Benavides et al. (1994) quienes obtuvieron 1.95 kg/planta de forraje verde, sin fertilización y una densidad de 22,727 plantas/ha. No obstante en el presente ensayo, cuando el nivel freático era profundo, se obtuvieron rendimientos de forraje superiores que los encontrados por estos últimos autores.

Los promedios de establecimiento y sobrevivencia de plantas ($26 \pm 6\%$) del poró

fueron muy bajos, lo cual contrasta con los resultados obtenidos por Rodríguez y Murgueitio (1995) quienes obtuvieron una sobrevivencia de 48% de las plantas de esta leguminosa. No obstante, cuando el nivel freático era profundo la sobrevivencia de las plantas en este estudio fue mayor que la encontrada por estos investigadores.

El promedio de producción de biomasa verde del poró fue de 2.9 ± 1.3 kg/planta por año, para una densidad de 9091 plantas/ha. Este promedio es muy bajo, si se compara con el obtenido por Rodríguez y Murgueitio (1995), quienes encontraron valores de producción anual de biomasa verde de 36 kg/planta, con una densidades de 12,346 plantas/ha, sin fertilización y con intervalos de poda de 104 días.

Conclusiones

Las diferencias en drenaje, debidas a la posición en el relieve y la profundidad del nivel freático causan un gradiente de vegetación. Al aumentar la profundidad del nivel aumentan el establecimiento, la persistencia y la producción de biomasa verde de la morera, a la vez que disminuyen en el poró blanco. El mejor comportamiento de la morera se observó en sitios donde la profundidad el nivel freático era de 80 cm, mientras que el poró se desarrolló mejor en sitios donde éste se encontraba a una máxima profundidad de 21 cm.

Debido a los requerimientos diferentes de humedad en el suelo, la asociación de morera con poró no es posible bajo las condiciones de bosque húmedo tropical.

Los resultados de establecimiento y producción de biomasa en relación con la profundidad del nivel freático, tanto en época seca como lluviosa, indican que la morera prefiere nivel freático profundo, el cual se maximiza en la época seca y en una posición alta en el relieve. El poró prefiere el nivel freático superficial, el cual se presenta en la época lluviosa y en una posición baja en el relieve.

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento a los estudiantes de la EARTH, Gildardo Martínez y Luciano Machado, por la colaboración en la

realización de las actividades de campo, y al profesor Ricardo Russo por su invaluable ayuda en la interpretación de los resultados.

Resumen

En 1994, sobre Inceptisoles y Entisoles de la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH), ubicada en Guácimo (40 m.s.n.m., 3500 mm, humedad relativa del aire de 90% y temperatura media de 25 °C), Limón, Costa Rica, durante 153 días y 1297 mm de precipitación se estudio el efecto de la profundidad del nivel freático en el establecimiento, persistencia y producción de forraje verde de las plantas arbustivas morera (*Morus alba*) y poró blanco (*Erythrina fusca*). El ensayo fue establecido en 27 parcelas distribuidas en tres bloques, cada uno de los cuales constaba de tres parcelas y tres tratamientos localizados al azar en cada parcela. Los tres tratamientos consistieron en monocultivo de morera, monocultivo de poró blanco y la asociación de ambas especies en hileras alternas. La profundidad del nivel freático y la humedad gravimétrica fueron determinadas periódicamente, mientras el establecimiento, la sobrevivencia y la producción de biomasa de ambas especies fueran determinadas durante las épocas seca y la lluviosa. Al aumentar la profundidad del nivel aumentaron el establecimiento, la persistencia y la producción de biomasa verde de la morera, por el contrario, estas mismas características disminuyeron en el poró blanco. El mejor comportamiento de la morera se observó en sitios donde la profundidad el nivel freático era de 80 cm, mientras que el poró se desarrolló mejor en sitios donde éste se encontraba a una máxima profundidad de 21 cm.

Summary

Woody forage crops development depends on soil and climatic conditions, mainly the rainfall and the depth of water table. This study intended to determine the effect of water table depths on the development of *Morus alba* and *Erythrina fusca* in the humid tropics of Costa Rica. The experiment was carried out on a toposequence where we determined the percentage of soil cover, depth to the semi-impermeable layer and

topography, and described the soil profile. Water table levels and gravimetric water content were determined periodically, while resprouting/plant survival and biomass production of the two woody forages were determined in the dry season and in the rainy season. The water table depth was closer to soil surface with higher rainfall precipitation and lower landscape positions, but the gravimetric water content did not correlate with the evaluated plant parameters. A vegetation gradient for the two non-woody species was observed on the landscape, conditioned by their adaptation soil moisture. For the two woody forage species, water table depth and the resprouting/plant survival and trimmed biomass production were positively correlated for *Morus* and negative for *Erythrina*, for both the dry and rainy season. This indicates a preference of *Morus* for deeper water table, which occurs preferentially in the dry season and at higher level within the landscape, contrary to the optimal conditions for *Erythrina*. Thus, due to their distinct soil drainage or moisture requirements it is impossible to grow the two species as associated crops.

Referencias

- Araya, J.; Benavides, J.; Arias, R.; y Ruiz, A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero. En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. p. 31-64.
- Benavides, J. 1994. Follaje de poró (*E. poeppigiana*) y fruto de musáceas como suplemento para rumiantes menores en estabulación. En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. p. 341-356.
- _____; Lachaux, L.; y Fuentes, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus* spp.). En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de

- Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. p. 495-514.
- Gómez, M.; Rodríguez, L.; Murgueitio, E.; Ríos, C.; Molina, C.; Molina, C. H.; Molina, E; y Molina, J. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica: Matarratón, nacedero, pizamo y botón de oro. Cali, Colombia, CIPAV. 129 p.
- González, F. 1951. El gusano de seda y la morera. Cuarta edición. Madrid, España, Ministerio de Agricultura. 272 p.
- Holdridge, L. R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola (IICA), San José, Costa Rica. 216 p.
- Hueck, K. 1978. Los bosques de Sudamérica: Ecología, composición e importancia económica. Eschborn, Alemania, GTZ. 476 p.
- Ibrahim, M. A.; Holmann, F.; Hernandez, M.; y Camero, A. 2000. Contribution of *Erythrina* protein banks and rejected bananas for improving cattle production in the humid tropics. *Agrof. Syst.* 49(3): 245-254.
- Jansen, H. G.; Ibrahim, M. A.; Nieuwenhuyse, A.; tMannetje, L.; Joenje, M.; y Abarca, S. 1997. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Trop. Grassl.* 31(6):588-598.
- Lemos, R. C. y Santos, R. D. 1996. Manual de descrição e coleta de solos a campo. 3 ed. Campinas, Brasil, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 83 p.
- Libreros, L.; Benavides, J.; Kass, D.; y Pezo, D. 1994. Productividad de una plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigina*) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).), Turrialba, Costa Rica. p. 475-494.
- Oviedo, F.; Benavides, J.; y Vallejo, J. 1994. Evaluación bioeconómica de un módulo de agroforestal con cabras en el trópico húmedo. En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. p. 601-630.
- Palacios, J.; Vigil, M.; y Céspedes, P. 1994. Evaluación del rebrote y crecimiento de estacas de morera (*Morus* sp.) y poró (*Erythrina fusca*) en asocio con *Arachis* (*Arachis pintoï*) y desmodium (*Desmodium ovalifolium*) como coberturas y su efecto sobre el control de malezas. Documento interno, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH) Guácimo, Costa Rica. 7 p.
- Rodríguez, C.; Arias, R.; y Quiñones, J. 1994. Efecto de la frecuencia de podas y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus* spp.) en el trópico seco de Guatemala. En: Benavides, J. (ed.). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 721 p.
- Rodríguez, L. y Murgueitio, E. 1995. Género *Erythrina*. En: Gómez, M.; Rodríguez, L.; Murgueitio, E.; Ríos, C.; Molina, C.; Molina, C.H.; Molina, E.; y Molina, J. (eds.). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica: Matarratón, nacedero, pizamo y botón de oro. Cali, Colombia, CIPAV. 129 p.
- Velásquez, C. M. 1992. El forraje de morera *Morus* sp. como fuente de proteína en dietas a base de ensilado de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* para novillos en el parcelamiento Cuyuta. Tesis de grado. San Carlos, Guatemala, Universidad de San Carlos. 38 p.

Adubação nitrogenada e potássica em pastagem de *Brachiaria humidicola* em um Planossolo da baixada fluminense, Rio de Janeiro

J. Quinquim Magiero*, R. Rossiello**, J. B. Rodrigues de Abreu*** e B. J. Rodrigues Alves^φ

Introdução

Aproximadamente metade da área de pastagens cultivadas no Brasil corresponde a monoculturas de gramíneas melhoradas (Macedo, 1995). As espécies do gênero *Brachiaria*, originárias de diversas regiões da África tropical, como *B. decumbens* e *B. brizantha* ocupam milhões de hectares, especialmente no Centro-Oeste brasileiro. A espécie *B. humidicola* (Rendle) Schweickdt, comumente conhecida como Quicuío-da-Amazônia, tem tido maior expansão no trópico úmido sul-americano.

Existem poucos estudos sobre manejo da adubação nitrogenada em pastagens implantadas sobre Planossolos no Brasil. Estes solos, tipicamente associados a baixadas e várzeas úmidas, ocorrem, de forma difusa em quase todo o território nacional. Trata-se de solos moderadamente profundos a rasos, onde a presença de um horizonte B textural de baixa permeabilidade determina uma drenagem imperfeita, o que ocasiona problemas de excesso de umidade durante o período

chuvoso (Embrapa, 1999). No outro extremo, a textura arenosa dos horizontes superiores do perfil, pode sujeitar o solo a severos dessecaamentos durante períodos de estiagem prolongados.

O parcelamento das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) é considerado uma estratégia importante para o aumento da eficiência de utilização desses adubos, especialmente em solos de texturas mais arenosas, onde as perdas por lixiviação durante a estação chuvosa podem ser importantes (Sánchez, 1976). Por outro lado, o manejo das forrageiras tropicais submetidas ao pastejo e à estacionalidade da produção basicamente consiste em oferecer às plantas condições que possibilitem a rebrota rápida e vigorosa após a desfolhação (Peixoto, 1993; Monteiro, 1997). Aplicando-se a lógica das duas afirmativas anteriores ao caso dos Planossolos, poderia ser suposto que uma estratégia de adubação para pastagens nestes solos deveria estar baseada no parcelamento de doses, devido à textura arenosa dos horizontes superficiais, especialmente quando o pasto é manejado sob regime de cortes frequentes, onde a adição de pequenas parcelas de fertilizantes poderia contribuir para o vigor da rebrota.

