

Variabilidade em pastagens permanentes: contribuição para um projecto de *Agricultura de Precisão*

Variability in permanent pastures: contribution for a precision agriculture project

J. M. Serrano¹, J. O. Peça¹, V. Gonçalves¹, P. Palma¹, M. J. Carvalho¹,
J. R. Silva¹ & J. Roma¹

RESUMO

Neste trabalho divulgam-se os resultados da avaliação sistemática de uma parcela de pastagem permanente biodiversa em termos das propriedades físicas e químicas do solo e da composição florística da pastagem. Esta informação geo-referenciada constitui a base para a tomada de decisão num projecto de *Agricultura de Precisão* com utilização de novas tecnologias de aplicação diferenciada de fertilizantes.

São apresentados dados referentes a análises efectuadas antes da aplicação diferenciada e após o primeiro ano de aplicação diferenciada de adubo. Os resultados obtidos mostram a importância da gestão diferenciada da fertilização, nomeadamente ao nível da aplicação de fósforo. Em termos de desenvolvimento da pastagem, em especial das leguminosas, é também evidente o efeito de um ano agrícola muito seco.

ABSTRACT

In this work are published the results of a systematic evaluation of a permanent pas-

ture in terms of physical and chemical soil properties and floristic composition. This geo-referenced information constitutes the decision support in a Precision Agriculture project that uses differential application of fertilizers.

Data are presented regarding analyses made before the first differential application and after it. The obtained results show the importance of spreading fertilizers in a differential way, namely the spreading of Phosphorous. In terms of the pasture development it was also evident the effect of a very dry agricultural year.

INTRODUÇÃO

A agricultura apoiou-se desde sempre no princípio da homogeneidade das parcelas que entram no ciclo de produção, pelo que as intervenções culturais eram feitas uniformemente dentro de cada parcela (Zwae-nepoel & Bars, 1997).

Tecnologias como os sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (SIG), associados a métodos de análise espacial, permitem hoje

¹ Dep. de Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: jmrs@uevora.pt

uma avaliação pormenorizada das áreas de cultivo (Coelho *et al.*, 2004).

O lançamento de sistemas de localização por satélite e a sua adaptação às máquinas agrícolas permite actualmente a tomada de consciência de que o solo, substrato de desenvolvimento das culturas, apresenta características muito diversas em áreas relativamente reduzidas. A variabilidade é acentuada por factores como o relevo, práticas culturais anteriores, etc., que implicam diferentes respostas e desenvolvimento das culturas e que no caso das pastagens se traduz em biodiversidade.

Os resultados da avaliação sistemática da variabilidade do solo e da cultura numa pastagem permanente biodiversa constituem o primeiro passo para a implementação de uma gestão diferenciada, adaptando a aplicação de fertilizantes ao potencial produtivo que o solo oferece, com o duplo objectivo de redução dos custos de produção e sustentabilidade do meio ambiente onde a actividade agrícola se desenvolve (Serrano *et al.*, 2005).

O interesse em transpor tecnologias tradicionalmente utilizadas nos cereais para a área das pastagens é um estímulo à pecuária extensiva e ao montado. A pastagem sob montado é uma imagem característica do Alto Alentejo e é um exemplo de variabilidade, com a presença de árvores, afloramentos rochosos, relevo e outros aspectos notáveis. Esta variabilidade acontece mesmo dentro de cada parcela e reflecte-se na capacidade produtiva, sugerindo uma gestão diferenciada, nomeadamente da fertilização (Serrano *et al.*, 2004).

As pastagens e forragens na pecuária extensiva alentejana fazem parte de uma estratégia básica de conservação dos recursos, estando estas inseridas em explorações onde o uso múltiplo da floresta e da silvo-pastorícia garante a diversidade do uso, a segurança perante as alte-

rações de preços no mercado e as variações do clima, e permitam, deste modo, a rentabilidade dessas mesmas explorações e, simultaneamente a garantia de ocupação de mão-de-obra especializada que permita evitar o despovoamento das regiões rurais. Para pôr em prática esta tarefa de conservação e recuperação dos recursos através dos sistemas agro-silvo-pastoris é necessário conhecer os factores limitantes aos usos destes sistemas, em especial o factor solo, e para tal é necessário conjugar com o conhecimento agronómico as novas tecnologias que estão à disposição.

