

## Avaliação do capim-tanzânia (*Panicum maximum*) por meio de métodos de análise multivariada

*Evaluation of the grass-tanzania ("Panicum maximum") using multivariate analyses*

ZANINE, Anderson de Moura<sup>1</sup>; DIAS, Paulo Francisco<sup>2</sup>; SOUTO, Sebastião Manhães<sup>3</sup>,  
FERREIRAT, Daniele de Jesus<sup>4</sup>; SANTOS, Edson Mauro<sup>1</sup>; PINTO, Luis Fernando  
Batista<sup>5</sup>

<sup>1</sup>- Zootecnista, Pós-Doutorando em Zootecnia, Bolsista da FAPEMIG, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil.

<sup>2</sup>- Zootecnista, Doutor em Fitotecnia, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro-PESAGRO, Brasil.

<sup>3</sup>- Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências do Solo, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa-Agrobiologia, Brasil.

<sup>4</sup>- Zootecnista, Pós-Graduanda em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Brasil.

<sup>5</sup>- Zootecnista, Doutorando em Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Brasil.

\*Endereço para correspondência: anderson.zanine@ibest.com.br

### RESUMO

Foi realizado um experimento com o objetivo de se avaliar o capim-tanzânia, por meio dos procedimentos multivariados: análise de função discriminante e análise de componentes principais. As variáveis em estudo foram: matéria seca foliar (MSF), matéria seca da planta (MSP), nitrogênio (N), fósforo (P), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e potássio (K) na parte aérea e na raiz, da gramínea. Sendo realizadas as pesquisas no período das chuvas (primavera/verão), as plantas foram adubadas com quatro doses de N na forma de chorume bovino (0, 60, 120, 180 kg/ha). A análise de componentes principais foi capaz de reduzir as 15 variáveis originais para seis componentes principais, sendo que as variáveis mais importantes foram cálcio na raiz (CaR), potássio na folha (KF), potássio na planta (KP), magnésio na folha (MgF), fósforo na folha (PF) e fósforo na raiz (PR). A análise discriminante encontrou dificuldades de classificação quanto à dose de adubo, principalmente em relação às doses 60, 120 e 180 kg/ha.

Palavras-chave: cálcio, componentes principais, fósforo, nitrogênio

### SUMMARY

The experiment was conducted with objective of evaluating the tanzania grass, using mult-trait procedures: discriminant function analysis and principal components analysis. The variables were: dry matter of leaf (DML), dry matter of the plant (DMP), nitrogen (N), phosphorous (P), magnesium (Mg), calcium (Ca) and potassium (K) in the aerial part and in the root of the grass, during the rain period. The plants were fertilized with four doses of N as bovine manure (0, 60, 120, 180 kg/ha). Main components analysis was capable to reduce the 15 original variables to 6 principal components, which the most important variables were calcium at root, potassium at leaf, potassium at plant, magnesium at leaf, phosphorous at leaf and phosphorous at root. The discriminant analysis had difficulties in classifying the fertilizer dose, especially related to the levels 60, 120 e 180 kg/ha.

Keywords: calcium, main components, match, nitrogen

## INTRODUÇÃO

O capim-tanzânia é um cultivar da espécie *Panicum maximum*, de origem africana, que vem sendo estudada e utilizada no Brasil, mais enfaticamente, desde a década de 70 (CARRIEL et al., 1979). É uma gramínea que apresenta alto potencial produtivo e valor nutritivo quando bem manejada, permitindo apreciáveis ganhos de peso nos ruminantes.

Uma forma de se estudar o potencial produtivo de forrageiras é através da resposta a níveis de adubação. Experimentos para esse fim são conduzidos em vasos ou a campo e muitas amostras de diferentes partes das plantas são coletadas para uma completa avaliação da gramínea (ZANINE et al., 2006). Ocorre que as análises, corriqueiramente, não consideram a complexa correlação existente entre as inúmeras variáveis estudadas. Esse é um erro particularmente importante, pois a resposta a níveis de adubação, principalmente a adubação orgânica, que apresenta bons níveis de todos os nutrientes essenciais para a planta, precisa considerar as características morfológicas e produtivas do cultivar como um todo e não aspectos isolados. Por exemplo, um cultivar "A" pode ter maiores percentuais de alguns nutrientes, porém, menores teores de outros nutrientes que o cultivar "B". Na literatura vigente, esses dois cultivares são comparados para cada característica isoladamente e as conclusões logicamente são direcionadas para cada característica.

