

# ESTUDO DE TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE PASTAGENS

## III — COMPONENTES QUÍMICOS DA PRODUÇÃO

**J. L. Coelho Silva**

Departamento de Forragens e Pastagens  
Estação Nacional de Melhoramento de Plantas  
Apartado 6  
7351 ELVAS CODEX

**J. M. Abreu**

Secção de Zootecnia  
Instituto Superior de Agronomia  
Tapada da Ajuda  
1300 LISBOA

Com a colaboração técnica de **Luís Costa Pinto**

### RESUMO

Na sequência de trabalhos anteriores, em que se avaliaram a produção de matéria seca e os componentes botânicos da produção, procede-se agora ao estudo dos componentes químicos do material vegetal em apreço, através da análise factorial de correspondências.

Apesar da grande discriminação dos resultados, que permitiu agrupar material com características afins, observaram-se, nalguns casos, fortes relações de dependência. O estabelecimento de equações de regressão para estimação de fibra bruta e fibra ácido-detergente revelou-se efectivo para a predição de resultados com valor descritivo.

Os resultados obtidos poderão assim contribuir para o esclarecimento da importância relativa das variáveis consideradas e para uma simplificação dos esquemas analíticos a adoptar em situações análogas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Pastagens; Componentes químicos; Estimação de componentes químicos.

### ABSTRACT

Following previous studies on dry matter production and botanical components of pasture herbage is now reported the chemical composition of these herbage, studied with correspondence analysis.

Although there was a large variation in the composition between samples, clusters of similar composition were found. There was also a strong relationship between some chemical determinations.

These results obtained indicate that some components when used with correspondence analysis are reliable predictors of the dynamics of chemical composition of the herbage in the field.

## 1 — INTRODUÇÃO

O estudo empreendido na Estação Nacional de Melhoramento de Plantas, e já em parte apresentado (1, 2), teve como objectivo fundamental o adaptar de metodologias que permitissem aproximações julgadas suficientes à produtividade de pastagens, sob a óptica da comunidade vegetal que se instala, sujeita à acção dos animais.

Aquele trabalho é agora complementado com a análise dos componentes químicos da produção. O objectivo é caracterizar o material produzido, afectando a cada nível produtivo as fracções analíticas que lhe estão associadas. Ao mesmo tempo, pretende-se estudar e estabelecer métodos que permitam recolha e tratamento eficiente da informação necessária à prossecução dos objectivos.

A natureza multivariada dos dados provenientes de análise química do material vegetal de pastagens apresenta normalmente problemas de avaliação, pela necessidade de tomar em linha de conta todas as variáveis ao mesmo tempo. Parece fundamental para a compreensão dos resultados obtidos:

- a) conhecer a "estrutura" geral da matriz de dados, ou seja, verificar como as amostras se relacionam, considerando as várias determinações em simultâneo;

b) obter informação de base acerca das eventuais inter-relações existentes quer entre fracções botânicas, quer entre fracções químicas, quer entre ambas. Nesta perspectiva, das técnicas de análise estatística multivariada, nomeadamente a análise factorial de correspondências surge como instrumento de eleição para responder às necessidades, pois como afirmam Ludwig e Reynolds (4), é relativamente livre de distorção, apresenta clareza nos resultados, usa eficientemente os dados e é importante para revelar padrões e inter-relações desconhecidas.

As correlações que existem entre as determinações químicas mais utilizadas (esquemas analíticos de Weende e de Van Soest) sugerem que, do ponto de vista da descrição do material, é possível estimar com rigor suficiente algumas delas. Nomeadamente, importa estimar as menos esclarecedoras e/ou mais onerosas. É, assim, ainda objectivo do presente trabalho propor equações de regressão para estimação dos teores de fibra bruta e de fibra ácido-detergente para as várias fracções vegetais.

## 2 — MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental que deu origem às amostras de erva aqui analisadas é o já anteriormente apresentado (1), constituído pelo cruzamento de 2 tipos de pastoreio×2 tipos de gaiola de protecção de erva, estudado ao longo de 3 e de 5 datas de corte.

Dado que os objectivos perseguidos são apenas relacionados com a descrição química dos materiais e não com o evidenciar de diferenças entre tratamentos, o número de determinações sobre a análise química foi reduzido, relativamente ao estudo das produtividades\*. Assim, o material da mesma fracção vegetal das 4 repetições de cada tratamento foi misturado de modo a fornecer apenas uma amostra. Foi ainda misturado o material relativo às amostras atrás obtidas, quando os factores de variabilidade impostos não tinham ainda actuado, i. é, quando o material deveria estar nas mesmas condições.