Algumas das variáveis pertencentes ao ecossistema solo-planta são mais fáceis de analisar que outras, especialmente tendo em conta o custo das análises. Por outro lado, existem características do solo que é vantajoso modificar e outras em que o custo das alterações é superior aos benefícios esperados. Neste último caso, torna-se economicamente inviável realizar qualquer intervenção. As análises de solos devem, assim, incidir sobre variáveis viáveis, dos pontos de vista operacional e económico, mas dando sempre prioridade àquelas sobre as quais é possível intervir (Coelho *et al.*, 2004).

Neste trabalho de divulgação, que se insere no âmbito de um projecto de Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D) financiado pelo programa AGRO (AGRO-390) intitulado "Demonstração de tecnologias de aplicação diferenciada de fertilizantes e de sementes no melhoramento de pastagens no Alentejo", é dada particular atenção à avaliação geo-referenciada das características do solo (macronutrientes principais, pH, matéria orgânica, textura) e da pastagem (produção de matéria seca, teores de leguminosas, gramíneas e outras).

MATERIAL E MÉTODOS

Foi seleccionada uma parcela com 14 ha situada na Herdade da Revilheira (Direcção Regional da Agricultura do Alentejo), a poucos quilómetros de Reguengos de Monsaraz, na qual foi delimitado o campo experimental com uma área de cerca de 6 ha (Figura 1). Esta foi considerada a área aceitável em termos de custo e de tempo necessário para efeitos de acompanhamento e avaliação sistemática. A restante área

foi excluída da avaliação deste projecto tendo como critério a elevada densidade de azinheiras que impedia não só a captação de sinal GPS como também a passagem do conjunto tractor-distribuidor em linhas paralelas.

Nesta parcela encontra-se uma pastagem permanente biodiversa de gramíneas e leguminosas, instalada em Setembro de 2000, sendo pastoreada todo o ano por ovinos. Em termos de manutenção, até 2003 o melhoramento consistia na realização, em

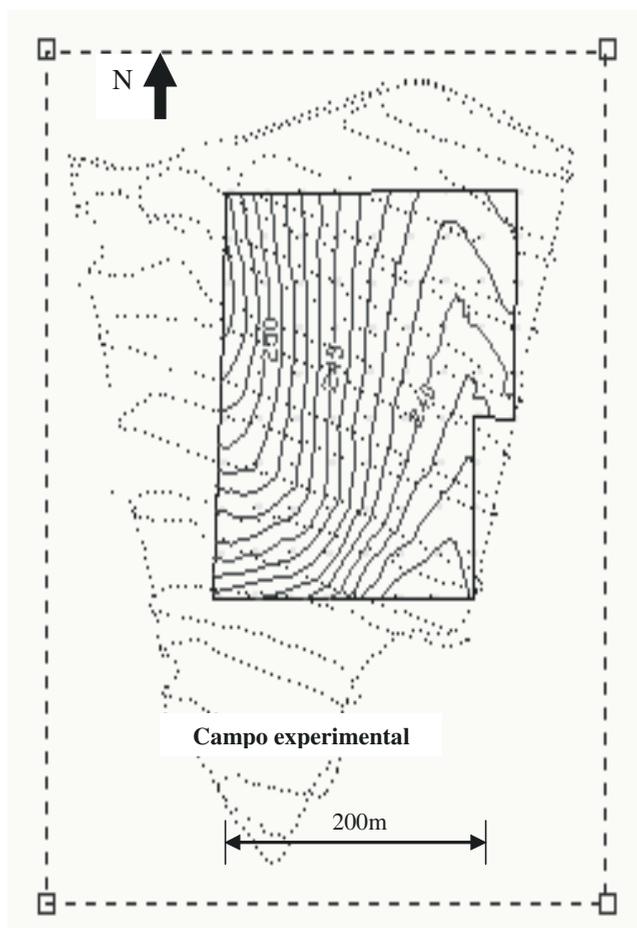


Figura 1 - Carta altimétrica do campo experimental instalado numa parcela da Herdade da Revilheira

Setembro/Outubro de cada ano, de uma adubação homogênea em toda a parcela com 300 kg/ha de Superfosfato 18%.