Para se entender a complexa correlação existente entre as características das plantas forrageiras (valor nutricional, características morfogênicas e estruturais, produção de matéria seca etc.) pode-se utilizar um procedimento multivariado conhecido como Análise de Componentes Principais. Componentes principais são combinações lineares das variáveis originais e são

estimados de forma que o primeiro componente principal explica o maior percentual da variância total, o segundo componente principal explica o segundo maior percentual e assim sucessivamente até que toda a variância seja explicada (MORRISON, 1976). Cada variável original está associada ao componente principal por meio de um coeficiente de ponderação chamado de autovetor, cujo valor absoluto determina a importância da característica para o componente principal e os sinais (positivo ou negativo) dos autovetores, dentro de cada componente principal, indica a relação existente entre as características (mesmo sinal indica correlação positiva, enquanto que sinais diferentes indicam correlação negativa). Portanto, com essa técnica tentar-se-á compreender melhor a rede de correlações existente entre as inúmeras características das plantas forrageiras.

Para serem tiradas conclusões mais específicas sobre o efeito da adubação em pastagens, é necessário se lançar mão de procedimentos que analisem simultaneamente múltiplas características. Dentre elas, a análise discriminante está relacionada à separação eficiente, ou à discriminação, de dois ou mais grupos, utilizando-se para tanto, funções lineares discriminantes (FURTADO, 1999). Segundo Khattree & Naik (2000), a análise discriminante baseia-se na matriz de dispersão das variáveis originais e na estimativa da distância de Mahalanobis, para formação de grupos e, conseqüentemente, para a classificação das variáveis quanto aos grupos formados. Em tese, com essa análise poderíamos diferenciar os níveis de adubação em função da composição das plantas adubadas. Assim, a comparação dos tratamentos teria como sustentação um conjunto de características e não de variáveis isoladas, ou seja, poderíamos avaliar o efeito aditivo das variáveis em estudo.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar a relação entre minerais e matéria seca de amostras da parte aérea e raiz de capim-tanzânia adubadas com níveis de nitrogênio na forma de chorume bovino, utilizando-se análise de componentes principais e funções discriminantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa/CNPAB), localizado no km 47 da Br 465, Seropédica-RJ, latitude 21° 45', longitude 43° 41' e altitude 33m, no período de 2003. O solo usado é classificado como Planossolo, cuja análise química indicou reação ácida (pH=5,7), Al=0,0 cmolc/dm<sup>3</sup>, P=3,0 mg/dm<sup>3</sup> (Mehlich-1), K=56 mg/dm, Ca=2,3 cmolc/dm<sup>3</sup> e Mg=1,9 cmolc/dm<sup>3</sup>.

A adubação uniforme, antes do plantio, foi feita especificamente para atender as necessidades de P (4,5g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/vaso) e K (0,9g K<sub>2</sub>O/vaso) do capim nesse solo, conforme recomendação de Almeida et. al (1988). As sementes do capim-tanzânia (*Panicum maximum*) foram semeadas em bandejas de isopor contendo substratos adequados para sua germinação. O transplantio das mudas para os vasos foi feito em 09/09/01.

O capim foi mantido em 60 vasos de 22 kg com solo caracterizado como Planossolo, ao ar livre, recebendo semelhantes doses de adubação (0, 60, 120 e 180 kg/ha de N). Os parâmetros avaliados no sistema radicular e parte aérea da planta foram os teores de N, P, K, Ca, Mg e MS, na parte aérea dividida em matéria seca de folha (MSF) e matéria seca da planta (MSP). A MS das raízes e da parte aérea da planta foi determinada em estufa a 65° C até o peso constante. Foi feita a determinação do N, P, K, Ca e Mg na planta, conforme metodologia descrita por

Silva (1999). A análise univariada, testando os efeitos de cada dose de N na forma de chorume, foi descrita por (SCHIMIDT et al., 2003).

## Análise de Componentes Principais

Na análise de componentes principais, foram estudados os primeiros componentes principais cuja soma de autovalores foi capaz de explicar um percentual mínimo de 80% da variação total, o que é a recomendação de vários autores como, por exemplo, Morrison (1976). Foi utilizado o procedimento PRINCOMP (SAS Institute, 2001), sendo o ponto de partida da análise a matriz de correlação entre as características analisadas. Os autovetores foram utilizados para avaliar a importância relativa de cada característica em cada componente principal e os sinais (positivos ou negativos) foram utilizados para entender a rede de correlações existentes entre as características. Assim, características com autovetores de mesmo sinal, dentro de um determinado componente principal, estão diretamente correlacionadas, por sua vez, sinais diferentes indicam correlação negativa.