---

\* Repare-se que com os processos de análise por via húmida dificilmente poderá ser de outro modo: por exemplo, para o delineamento experimental implementado neste caso e apenas para o caso de 5 datas de amostragem, tem-se 7 fracções vegetais×2 tipos de gaiola×2 parcelas em pastoreio×4 repetições×5 datas de amostragem×6 determinações, o que fornece o total de 3360 determinações laboratoriais, incomportável com as condições geralmente disponíveis.

Aquela situação ocorreu:

- a) em Janeiro, onde não existiam diferenças entre gaiolas fixas e móveis;
- b) em Março, onde o material protegido pelas gaiolas não tinha ainda sido alvo de pastoreio diferenciado, pelo que foi reunido o das duas parcelas;
- c) em Abril, para os materiais dos cortes iniciais das gaiolas móveis de 3 e 5 datas de corte em cada parcela que também estava nas mesmas condições.

Foi assim obtido um conjunto de resultados que se repartiram pelas datas amostradas de acordo com o quadro 1. Retiraram-se aqueles cuja quantidade de material não permitiu a realização de todas as determinações.

QUADRO 1 — Número de amostras recolhidas e analisadas em cada uma das datas de corte.

Datas	N.º de amostras recolhidas	N.º de amostras analisadas
JANEIRO		8
MARÇO	36	12
ABRIL	32	52
MAIO		27
JUNHO		32

As análises foram efectuadas de acordo com os esquemas analíticos de:

- a) Weende — proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) e CINZA;
- b) Van Soest (7) — fibra neutro-detergente (NDF), fibra ácido-detergente (ADF) e lenhina ácido-detergente (ADL).

Os resultados obtidos foram submetidos primeiramente a análise numérica através de técnicas de estatística multivariada, apresentando este trabalho a discussão da aplicação da análise factorial de correspondências (AFC), seguida da formação de classes de homogeneidade ("Clusters Analysis", na literatura anglossaxónica). Procedeu-se ainda ao estudo dos dados através da regressão linear múltipla.

### 3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 — Ordenação das fracções vegetais

A AFC foi realizada sobre a matriz dos 131 dados, referidos no quadro 1, que não tinham determinações em falta, nas 6 variáveis estudadas: PB, FB,

CINZAS, NDF, ADF, ADL. Considerou-se ainda uma *variável nominal ilustrativa* (i. é, projectada sobre os planos factoriais mas não contribuindo para a formação dos mesmos), representativa da data de amostragem.

A redução de dimensionalidade da matriz original mostrou-se muito eficaz. Tal facto é ilustrado em primeiro lugar no quadro 2, que mostra as percentagens de variância "explicadas" por cada um dos valores próprios.

Como se pode verificar, os três primeiros eixos factoriais (derivados dos três primeiros valores próprios) incluem 93,8% da variância, o que reflecte fortes padrões internos e gradientes marcados nas inter-relações entre as amostras.

QUADRO 2 — Valores próprios da matriz de dados e respectiva percentagem de variância explicada.

	Valor próprio	Percentagem	Perc. acumulada
1	0,039 6	60,2	60,2
2	0,014 9	22,6	82,8
3	0,007 1	11,0	93,8
4	0,002 9	4,4	98,2
5	0,001 2	1,8	100,0

Por outro lado, o quadro 2 mostra que o quinto (também o quarto), valor próprio é muito pequeno — apenas 3% do 1.º, o que quer dizer que uma das determinações está fortemente relacionada linearmente com as restantes [repare-se que, se um valor próprio é nulo, tal quer dizer que uma das variáveis é combinação linear das restantes (3)].

As coordenadas factoriais das variáveis estudadas (i. é, determinações químicas) e as contribuições respectivas para a formação dos eixos são apresentadas no quadro 3, no qual se pode verificar:

- a) a PB é a principal responsável pela formação do 1.º eixo factorial e a segunda variável mais influente no eixo II, é a componente química mais esclarecedora para a ordenação das amostras em causa, relativas a pastagens de sequeiro;
- b) o teor em CINZA revelou-se o mais importante para a formação do eixo II e o segundo mais importante para o eixo I, assumindo portanto papel influente na ordenação dos dados;
- c) o teor em ADL é claramente o responsável maior pelo eixo III;

d) o teor em ADF revela-se muito pouco esclarecedor, não contribuindo praticamente para a formação dos três primeiros componentes (que, relembre-se, explicam 94% da variância).