A mancha de solo onde foi instalada a parcela de ensaio pertence à família dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Materiais Não Calcários Normais de rochas cristalofílicas básicas (Pv), com fases delgadas e pedregosas. Os solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos são solos Argiluvitados, Pouco Insaturados, de cores avermelhadas ou amareladas nos horizontes A ou B, ou em ambos, que se desenvolvem em climas com características mediterrâneas. Os solos pertencentes a esta família são formados a partir de rochas não calcárias e apresentam 3 horizontes:

Horizonte A1 – 15 a 30 cm; pardo-avermelhado, castanho-avermelhado ou vermelho; franco-argiloso ou, por vezes, franco; estrutura granulosa fina a média moderada a forte; friável; pH 5,5 a 7,0. Transição nítida para o horizonte seguinte (B).

Horizonte B – 10 a 40 cm; vermelho, vermelho-escuro ou castanho-avermelhado; argiloso; estrutura subangulosa fina ou média moderada a forte; há algumas películas de argila nas faces dos agregados; firme; pH 5,5 a 7,0. Transição gradual para o horizonte C.

Horizonte C – Material originário: mistura de material semelhante ao do horizonte anterior com fragmentos de rocha, fazendo transição para a rocha-mãe (rochas cristalofílicas básicas).

O campo experimental, atendendo à largura de trabalho do distribuidor para o adubo a utilizar, foi dividido em quadrículas de 28 m x 28 m, num total de 76 quadrículas.

No Quadro 1 comparam-se os valores de precipitação total que se registaram no trinténio de 1971/2000 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005. No Quadro

2 comparam-se os valores da temperatura média do ar que se registaram durante um período de 8 anos (1994/2003) e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005. Para o efeito utilizaram-se os dados climáticos da estação meteorológica de Reguengos de Monsaraz, que se localiza a cerca de 10 km do campo experimental.

QUADRO 1 - Precipitação total no período de 1971/2000 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e de 2004/2005

Meses	Precipitação total (mm)		
	1971/2000	2003/2004	2004/2005
Setembro	24,49	15,7	3,4
Outubro	54,55	139,8	91,5
Novembro	61,51	66,3	14,2
Dezembro	76,51	66,0	18,5
Janeiro	65,69	34,0	0,9
Fevereiro	52,12	43,9	7,5
Março	39,83	34,2	19,9
Abril	52,71	17,7	14,4
Mai	43,36	24,5	49,6
Junho	18,54	6,6	0,4
Julho	4,95	0,0	0,6
Agosto	4,65	6,4	1,3
Total	498,91	455,1	222,2

Sendo a precipitação um parâmetro de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas, pode-se constatar pela análise do Quadro 1, que no ano agrícola de 2003/2004 se registou uma precipitação total inferior em 8,8% em relação à média do trinténio de 1971/2000, atingindo apenas 55,5% desse valor no ano agrícola de 2004/2005. É possível ainda constatar que nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005 a precipitação se concentrou no mês de Outubro, respectivamente com 139,8 mm (30,7% do total anual) e 91,5 mm (41,2% do total anual). Deste modo, poder-se-á afirmar que a irregularidade da precipitação foi mais acentuada nos anos agrícolas em estudo em

relação à média do trinténio e que o ano agrícola de 2004/2005 foi um ano extremamente seco com menos 276,7 mm de precipitação em relação à média do trinténio e com menos 232,9 mm em relação ao ano agrícola de 2003/2004.

Relativamente à temperatura, outro parâmetro climático de grande importância, pode verificar-se pela análise do Quadro 2 a semelhança entre a média do período de 1994/2003, e os anos agrícolas de 2003/2004 e de 2004/2005. Deve notar-se, todavia, a quebra da temperatura média do mês de Janeiro de 2004/2005 quando comparada com igual temperatura no ano agrícola de 2003/2004. Atendendo à fase de dormência que a vegetação atravessa em períodos de reduzida temperatura, este poderá ser mais um factor limitativo do desenvolvimento da vegetação.