## Análise Discriminante

A metodologia de análise discriminante baseia-se na obtenção de equações do tipo:  $Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i$  onde  $b_0$  é uma constante,  $b_i$  são os coeficientes de ponderação associados a cada uma das  $X_i$  variáveis da equação, e  $Y$  é um índice obtido para o referido objeto na análise. Segundo Khattree & Naik (2000), os  $b_i$  coeficientes são obtidos de acordo com algum critério de agrupamento e, no presente trabalho, tais critérios foram os teores dos minerais e matéria seca avaliados na parte aérea e na raiz das plantas. Após a obtenção dos coeficientes de ponderação, foi possível

reagrupar as plantas de acordo com as equações e a equação que forneceu o maior índice determinou o grupo no qual a planta deveria ser inserida.

Foram utilizados os procedimentos DISCRIM e STEPDISC (SAS Institute, 2001). O procedimento STEPDISC identificou as variáveis que realmente são importantes no processo de discriminação das plantas, enquanto o procedimento DISCRIM teve por finalidade gerar as funções e classificar as amostras, tomando como ponto de partida as variáveis selecionadas pelo procedimento anterior.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise de Componentes Principais

Morrison (1976) e Johnson & Wichern (1998) citam que existem três métodos para escolher o número de componentes principais a serem avaliados numa análise de componentes principais. Um deles é o gráfico *scree-plot*, o qual pode ser observado na Figura 1. Essa figura indica o número de componentes principais a serem utilizados de acordo com a mudança brusca na direção da linha que une os autovalores dos diferentes componentes principais. Pode ser observado que esse ponto está localizado no terceiro componente principal.

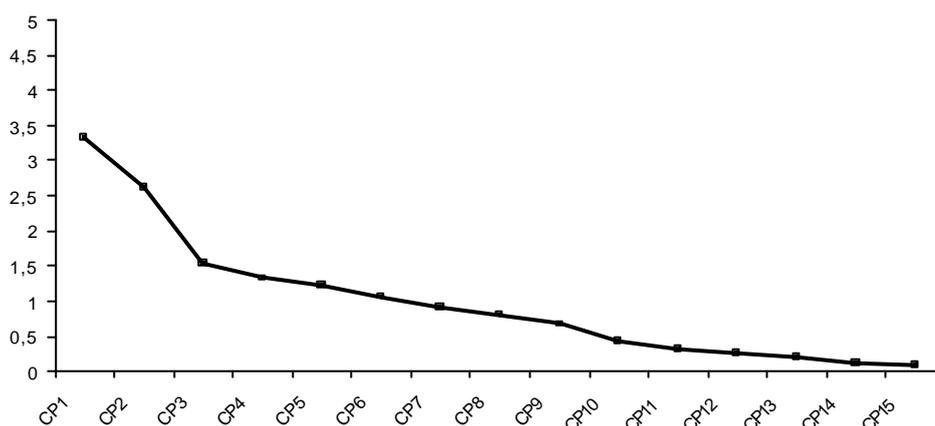


Figura 1. *Scree Plot* dos autovalores correspondentes a cada um dos 15 componentes principais

Entretanto, existe um outro critério que pré-estabelece um percentual mínimo de variância a ser explicado, para se determinar quantos componentes principais serão necessários. Morrison (1976) e Johnson e Wichern (1998) citam um valor próximo de 80% como sendo adequado. Como último método, o pesquisador pode utilizar todos os componentes principais que expliquem autovalores iguais ou superiores a um (1). No presente trabalho, não foi utilizado o gráfico, pois com apenas três componentes principais seria possível explicar apenas

49,9% da variância total, como pode ser observado na Tabela 1. O critério de autovalor mínimo igual a um parece mais coerente, pois com ele são selecionados para estudo seis componentes principais, os quais explicam juntos 74,15% da variância total (Tabela 1).

A necessidade de um número elevado de componentes principais, no presente estudo, decorre da complexa relação existente entre as características estudadas (níveis de minerais e matéria seca), mas, também, da elevada variação na amostra estudada.