Especificamente, as hipóteses testadas foram as seguintes: (1) pastagens de *B. humidicola*, instaladas em Planossolos, responderão à aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos, sob as condições climáticas prevalentes na estação chuvosa; (2) a aplicação parcelada das doses

* Zootecnista, aluno de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rodovia BR 465, KM 7 S/ N 23890-000 – Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: jefersonqm@yahoo.com.br

** Professor Adjunto do Depto de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: ropr@ufrj.br

*** Professor Adjunto do Departamento de Nutrição Animal e Pastagens, Instituto de Zootecnia UFRRJ. E-mail: jbrabreu@ufrj.br

^φ Pesquisador da Embrapa-Agrobiologia, Seropédica, RJ. E-mail: bruno@cnpab.embrapa.br

após cada corte será mais efetiva do que a aplicação em três parcelas distribuídas ao longo do período das chuvas, época onde é maior a demanda de nutrientes pelas pastagens. Esta segunda hipótese baseia-se na expectativa de que um maior número de parcelamentos possa contribuir a uma maior produção de matéria seca (MS), distribuída mais uniformemente durante o período considerado.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental de Forragicultura, no Setor de Caprinocultura do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (22° 46' 59" S; 43° 40' 45" O; altitude: 33 m.s.n.m), entre outubro de 2003 a março de 2004. A pastagem de *B. humidicola* utilizada neste estudo foi implantada em 1985, tendo sido eventualmente utilizada para o pastejo de bovinos e mais freqüentemente de caprinos (J.B.R. de Abreu, comunicação pessoal). A pastagem não recebeu nenhuma aplicação de adubos ou corretivos até agosto de 2002, quando foi iniciado um programa de adubação com N e K (Abreu et al., 2003) do qual o presente trabalho constitui uma continuação. Previamente à instalação do experimento foi feita uma avaliação do nível de fertilidade da camada superficial do solo (0-0.2 m) obtendo-se os seguintes resultados (em cmol_c/dm³): Ca²⁺ = 2.0, Mg²⁺ = 1.2, K = 0.12, Al = 0, M.O. = 13.4 g/kg, P_(Mehlich-1) = 10 mg/dm³ e pH_(água 1:2.5) = 6. Foram estudados os efeitos das seguintes variáveis: (1) doses de fertilização nitrogenada e potássica e (2) número de parcelamentos da dose. As doses de N foram 0, 100, 200 e 400 kg/ha por ano, aplicadas na forma de uréia. O K foi aplicado como KCl, numa relação (N:K) de 1.8:1. Isto originou quatro níveis de fertilização, denominados NF (NF1 = 0N:0K, NF2 = 100N:55.5K, NF3 = 200N:111K e NF4 = 400N:222K). Foram consideradas duas alternativas de parcelamento das doses: três (3x) ou seis vezes (6x), de acordo com o número de cortes feitos. Essas variáveis foram combinadas em oito tratamentos (T), a saber: T1 = 0N:0K (testemunha para 3x); T2 = 100N:55.6K (3x), T3 = 200N:111K (3x), T4 = 400N:222.2K (3x), T5 = 0N:0K (testemunha para 6x), T6 = 100N:55.6K (6x),

T7 = 200N:111K (6x) e T8 = 400N:222.2K (6x). Os tratamentos foram dispostos em blocos, de forma totalmente casualizada, com quatro repetições. Cada bloco foi composto por oito parcelas de 2 m x 2 m, com área útil de 1 m² no centro. Em 27/09/2003 foi realizado um corte de uniformização, rebaixando-se a pastagem a uma altura de 0.1 m. A primeira parcela da adubação foi aplicada em 25/10/2003. A partir dessa data, os parcelamentos sucessivos foram aplicados a cada 28 dias (tratamentos T6, T7 e T8) ou 56 dias (tratamentos T2, T3 e T4) até ser completada a dosagem total. A parte aérea e o material desprendido das plantas e depositado ao nível do solo (liteira) foram coletados manualmente em cada data de corte (DC, a cada 28 dias). Este material foi levado para o laboratório, onde foi pesado e posto a secar em estufa com circulação forçada de ar (65 °C, 72 h), para determinação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da liteira (MSL).

Os dados climáticos foram coletados na estação experimental de Seropédica, da Pesagro-Rio (22° 45' S, 43° 41' O) distante aproximadamente 2 km da área onde foi realizado o experimento. Esses dados foram comparados com as normais climáticas para a região, apresentadas por Martorano et al. (1997), com base no período 1960-96.

Para finalidade de análise estatística, os dados foram analisados previamente para normalidade de distribuição (Kolmogorov-Smirnov) e de homogeneidade de distribuição da variância amostral (teste de Bartlett). Para efeitos de ANOVA, os dados foram analisados como um fatorial separando-se os efeitos principais: níveis de fertilização NK, número de parcelamentos, data de coleta, e suas interações por emprego do procedimento GLM (General Linear Models) do SAS (Statistical Analysis System) v. 6.03, com o subprocedimento de medidas repetidas no tempo (SAS, 1988), e comparações entre médias pelo teste D.M.S. (P < 0.05).

Resultados e discussão

No Tabela 1 são mostrados os resultados da análise estatística da produção de MSPA e MSL (kg/ha). Houve efeitos altamente significativos para NF, DC e para DC x NF mas não para o parcelamento de doses, nem

Tabela 1. Níveis de significância para os efeitos de níveis de fertilização NK, número de parcelamento de doses e datas de corte sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de liteira (MSL) de uma pastagem de *Brachiaria humidicola*.

Produção	Parc. ^a	NF	DC	DC x Parc.	DC x NF	Parc. x NF	DC x Parc. x NF
MSPA	0.6885	0.0001	0.0001	0.9545	0.0001	0.4000	0.5049
MSL	0.7031	0.0026	0.0001	0.8133	0.0030	0.4628	0.5740

a. Parc. = número de parcelamentos de dose, NF = nível de fertilização NK, DC = dias após o corte de uniformização (27/09/2003).

para suas interações duplas (DC x Parc; NF x Parc) e tripla (DC x Parc x NF). Observa-se, de imediato, que este resultado implica que a possível superioridade de um maior número de parcelamentos dos fertilizantes não teve respaldo estatístico, havendo apenas resposta altamente significativa para o nível de fertilização, que se expressou diferencialmente de acordo à data de colheita. Em consequência, a análise de variância foi reestruturada considerando-se a média dos valores dos dois parcelamentos dentro de cada nível de fertilização (Tabela 2).

No primeiro corte, os dados foram obtidos previamente à aplicação da primeira parcela de fertilizantes, e a existência de diferenças significativas possivelmente seja produto do efeito residual da adubação nitrogenada que a pastagem recebeu durante a estação chuvosa anterior. Parte do fertilizante aplicado anteriormente, pode ter sido imobilizado no solo ou reciclado por meio da deposição de liteira e permanecido assim durante março a agosto de 2004. Com a elevação da temperatura e das chuvas durante setembro e outubro (Figura 1) deve ter ocorrido

um aumento nas taxas de mineralização, resultando em maior liberação de N, K e outros nutrientes na solução do solo, o que poderia explicar o maior crescimento da pastagem nas parcelas que tinham recebido maior dose de fertilizante no período chuvoso anterior. Já os dados do segundo corte refletem a aplicação das primeiras parcelas de N nos respectivos tratamentos. No tratamento testemunha (NF1) observou-se uma produção de MSPA muito baixa, inclusive, em algumas parcelas não houve possibilidade de efetuar o corte nesta data devido à baixa velocidade de rebrota e expansão foliar. Esta baixa recuperação da testemunha pode estar relacionada a uma insuficiência de recursos energéticos prontamente disponíveis ocasionada pelo seu esgotamento no corte anterior, o que sugere que o intervalo de corte, relativamente curto, não foi suficiente para a recuperação das reservas orgânicas, resultando assim em menor vigor de rebrota. Com efeito, sabe-se que após um corte os metabólitos necessários para a produção de novos perfilhos, folhas e raízes provêm de nova fotossíntese ou de reservas

Tabela 2. Efeitos de níveis de fertilização e datas de corte sobre a produção de matéria seca (kg/ha) de *Brachiaria humidicola* no período de outubro de 2003 a março de 2004. Seropédica, RJ., Brasil.

Dias após corte	Níveis de fertilização				Médias	EPM
	NF1 ^a	NF2	NF3	NF4		
28	171.0 b*	192.2 b	461.2 a	462.7 a	321.8	64.1
56	26.6 c	135.3 c	236.4 b	502.5 a	225.2	51.0
84	496.1 c	778.3 bc	1055.9 b	1509.6 a	960.0	138.1
112	123.7 c	218.2 abc	313.3 a	207.1 b	215.6	32.5
140	345.1 b	653.0 a	838.9 a	750.5 a	646.9	100.61
168	348.0 b	265.2 bc	221.6 c	530.9 a	341.4	38.2

a. NF = nível de fertilização NK (NF1 = 0N:0K, NF2 = 100N:55.5K, NF3 = 200N:111K e NF4 = 400N:222 K), EPM = Erro padrão da média.

* Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P < 0.05$).

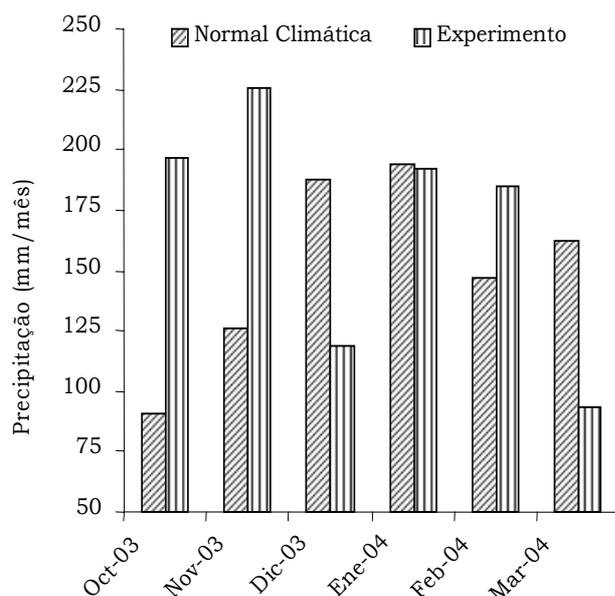


Figura 1. Comparação da precipitação total mensal registrada durante o período experimental em relação à normal climática (período 1960-96). FONTE: Martorano et al., 1997.

previamente acumuladas nas raízes e base dos colmos durante os intervalos de cortes (Brougham, 1956; Davies, 1995; Lupinnacci, 2002). A velocidade de recuperação pós-desfolha depende de fatores como altura de corte e disponibilidade de água e nutrientes, particularmente do teor e formas do N mineral no solo (Pagotto, 2001; Corsi et al., 2001). Por exemplo, Lopes et al. (2004) mostraram que a velocidade de recuperação da parte aérea e raízes do capim Coast-cross (*Cynodon dactylon*) foi maior conforme aumentou a dose de N aplicada após o corte. Sendo assim, pode-se supor que, no presente caso, os tratamentos que receberam maiores níveis de fertilização tenham acelerado as suas rebrotas, e através de uma maior captação de radiação fotossintética, tiveram maiores produções de MSPA (Tabela 2). Também, é possível que estes efeitos tenham se repetido nos sucessivos cortes, contribuindo assim para explicar parte da variação entre os tratamentos. Observa-se que, de modo geral, após um pico de produção no corte subsequente houve uma redução na produção de MSPA, mais ou menos pronunciada segundo o nível de fertilização

considerado. Ao comparar os resultados estatísticos entre o NF1 e NF2 nas diferentes datas de corte, nota-se que somente houve diferença significativa no corte de fevereiro. Os dados de precipitação pluviométrica entre os cortes de janeiro e fevereiro indicaram que nos dias 17 e 18/01/2004 choveu um total de 19.8 mm, em forma de chuva fraca. Após o dia 18/01/2004 ocorreu um longo período de estiagem (18 dias) o que diminui a possibilidade de perdas por lixiviação, explicando assim esta única diferença de produção. A maior produção de MSPA entre cortes ocorreu em dezembro, aos 84 dias após o corte de uniformização da pastagem (Tabela 2). Justamente neste período, ocorreu alta precipitação nas duas primeiras semanas, o que deve ter acarretado altos conteúdos de umidade no solo. Por outro lado, independentemente da época de corte, sempre houve diferença significativa ($P < 0.05$) entre NF1 (testemunha) e NF4. Quando se considera a produção total acumulada durante os seis cortes, essas diferenças expressam-se claramente (Figura 2). Ao final da estação chuvosa foram obtidas as seguintes produções totais: NF1 = 1510 ± 309.6 , NF2 = 2242 ± 478.7 , NF3 = 3127 ± 295.4 e NF4 = 3963 ± 507.4 kg/ha, respectivamente. Em termos relativos, isto significou aumentos de 149, 207 e 262%, para NF2, NF3 e NF4 em relação à produção sem adubação. Este resultado prova que, nas condições do presente experimento houve resposta à adubação com N e K.