QUADRO 2 - Temperatura média do ar no período de 1994/2003 e nos anos agrícolas de 2003/2004 e 2004/2005

Meses	Temperatura média (°C)		
	1994/2003	2003/2004	2004/2005
Setembro	20,6	22,4	22,2
Outubro	17,5	16	17,2
Novembro	12,2	12,3	11,6
Dezembro	10,1	8,6	8,3
Janeiro	9,0	11,2	6,9
Fevereiro	10,3	9,7	7,3
Março	13,2	11	12,5
Abril	14,0	13,5	14,9
Mai	17,3	16,3	18,7
Junho	21,9	25,2	24,2
Julho	24,0	25,3	24,8
Agosto	24,1	23,7	25,8

Para avaliar a variabilidade do solo e da pastagem foram recolhidas amostras de solo em Abril e de pastagem em Maio de 2004. Em 2004, foram recolhidas 76 amostras compósitas de solo e 76 amostras de pastagem. As amostras de solo foram reti-

radas com uma sonda “meia cana” e com maço, a uma profundidade de 20 cm, constituindo a amostra compósita de cada quadrícula a partir de 4 a 5 perfurações da sonda, realizadas ao longo de uma das diagonais da quadrícula. No que diz respeito às amostras de pastagem, estas foram retiradas com uma tesoura de corte, numa área de 1m x 1m, definida por um aro metálico, sempre no canto Sudoeste de cada quadrícula. Todas os locais de amostragem foram geo-referenciados com um DGPS RTK.

As amostras, quer de solo quer de pastagem, foram colocadas em sacos devidamente identificados e transportados, respectivamente, para os laboratórios de Química Agrícola e de Pastagens e Forragens da Universidade de Évora, para procedimento standard. Estes laboratórios localizam-se na Herdade Experimental da Mitra.

As amostras de solo, foram submetidas a análises físico-químicas, tendo sido determinados os teores de matéria orgânica, de azoto, de fósforo, de potássio, a reacção e a textura do solo.

As amostras de pastagens foram pesadas e de seguida foram retiradas a cada uma das amostras principais duas sub-amostras. Uma destas, depois de colocada num cartucho, identificado com o código da respectiva amostra principal, foi pesada e colocada na estufa. Após 48 horas procedeu-se à pesagem das mesmas para apuramento do teor de matéria seca da amostra. A outra sub-amostra foi utilizada para análise da composição florística a qual consistiu na separação de gramíneas, leguminosas e outras.

Em Novembro de 2004 foi efectuada uma fertilização diferenciada da pastagem com Superfosfato 18%, utilizando um distribuidor centrífugo de adubo “Vicon RS-EDW” comandado pelo terminal “FieldStar” instalado no tractor. As instruções, definidas com base em critérios agronómicos estabe-

lecidos por um dos especialistas da equipa do projecto atendendo à resposta das culturas em face dos teores de fósforo no solo, foram transferidas num cartão de memória programado num computador de bancada com base no conhecimento dos resultados da avaliação do solo e da pastagem.

A não utilização de adubos ricos em potássio ou em azoto na parcela deve-se a duas ordens de razões:

-por um lado, os solos da região de ensaio são relativamente ricos em potássio;

-por outro lado, não é prática comum o fornecimento de azoto em consociações que incluem leguminosas, dada a capacidade destas para fixarem o azoto atmosférico.

Após a aplicação diferenciada de Superfosfato 18% foram instaladas 40 caixas de exclusão de pastoreio, no canto Sudoeste de 40 das 76 quadrículas, de acordo com os seguintes critérios:

- nível de leguminosas e gramíneas na parcela;

- nível de fósforo no solo;

- mapa de aplicação diferenciada de fertilizante.

No 2º ano de ensaio (2005), em Abril foram recolhidas 76 amostras compósitas de solo e em Maio foram recolhidas 40 amostras de pastagem. Foi utilizado o mesmo material na recolha das amostras e o mesmo procedimento de recolha que no ano de 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo do campo experimental apresenta na camada de 0-20cm de profundidade textura fina, com teores de argila entre 21 e 46% (média de 33%). Os Quadros 3 e 4 resumem, respectivamente, as características do solo e da pastagem na parcela de ensaio em 2004 e em 2005.