Tabela 1. Autovalores e percentual acumulado da variância total explicado por cada componentes principal (CP)

Componente Principal	Autovalor	Percentual Acumulado
CP1	3,328701	22,19
CP2	2,626053	39,7
CP3	1,530431	49,9
CP4	1,332066	58,78
CP5	1,233546	67,01
CP6	1,071879	74,15
CP7	0,923449	80,31
CP8	0,815205	85,74
CP9	0,68284	90,29
CP10	0,434298	93,19
CP11	0,316505	95,3
CP12	0,258409	97,02
CP13	0,21542	98,46
CP14	0,127655	99,31
CP15	0,103543	100

Assim, qualquer fator que contribua para aumentar essa variância pode comprometer os resultados da análise de componentes principais. Por exemplo, o tamanho da amostra é um fator que pode ser melhorado em futuros estudos, ou seja, um número maior de amostras pode ajudar a reduzir fontes de variação residual, a aplicação da adubação nitrogenada feita de forma simultânea em todos os tratamentos, pois existe um alto efeito da temperatura na volatilização da amônia e aplicações em horários diferentes geram variações. No caso de adubações com chorume (bovino ou suíno), deve-se manter a mesma concentração de sólidos e líquidos, aplicar o chorume em área com mesmo padrão de cobertura vegetal, além de fixar um horário padrão de aplicação para todos os tratamentos. Muitos autores (MOLEN et al. 1990; MOAL et al., 1995; GLASER et al. 2001; STEVENS & LAUGHLIN 2002) indicam o final da tarde, pois, é o período em que se minimiza as perdas por lixiviação e volatilização.

O primeiro componente principal explica 22,19% da variância total (Tabela 1) e seus

auto vetores podem ser observados na Tabela 2. Existem autovetores positivos e negativos, e os principais valores estão associadas às variáveis MS na parte aérea (-0,4431), Mg na folha e na planta e fósforo na parte aérea, 0,3892, 0,3659 e 0,3266, respectivamente. A diferença no sinal desses autovetores indica correlação negativa da MSP com o MgF, o MgP e o PP. Logo, quanto maior o teor de MS na parte aérea, menores são os teores de Mg na folha e na planta e fósforo na planta. Como resultado do efeito de diluição, ou seja, à medida que se aumenta excessivamente a produção de biomassa pelos doses de nitrogênio, pode haver uma redução nos teores de alguns minerais, como no caso do fósforo e magnésio, no presente experimento. Andrade et al. (2000) registraram que os teores de fósforo e cálcio na lâmina foliar do capim-elefante variaram inversamente com as doses de nitrogênio aplicadas no solo. Os autores justificaram tal efeito pela diluição, devido ao rápido crescimento da forragem que recebeu a maior quantidade de adubo nitrogenado.

Tabela 2. Autovetores dos seis primeiros componentes principais

Variáveis	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
CaF <sup>1</sup>	0,2647	-0,2178	-0,1361	0,2647	-0,4735	0,2699
CaP <sup>2</sup>	0,1888	0,3345	0,0498	-0,3235	0,0445	0,2631
CaR <sup>3</sup>	-0,0040	0,2362	0,0629	0,4016	0,4204	0,5128
KF <sup>4</sup>	0,1347	-0,0955	-0,5955	-0,2120	-0,0332	0,2470
KP <sup>5</sup>	0,0679	0,4009	0,2356	-0,3028	-0,2653	0,0069
KR <sup>6</sup>	0,1635	0,3589	-0,2179	0,2260	-0,1390	0,1529
MSP <sup>7</sup>	-0,4431	0,1015	0,1134	0,1304	-0,2002	0,1484
MSR <sup>8</sup>	-0,2914	-0,0954	0,3106	0,0569	0,1529	0,3610
MgF <sup>9</sup>	0,3892	-0,3623	0,0088	0,1020	-0,0383	0,0974
MgP <sup>10</sup>	0,3659	0,3128	0,1541	-0,2648	0,0012	0,0885
MgR <sup>11</sup>	0,2457	0,3430	-0,1130	0,4523	0,1115	-0,1581
NP <sup>12</sup>	-0,1317	0,2150	-0,3331	-0,0657	0,2612	-0,3853
PF <sup>13</sup>	0,2751	-0,1740	0,0599	0,0278	0,5345	-0,1346
PP <sup>14</sup>	0,3266	-0,1753	0,4167	-0,1321	0,0892	0,0004
PR <sup>15</sup>	0,1351	0,1132	0,2889	0,3852	-0,2590	-0,3863

<sup>1</sup>calcio folha; <sup>2</sup>calcio planta; <sup>3</sup>calcio raiz, <sup>4</sup> potássio folha; <sup>5</sup> potássio planta, <sup>6</sup> potássio raiz, <sup>7</sup>matéria seca planta, <sup>8</sup>matéria seca raiz, <sup>9</sup>magnésio folha, <sup>10</sup>magnésio planta, <sup>11</sup>magnésio raiz, <sup>12</sup>nitrogênio planta, <sup>13</sup>fosfóro folha, <sup>14</sup>fosfóro planta, <sup>15</sup>fosfóro raiz.

