

## Detailed soil mapping: a case study for an olive grove trial

C. Alexandre<sup>1, 2</sup> & T. Afonso<sup>3</sup>

### RESUMO

Este artigo visa mostrar: (i) as limitações da Carta de Solos de Portugal para uso a escalas superiores a 1:50.000; (ii) a importância do conhecimento sobre os solos numa exploração agrícola como factor de produtividade; (iii) um exemplo de estudo de solos, abrangendo uma área de 35 ha, dos quais 27 ha são ensaios de um "Olival Novo" da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo no concelho de Moura (Lameirões). Procedeu-se a uma amostragem regular na escala 1:7.500, que envolveu 55 sondagens manuais e 24 sondagens mecânicas servindo estas para a caracterização analítica do solo. Verifica-se uma grande diversidade de solos, tendo-se identificado 22 famílias da Classificação dos Solos de Portugal (CSP 1974) e 26 unidades-solo da "World Reference Base for Soil Resources" (WRBSR 2006). Para atingir cerca de 50% dos 35 ha cartografados são necessárias pelo menos 5 famílias da CSP (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca) ou 5 unidades da WRBSR (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skp,cr), legendas em anexo). Apesar do menor detalhe da sua escala, a Carta dos Solos de Portugal (1:50.000) reflecte a

grande variedade de solos na área em estudo assinalando 8 famílias. Contudo, as famílias referidas como mais abundantes (Sr, Vc e Vcm, respectivamente LV.ha(cr), RG.ha(ca) e LV.vr(cr)) não correspondem às que são identificadas neste trabalho: Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc'), ou seja, VR.ha(ca), VR.ha(eu) e CM.vr(ca,cr). Esta discrepância revela que a Carta de Solos de Portugal subavalia a qualidade de alguns solos desta área, e evidencia as limitações do seu uso para objectivos que exigem escalas superiores. Apesar da grande maioria dos solos do "Olival Novo" apresentar elevada capacidade de troca catiónica ( $>20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ) existem também solos com algumas limitações importantes, em especial por elevada compactação, risco de saturação prolongada com água, elevado teor de calcário ( $\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$ ), elevado pH ( $>8,5$ ) e baixo teor de fósforo extraível ( $\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ). A análise dos futuros resultados dos ensaios do olival deverá considerar a possível influência da intersecção espacial do padrão regular, geométrico, das parcelas com o padrão irregular das limitações do solo.

<sup>1</sup> Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora; <sup>2</sup> Instituto de Ciências Agrárias Mediterrâneas (ICAM); e-mail: [cal@uevora.pt](mailto:cal@uevora.pt); <sup>3</sup> Colaboradora no Projecto AGRO n°298.

## ABSTRACT

This paper aims to show: (i) the limitations of the information available by the “Carta dos Solos de Portugal” for use at scales greater than 1:50.000, (ii) the importance of basic soil knowledge at farm scale as a main productivity factor, (iii) a case study for soil survey of an area of 35 ha, including 27 ha of an olive grove trial set up (“Olival Novo”), located on a farm of the “Direcção Regional de Agricultura do Alentejo” (Lameirões), eastern of Moura. Soil observations were based on a regular sampling at a scale of 1:7.500, using manual and mechanical probes for 55 and 24 sampling points, respectively. The studied area reveals great soils diversity – 22 families of the “*Classificação dos Solos de Portugal*” (CSP 1974), and 26 units of the World Reference Base for Soil Resources (WRBSR 2006) were identified. To get 50% of the mapped 35 ha is necessary to add up 5 CSP families (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca), or 5 WRBSR soil-units (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skp,cr) (see appendix for codes description). In spite of the low mapping scale used, the “Carta dos Solos de Portugal” (1:50.000) reflects the soil diversity on the study area identifying 8 soil families. However, the more abundant families referenced (Sr, Vc and Vcm, respectively LV.ha(cr), RG.ha(ca) and LV.vr(cr)) do not match with those identified on this study (mainly Bac, Bc, Vc' or VR.ha(ca), VR.ha(eu), CM.vr(ca,cr)). This difference suggests that the “Carta dos Solos de Portugal” underestimates the quality of some soil units of this area. Although the majority of the soils in the “Olival Novo” area shows high cation exchange capacity ( $>20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), some of them also show one or more of the following limitations: compaction, water saturation, extremely calcareous ( $\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$ ), high pH

( $>8,5$ ) and low levels of phosphorous ( $\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Analyses of the future results of the ongoing olive trials should also take into account the effect of the spatial intersection between the geometrical distribution of the plots and the irregular spatial distribution of the soil limitations.

## INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do solo é um requisito indispensável, embora não suficiente, para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, florestal e pecuária. Em qualquer sistema produtivo, o conhecimento sobre o solo é essencial para a busca de práticas que melhor compatibilizem a rentabilização dos processos produtivos com a minimização dos processos de degradação deste recurso. A diversidade do solo e, em geral, a sua enorme variabilidade em pequenas áreas, fazem com que toda a informação recolhida sobre os solos contribua para a valorização do património natural de um território, seja um país, uma região ou uma exploração.