A Figura 2 ilustra o mapa de aplicação diferenciada de Superfosfato 18% utilizado em Novembro de 2004 na parcela de ensaio para comandar o distribuidor de adubo.

QUADRO 3 - Características do solo no campo experimental da Herdade da Revilheira na camada de solo de 0 a 20cm de profundidade, em Abril de 2004 e de 2005

Parâmetros	P ₂ O ₅ (ppm)		NO ₃ (ppm)		K ₂ O (ppm)		M. O. (%)		pH (H ₂ O)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Mínimo	14,0	16,0	1,5	1,0	56,0	62,0	1,1	0,8	5,68	5,56
Média	33,3	41,8	10,4	17,6	94,1	97,0	1,7	1,5	6,19	6,13
Máximo	92,0	152,0	30,5	170,5	244,0	150,0	2,4	2,2	7,38	7,15
DP	12,2	22,8	7,0	19,5	24,9	16,2	0,3	0,3	0,34	0,28
CV (%)	36,5	54,4	67,2	111,2	26,5	16,7	16,6	20,0	5,46	4,55

Onde: DP- Desvio padrão; CV- Coeficiente de Variação (%); M. O.- Matéria Orgânica (%).

QUADRO 4 - Características da pastagem no campo experimental da Herdade da Revilheira, em Maio de 2004 e de 2005

Parâmetros	Gramíneas (%)		Leguminosas (%)		Outras (%)		M. S. T. (kg/ha)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
Mínimo	8,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	300,8	285,2
Média	40,3	45,6	20,8	0,3	38,9	54,2	2026,9	1394,6
Máximo	86,2	100,0	74,0	6,0	77,3	99,3	7167,4	3946,5
DP	19,7	28,2	18,8	1,1	18,2	28,4	1150,6	1000,9
CV (%)	48,9	61,9	90,4	390,4	46,7	52,5	56,8	71,8

Onde: DP- Desvio padrão; CV- Coeficiente de Variação (%); M. S. T.- Matéria Seca Total (kg/ha)

A Figura 3 ilustra a distribuição de fósforo assimilável (em solução) no solo da parcela de ensaio (em p.p.m.) em Abril de 2004 e em Abril de 2005.

A Figura 4 ilustra a produção média de matéria seca da pastagem da parcela de ensaio (em kg/ha) em Maio de 2004 e Maio de 2005.

Superfosfato 18% (2004)

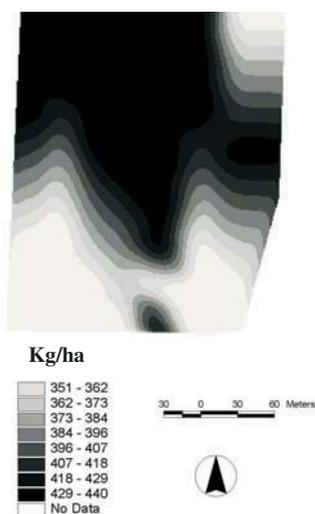


Figura 2 - Carta de aplicação diferenciada de Superfosfato 18% na parcela de ensaio em Novembro de 2004

A apreciação dos resultados médios das características do solo no campo experimental mostra, relativamente ao pH, uma amplitude entre 5,56 e 7,38, suficiente para afectar de forma diferente a disponibilização do fósforo no solo, não justificando, ainda assim, qualquer intervenção de correcção.

Os teores de matéria orgânica, em média superiores a 1,5%, sugerem o efeito positivo da pastagem permanente em comparação com as práticas culturais associadas por exemplo à tradicional rotação de cereais com mobilizações profundas do solo, toda-

via, o desconhecimento de informação anterior à instalação da pastagem não permite considerações conclusivas.

Os elevados teores de potássio no solo confirmam a informação disponível sobre os solos desta região do país, justificando a não inclusão deste nutriente nos programas de fertilização.