Em relação à produção de liteira, numa apreciação geral, nota-se que as quantidades acumuladas não acompanharam as tendências observadas para a produção de MSPA. Com efeito, os níveis de adubação interagiram de forma diferenciada com as épocas de corte ($P = 0.003$, Tabela 1) de forma que a distribuição das diferenças na produção entre níveis de fertilização nem sempre ocorreram (Tabela 3).

Os dados referentes à coleta de 28 dias após o corte de uniformização são referentes ao acúmulo de liteira entre 27/09 e 25/10/2003, período em que a pastagem ainda não tinha sido adubada. Também, deve ser observado que no dia 27/09, por ocasião do corte de uniformização, foi retirada toda a liteira existente sobre o local de colheita de forma

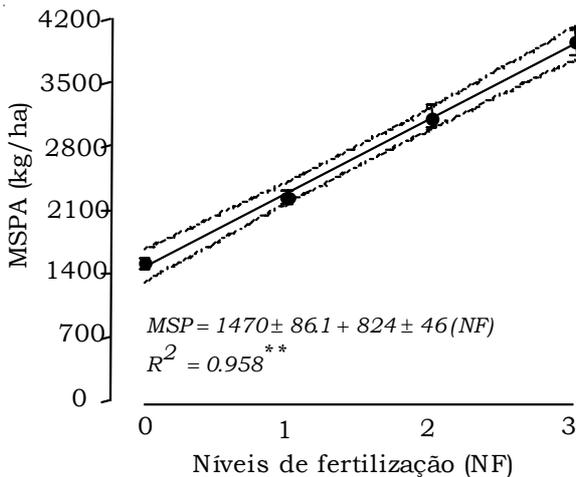


Figura 2. Efeito de níveis de fertilização (NF) sobre a produção de MS da parte aérea (MSPA) (6 cortes) em uma pastagem de *Brachiaria humidicola*. UFRRJ, Seropédica, Brasil. As linhas pontilhadas indicam o intervalo de confiança da linha de regressão ($P < 0.05$).

que, a partir dessa data, os acúmulos registrados representam sempre o resultado líquido da deposição e decomposição da liteira produzida dentro do intervalo de corte considerado. Na primeira época de coleta (28 dias) houve uma produção média de MSL bem maior que nos cortes seguintes (Tabela 3). Além disso, a MSL excedeu largamente a produção de MSPA, mostrando uma relação entre ambas de 1.87, 2.83, 1.62 e 2.37 respectivamente para o NF1, NF2, NF3 e NF4. Esse resultado sugere que nesta primeira colheita houve um acúmulo líquido de liteira, prevalecendo a deposição sobre a decomposição. Pela metodologia

usada, esses acúmulos não podem ser atribuídos à liteira préexistente, e portanto tornam-se difíceis de serem explicados. Quanto às condições ambientais, o mês de outubro caracterizou-se pela alta precipitação (Figura 1) e temperaturas um pouco inferiores aos demais meses, especialmente nas duas últimas semanas, quando declinaram progressivamente até um mínimo de 12.3 °C no dia 17/10/2003. Estes períodos de baixas temperaturas podem ter limitado a decomposição da liteira. Na terceira época de coleta todos os tratamentos foram estatisticamente equivalentes. Em termos médios, esta data apresenta o menor valor observado entre os cortes (221.4 kg/ha de MSL). Nesta mesma data de corte foram registradas as maiores produções de MSPA (Tabela 2), de tal forma que as relações MSL/MSPA foram de 0.56, 0.18, 0.18 e 0.16 para NF1, NF2, NF3 e NF4, respectivamente. Estas relações, tão contrastantes com as observadas aos 28 dias, podem ser decorrentes de uma menor taxa de deposição de liteira a partir da MSPA e/ou de uma maior taxa de decomposição da liteira depositada, em decorrência de condições ambientais mais favoráveis e de maior disponibilidade do N no solo, decorrente das adubações anteriormente realizadas.

A produção líquida de liteira, acumulada nos seis cortes realizados, foi de 1632 ± 560.3 , 1765 ± 406.7 , 2367 ± 762.5 e 3109 ± 1041 kg/ha para NF1, NF2, NF3 e

Tabela 3. Efeitos de níveis de fertilização e datas de corte sobre a produção de matéria seca (kg/ha) da liteira de *Brachiaria humidicola*, no período de outubro de 2003 a março de 2004. Seropédica, RJ., Brasil.

Dias após corte	Níveis de fertilização				Médias	EPM
	NF1 ^a	NF2	NF3	NF4		
28	320.7 b*	543.4 b	746.0 ab	1095.0 a	676.3	150.4
56	254.5 b	268.1 b	410.9 ab	568.1 a	375.4	56.2
84	279.1 a	137.4 a	190.7 a	238.3 a	211.4	52.3
112	229.9 b	220.4 b	348.7 a	272.6 ab	267.9	37.1
140	361.9 a	356.8 a	411.5 a	462.4 a	398.2	59.9
168	186.6b	239.0 b	259.5 b	472.4 a	235.4	48.9

a. NF = nível de fertilização NK (NF1 = 0N: 0K, NF2 = 100N:55.5K, NF3 = 200N:111K e NF4 = 400N:222 K), EPM = Erro padrão da média.

* Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P < 0.05$).

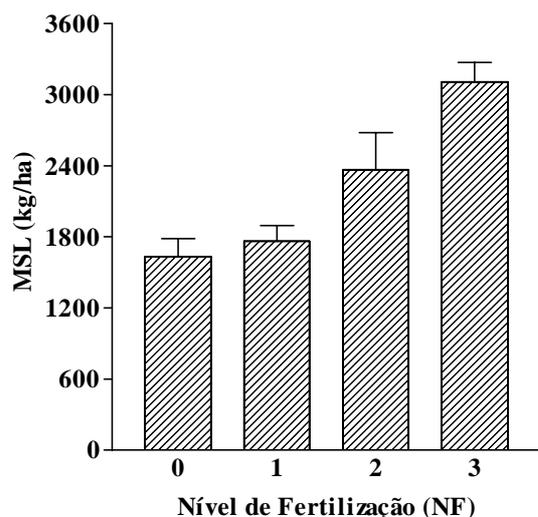


Figura 3. Efeito de níveis de fertilização (NF) sobre a produção de MS da liteira (MSL) (6 cortes) em uma pastagem de *Brachiaria humidicola*. UFRRJ, Seropédica, Brasil.

NF4, respectivamente (Figura 3). Esses valores, se comparados aos da Figura 2, mostram que a MSL teve uma participação bastante importante na produção de matéria seca total da parte aérea (MST), contribuindo com 51.9% (NF1), 44% (NF2), 43.1% (NF3) e 44% (NF4). Observa-se que, como os cálculos foram feitos considerando-se os totais coletados por época e somados no final da estação chuvosa, não consideraram as possíveis diferenças em taxas de desaparecimento da liteira entre tratamentos.

Conclusões

Pastagens de *B. humidicola* estabelecidas sobre Planossolos da região da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro respondem à aplicação de fertilizantes nitrogenados e potássicos durante a estação chuvosa com um aumento de produção de forragem e de liteira depositada. O parcelamento mensal das doses totais dos fertilizantes não oferece vantagens em relação à sua distribuição mais espaçada durante o período chuvoso.

Resumen

Con el propósito de determinar una estrategia para la fertilización de pasturas de *Brachiaria humidicola* establecida en

Planosoles de la región Baixada Fluminense, Estado de Rio de Janeiro, Brasil, se realizó un ensayo en el campo experimental de la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro, en Seropédica, RJ. Fueron estudiados los efectos de los niveles (kg/ha) de N (urea): 0, 100, 200 y 400; y de K (KCl): 0, 55.6, 111 e 222.2 aplicados en forma fraccionada, en tres o seis aplicaciones, a intervalos de 28 o 56 días después de un corte de uniformización durante a estación lluviosa comprendida entre octubre de 2003 y marzo de 2004. Los cortes se hicieron cada 28 días con el fin de determinar las producciones de MS de la parte aérea de la planta y de residuos en el suelo. Se observó que la producción de MS aumentó con el nivel de fertilización, no obstante, no se encontraron diferencias entre los tratamientos con aplicaciones fraccionadas cada 28 o cada 56 días. La producción de MS de residuos fue mayor cuando las dosis de los nutrientes aumentaron, pero su tendencia fue diferente a la de la planta entera y estuvo más relacionada con la humedad en el suelo. La respuesta a los nutrimentos N y K no estuvo relacionada con la frecuencia de aplicación, resultando más eficiente la aplicación en una sola dosis durante la época de lluvias que dosis fraccionadas cada 28 días.

Summary

With the purpose of establishing a strategy for the fertilization of *Brachiaria humidicola* pastures in the lowland Planosols of the Baixada Fluminense region, Rio de Janeiro State, Brazil, a field trial in the experimental campus of the Rural Federal University of Rio de Janeiro, in Seropédica, RJ was made. Four levels of N and K were studied: 0; 100; 200 and 400 kg N/ha (urea) and 0; 55.6; 111 and 222.2 kg K/ha as KCl. Fertilization doses were split into six or three applications, at 28 or 56-day intervals, respectively, during the rainy season, from October 2003 to March 2004. Forage cuts and litter harvests were made every 28 days. It was observed that the forage production increased with the fertilization level, but the yield responses at 28-day intervals (six parcels) was not significantly different ($p < 0.05$) from three parcels at 56-day intervals. Litter dry mass production was bigger when nutrient doses also

increased, but its tendency was different to the whole plant and was more related to the soil humidity. The response to N and K nutrients was not related to the application frequency, being more efficient the one single dose during the rainy season than fractioned doses every 28 days.