Esse resultado demonstra a importância da análise simultânea de múltiplos caracteres na avaliação da composição de forrageiras. Ao serem selecionadas amostras mais produtivas (maior teor de matéria seca), oriundas de adubações nitrogenadas excessivas, indiretamente se obtém uma resposta negativa em termos de composição de minerais importantes como fósforo e magnésio. O fósforo é um elemento que está envolvido diretamente, ou indiretamente, em todas as reações do metabolismo dos ruminantes (CARVALHO et al., 2003) e o magnésio é considerado o segundo elemento de concentração no organismo do animal, necessário às reações enzimáticas vitais (MOORE et al., 1999; MORAES, 2003). O segundo componente principal explica 17,51% da variância total e têm como principais autovetores aqueles associados às medidas KP, KR, MgF, MgP, MgR e CaP. Todos são positivos, exceto para MgF, portanto, existe uma correlação negativa entre os teores magnésio na folha e os teores KP, KR, MgP, MgR e CaP. Logo, MgF é uma característica que merece maiores estudos na análise do capim-tanzânia, pois,

além de estar associada negativamente com o teor de MS da planta, ainda tem associações negativas com a composição de vários minerais em diferentes partes da folha. De acordo com Carvalho et al. (2003), o teor de magnésio nas plantas forrageiras varia com a espécie e com as condições de solo e clima, em que as plantas são cultivadas. Por conseguinte, diferenças entre espécies e variedades entre as pastagens podem influenciar a incidência de magnésio em lugar de aumentos ou diminuições de outros nutrientes essenciais para a planta. Nesse sentido, o estudo de forma associativa das características morfológicas dos diferentes órgãos da planta e entre planta se fazem necessários e a análise em estudo facilita a compreensão dessas interações. O terceiro componente principal explica 10,2% da variância total e tem como principal medida as características KF e PP. Os autovetores divergem para o sinal, logo, quanto maior o teor de KF, menor será o teor de PP do capim-tanzânia. O isolamento dessas duas características no componente principal indica uma correlação importante entre elas, pois exigiu um componente

principal apenas para explicar a variação causada por essa correlação. O chorume bovino apresenta uma alta concentração de potássio na urina (THOMPSON et al., 1990; STEVENS et al., 2002), processo importante na reciclagem desse nutriente que retorna à planta. Por isso, é provável que a alta disponibilidade de tal nutriente possa ter provocado algum efeito antagônico com o fósforo.

O quarto componente principal explica 8,88% da variância total e tem como principais características CaP, CaR, MgR e PR. Apenas CaP apresenta autovetor com valor negativo, logo essa característica está negativamente correlacionada com as demais, ou seja, maiores valores de cálcio na planta estão associados a menores valores de Ca Mg e P na raiz. É interessante observar a correlação negativa entre os teores de Ca na raiz e na planta, isso mostra que esse mineral parece se acumular nas raízes do capim-tanzânia. O Ca é um nutriente potencial para o desenvolvimento do sistema radicular, pois, é um elemento formador da parede celular (MALAVOLTA et al., 1989), sua carência diminui o crescimento das raízes (PERES & KERBAUY, 2000) e, por conseqüência, retarda o crescimento da parte aérea. O quinto componente principal explica 8,22% da variância total e tem como características importantes CaF, CaR e PF. Novamente, observa-se uma relação negativa entre os teores de cálcio na raiz e em outras partes da planta, o que reforça a importância de um controle adequado no planejamento da adubação do mineral cálcio. Pode-se observar uma relação até então não observada entre a composição dos minerais cálcio e fósforo na folha, ou seja, quanto maior o teor de Ca na folha, menores são os teores de P foliar e vice-versa. Esse antagonismo de nutrientes é importante no estudo de nutrição mineral de plantas forrageiras, com reflexos que vão além da competição de sítios de ação no interior da

planta, tendo reflexo direto na produção animal.