No que se refere ao fósforo, a grande dispersão encontrada nos valores deste nutriente (entre 14 a 152 ppm) reflecte a variabilidade inerente ao montado, onde se conjuga o efeito de factores como o relevo, a existência de árvores, o pastoreio animal e as zonas de descanso dos animais (acarro). É patente o acréscimo deste macronutriente no solo de 2004 para 2005, revelando as características do ano agrícola, extremamente seco, e a consequente reduzida extracção de fósforo pelas plantas. Não é possível, com apenas dois anos de resultados, tirar conclusões, uma vez que são diversas as fontes de variabilidade. É, especialmente neste campo de avaliação da variabilidade e de apoio à tomada de decisão, que grande parte das equipas de investigação em todo o mundo concentram os seus estudos, com o desenvolvimento de algoritmos que representem realidades locais, perfeitamente caracterizadas.

O desenvolvimento da pastagem foi claramente afectado pelo teor de humidade no solo, sendo visível em qualquer dos anos que a produção de matéria seca apenas ultrapassou os 300 kg/ha (Figura 4) na zona baixa do campo experimental (ver Figura 1). A seca extrema do Inverno de 2004 e Primavera de 2005, levou a uma clara quebra de produção de matéria seca, em média de cerca de 2000 kg/ha em 2004 para 1400 kg/ha em 2005, reflectindo fundamentalmente a quebra no teor de leguminosas, as quais representavam cerca de 21% da pastagem em verde em 2004 e apenas apresentaram vestígios em 2005.

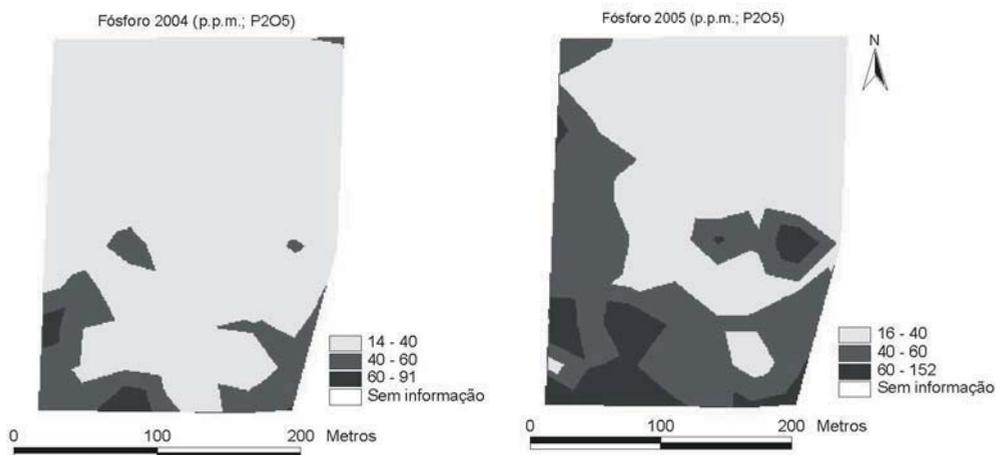


Figura 3 - Teores de fósforo assimilável (P_2O_5 , em p.p.m.) na camada de 0-20cm de solo do campo experimental, em Abril de 2004 (à esquerda) e em Abril de 2005 (à direita)