Referências

- Abreu, J. B.; Cóser, A. C.; Sant'Ana, N. F.; Ribeiro, R. C.; Aguiar, F. S.; Paiva, A. J.; Simões, R. P.; e Deminicis, B. B. 2003. Doses e estratégias de adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca verde em pastagem de *Brachiaria humidicola*. En: Zootec. Uberaba. ABCZ, ABZ, FAZU. p. 219-223.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília. Embrapa produção de informação. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 412 p.
- Davies, P. J. 1995. Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology. 2ª ed. Boston. Kluwer Academic Press. 833 p.
- Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian J. Agric. Res. 7(2):377-387.
- Corsi, M.; Martha Jr., G. B.; e Pagotto, D. S. 2001. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. En: . Mattos et al. (eds.). A produção animal na visão dos brasileiros. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 838-852.
- Lopes, B. A.; Lemos, V. S.; Mendes, M. R.; Dos Santos, R. C.; Zanine, A. M.; Almeida, F. Q.; e Rossiello, R. O. 2004. Efeitos do nitrogênio sobre o crescimento radicular do capim-Coastcross (*Cynodon dactylon* L. pers. cv. coastcross-1) após uma desfolhação severa. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41. Campo Grande. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). CD-rom. 4 p.
- Lupinacci, A. V. 2002. Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandú submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte. Dissertação de Mestrado. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros (ESALQ-USP). 160 p.
- Macedo, M. C. 1995. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33, Anais. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. p. 28-62.
- Monteiro, F.A. 1997. Adubação de estabelecimento e de manutenção em capim-elefante. En: Capim-elefante, produção e utilização. Revista Embrapa-CNPGL. 2ª edição. p. 47-77.
- Martorano, L. G.; Matos, R. M.; Silva, E. M.; Angelocci, L. R.; Pereira, F. A; e Villa Nova, N. A. 1997. Disponibilidade climática para cultivo da bananeira na região de Seropédica, Itaguaí-RJ. En: Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p. 301-303.
- Pagotto, D. S. 2001. Comportamento do sistema radicular do capim Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo. Dissertação. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros (ESALQ-USP). 51 p.
- Peixoto, A. M. 1993. O Departamento de Zootecnia da ESALQ e o manejo do capim elefante. En: Anais do 10º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros (FEALQ). p. 1-18.
- Sánchez, P. A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Nueva York. John Wiley & Sons. 618 p.
- Sas Institute. 1988. SAS user's guide: release; version 6.03. Cary, Statistical Analysis System Institute. 128 p.

Intersiembra de leguminosas forrajeras en pasturas degradadas de *Chloris gayana* Kunt cv. Pioneer

C. S. Roncedo* y H. E. Pérez**

Introducción

En el subtrópico argentino el incremento de la productividad en los sistemas de producción animal se basa fundamentalmente en el uso de pasturas de gramíneas megatérmicas cultivadas con alta producción de materia seca (MS). Estas pasturas presentan un proceso de degradación a través del tiempo, siendo la deficiencia de nitrógeno (N) el factor de fertilidad más limitante, lo que se refleja por la pérdida de vigor y productividad y la invasión de malezas con la consecuente disminución de la capacidad de carga animal (Myers y Robbins, 1991; Spain y Gualdrón, 1991).

Para incrementar la producción de pasturas en estado de degradación es necesario aplicar fuentes externas de N ó favorecer la mineralización en el suelo de este nutrimento, para ello, es necesario aplicar N como fertilizante o establecer leguminosas forrajeras de fácil adaptación y persistentes. La asociación gramíneas-leguminosas permite incrementar hasta en 30% la productividad animal en comparación con pasturas de solo gramíneas (Lascano, 1999). Una contribución importante de las leguminosas es su aporte de M.O. al suelo, favoreciendo de esta manera una mayor tasa de mineralización de N y una adecuada relación C:N. A pesar de las ventajas que presentan las leguminosas tropicales en asociación con gramíneas, su

establecimiento es lento y su persistencia en pastoreo es baja (Baars y Jenkins, 1996; Derrick, 1990).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar dos métodos de establecimiento en intersiembra de leguminosas tropicales y su efecto en la producción y calidad de una pastura degradada de grama rodes (*Chloris gayana* Kunt cv. Pioneer).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el período 1998-99 en el centro experimental regional Leales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), provincia de Tucumán (Argentina) localizado a 27° 12' S y 65° 18' O, a 336 m.s.n.m. El clima es monzónico seco subhúmedo cálido, con una precipitación promedio anual de 880 mm y 19 °C de temperatura (Zuccardi y Fadda, 1985).

Se utilizó una pastura de *C. gayana* Kunth cv. Pioneer que fue establecida en 1991 y utilizada en pastoreo directo. Esta pastura presentaba una pérdida de productividad de 72%, una cobertura de 42%, una alta invasión de malezas gramíneas y latifoliadas y ocurrencia de hormigueros en el 2.5% del área total. De acuerdo con Roncedo et al. (2003) la pastura se encontraba en un estado 3 de degradación en transición al estado 4 con un deterioro de fuerte a muy fuerte.

Se utilizaron las leguminosas *Stylosanthes scabra* cv. Seca, *Desmanthus virgatus* cv. Jaribu, *Chamaecrista rotundifolia* (Wynn Cassia) y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, que fueron introducidas mediante el sistema de

* Ing. Zoot. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán.

munro@faz.unt.edu.ar

**Ing. Agr. Ms. Sc. Centro Experimental Regional INTA Leales (CER-INTA Leales) Tucumán.

hperez@correo.inta.gov.ar

intersiembra en la pastura en surcos distanciados 70 cm a razón de 6 kg/ha de semilla limpia sin inocular, previa aplicación de 100 kg/ha de superfosfato triple de calcio (46% de P) y control de malezas con glifosato (2% en volumen) en uno de los tratamientos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos tratamientos y tres repeticiones en parcelas de 200 m². Los tratamientos consistieron en: (1) T1: siembra de las leguminosas con remoción del suelo sin aplicación de herbicidas, y (2) T2: siembra de las leguminosas con remoción del suelo y aplicación de herbicidas. Además se incluyó un testigo sin preparación del suelo.

La producción de MS, la relación hoja:tallo y el contenido de PC se determinaron 70 y 140 días después de la siembra. Los resultados fueron analizados por análisis de varianza con nueve tratamientos (todas las combinaciones y el testigo) y un factorial 4 x 2 x 2 (cuatro leguminosas, dos métodos de siembra y dos edades de cosecha) y comparados por contraste ortogonal (testigo vs. demás tratamientos) y pruebas de Tukey y 't' de Student.

Resultados y discusión

La producción de MS de las pasturas asociadas fue más alta que la del testigo de solo gramínea (Cuadro 1). En el primer corte la contribución a la producción total de MS de la leguminosa fue inferior a 5%, mientras que en el segundo incrementó

hasta 30% en el caso del cv. Siratro. La incidencia de malezas sobre la producción total de biomasa fue menor en los tratamientos de pasturas asociadas (4%) que en la pastura testigo (11%). Igualmente la producción de MS de las leguminosas fue más alta cuando se aplicó herbicida en los surcos antes de la siembra. Los incrementos relativos en la primera cosecha por el uso de herbicidas fueron más altos en las asociaciones con y *M. atropurpureum* y *Ch. rotundifolium*, mientras que en la segunda estos fueron más altos con *S. scabra* y *D. virgatus*.

En la segunda cosecha, la relación hoja:tallo en las pasturas asociadas fue más alta que en la pastura de solo gramínea. Esta relación presentó un comportamiento diferente debido a la aplicación de herbicida (0.52) vs. el testigo (0.46) y a la edad de cosecha (0.58 en el primero y 0.40 en el segundo).

El contenido de PC tanto en la planta entera como en hojas de *C. gayana* fue más alto en la pastura asociada que en el testigo (Cuadro 2), por otra parte, la reducción en el contenido de PC entre cortes fue más evidente en el caso de la gramínea sola y en el tratamiento de control de malezas sin la aplicación de herbicidas.

La pastura utilizada en este ensayo se encontraba en un severo estado de degradación con una pérdida significativa de productividad, condición que generalmente se presenta en esta región a través del tiempo cuando las pasturas no se

Cuadro 1. Producción de materia seca y porcentaje de leguminosa en pasturas de *Chloris gayana* y varias leguminosas en intersiembra con y sin aplicación preemergente de glifosato.

Pasturas	Corte 1			Corte 2		
	Pastura asociada	Leguminosas		Pastura asociada	Leguminosas	
	(MS, t/ha)	(MS, t/ha)	(%)	(MS, t/ha)	(MS, t/ha)	(%)
<i>M. atropurpureum</i> + glifosato	4.048 a	0.158	3.92	5.706 a	1.550	27.16
<i>M. atropurpureum</i>	2.862 a	0.084	2.96	4.282 a	1.345	31.41
<i>Ch. rotundifolia</i> + glifosato	3.482 a*	0.112	3.23	4.059 a	0.547	13.50
<i>Ch. rotundifolia</i>	3.041 a	0.064	2.11	3.883 a	0.458	11.81
<i>D. virgatus</i> + glifosato	2.769 ab	0.058	2.12	4.024 a	0.277	6.90
<i>D. virgatus</i>	2.712 ab	0.038	1.42	3.272 a	0.208	6.38
<i>S. scabra</i> + glifosato	2.366 ab	0.052	2.22	2.922 ab	0.274	9.39
<i>S. scabra</i>	2.268 ab	0.034	1.51	2.401 ab	0.196	8.18
<i>C. gayana</i> (testigo)	1.209 c	—	—	1.907 c	—	—

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren significativamente (P < 0.05).

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda en planta entera y hoja de *Chloris gayana* solo y en interseembra con leguminosas.

Pastura	PC en planta entera (%)		PC en hoja (%)	
	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2
Asociada	7.27 ^{a*}	6.36a	8.31a	6.94a
Sola	5.68 b	4.56b	6.30b	4.76b

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren significativamente ($P < 0.05$).

manejan adecuadamente (Fumagalli et al., 1995). La producción de MS de la pastura era similar a la obtenida con la misma gramínea en pasturas con 4 o más años de uso (Ricci et al., 1997), lo cual indica que el solo descanso de la pastura durante toda una estación de crecimiento no es suficiente para recuperar su producción inicial.

Con la siembra intercalada de leguminosas tropicales, con o sin la aplicación de herbicida, se lograron aumentos en la producción de MS de la gramínea superiores a la producción del testigo sin leguminosa, alcanzando valores cercanos al obtenido con la gramínea recién establecida. Este incremento también fue observado en diversos experimentos con pasto rodes y otras gramíneas asociadas con leguminosas herbáceas (De León et al., 1992; Hagggar et al., 1972; Espinoza et al., 2001). Los resultados en este trabajo muestran que el control de malezas utilizando herbicidas en los surcos de siembra favorece una mayor producción de MS de la asociación (Tohill y Jones, 1977; Roncedo y Pérez, 1999).

La producción de MS de las leguminosas fue baja y sólo fue aceptable en el caso de cv. Siratro, que presentó rendimientos (0.8 t/ha) similares a los obtenidos por Chauhan y Faroda (1979) y Baars y Jenkins (1996). Cádiz et al. (1994) consideran que para garantizar la sostenibilidad de una pastura asociada en ambientes tropicales es necesaria una proporción entre 13% y 23% de leguminosa como componente de la producción total de MS. En este ensayo sólo el cv. Siratro se mantuvo en este rango de producción.