O sexto e último componente analisado tem como característica mais importante CaR e explica 7,15% da variância total. O isolamento dessa característica no componente principal enfatiza uma variação importante do mineral cálcio na raiz. Os altos teores de Ca observados no capim-tanzânia no presente experimento, possivelmente, foram devido à abundância desse nutriente no chorume bovino utilizado, chegando a valores de 19,8 g/kg, superiores aos de 9,5 g/kg, observados por Fierros et al., (1997) e 8,5 g/kg, relatado por Zanine (2003).

#### Análise discriminante

A análise discriminante teve, como fator de formação dos grupos, a dose de nitrogênio na adubação. As características mais importantes para a discriminação dos grupos foram CaF, MgF, MgR, NP, KF, MsP, PR, PF e KP, que fazem parte das funções apresentadas na Tabela 3. A característica da função 1 (adubação controle) é agrupar plantas com baixos teores de magnésio na raiz, potássio na folha, matéria seca na planta, fósforo na raiz, fósforo na folha e potássio na folha. Pode-se observar que a função 1 contrasta bastante com a função 4 (dose 180 kg/ha de N), ou seja, a adubação elevada agrupa plantas com maiores teores de magnésio na raiz, potássio na folha, matéria seca na planta, fósforo na raiz, fósforo na folha e potássio na planta. A função 3 (120 kg/ha de N) é bastante similar à função 1 (adubação controle), pois também valoriza plantas com elevados teores de CaF e NP, mas difere da função 1, principalmente, por agrupar plantas com elevado teor de magnésio foliar. A função 2 (60 kg/ha de N) agrupa plantas com elevados teores de magnésio na raiz e baixos teores de nitrogênio na planta e cálcio na raiz. Essas características fazem a adubação com 60 kg

de N/ha diferir bastante da adubação-controle, que agrupa exatamente o contrário. Zanine et al. (2005a) e Zanine et al. (2005b), avaliando espécies dos gêneros *Digitaria* e *Cynodon* adubados com chorume bovino como fonte de nitrogênio, por meio de análises de componentes principais, registraram que as variáveis mais

importantes que devem ser consideradas em um experimento sobre os efeitos da aplicação de nitrogênio via chorume, na parte aérea dos capins, são cálcio, nitrogênio, fósforo, potássio e matéria seca. Para a produção de raízes, os principais componentes foram a matéria seca e magnésio.

Tabela 3. Funções discriminantes das amostras de Tanzânia de acordo com dose de adubação

	Parâmetros			
	1*	2**	3***	4****
Constante	-400,52	-431,50	-474,80	-489,32
CaF <sup>1</sup>	7,59	6,83	7,23	7,06
MgF <sup>2</sup>	93,45	91,48	100,91	83,39
MgR <sup>3</sup>	12,83	17,08	15,93	14,95
NP <sup>4</sup>	474,05	420,52	473,91	430,64
KF <sup>5</sup>	8,42	9,20	9,54	10,12
MSP <sup>6</sup>	265,58	277,09	289,70	298,49
PR <sup>7</sup>	23,05	30,18	39,75	42,60
PF <sup>8</sup>	25,84	27,95	30,74	31,62
KP <sup>9</sup>	10,86	11,20	11,69	11,86

<sup>1</sup> Cálcio folha; <sup>2</sup> magnésio folha; <sup>3</sup> magnésio raiz; <sup>4</sup> nitrogênio planta; <sup>5</sup> potássio folha; <sup>6</sup> matéria seca na planta; <sup>7</sup> fósforo raiz; <sup>8</sup> fósforo folha; <sup>9</sup> potássio folha

1\* = 0 kg/ha de N; 2\*\* = 60kg/ha de N; 3\*\*\* = 120 kg/ha de N ; 4\*\*\*\* = 180 kg/ha de N

As diferentes amostras foram agrupadas e classificadas, utilizando-se as equações discriminantes, o que pode ser observado na Tabela 4. Para dose 1, houve 80% de classificação correta, sendo apenas 2 das quinze unidades experimentais classificadas como tendo recebido a dose 2 e uma unidades experimental classificada como tendo recebido a dose 3. Nenhuma das unidades foi classificada como tendo recebido a dose 4, o que é um claro indicativo da grande diferença entre as doses 1 e 4.