QUADRO 3 — Coordenadas das variáveis estudadas nos três primeiros eixos factoriais e respectivas contribuições absolutas para a formação dos mesmos.

Determinações químicas	Coordenadas nos eixos			Contribuições absolutas (%)		
	1	2	3	1	2	3
PB	-0,39	0,20	0,02	46,8	34,9	0,5
FB	0,17	0,12	0,01	11,2	15,1	0,1
CINZA	-0,31	-0,25	-0,02	26,2	44,3	0,5
NDF	0,11	-0,01	-0,07	9,5	0,1	21,5
ADF	0,06	-0,05	0,02	2,4	4,4	1,9
ADL	0,14	-0,06	0,36	2,0	1,1	75,5
				100	100	100

Importante para a compreensão dos resultados é a inclusão da data de colheita como variável ilustrativa. A partir das coordenadas obtidas nos eixos factoriais para os cinco níveis daquela variável (quadro 4) e comparando-as com as obtidas para as componentes químicas, é possível verificar:

- a) a oposição, no eixo I, entre JAN, MAR e ABR por um lado, e MAI e JUN por outro, bem como o gradiente contínuo de JAN a JUN;
- b) a aproximação entre PB e a data de colheita de JAN;
- c) as aproximações entre MAI e JUN e as componentes FB, NDF, ADF e ADL;
- d) a aproximação de MAR às CINZAS.

QUADRO 4 — Coordenadas das 5 datas de corte nos três primeiros eixos factoriais.

Datas	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
JAN	-0,40	0,14	0,07
MAR	-0,29	-0,07	-0,04
ABR	-0,08	-0,02	-0,01
MAI	0,05	0,03	0,02
JUN	0,20	0,00	0,00

Os resultados apresentados reflectem a evolução conhecida da composição química da erva de pastagens de sequeiro, com teores comparativamente altos de PB nas primeiras fases de desenvolvimento e evolução no sentido do enriquecimento em constituintes da parede celular.

A discussão dos resultados realizada permite observar com maior clareza a distribuição das amostras nos planos factoriais. Assim, são postos em evidência gradientes mais ou menos claros para as amostras das várias fracções botânicas, que, de um modo geral, têm as amostras de Janeiro relacionadas com PB (caso de "trevo subterrâneo" e "Crucíferas", mais tenuemente de "Outras" e "Gramíneas"), consequência dos relativamente mais elevados teores deste componente na erva jovem; depois, as amostras vão-se aproximando de fortes relacionamentos com FB, primeiramente, e depois com os NDF, ADF e ADL à medida que a data de amostragem avança para Março, Abril, Maio e Junho.

Merece relevo o grupo, relacionado fortemente com elevados teores de CINZAS, claramente diferenciado e formado exclusivamente por amostras da fracção "Detritos" das datas de MAR e ABR. A hipótese explicativa para tão clara diferenciação deste grupo relaciona-se com a inclusão de terra nas amostras, dado que foram colhidas com tempo chuvoso e aquela fracção vegetal encontra-se preferencialmente junto ao solo, o que favorece a contaminação com terra.