Conclusión

Los resultados de este estudio preliminar indican que: (1) la siembra intercalada de leguminosas favorece el incremento en la producción de MS de pasturas degradadas de *C. gayana*, (2) la aplicación del herbicida glifosato en los surcos de siembra de la leguminosa favoreció una mayor producción de MS de la asociación, una relación hoja:tallo más alta y un mayor contenido de PC de la gramínea, (3) En su orden, la producción de MS fue: *M. atropurpureum* cv. Siratro > *Ch. Rotundifolia* > *D. Virgatus* > *S. Scabra*.

Summary

At the Centro Experimental Regional Leales of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), county of Tucumán (Argentina), located at 27° 12' S and 65° 18' W, 336 m.a.s.l. and 880 mm of rainfall, the effect of interplanting sowing of legumes (*Stylosanthes scabra* cv. Seca; *Desmanthus virgatus* cv. Jaribu; *Chamaecrista rotundifolia* (Wynn Cassia) and *Macroptilium atropurpureum* cv Siratro in the rehabilitation of degraded pastures of *Chloris gayana* Kunth cv. Pioneer) was evaluated. Systems of soil stripping removal were used with and without glifosate application for the control of weeds in a 4 x 2 x 2 factorial (four legumes, with and without herbicide, and two cutting seasons -70 and 140 days after planting). The first results showed that the interplanting sowing of legumes favored the increase of DM yield of degraded pastures of *C. gayana*; the application of the herbicide glifosate in the furrows of the legume favored a higher production of DM of the association, also a higher leaf:stem ratio and a bigger PC content of the grass. The order of DM production was: *M. atropurpureum* cv. Siratro > *Ch. Rotundifolia* > *D. Virgatus* > *S. Scabra*.

Referencias

- Baars, R. M. y Jenkins, E. 1996. Establecimiento de leguminosas forrajeras en asociación con gramíneas en Fincas de Tilarán, Costa Rica. *Pasturas Tropicales* 18(3):54-59.

- Cádiz, G., Schunke, R. M.; y Giller, K. E. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brasil. *Trop. Grassl.* 28: 43-52.
- Chauhan, D. S. y Faroda, A. S. 1979. Studies on intercropping of pasture legumes with *Cenchrus ciliaris* grass. *Forage Res.* 5: 79-80.
- De León, M; Abril, A; y Virasoro, J. 1992. Asociación de gramíneas y leguminosas subtropicales en el Centro-norte de la provincia de Córdoba. *RAPA* 12(1): 53-54.
- Derrick, T. y Díaz, F. 1990. Caracterización de accesiones de *Stylosanthes scabra* en los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 11(1): 2-6.
- Espinoza, F; Argenti, P.; Gil, J.; León, L; y Perdomo, E. 2001. Evaluación de pasto Kinggrass (*Pennisetum purpureum* cv. Kinggrass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Rev. Zoot. Trop.* 19 (1): 59-71.
- Fumagalli, A. E.; Pérez, H. E.; Renolfi, R. F.; y Kunst, C. R. 1995. Producción de forraje y carne en grama Rhodes (*Chloris gayana*) y Gatton Panic (*Panicum maximum* cv. Gatton) bajo riego. *Actas Memoria Reunión Latinoamericana de Producción Animal* 15(1):305-306.
- Haggar, R. J. 1972. The production and management of *Stylosanthes gracilis* at Shika, Nigeria. in sown pasture *J. Agric. Soc.* 77(3)9.
- Lascano, C. E. 1999. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. En: Anibal de Moraes et al. (eds.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology.* Curitiba, Paraná, Brasil. p. 151-164.
- Myers, R. J. y Robbins, G. B. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pasture. *Trop. Grassl.* 25(104 - 110).
- Ricci, H. R.; Guzmán, L. P.; Pérez, P. G.; Juárez, V. P.; y Díaz, A. M. 1997. Producción de materia seca de siete gramíneas tropicales bajo tres frecuencias de corte. *Pasturas Tropicales* 19(2):45-49.
- Roncedo, C. S. y Pérez, H. E. 1999. Influencia de la aplicación de glifosato en banda en el momento de la siembra sobre la nodulación de leguminosas tropicales intersembradas sobre una pastura de gramínea. En: *Memorias de las Terceras Jornadas Regionales de Información Científico - Técnicas de las Facultades de Ciencias Agrarias.* Universidad Autónoma Tomás Frías. Proyecto AUTAPO - DFID. Potosí. Bolivia.
- _____: _____.; y Corbella, R. 2003. Metodología para evaluar pasturas tropicales degradadas: Grama Rhodes Kunth cv. Común en la llanura deprimida de Tucumán, Argentina. En: *Tercera Reunión de Producción Vegetal y Primera de Producción Animal del NOA.* Soporte Informático. 9 p.
- Spain; J. M. y R. Gualdrón. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas: En: Lascano, C. y Spain, J. (eds.). *Conceptos, experiencias y enfoques de investigación.* Sexta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIET). Cali Colombia. p. 269 - 345.
- Toledo, J. M. y Formoso, D.. 1993. Sustainability of sown pastures in the tropics and subtropics. *Grassland for our world.* Proceeding Congress International Grassland. Australia, Nueva Zelandia. p. 710 - 715.
- Tohill, J. C. y Jones, R. M. 1977. Stability in sown and oversown Siratro pasture. *Trop. Gras.* 11(1):55-64.
- Zuccardi, R. y Fadda, G. 1985. Bosquejo Agroecológico de la provincia de Tucumán. *Miscelánea no. 86.* Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Efeito da adubação verde no desenvolvimento de sorgo forrageiro consorciado com leguminosas

P. F. Dias* e S. Manhães Souto**

Introdução

Na primeira fase de crescimento da cultura de sorgo, que vai do plantio até a iniciação da panícula, é muito importante a rapidez da germinação, emergência e estabelecimento das plântulas. Nesta fase, ocorre o início da crescente absorção dos nutrientes, principalmente N, P e K (Pitta et al., 2001).

Na fase seguinte, que vai da iniciação da panícula até o florescimento, vários processos de crescimento, como o desenvolvimento da área foliar, sistema radicular, acumulação de matéria seca (MS) e o estabelecimento de um número potencial de sementes, se afetados poderão comprometer o rendimento da cultura (Magalhães e Rodrigues, 2001). Segundo Pitta et al. (2001) nesta fase a MS acumula-se a taxas constantes até a maturação e há intensa absorção de nutrientes e ela termina quando 50% do florescimento ocorre, em média, entre 55 e 70 dias após a germinação, dependendo da cultivar utilizada. Nesse estágio, 70% de N, 60% do P e 80% do K estão acumulados na planta (Paul, 1990).

Na última fase, que vai da floração à maturação fisiológica, os processos mais importantes são aqueles relacionados ao enchimento de grãos (Rao e House, 1972, citado por Magalhães e Rodrigues, 2001 e Paul, 1990). Da antese ao estágio de grão duro, período de aproximadamente 30 dias, o grão atinge 75% do seu peso seco e a absorção dos nutrientes está completa.

Para suprir os nutrientes necessários em todas as fases da cultura de sorgo, a adubação verde deve ser utilizada, pois além de fornecer os nutrientes a cultura, proporciona também a melhoria das características físicas (Bertoni e Lombardi, 1985), químicas e biológicas do solo (Igue, 1984). As leguminosas têm sido as plantas preferidas por sua rusticidade, elevada produção de MS, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, e elas como adubo verde, podem ser uma ótima opção, como nutrição sustentável para a cultura do sorgo.

Segundo Resende (2000) a adubação verde, de uma maneira geral, comporta-se como uma importante e complementar fonte de N para o sistema solo-planta. Aplicação de N via adubação verde aumentou significativamente a altura e o acúmulo de proteína na planta de sorgo (Mayub et al., 2002), mas segundo Palms e Sánchez (1991) para que o N do adubo verde seja disponibilizado para o solo é necessário que a relação do ácido polifenólico:N na planta seja menor que 0.5. No mesmo trabalho, os autores acharam que a lignina não interferiu no processo de mineralização.

* Pesquisador da Estação Experimental de Seropédica-PESAGRO-RJ, Km 47 da antiga Estrada Rio-São Paulo, Seropédica-RJ, CEP-23835-970 ; Fone:(21)26821074; E-mail:pfranciscodias@hotmail.com (para correspondência).

** Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Km 47 da antiga Estrada Rio-São Paulo, CEP Seropédica- RJ, CEP-23851-970 ; Fone: (21)26821500.

De-Polli e Chada (1989) registraram que as plantas mais fibrosas (crotalaria, feijão de porco) deixadas em cobertura apresentaram decomposição mais lenta do que quando incorporadas no solo, com menor contribuição a curto para a disponibilidade de nutrientes para outras culturas. No mesmo trabalho, os autores encontraram que a mucuna-preta, menos fibrosa, apresentou efeitos semelhantes quando incorporada ou em cobertura na produção de milho.

Afora a prática de semeadura direta, o uso racional de fertilizantes, especialmente o N, o uso de pastagens associadas de leguminosas com gramíneas forrageiras, a manutenção dos resíduos da colheita no campo e a otimização da contribuição da fixação biológica de N (FBN) têm sido uma estratégia que deve garantir, pelo menos um adequado crescimento e o balanço positivo de carbono (Campbell et al., 2001) e N (Urquiaga et al., 2004).

O emprego de não-leguminosa na adubação verde pode mitigar perdas de N, mediante a imobilização temporária deste nutriente em sua biomassa (Andreola et al., 2000). Amado et al. (2000) verificaram que na adubação verde de inverno, a relação C/N da gramínea e leguminosa isoladas, foi de 45 e 15, respectivamente, enquanto na consorciação a relação ficou em torno de 25, valor considerado próximo ao equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização. Além disso, resíduos de gramíneas em virtude de sua baixa taxa de decomposição (Smith e Sharpley, 1990) determinam melhor a proteção do solo (Bortolini et al., 2000) e também melhora a nutrição das plantas pelo aporte de N pelas leguminosas, via FBN.

Tem-se que levar em conta também não só a presença do adubo verde na recuperação do solo de uma determinada área, mas também a presença de uma cultura de grão, no presente trabalho o milho, pois segundo Oliveira et al. (1996) sua produção representa uma queda considerável no custo de recuperação dessa área. Martin et al. (1984) mostraram que uma análise econômica de sistemas de produção indicou aumento de 45% no

rendimento e diminuição de 3% no custo de insumos para a cultura de milho, quando se adotou a rotação de cultura e o adubo verde.

O uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura de solo, além de proteger o solo dos agentes climáticos, competem com as espécies de ocorrência espontânea, seqüestram C e fixam N atmosférico, mantêm ou elevam o teor de matéria orgânica, mobilizam nutrientes de camadas mais profundas e favorecem atividades biológicas do solo.

No entanto, há uma carência de informação relativo ao cultivo consorciado de gramínea e leguminosa, usado como adubo verde, principalmente de dados relacionados a uma determinada região, e ao seu efeito no crescimento de culturas como a do sorgo consorciado com leguminosas para silagem. Daí, o objetivo do presente trabalho que foi de avaliar os efeitos dos adubos verdes de verão, mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e crotalaria (*Crotalaria juncea*) consorciados com o milho (*Zea mays*) e só o milho, deixados na superfície do solo, mais a adubação com esterco e uréia, na biomassa seca e N total acumulados na parte aérea de plantas de sorgo forrageiro Sta Eliza e das quatro leguminosas consorciadas ao sorgo, no município de Paty do Alferes-RS.