A dose 2 apresentou 66,67% de classificação correta, portanto 1/3 das unidades experimentais que receberam essa dosagem foram erroneamente classificadas. Quatro foram classificadas como tendo recebido a dose 3, 26,67% de erro e uma classificada como tendo recebido a dose 1, 6,67% de erro. Nesse ponto a análise está indicando

uma semelhança, principalmente em relação às doses 2 e 3, mas também indica uma clara diferença entre as doses 2 e 4, pois não ocorreu nenhum erro de classificação dessa natureza.

A dose 3 apresentou 60% de acerto, 26,67% dos erros foram devido à classificação de quatro unidades experimentais como tendo recebido a dose-4 e duas unidades experimentais, 13,33% de erro, como tendo recebido a dose-2. A análise encontrou dificuldade de separar os grupos 2, 3 e 4, principalmente, em relação às doses 3 e 4. Mas, com relação a dose-1, há uma clara diferença que pode ser observada com apenas 1 unidade erroneamente classificada nessa região.

Quanto à dose 4, a análise obteve 66,67% de acerto. Do total de erros, 20% foram devido a três unidades experimentais, classificadas como tendo recebido a dose-3, enquanto

13,33% dos erros foram devido a 2 unidades experimentais que foram classificadas como tendo recebido a dose-2. Novamente, pode se observar que, na análise, se encontrou dificuldade na diferenciação, principalmente, com relação às doses 2, 3 e 4, mas foram diferenciados claramente esses três níveis da dose 1.

Utilizando-se a análise discriminante, Zanine et al (2007) registraram que, para o cultivar Transvala, o teor de Ca na parte aérea foi o nutriente mais importante, seguido pela produção de MS na parte aérea, teor de P e N na raiz e, por último o teor de Mg. Para o cultivar Tifton 85, houve uma ordem bastante semelhante à do cultivar Transvala, havendo apenas a troca de posição entre os teores de Mg e N. Os autores concluíram que a análise discriminante, baseada nas variáveis estudadas, mostra que os cultivares, mesmo pertencendo ao mesmo gênero, comportam-se diferentemente em relação aos teores de macronutrientes e produção de matéria seca da parte aérea e

raiz. Por isso, estudos que incluem a análise de componentes principais e/ou análise discriminante, em seus protocolos experimentais, tornam possível o entendimento da associação entre variáveis, além de separarem as gramíneas em função do seu comportamento, ou seja, vão além dos gêneros para agrupamentos de espécies forrageiras.

É válido salientar, também, que os erros de classificação observados na análise discriminante podem ser decorrentes do reduzido tamanho de amostra aqui utilizado. O fato de termos constatado que, das 15 características estudadas, apenas seis foram importantes para a discriminação dos níveis de adubação é um aprendizado que pode ser utilizado em futuros estudos dessa natureza com o capim-tanzânia. As características que não foram importantes podem ser descartadas em futuras análises, o que reduziria a mão-de-obra e o tempo laboratorial, permitindo, assim, a análise de uma amostra maior.

Tabela 4. Número de observações e percentual de classificação das unidades experimentais

Dose Original	Dose Classificada			
	1*	2**	3***	4****
1	12	2	1	0
%	80	13,33	6,67	0
2	1	10	4	0
%	6,67	66,67	26,67	0
3	0	2	9	4
%	0	13,33	60	26,67
4	0	2	3	10
%	0	13,33	20	66,67

1\* = 0 kg/ha de N; 2\*\* = 60kg/ha de N; 3\*\*\* = 120 kg/ha de N ; 4\*\*\*\* = 180 kg/ha de N.

## CONCLUSÕES

A análise de componentes principais reduz o número de variáveis originais de 15 para seis componentes principais, sendo que as

variáveis mais importantes em termos de variação foram CaR, KF, KP, MgF, PF e PR.

A análise discriminante encontra dificuldades em classificar quanto à dose de adubo, principalmente em relação às doses

60, 120 e 180 kg/ha de N, entretanto, todas foram diferentes da dose zero, sem N.