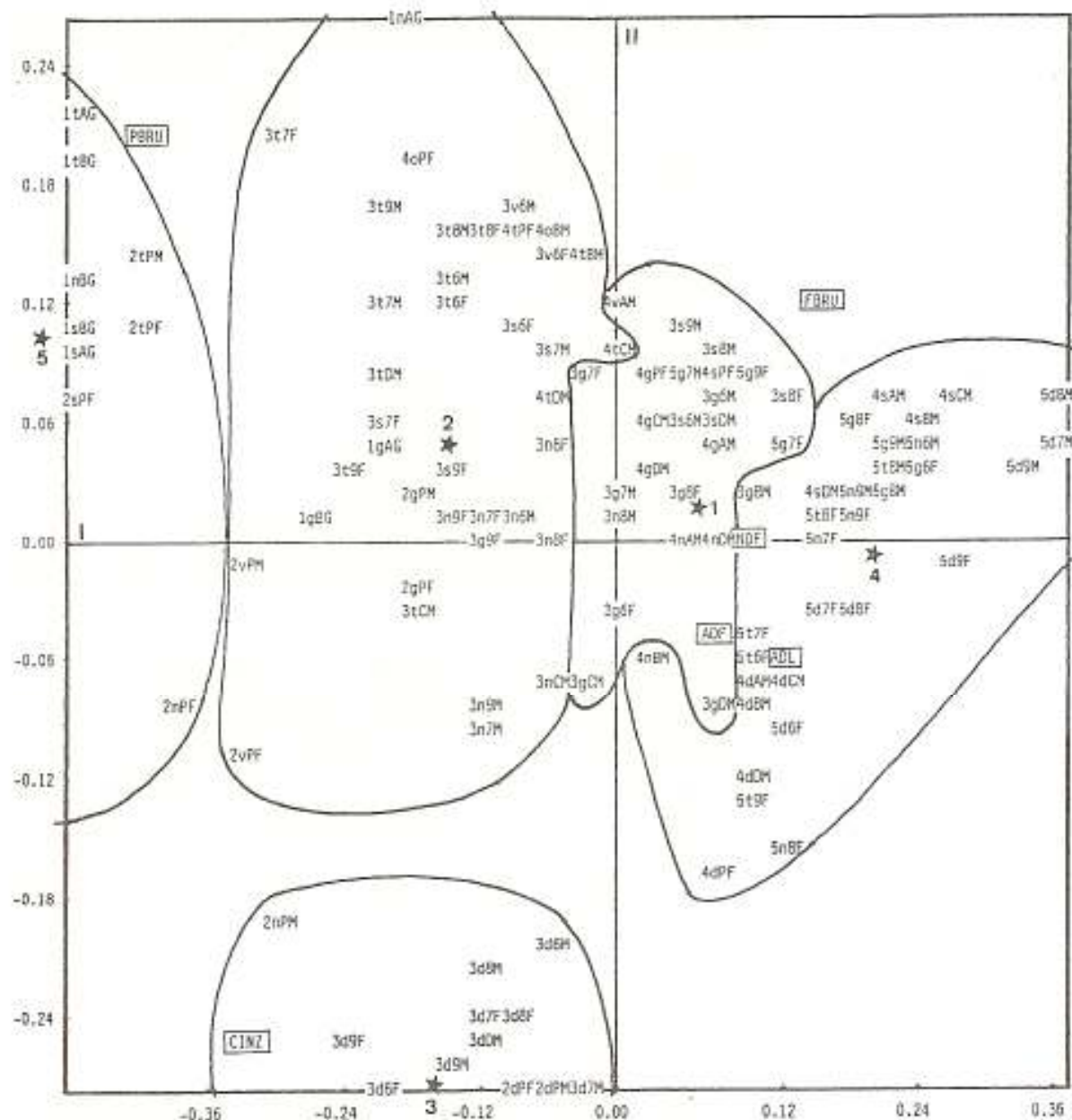
### 3.2 — Classificação das fracções vegetais

A discussão efectuada nos parágrafos anteriores para a ordenação geral das amostras nos eixos factoriais e os resultados enunciados são confirmados pela classificação das amostras em grupos, ou classes, de modo a que a «inércia» (i. é, os momentos de ordem 2 em relação aos centros relativos) dentro de cada classe seja mínima e a "inércia" entre as várias classes seja máxima. Os melhores resultados foram obtidos para a divisão em 5 classes\*, com a razão entre a "inércia interclasses" e a "inércia total" a ser de 0,75.

A ordenação das amostras de composição química efectuada pela AFC e a delimitação das 5 classes formadas apresentam-se na figura 1.

---

\* A divisão em 4 classes forneceu um valor para a razão entre a "inércia interclasses" e a "inércia total" de 0,69, valor algo baixo, que, na prática, se traduz por insuficiente separação das classes formadas. Já a divisão em 6 classes revelou que o ganho naquele indicador (0,79, relativamente a 0,75 para 5 classes) não justifica a perda de clareza na interpretação.