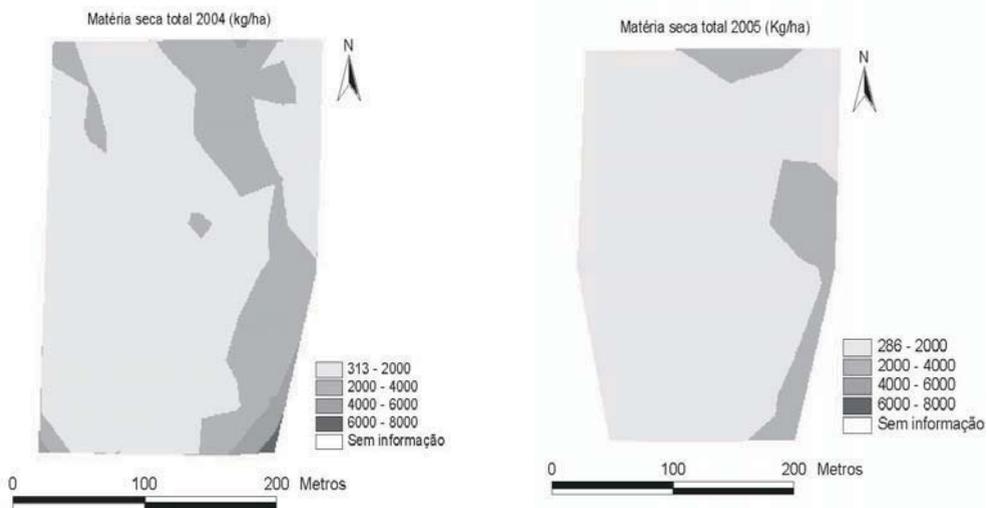


Figura 4 – Produção de matéria seca da pastagem (em kg/ha) do campo experimental, em Maio de 2004 (à esquerda) e em Maio de 2005 (à direita)

CONCLUSÕES

A falta de precipitação que se verificou no ano agrícola de 2004/2005 foi o factor que mais limitou o crescimento e desenvolvimento da vegetação no respectivo ano, o que se reflectiu não só na diminuição da produção de matéria seca mas também na ausência de leguminosas e predominância de espécies mais resistentes à secura, não sendo possível, nestas condições, atribuir uma relação do tipo causa-efeito entre a adubação diferenciada e a composição florística da pastagem ou a produção de matéria seca. Estes resultados levam actualmente a equipa do projecto a ponderar a possibilidade de proceder a uma ressementeira diferenciada da pastagem, com especial atenção sobre as leguminosas, como forma de restituir o equilíbrio e a biodiversidade à cultura.

Os resultados mostram, por outro lado, a importância da gestão diferenciada, nomeadamente ao nível da aplicação de fósforo e em função da variabilidade deste nutriente no solo, todavia, a gestão intra-parcelar é um processo em que o nível de conhecimento é cumulativo. São necessários vários anos de observações para identificar os principais factores explicativos da variabilidade encontrada, podendo então constituir uma ferramenta de apoio à decisão.

Foi também constatado que a avaliação sistemática de uma parcela com base em amostras de solo é um método moroso e muito dispendioso. Exige-se agora a adopção de estratégias que o agricultor comum possa utilizar, baseadas numa avaliação prévia da parcela assente nas características topográficas e agronómicas, que permitam identificar zonas homogéneas, simplificando o procedimento de amostragem. Nesta perspectiva e neste segundo ano de projecto, para além do acompanhamento do campo experimental instalado na Her-

dade da Revilheira, será iniciado o acompanhamento de uma segunda parcela de pastagem permanente localizada na Herdade da Mitra da Universidade de Évora. Ainda neste sentido, perspectiva-se a aquisição de equipamento para levantamento expedito das parcelas por métodos indirectos, nomeadamente, para determinação da condutividade eléctrica do solo e da estimativa da quantidade de matéria seca produzida pela pastagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores querem manifestar o seu agradecimento ao programa AGRO pelo financiamento do projecto nº 390.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coelho, J. C., Silva, L. M., Tristan, M., Neto, M. C. & Pinto, P. A. 2004. *Agricultura de Precisão*, pp. 15-88. Editora Prefácio.
- Serrano, J. M. P. R., Peça, J. M. N. O., Silva, J. R. M., Palma, P., Carvalho, M., Roma, J. & Crespo, D. 2004. Novas tecnologias na aplicação diferenciada de fertilizantes em pastagens. *Proceedings of the II Jornadas sobre Agricultura de Precisión*, Universidad A Coruña, Espanha, 15-17 julio, pp. 69-71.
- Serrano, J. M. P. R., Peça, J. M. N. O., Palma, P., Silva, J. R. M., Roma, J., Carvalho, M., Mendes, J., Crespo, D. & Casas Novas, A. 2005. Agricultura de Precisão: primeiros testes experimentais em pastagens permanentes no Alentejo (Portugal). *Proceedings of the III Congreso Nacional de AgroIngenieria*, León, 21-24 de Septiembre, pp.1-6.
- Zwaenepoel, P. & Bars, J. 1997. L'agriculture de précision. *Ingénieries*, EAT, Nº 12, Décembre, pp. 67-79.