Foi possível perceber que a inferência a partir de resultados multivariados pode ser mais completa que a inferência partindo de resultados isolados. Logo, recomenda-se que futuros estudos com avaliação de efeitos de adubação e composição mineral de plantas conduzam procedimentos multivariados para obtenção de resultados mais completos. Entretanto, é importante ressaltar que estudos dessa natureza devem ser alicerçados em amostras maiores, pois existem muitos fatores não controlados em experimentos com gramíneas que podem comprometer os resultados.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Universidade Rural, 1988. 179p.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1589-2000, 2000.
- CARRIEL, J. M.; CANALI, R.A.; SANTOS, F.R. Estimativa da ocorrência dos principais capins no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.1, p 5-25, 1979.
- CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de bovinos a pasto**. 1. ed. Belo Horizonte: Papelform, 2003. 438p.
- FURTADO, D. **Análise multivariada**. Minas Lavras: UFLA, 1996. 400p.
- GLASER, B.; BOL, R.; PREEDY, M.; Mc TIERNAN, K.B., CLARK, M.; AMELUNG, W. Short-term sequestration of slurry-derived carbon and nitrogen in temperate grassland soil as assessed by <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N natural abundance measurement. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.164, n.5, p.467-474, 2001.
- JOHNSON R.A., WICHERN D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5. ed. Texas: Prentice Hall, 1998. 420p.
- KAHTTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS® software**. North Carolina: SAS Institute, 2000. 559p.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MOAL, J. F.; MARTINEZ, J.; GUIZION, F.; COSTE, C. M. Ammonia volatilization following surface applied pig and cattle slurry in France. **Journal of Agricultural Science**, v.125, n.2, p.245-252, 1995.
- MOLEN, J. VAN DER; FAASSEN, H. G. VAN; LECLERC, M. Y.; VRIESEMA, R.; CHARDON, W.J.; VAN-DER- MOLEN, H.G. Ammonia utilization from arable land after application of cattle slurry. 1. Field estimates. **Journal of Agriculture Science**, v.38, n.2, p.145-158, 1990.
- MOORE, J. E.; BRANT, M.H.; KUNKLE, W.E.; HOPKINS, D.I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. **Journal of Animal Science**, v.77, n.2, p.122-135, 1999.
- MORAES, E.H.B.K. **Suplementos múltiplos para a recria e terminação de novilhos mestiços em pastejo durante os períodos de seca e transição seca-águas**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.

MORRISON, D.F. **Multivariate statistical methods**. New York: McGraw-Hill Company, 1976.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Controle hormonal do desenvolvimento das raízes. **Universa** v.8, p.181-195, 2000.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for windows**. North Caroline, 2001. Compact Disc.

SHIMIDT, L. T.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; ROSSIELLO, R. O. P.; ZANINE, A. M.; MACEDO JÚNIOR, G. L.; PEREIRA, B. M. Absorção e acúmulo de nutrientes no capium cv. Tanzânia (*Panicum maximum*) em resposta à aplicação N como chorume bovino. **Pastures Tropicales**, v.25, p.10-16, 2003.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio Janeiro: CNPS, 1999. 370p.

STEVENS, R. J.; LAUGHLIN, R. J. Cattle slurry applied fertilizer nitrate lowers nitrous oxide and dinitrogen emissions. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.66, n.2, p.647-652, 2002.

THOMPSON, R.B.; PAIN, B.F.; REES, Y.J. Ammonia volatilisation from cattle slurry following application to grassland. II- Influence of application rate, wind speed and applying slurry in narrow bands. **Plant and Soil**, v.125, n.1, p.119-128, 1990.

ZANINE, A. M. **Efeito de doses de nitrogênio na forma de chorume, nas características químicas do solo, produção de raízes e no rendimento e qualidade das gramíneas dos gêneros *Digiaria* e *Cynodon***. Setopédica. 2003. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ZANINE, A. M.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; COSTA, J.R. 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. **Pasturas Tropicales**, v.27, n.1, p.13-20, 2005a.

ZANINE, A. M.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; COSTA, J.R. Métodos de análise multivariada aplicados na avaliação de gramíneas forrageiras tropicais adubadas com chorume bovino. **Revista da Universidade Rural**, v.26, n.1, p.28-34, 2006. (Ciências da vida).

ZANINE, A. M.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; COSTA, J.R.; MOTTA, L. Análise de componentes principais de nutrientes acumulados por capins tropicais sob efeito de dose de nitrogênio via chorume bovino. **Pasturas Tropicales**, v.27, n.3, p.34-40, 2005b.

ZANINE, A. M.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; FERREIRA, D.J.; SANTOS, E.M.; PINTO, L.F.B. Uso de funções discriminantes para comparação de cultivares dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria* quanto à produção de matéria seca e teores de macronutrientes. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.15, n.4, p.110-116, 2007.

Data de recebimento: 14/09/2007

Data de aprovação: 11/12/2007