LEGENDA: Cada conjunto de 4 dígitos identificadores de uma amostra é formado por:

- 1.º dígito - Data de corte: 1 - Janeiro, 2 - Março, 3 - Abril, 4 - Maio, 5 - Junho;
- 2.º dígito - Fração botânica: t - trevo subterrâneo, v - viciás, o - outras leguminosas, g - gramíneas, s - crucíferas, c - compostas, n - outras, d - detritos;
- 3.º dígito - Parcela: A - parc. A, B - parc. B, P - mistura de A e B, C - corte inicial em A, D - corte inicial em B;
- 4.º dígito - Tipo de gaiola: F - fixa, M - móvel, G - mistura de fixas e móveis; existem ainda combinações especiais no 3.º dígito: 6 - parc. A e 3 datas de corte, 7 - parc. B e 3 datas de corte, 8 - parc. A e 5 datas de corte, 9 - parc. B e 5 datas de corte.

PONTOS MÚLTIPLOS: Os pares de pontos seguintes são múltiplos, ou seja, o primeiro, representado na figura, representa também o segundo, omissó na figura:

3t6F, 3v7M/3s7M, 4tAM/2sPF, 2sPM/3s8F, 5g6M/3s6M, 3sCM/5g7F, 4gBM/5t8M, 5t6M/5g6F, 5n6F/5d9M, 5d6M/3g8F, 3g9M/4sDM, 5n7M/5g8M, 5n8M/3n7F, 4nPF/5n9F, 5t7M/4dCM, 5n9M/2dPF, 3dCM.

FIGURA 1 — Representação aproximada das amostras e das componentes químicas no plano factorial formado pelos eixos I e II. Identificação das classes formadas e representação dos respectivos "centros" (\*).

Das classes formadas evidencia-se:

- a) a classe 3, que inclui as amostras de "Detritos" das colheitas de MAR e ABR e que surge como a mais individualizada;
- b) a classe 5, formada por amostras de "trevo subterrâneo" e "Crucíferas" das datas de JAN e MAR, fortemente relacionada com PB e, do mesmo modo que a classe 3, claramente individualizada;
- c) as classes 2, 1 e 4 formam, por esta ordem, um gradiente claro ao longo do eixo principal — a tendência geral é a inclusão sucessiva em 2, 1 e 4, à medida que as amostras são mais tardias. A classe 2 está relacionada mais fortemente com PB e com as datas de MAR e ABR. A classe 1 está mais fortemente associada à FB, NDF e ADF e às datas de MAI e ABR. A classe 4 está por sua vez associada com mais clareza a FB, NDF e ADL e à data de JUN.

### 3.3 — Estimação de componentes químicos da produção

Uma vez que, na maioria das vezes, a análise química do material vegetal (colhido em delineamentos experimentais em pastagens) tem por objectivo a respectiva caracterização e não o evidenciar diferenças (com rigor estatístico) entre tratamentos, e que um dos principais constrangimentos a essa caracterização de modo sistemático é o elevado custo (em capital e em tempo) de algumas das determinações, afigura-se útil o estabelecimento de estimadores, com elevado poder predictivo, que permitam encontrar valores suficientemente rigorosos para a descrição do material. Interessa que os estimadores sejam estabelecidos para fracções botânicas com homogeneidade sistemática, de modo a poderem ser aplicados em vasto leque de condições experimentais.

A boa ordenação conseguida através da AFC e as inter-relações colocadas em evidência levam a que se considere a possibilidade de ajustamento de equações de regressão, para as várias fracções botânicas, de modo a estimar algumas das componentes de composição química.

Assim, extraíram-se da matriz inicial de dados os respectivos às fracções botânicas de maior homogeneidade sistemática: "trevo subterrâneo" e "Gramíneas" (27 amostras), "Crucíferas" (19 amostras) e "Detritos" (25 amostras). Com cada conjunto dos mencionados procedeu-se à análise de regressão linear múltipla, com a FB e a ADF como variáveis a explicar.

A escolha destas fracções baseou-se nos seguintes critérios:

- a) a FB é uma determinação cara, morosa e simultaneamente de alguma dificuldade de interpretação, por nela se incluírem leque alargado e variável de materiais;
- b) a ADF é uma fracção de difícil interpretação, visto que inclui uma parte digestível pelos ruminantes, como a celulose, e uma parte indigestível, como a lenhinha. Além disso, a ADF mostrou-se pouco esclarecedora na análise factorial realizada, praticamente não contribuindo para a ordenação efectuada (a AFC com ou sem inclusão da ADF fornece os mesmos resultados!).