Material e métodos

O experimento foi realizado no campo experimental de Avelar, no município de Paty do Alferes-RJ, numa área com topografia levemente ondulada, num solo Podzólico Vermelho Amarelo, com as seguintes características químicas (0 - 20cm de profundidade): pH em água (1:2.5) = 5.5, $Al^{+3} = 0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, M.O. = 1.74%, $P_{\text{Mehlich}} = 24.8 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $K = 190.8 \text{ mg}/\text{dm}^3$, $Ca = 2.6 \text{ mol}_c/\text{dm}^3$, $Mg = 0.6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, $C = 1.01\%$ e $N = 0.11\%$.

A adubação de plantio foi realizada apenas com FTE BR-10 nos sulcos de plantio atendendo, assim, as exigências das culturas, conforme recomendação no Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (Almeida et al. (1988).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com 21 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: T1 = milho + mucuna-preta + arachis, T2 = milho + mucuna-preta + centrosema, T3 = milho + mucuna-preta + desmodium, T4 = milho + mucuna-preta + siratro, T5 = milho + mucuna-preta, T6 = milho + crotalaria + arachis, T7 = milho + crotalaria + centrosema, T8 = milho + crotalaria + desmodium, T9 = milho + crotalaria + siratro, T10 = milho + crotalaria, T11 = milho + arachis, T12 = milho + centrosema, T13 = milho + desmodium, T14 = milho + siratro, T15 = milho, T16 = milho + esterco + arachis, T17 = milho + esterco + centrosema, T18 = milho + esterco + desmodium, T19 = milho + esterco + siratro, T20 = milho + esterco, T21 = milho + uréia (tratamento adicional).

Os adubos verdes mucuna-preta (*M. aterrima*), crotalaria (*C. juncea*) e o milho (*Zea mays* cv. BR-116) foram semeados no dia 12/11/2001. Por ocasião da semeadura, as estirpes de *Bradyrhizobium* sp. BR-2811 e a mistura BR-2001+ BR-2003, da coleção de cultura da Embrapa Agrobiologia, foram inoculadas nas sementes de mucuna-preta e crotalaria, respectivamente.

Os adubos verdes e o milho foram cortados aos 105 dias após o plantio e deixados sobre a superfície do solo nas parcelas (32 m² cada parcela), 1 semana antes do plantio do sorgo e das leguminosas arachis (*Arachis pintoii*), centrosema (*Centrosema pubescens*), desmodium (*Desmodium ovalifolium*) e siratro (*Macroptilium atropurpureum*), feito em 14/03/2002. As produções de MS e N nesse corte, da mucuna preta + milho, crotalaria + milho e milho, foram de 26.5, 19.7 e 20.9 kg/ha e 636, 414 e 145 kg/ha, respectivamente. Cada parcela com 32 m² (4 x 8 m), comportava cinco linhas de sorgo var. Sta Eliza, espaçadas de 1 m e com 20 plantas/m.

A aplicação do esterco bovino, equivalente a 100 kg/ha de N, foi feito antes do plantio do sorgo e das leguminosas e de uma só vez incorporando-o nos 10 cm abaixo da superfície do solo, enquanto o da uréia (100 kg/ha de N) foi feito parceladamente, metade no plantio e metade 45 dias após a data de

semeadura do sorgo e o transplântio das leguminosas para o campo.

A avaliação do sorgo e das leguminosas foi feita através de corte das plantas em 22/07/2002, 130 dias após a semeadura das plantas, idade esta próxima a que normalmente se recomenda o corte do sorgo para silagem. A produção de MS verde foi estimada em 1m². Dessa produção foram separadas as plantas das quatro leguminosas e do sorgo e amostras postas para secar em estufa a 65 °C. Após a secagem foi determinado a produção de MS de cada leguminosa e do sorgo contida na área cortada e em seguida retiradas amostras das plantas para se determinar o N pelo método conforme descrito por Silva (1999). As análises estatísticas dos dados foram feitas com o programa SAEG versão 8.1.

Resultados e discussão

Os efeitos dos tratamentos com adubo verde e com esterco bovino para cada leguminosa consorciada ao sorgo forrageiro, e da uréia como tratamento adicional, no teor de N e no acúmulo de MS e N total das plantas de sorgo são mostrados na Tabela 1. Não se observaram diferenças ($P < 0.05$) dos adubos verdes e do esterco, dentro de cada leguminosa consorciada, nem da uréia na MS e N total das plantas de sorgo, enquanto as respostas no teor de N das plantas de sorgo dependeu da leguminosa consorciada. No consórcio com centrosema e siratro, a adubação verde com milho + mucuna-preta e com milho + crotalaria proporcionou maiores teores de N nas plantas de sorgo do que com adubação verde só com milho e com o tratamento com esterco. No consórcio com arachis, a adubação verde com milho + crotalaria e a adubação com esterco apresentou plantas de sorgo com maiores teores de N do que nos tratamentos usando adubação verde com milho + mucuna-preta e só com milho. No tratamento do sorgo consorciado com desmodium, a adubação verde com milho + crotalaria, só com milho e milho + mucuna-preta, proporcionou maior teor de N nas plantas de sorgo do que adubação com esterco (Tabela 1).

Nos tratamentos testemunha (sorgo não consorciado com leguminosas) os teores

Tabela 1. Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa consorciada, e uréia como tratamento adicional, na produção de MS (kg/ha) e no teor (%) e nitrogênio total (kg/ha) das plantas de sorgo forrageiro (médias de quatro repetições).

Tratamento	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>	Testemunha
			MS (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	27,704	28,227	29,606	28,850	37,558
Milho + <i>C. juncea</i>	28,895	29,911	29,168	26,948	38,445
Milho	30,225	24,985	30,702	29,848	28,439
Esterco bovino	25,747	24,081	26,470	20,535	25,322
Uréia	—	—	—	—	33,416
			N (%)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	0.68 b*	0.76 a	0.73 a	0.69 a	0.78 a
Milho + <i>C. juncea</i>	0.76 a	0.82 a	0.82 a	0.75 a	0.76 a
Milho	0.63 b	0.57 b	0.79 a	0.55 b	0.61 b
Esterco bovino	0.74 a	0.59 b	0.68 b	0.60 b	0.63 b
Uréia	—	—	—	—	0.59 b
			N total (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	191	197	212	200	292
Milho + <i>C. juncea</i>	221	244	231	208	281
Milho	177	136	248	166	172
Esterco bovino	191	142	185	121	158
Uréia	—	—	—	—	195

* Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de $P < 0.05$.

de N nas plantas de sorgo, adubadas com milho + mucuna-preta e milho + crotalaria foram superiores ($P < 0.05$) aos tratamentos da adubação verde só com milho, adubação com esterco e com uréia (Tabela 1). Okamoto et al. (2003) encontraram que o sorgo utiliza o N orgânico, inclusive mais eficiente que o milheto (*Pennisetum glaucum*). As plantas de sorgo com alto teor de N atrasa a senescência das folhas, este processo segundo Borrel et al. (2003) conduz a um aumento do rendimento da cultura.

Interessante que apesar de não mostrar diferenças significativas, as adubações verdes com milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, no tratamento testemunha (sorgo não consorciado com leguminosas) foram os que mostraram maior rendimento de MS e N total, com produções de 38.4 e 37.6 kg/ha de MS e 281 e 292 kg/ha de N, respectivamente, valores estes estatisticamente superiores a todos dos outros tratamentos para estas variáveis, dando uma indicação clara, que estas consorciações prejudicaram a qualidade e o rendimento do sorgo nesses tratamentos (Tabela 1). Alguns trabalhos (Agboola e Fayemi, 1971; e Skóra Neto, 1993), já haviam citado essa tendência de o sistema consórcio simultâneo apresentar menores índices de rendimento, devido

provavelmente à competição exercida pelas leguminosas sobre as plantas da cultura principal. Reddy et al. (1991) também encontraram que a incorporação de folhas de leucena (*Leucaena latisiliqua*) e de gliricidia (*Gliricidia sepium*) no solo como adubo verde proporcionou a mais alta produção de MS nas plantas de sorgo, quando comparada com a adubação de 80 kg/ha de N na forma de uréia. No mesmo trabalho, a mais baixa produção de sorgo foi obtida com a adubação verde com milheto, devido a imobilização do N na rizosfera desta gramínea, apresentando uma vida de 107 dias, enquanto as folhas de leucena e de gliricidia, a vida foi de 24 e 18 dias, respectivamente, o que levou os autores concluir que os resíduos das leguminosas tinham potencial para ser usado como uma alternativa de fonte de N para o sorgo.

A Tabela 2 mostra os efeitos da adubação verde e do esterco no teor de N e no acúmulo de MS e N total das leguminosas consorciadas com o sorgo. Não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos com adubos verdes e com esterco na produção de MS do arachis, da centrosema e do desmodium, entretanto, com o siratro a adubação verde com milho + mucuna-preta e milho + crotalaria apresentou maior produção de MS do que com adubação verde só com milho e com

Tabela 2. Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa, no teor de nitrogênio (%) e acúmulo de matéria seca (kg/ha) e nitrogênio total (kg/ha) das de leguminosas consorciadas (médias quatro repetições).

Tatamento	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>
	MS (kg/ha)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	374 a*	2724 a	831 a	5722 a
Milho + <i>C. juncea</i>	496 a	4116 a	575 a	5392 a
Milho	725 a	3107 a	1241 a	3879 b
Esterco bovino	646 a	3444 a	858 a	4196 b
	N (%)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	2.45 a	2.39 a	2.28 a	1.97 b
Milho + <i>C. juncea</i>	2.82 a	2.87 a	1.92 b	2.12 b
Milho	2.55 a	2.62 a	1.85 b	1.85 b
Esterco bovino	2.58 a	2.44 a	2.03 b	2.60 a
	N total (kg/ha)			
Milho + <i>M. aterrima</i>	9 a	60 b	19 a	111 a
Milho + <i>C. juncea</i>	14 a	117 a	11 a	112 a
Milho	18 a	82 b	22 a	73 b
Esterco bovino	17 a	84 b	17 a	106 a

*Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de $P < 0.05$.

esterco (Tabela 2). Esses resultados mostrando maior rendimento de MS no siratro nos tratamentos milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, evidenciam o efeito negativo desta leguminosa na produção de MS do sorgo, quando consorciado com ela, como mostrado anteriormente. Observação na área experimental, dois anos após avaliação final onde foi realizado presente experimento, mostra que a única leguminosa que ainda continua presente na área é o siratro e com ótimo aspecto vegetativo, demonstrando sua forte adaptação na região onde foi realizado o experimento, no município de Paty do Alferes-RJ.

Perin et al. (2000), no município de Seropédica-RJ, obtiveram aumentos de produção MS nas plantas de arachis e centrosema, na ordem de 7 e 18 kg/ha por dia, respectivamente, no corte com 150 dias de idade, enquanto os resultados do presente experimento mostram na Tabela 2 que na média dos quatro tratamentos com adubo verde e esterco, as produções do arachis e da centrosema com 130 dias de idade, foram de 5 e 25 kg/ha por dia, respectivamente.