Com vista a eliminar os desvios devidos à multicolinearidade na regressão, realizaram-se as regressões possíveis com os cinco regressores de cada um dos modelos utilizados\*, i. é, além do modelo completo utilizaram-se os derivados obtidos com as combinações possíveis dos 5 regressores 4 a 4, 3 a 3, 2 a 2 e 1 a 1. A qualidade das 31 equações de regressão obtidas para cada fracção botânica foi avaliada pelos seguintes indicadores:

- a) coeficiente de determinação —  $R^2$ ;
- b) coeficiente de determinação ajustado —  $R^2_{aj.}$ ;
- c) estatística CP Mallows;
- d) quadrado médio dos resíduos — QMR;
- e) resíduos PRESS;
- f) resíduos APRESS; definidos, por exemplo, em Myers (5) ou em Montgomery e Peck (6).

Com base nos indicadores referidos, elegeram-se os modelos de regressão, para cada fracção botânica, apresentados no quadro 5 (para comparação de indicadores apresenta-se para cada caso o "melhor" e o "segundo melhor" modelos). Os respectivos intervalos de predição médios foram também calculados e apresentam-se no quadro 6.

---

\* Os modelos completos são:

- 1 —  $FB = b_0 + b_1PB + b_2CINZA + b_3NDF + b_4ADF + b_5ADL$
- 2 —  $ADF = c_0 + c_1PB + c_2FB + c_3CINZA + c_4NDF + c_5ADL$

QUADRO 5 — Melhores modelos de regressão linear para estimação de FB e ADF, para "trevo subterrâneo", "Gramíneas", "Crucíferas" e "Detritos". O melhor modelo é apresentado na linha dos respectivos indicadores.

Fração	Variáveis explicativas	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj.	CP	QMR	PRESS	APRESS	Melhor modelo
Trevo subterrâneo	FB PB, CIN, NDF, ADF	0,992	0,99	6,114	0,547	22,82	18,36	FB = 10,52 - 0,2183PB - 0,4848CIN + 0,1877NDF + 0,4478ADF
	PB, CIN, NDF, ADF, ADL	0,993	0,99	6,000	0,520	23,29	19,65	
subterrâneo	ADF FB, CIN	0,986	0,98	3,108	1,474	44,63	24,65	ADF = -4,33 + 1,2358FB + 0,7186CIN
	PB, FB, CIN, ADL	0,988	0,99	4,176	1,412	48,27	24,41	
Gramíneas	FB PB, NDF	0,946	0,94	4,032	1,539	48,23	29,22	FB = 3,53 - 0,4258PB + 0,5343NDF
	PB, NDF, ADF	0,947	0,94	5,527	1,547	53,69	30,75	
ADF	PB, FB, CIN, NDF	0,890	0,86	4,180	4,445	144,11	39,56	ADF = 4,53 - 0,371PB + 0,434FB + 0,562CIN + 0,476NDF
	FB, CIN, NDF	0,873	0,85	5,354	4,900	158,46	39,75	
Crucíferas	FB PB, ADF	0,942	0,93	0,445	4,048	84,69	25,59	FB = 26,2 - 0,75PB + 0,380ADF
	PB, NDF	0,937	0,93	1,636	4,407	99,36	27,09	
ADF	CIN, NDF	0,982	0,98	3,034	1,217	27,43	18,84	ADF = -5,36 + 0,549CIN + 0,8528NDF
	PB, NDF	0,982	0,98	3,228	1,231	27,95	18,76	
Detritos	FB CIN, NDF, ADF	0,970	0,96	2,136	4,588	173,74	51,09	FB = 4,43 - 0,6157CIN + 0,3027NDF + 0,409ADF
	PB, CIN, NDF, ADF	0,970	0,96	4,093	4,806	184,03	53,16	
ADF	PB, FB, CIN	0,882	0,86	3,483	6,446	222,02	55,58	ADF = 38,6 - 1,035PB + 0,568FB + 0,306CIN
	PB, FB	0,863	0,84	4,666	7,108	215,07	55,62	

QUADRO 6 — Intervalos de predição médios dos modelos apresentados no quadro 5. Valores referidos aos teores em percentagem. Nível fiduciário de 95%.

	Trevo subterrâneo	Gramíneas	Crucíferas	Detritos
FB	FB $\pm$ 1,67	FB $\pm$ 2,70	FB $\pm$ 4,58	FB $\pm$ 4,79
ADF	ADF $\pm$ 2,64	ADF $\pm$ 4,76	ADF $\pm$ 2,51	ADF $\pm$ 5,68

#### 4 — CONCLUSÕES

A aplicação da análise factorial de correspondências a amostras das fracções botânicas estudadas, recolhidas de Janeiro a Junho, mostrou-se reveladora da estrutura dos dados. Colocou em evidência a ordenação das amostras das várias fracções botânicas através das datas de amostragem, com as de erva mais jovem mais relacionadas com proteína bruta, para depois evoluírem no sentido do enriquecimento em fibra bruta e depois em fibra neutro-detergente, fibra ácido-detergente e lenhinha ácido-detergente.

A formação de classes sobre os resultados da AFC clarificou as observações atrás expostas, por individualizar grupos de amostras de clara afinidade, como sejam as amostras de "trevo subterrâneo" de Janeiro e Março e de "Crucíferas" de Janeiro, claramente identificadas com teores elevados de PB e comparativamente baixos das fracções glucídicas. Ou como sejam as amostras de "Detritos" de Março e Abril, relacionadas com elevados teores de CINZAS, provavelmente por terem alguma incorporação de terra. É revelado o aspecto difuso da distribuição das amostras de Março, Abril e Maio (também, em parte, de Junho) por os crescimentos de novo material, por um lado, e pelas diferenças entre fases do ciclo vegetativo entre fracções e principalmente entre plantas da mesma fracção, por outro, levarem a aproximações de composição entre materiais diversos. Este facto não invalida, contudo, que sejam claros os gradientes das fracções botânicas ao longo das datas estudadas.

De referir o carácter pouco revelador da ADF, que praticamente não contribui para a informação conseguida.

Em suma, do ponto de vista da descrição química do material vegetal colhido em pastagens de sequeiro, os resultados obtidos sugerem que a AFC, seguida da "Cluster Analysis", são ferramentas poderosas, atingindo uma

clarificação notável da matriz de dados. Em particular, as fracções NDF e ADL do sistema de Van Soest revelaram-se eficazes na caracterização da parte fibrosa da erva, assim como as determinações dos teores de PB e CINZA se revelaram determinantes para a compreensão da evolução da sua composição química.

O ajustamento de equações de regressão aos dados de cada fracção botânica, com objectivo de estimar a FB e a ADF, mostrou-se também suficiente para a estimação daqueles componentes, quando se pretende a descrição do material vegetal, sendo a determinação da ADF obviada por ser pouco esclarecedora e a da FB por, além disso, ser dispendiosa. Parece importante a referência à multiplicidade de modelos obtidos, quer para estimar a FB, quer para estimar a ADF; tal leva a considerar algumas hipóteses (que será interessante esclarecer), como:

- a) Serão as relações entre os vários componentes químicos nas plantas claramente diferentes para as diversas fracções vegetais?
- b) Quais as relações de causa-efeito para os equilíbrios verificados e qual a influência do ambiente e do manejo sobre a composição da forragem?

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — ABREU, J. M.; SILVA, J. L. Coelho; PINTO, Luís Costa — *Estudo de Técnicas de Avaliação da Produtividade de Pastagens. I — Produção de Matéria Seca*. "Pastagens e Forragens", 11 (2) 1990, p. 1-13.
- 2 — ABREU, J. M.; SILVA, J. L. Coelho; PINTO, Luís Costa — *Estudo de Técnicas de Avaliação da Produtividade de Pastagens. II — Componentes Botânicos da Produção*. "Pastagens e Forragens", 11 (2) 1990, p. 15-25.
- 3 — JOLLIFE, I. T. — *Principal Components Analysis*. New York, Springer-Verlag, 1986.
- 4 — LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. — *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. New York, John Wiley and Sons, 1988.
- 5 — MYERS, R. H. — *Classical and Modern Regression — with Applications*. Boston, Massachusetts, Duxbury Press, 1986.
- 6 — MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. — *Introduction to Linear Regression Analysis*. New York, John Wiley and Sons, 1982.
- 7 — VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. — *Systems of Analysis for Evaluating Fibrous Feeds*. In: PIGDEN, W. J.; BELCH, C. C.; GRAHAM, M. (eds.) — "Standardization of Analytical Methodology for Feeds". Ottawa, Canada, 12-14 March 1979, p. 49-60.