Em relação ao teor de N, nenhum efeito foi observado para os tratamentos com os adubos verdes e com esterco nas leguminosas arachis e centrosema, enquanto no desmodium e siratro, os maiores teores de N foram obtidos com a

adubação verde milho + mucuna-preta e com o esterco (Tabela 2). O teor de N, média dos quatro tratamentos com adubo verde e esterco (Tabela 2), para o arachis e centrosema foram iguais a 2.6% em plantas com 130 dias de idade. Perin et al. (2000), com plantas das mesmas espécies e com idade cigual a 150 dias, encontraram 3,1 e 2,7%, para o arachis e centrosema, respectivamente.

Os tratamentos com adubos verdes e com esterco não afetaram o rendimento de N das leguminosas arachis e desmodium, entretanto, o maior acúmulo de N em centrosema foi obtido com o adubo verde milho + crotalaria, e no siratro com milho + crotalaria, milho + mucuna-preta e com esterco (Tabela 2). Os resultados da produção de arachis e centrosema foram de 14 e 86 kg /ha de N por dia, respectivamente, em plantas com 130 dias de idade (Tabela 2), enquanto Perin et al. (2000), com as mesmas espécies, obtiveram 30 e 85 kg/ha de N por dia, respectivamente, em plantas com 150 dias de idade.

Os efeitos da adubação verde, esterco e uréia no teor de N e no acúmulo da MS e N total das plantas de sorgo mais leguminosas são mostrados na Tabela 3. Igual ao mostrado na Tabela 1 para produção de MS nas plantas de sorgo, os tratamentos com adubação verde, esterco e uréia também não afetaram a produção de

Tabela 3. Efeito da adubação verde e do esterco bovino, dentro de cada leguminosa consorciada, e uréia como tratamento adicional, no teor de nitrogênio(%) e acúmulo de matéria seca (kg/ha) e nitrogênio total (kg/ha) das plantas de sorgo forrageiro mais as plantas de leguminosas consorciadas (médias de quatro repetições).

Tatamento)	<i>A. pintoi</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>D. ovalifolium</i>	<i>M. atropurpureum</i>	Testemunha
			MS (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	28,079	30,951	30,438	34,573	37,558
Milho + <i>C. juncea</i>	29,391	34,027	29,744	32,340	38,445
Milho	30,950	28,092	31,943	33,728	28,439
Esterco bovino	26,394	27,526	27,329	24,682	25,322
Uréia	—	—	—	—	33,416
			N (%)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	0.70 b	0.87 a	0.77 b	0.89 a	0.78 a
Milho + <i>C. juncea</i>	0.79 a	1.07 a	0.83 a	0.98 a	0.74 b
Milho	0.64 b	0.80 a	0.82 a	0.71 b	0.61 b
Esterco bovino	0.80 a	0.81 a	0.73 b	0.92 a	0.63 b
Uréia	—	—	—	—	0.59 b
			N total (kg/ha)		
Milho + <i>M. aterrima</i>	200 a	258 a	231 b	310 a	292 a
Milho + <i>C. juncea</i>	235 a	361 a	241 b	320 a	281 a
Milho	195 a	217 b	270 a	239 b	172
Esterco bovino	208 a	226 b	202 b	227 b	158 b
Uréia	—	—	—	—	195 b

* Médias na coluna com letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott ao nível de $P < 0.05$.

MS de plantas de sorgo mais leguminosas, o que significa que a adição da MS das leguminosas a massa seca de sorgo não foi suficiente para mostrar diferenças significativas, pelo menos no nível ($P < 0.05$) entre os tratamentos. Assim, os tratamentos com adubação verde milho + crotalaria e milho + mucuna-preta, nos tratamentos testemunha (sem consórcio com leguminosas) também apresentaram acúmulo de MS maior que os demais tratamentos, como já mostrado na Tabela 1.

Os efeitos dos tratamentos com adubação verde e esterco no teor de N nas plantas de sorgo mais leguminosa dependeram da leguminosa consorciada. Nenhuma diferença significativa entre os tratamentos foi encontrado no teor de N nas plantas de sorgo mais leguminosa na consorciação com centrosema; o contrário foi observado com arachis, desmodium e siratro cujos maiores valores de teor de N foram encontrados, respectivamente, nos tratamentos milho + crotalaria e esterco, milho + crotalaria e só milho usado com adubo verde, e milho + crotalaria, milho + mucuna-preta e esterco (Tabela 3).

Nos tratamentos testemunha, o maior teor de N nas plantas de sorgo foi encontrado no tratamento adubo verde milho + mucuna-preta (Tabela 3). Em relação ao acúmulo de N nas plantas de

sorgo mais leguminosas, os efeitos dos tratamentos dependeram da leguminosa consorciada. No consórcio com arachis, o acúmulo de N de plantas de sorgo mais as plantas da leguminosa não foi afetado pela adubação verde e pelo esterco, com centrosema, desmodium e siratro os maiores acúmulos de N nas plantas de sorgo mais leguminosa foram obtidos com os tratamentos, respectivamente, milho + mucuna-preta e milho + crotalaria, adubação só com milho, e milho + mucuna-preta e milho + crotalaria. Nos tratamentos testemunha, os tratamentos que proporcionaram maior acúmulo de N nas plantas de sorgo foram milho + mucuna-preta e milho + crotalaria (Tabela 3). Anteriormente, quando se comparou os resultados da Tabela 1, relacionados ao acúmulo de MS das plantas de sorgo, dos tratamentos testemunha (milho + mucuna-preta e milho + crotalaria, não consorciados) com os mesmos tratamentos de adubos verdes, mas com as plantas de sorgo consorciadas com o siratro, havia chegado a conclusão de que o siratro no consórcio estava prejudicando a produção de MS do sorgo, provavelmente através da competição exercida pelo siratro sobre as plantas de sorgo, no entanto, se compararmos os mesmos valores da Tabela 1 com a Tabela 3, que inclui as plantas do consórcio, sorgo mais milho, verificar-se-á que houve um aumento aproximado de 20% e 52% de

acúmulo de MS e N total, respectivamente, e de 30% no teor de N devido a presença do siratro no consórcio.

Os resultados de análise multivariada (através de análise de fatores) dos dados relacionados a produção de plantas de sorgo (Tabela 1) e produção de sorgo mais leguminosas (Tabela 3) indicaram que a adubação verde com milho + crotalaria e milho + mucuna-preta foram os tratamentos que apresentaram os maiores acúmulos de MS e N total nas plantas de sorgo e maior acúmulo de MS nas plantas de sorgo mais leguminosas. A análise multivariada feita com os dados relacionados a produção de sorgo (Tabela 1), produção das leguminosas consorciadas (Tabela 2) e produção de sorgo mais leguminosas consorciadas (Tabela 3), mostrou que a adubação verde milho + crotalaria com a centrosema ou siratro consorciado e a adubação verde milho + mucuna-preta com o siratro consorciado, foram os tratamentos que proporcionaram maior acúmulo de MS e N total nas plantas das leguminosas consorciadas e maior teor de N e acúmulo de N total nas plantas de sorgo mais leguminosas consorciadas. Independente dos dados do experimento terem sido analisados por univariada ou multivariada, ambas foram coincidentes em indicar como os melhores tratamentos em relação a adubação para o sorgo forrageiro nas condições do município de Paty do Alferes-RJ, a adubação verde com milho + crotalaria ou milho + mucuna-preta que foram superiores a adubação com uréia e com esterco. Os resultados também abriram possibilidades reais do uso da consorciação das plantas de sorgo com as leguminosas herbáceas siratro e centrosema, pois aumentaram as produções de nitrogênio em até 52% quando comparado as produções do sorgo sem a consorciação com estas leguminosas, além do que, potencialmente, o uso de leguminosas herbáceas perenes como cobertura de solo, além de proteger o solo dos agentes climáticos, competem com as espécies de ocorrência espontânea, seqüestram C e fixam N atmosférico, mantêm ou elevam o teor de matéria orgânica, mobilizam nutrientes de camadas mais profundas e favorecem atividades biológicas do solo.

Conclusão

Nas condições do município de Paty do Alferes-RJ, as melhores produções de MS e N de sorgo cv. Santa Eliza para silagem foram obtidas com o uso da adubação verde milho + crotalaria em plantas de sorgo consorciadas com centrosema ou siratro ou com adubação verde de milho + mucuna-preta em plantas de sorgo consorciadas com siratro.

Resumen

En un suelo Podzólico Vermelho Amarelo del municipio Paty do Alferes-RJ, Brasil se evaluo el uso de abonos verdes en el desarrollo y producción de plantas de sorgo forrajero variedad Santa Eliza, asociadas o no con leguminosas herbáceas. Los abonos utilizados fueron: maíz (*Zea mays*) + mucuna negra (*Mucuna aterrima*), maíz + crotalaria (*Crotalaria juncea*) y solo maíz que fueron establecidos previamente a la siembra del sorgo. La fertilización básica del cultivo se hizo de acuerdo con los requerimientos del sorgo en la zona. Las leguminosas sembradas conjuntamente con el sorgo fueron: arachis (*Arachis pintoï*), centrosema (*Centrosema pubescens*), desmodium (*Desmodium ovalifolium*) y siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Se incluyó, además, un tratamiento con estiércol bovino y urea. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 21 tratamientos y cuatro repeticiones. El corte de evaluación para medir la producción de materia seca (MS) y nitrógeno (N) total en el sorgo y en las leguminosas herbáceas fue realizado a los 130 días después de la siembra. No se observaron diferencias en la producción de MS y N por el uso de los abonos verdes, el estiércol o la urea. No obstante el contenido de N en el forraje del sorgo dependió de la leguminosa asociada. Los mejores tratamientos consistieron en maíz + crotalaria ó maíz + mucuna negra que fueron superiores a la fertilización con urea y con estiércol. Los resultados también abrieron posibilidades reales de uso de la asociación de las plantas de sorgo con las leguminosas herbáceas siratro y centrosema, ya que aumentaron las producciones de N hasta en 52% cuando se compararon con las producciones de las plantas con solo sorgo.

Summary

The present work was aimed to evaluate the use of green manuring on the development of sorghum cv Santa Eliza plants intercropped or not, with herbaceous legumes, at the conditions of the Municipality of Paty do Alferes, RJ. The green manures tested were maize + velvet bean (*Mucuna aterrima*), maize + sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and pure maize planted before sorghum. The herbaceous legumes intercropped with sorghum *Arachis pintoi*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium ovalifolium* and *Macroptilium atropurpureum*. It was also evaluated the treatments of cattle manure and urea. At 130 days after planting, sorghum and herbaceous legumes were cut for the evaluation of dry matter accumulation and N content. No significant differences were observed between green manures, urea and cattle manure on the dry matter and N accumulation by the sorghum plants while the N content of sorghum plants relied on the intercropped legume. The effects of green manures and cattle manure on the dry matter and N accumulation and the N content of legumes also relied on the intercropped legume. No significant differences at $p < 0.05$ between the treatments were observed for dry matter accumulation by sorghum plus intercropped legumes but for the total N and %N in these plants the treatment effects relied on the intercropped legume. Apart from the fact that experimental data were analysed by univariate or multivariate, both matched in indicating the best treatments in relation to the fertilisation of forage sorghum under the conditions of the Municipality of Paty do Alferes, RJ. Green manuring with maize + sunnhemp or maize + velvet bean were better than urea or cattle manure. The results also opened up real possibilities for intercropping sorghum with *M. atropurpureum* and *C. pubescens* that improved sorghum N accumulation in 52% compared to pure sorghum. Moreover, herbaceous legumes have the potential of soil protection from climatic agents, C sequestration and atmospheric N_2 fixation, to maintain or increase soil organic matter, to mobilize nutrients from deeper soil layers and to favour the biological activity in the soil.

Referências

- Agboola, A. A. e Fayemi, A. A. 1971. Preliminary trials on the intercropping of maize with different tropical legumes in Western Nigeria. *J. Agric. Sci.* 77:219-225.
- Almeida, D. L.; Santos, G. A; De-Polli, H.; et al. 1988. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Universidade Rural, Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias no. 2. 179 p. .
- Amado, T. J.; Mileniczuk, J.; e Fernandes, S. B. 2000. Leguminosas e adubação verde como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 24:179-189.
- Andreola, F.; Costa, L. M.; Olszevsk, N.; e Jucksch, I. A. 2000. A cobertura do vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Rev. Bras. Ci. Solo* 24:867-874.
- Bertoni, J. e Lombardi-Neto, F. 1985. Conservação do solo. 1ª. ed. Piracicaba, Livroceres. 392 p.
- Borrel, A; Oosteron, E.; Hammer, G.; Jordan, D.; Douglas, A; e Unkovich, M. 2003. The physiology of 'stay-green' in sorghum. En: Unkovich, M. (ed.). Solutions for a better environment. Proc. of the 11th Australian Agronomy Conference. Geelong Victoria. CD-rom.
- Bortolini, C. G.; Silva, P. R.; e Argenta, G. 2000. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Rev. Bras. Ci. Solo* 24:897-903.
- Campbell, C. A; Selles, F.; Lafond, G. P.; e Zentner, R. P. 2001. Adopting zero tillage management: impact on soil C and N under long-term crop rotations in a thin black chernozem. *Can. J. Soil Sci.* 81(2):139-148.
- De-Polli, H. e Chada, S. S. 1989. Adubação verde incorporada ou em cobertura na

- produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. Rev. Bras. Ci. Solo. 13:287-293.
- Igue, K. 1984. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos na propriedade do solo. En: Fundação Cargil. Adubação Verde no Brasil, Campinas:fundação Cargil. p. 232-267.
- Magalhães, P. C. e Rodrigues, J. A. 2001. Fisiologia da produção do sorgo forrageiro. En: Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A.; Rodrigues, J. A.; e Ferreira, J. J. (eds.). Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Milho e Sorgo). p. 227-262.
- Martin, N. B.; Santos, Z. A.; e Assumpção, R. 1984. Análise econômica da utilização da adubação verde nas culturas de algodão e soja em rotação com milho e amendoim. En: Fundação Cargil. p. 133-160.
- Mayub, A.; Tanveer, A.; Ali, S.; e Nadeem, M. 2002. Effect of different nitrogen levels and seeds rates on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*) fodder. Indian J. Agric. Sci. 72(11):648-650.
- Okamoto, M.; Okada, K.; e Watanabe, T. A. 2003. Growth responses of cereal crops to organic nitrogen on the field. Soil Sci. Plant Nutr. 49(3):445-452.
- Oliveira, I. O.; Kluthcouski, J.; Yogoyama, L. P.; Dutra, L. G.; Pontes, T. A.; Silva, A. E.; Pinheiro, B. S.; Ferreira, E.; e Castro, E. M. 1996. Sistema Barreirão: recuperação, renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Documento no. 64. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Cnpaf-Apa). 90 p.
- Palms, C. A.; Sánchez, P. A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem. 23(1):83-88.
- Paul, C.L. 1990. Agronomia del sorgo. Patancheru; ICRISAT. 301p.
- Perin, A; Teixeira, M. G.; e Guerra, J. G. 2000. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. Agronomia 34(1-2):38-43.
- Pitta, G. V.; Vasconcellos, C. A; e Alves, V. M. 2001. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. En: Cruz, J. C.; Pereira Filho, I. A; Rodrigues, J. A.; e Ferreira, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Milho e Sorgo). p. 243-262.
- Reddy, G. S.; Venka-Teswarlu, B.; Vittal, K. B.; e Sankar, G. R.. 1991. Effect of different organic materials as source of nitrogen on growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian J. Agric. Sci. 61(8):551-555.
- Resende, A. S. 2000. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte de produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubo verde. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural de Rio Janeiro (UFRRJ). 124 p.
- Silva, F. C. 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Primeira edição. Rio de Janeiro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-CNPQ). 370 p.
- Skóra Neto, F. 1993. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. Pesqu. Agropec. Brasil. 28(10):1165-1171.
- Smith, S. J. e Sharpley, N. A. 1990. Soil nitrogen mineralization in the presence of surface and incorporated crop residues. Agron. J. 82:112-116
- Urquiaga, S.; Jantalia, C. P.; Alves, B. J.; e Boddey, R. M. 2004. Importância de la FBN en el secuestro de carbono en el suelo y en la sustentabilidad agrícola. Jornadas Centenária Facultad Agronomia-UBA. Buenos Aires, Argentina. p. 19-22..

Pasturas Tropicales - Volumen 27, 2005

Contenido

Vol. 27(1), abril	Pág.	Vol. 27(2), agosto	Pág.	Vol. 27(3), diciembre	Pág.
Artículos Científicos		Artículos Científicos		Artículos Científicos	
Ceba de bovinos en pasturas de <i>Brachiaria decumbens</i> suplementados con caña de azúcar y <i>Cratylia argentea</i> . A. C. Rincón	2	Mecanismos de resistencia a insectos: naturaleza e importancia en la formulación de estrategias de mejoramiento para incorporar resistencia a salivazo en <i>Brachiaria</i> . C. Cardona y G. Sotelo	2	Experiences with legumes as part of a ley pasture in a low input farming system of North-Eastern Pará, Brazil. S. Hohnwald, B. Rischkowsky, R. Schultze-Kraft, J. A. Rodrigues-Filho, and A. Pinheiro Camarão	2
Análise multivariada e de regressão da matéria seca e nutrientes acumulados nas raízes de gramíneas forrageiras, sob efeito de adubação nitrogenada na forma de chorume bovino. A. de Moura Zanine, P. F. Dias, S. Manhães Souto e J. Ribeiro Costa	13	Avaliação de um modelo matemático para estimar o acúmulo de forragem em função de variáveis climáticas. H. R. de Medeiros, C. G. S. Pedreira, e N. A. Villa Nova	12	Variación temporal da fitomassa seca relativa de <i>Brachiaria brizantha</i> cultivares Marandu e Xaraés. E. R. Detomini e D. Dourado Neto	13
Efeito de métodos de colheita na produção e qualidade de sementes de <i>Arachis pintoi</i> . G. A. R. Macêdo, H. M. A. Purcino, M. C. M. Viana, P. de Oliveirae F. M. Freire	21	Modelo de adubação nitrogenada aplicável a rebrota de pastagens submetidas a sistemas de desfolha intermitente. D. Dourado Neto e E. R. Detomini	18	Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. M. da Silva Brasil, V. L. Divan Baldani, J. Ivo Baldani, e S. Manhães Souto	22
Produção de matéria seca e taxa de sobrevivência de clones de capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) e um híbrido interespecífico com o milheto (<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke) submetidos a estresse hídrico. G. Porto Barreto, M. de Andrade Lira, M. V. Ferreira dos Santos e J. C. Batista Dubeux Jr.	27	Avaliação da produção de <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia sob diferentes níveis de oferta ambiental. E. R. Detomini, R. O. C. Monteiro, e R. D. Coelho	26	Análise por componentes principais e regressão de nutrientes acumulados por capins tropicais sob efeito de doses de nitrogênio via chorume bovino. A. de Moura Zanine, P. F. Dias, S. Manhães Souto, J. R. Costa e L. J. Motta	34
Potencial produtivo e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais sob duas doses de nitrogênio e potássio. B. Heinemann, A. J. Fontes, D. S. C. Paciullo, B. Rosa, R. Macedo, P. Moreira e L. J. M. Aroeira	34	Efeito do sombreamento no estabelecimento de leguminosas arbóreas para pastagens. D. de J. Ferreira, P. F. Dias, S. Manhães Souto, e L. Jimenez	38	Crescimento e produção de três gramíneas forrageiras em amostras de solo sob doses de fósforo. E. E. Mesquita, J. C. Pinto, V. B. Tavares, I. P. A. Santos, A. E. Furtini Neto e D. J. G. Faria	44

Continúa.....

Vol. 27(1), abril	Pág.	Vol. 27(2), agosto	Pág.	Vol. 27(3), diciembre	Pág.
Efeito da adubação verde nos teores de nutrientes e na produção de silagem mista de sorgo mais leguminosas. P. F. Dias, S. Manhães Souto e R. O. Machado Queiroz	42	Estabelecimento de pastagens de capim-braquiária na Zona da Mata e Agreste de Pernambuco. E. L. de Souza Jr., M. de Andrade Lira, J. C. Batista Dubeux Jr., M. V. Ferreira dos Santos, A. C. Leão de Mello e R. L. Caraciolo	45	Producción de forrajeras arbustivas en monocultivo y asociadas en el trópico húmedo. G. Hernández, J. M. Reichert, R. Taylor y E. Blume	51
Nota de Investigación Efeito de duas espécies nativas de árvores sobre as propriedades do solo e forragem de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. M. E. de Oliveira; L. L. Leite; A. C. Franco; e L. H. R. Castro	51	Notas de Investigación <i>Brachiaria brizantha</i> : novo hospedeiro de <i>Magnaporthe grisea</i> . C. E. Marchi; C. D. Fernandes; V. de F. Jerba, M. de F. Borges e E. R. Lorenzetti	52	Adubação nitrogenada e potássica em pastagem de <i>Brachiaria humidicola</i> em um Planossolo da baixada fluminense, Rio de Janeiro. J. Quinquim Magiero, R. Rossiello, J. B. Rodrigues de Abreu e B. J. Rodrigues Alves	59
		Efeito da adubação verde no crescimento de sorgo forrageiro. P. F. Dias e S. Manhães Souto	55	Intersiembr de leguminosas forrajeras en pasturas degradadas de <i>Chloris gayana</i> Kunt cv. Pioneer. C. S. Roncedo y H. E. Pérez	66
		Utilização do feno de <i>Desmodium ovalifolium</i> na suplementação alimentar de ovelhas deslanadas durante o período seco na Amazônia. J. A. Magalhães, C. R. Townsend, N. de L. Costa, e R. G. de A. Pereira	62	Efeito da adubação verde no desenvolvimento de sorgo forrageiro consorciado com leguminosas. P. F. Dias e S. Manhães Souto	70
		Utilidad de <i>Cratylia argentea</i> en ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. C. H. Plazas y C. E. Lascano	65		
		Estrategias para minimizar la escasez de forrajes en zonas con sequias prolongadas en Honduras y Nicaragua. S. Fujisaka, F. Holmann, M. Peters, A. Schmidt, D. White, C. Burgos, J. C. ordoñez, M. Mena, M. I. Posas, H. Cruz, C. Davis y B. Hincapié	73		