A Carta de Solos de Portugal na escala 1:50.000, a mais abrangente a sul do rio Tejo, apresenta uma escala adequada ao planeamento regional do uso da terra, mas é insuficiente para uma gestão à escala da exploração ou da parcela. Por outro lado, uma das suas grandes limitações consiste na escassez de dados analíticos para a caracterização das unidades pedológicas definidas (SPCS, 2005). Nestas condições, a realização de um estudo detalhado de solos em sistemas que exigem investimentos mais avultados, como é o caso de projectos de regadio e do exemplo aqui proposto para um ensaio em olival, tem de ser visto também como um investimento não dispensável. Uma base de dados georreferenciada com a delimita-

ção e a caracterização analítica das unidades solo deve ser um instrumento de gestão fulcral para a rentabilização de todo o investimento realizado.

Tradicionalmente a cartografia de solos baseia-se numa representação corocromática em que polígonos da mesma cor representam áreas consideradas de igual valor, seja uma unidade solo ou um atributo específico do solo. Em alternativa, especialmente para certos atributos do solo, é possível a representação em mapas contínuos, obtidos a partir de matrizes de valores, ou ainda, a representação em mapas de isolinhas, linhas que unem pontos com igual valor (Burrough & McDonnell, 1998).

Aproveitando as capacidades dos sistemas de informação geográfica (SIG), os mapas contínuos (matriciais) permitem uma representação mais realista da variabilidade do solo, por integração de diferentes variáveis, envolvendo a aplicação de diversas metodologias quantitativas, por exemplo, conjugando a interpolação geoestatística de algumas características do solo, determinadas em perfis ou sondagens, com estimativas obtidas a partir de regressões entre variáveis edáficas e variáveis do clima, do relevo, da litologia ou de outros factores de formação do solo (McBratney *et al.*, 2003). Contudo, uma das limitações frequentes neste tipo de abordagem reside na necessidade de uma maior densidade de amostragem, em particular quando não se dispõe de dados analíticos prévios. O mapeamento contínuo da variabilidade do solo em pequenas áreas de relevo ondulado e diversos materiais originários, como sucede com frequência no Alentejo, acentua ainda mais a necessidade do adensamento da amostragem devido ao elevado potencial de variação das características do solo em muito curtas distâncias. Em compensação, é também nestas condições de variações bruscas em curtas distâncias que os limites dos polí-

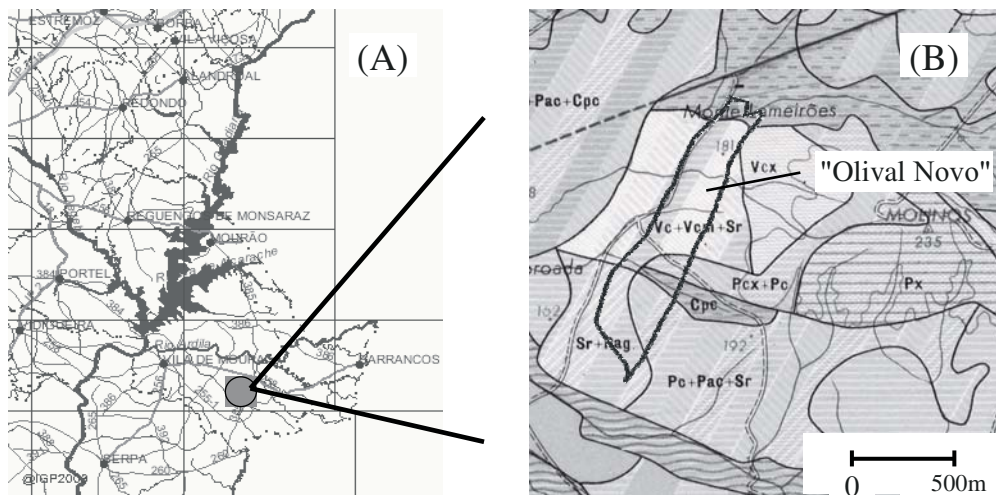
gonos usados na cartografia tradicional melhor reflectem a realidade. Apesar disso, o aumento da densidade de observações é a única alternativa para melhorar o conhecimento da variabilidade interna de cada unidade cartográfica.

A grande variabilidade do solo, por um lado, e os custos inerentes à amostragem e à determinação analítica da maioria das variáveis edáficas, por outro, justificam que se deva considerar a cartografia de solos como um processo iterativo de longo prazo. A realização de novas observações na mesma área permite não só adensar a amostragem, mas também aprofundar e corrigir o quadro descritivo anterior aproximando-o da realidade. Nesta perspectiva é indispensável que toda a informação pedológica recolhida seja preservada em bases de dados geográfica e temporalmente referenciadas.

Este artigo visa mostrar: (i) as limitações da informação disponível na Carta de Solos de Portugal para uso a escalas superiores a 1:50.000; (ii) a importância do conhecimento sobre os solos numa exploração agrícola como factor de produtividade; (iii) um exemplo de estudo de solos, aplicado a uma área de ensaios de olival da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, concelho de Moura, apresentando-se uma caracterização sumária dos solos e das suas limitações.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo realizou-se na Herdade dos Lameirões, da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo, em Safara, concelho de Moura (Figura 1A). A área total de referência, representada nas Figura 1B, 2 e seguintes, atinge cerca de 42 ha, abrangendo a área cartografada cerca de 35 ha, dos quais 27 ha correspondem às parcelas de ensaios do “Olival Novo” (Figura 2). Trata-se de uma



**Figura 1** – Localização geográfica da área do estudo (A) e localização na Carta dos Solos de Portugal na escala 1:50.000 (B)

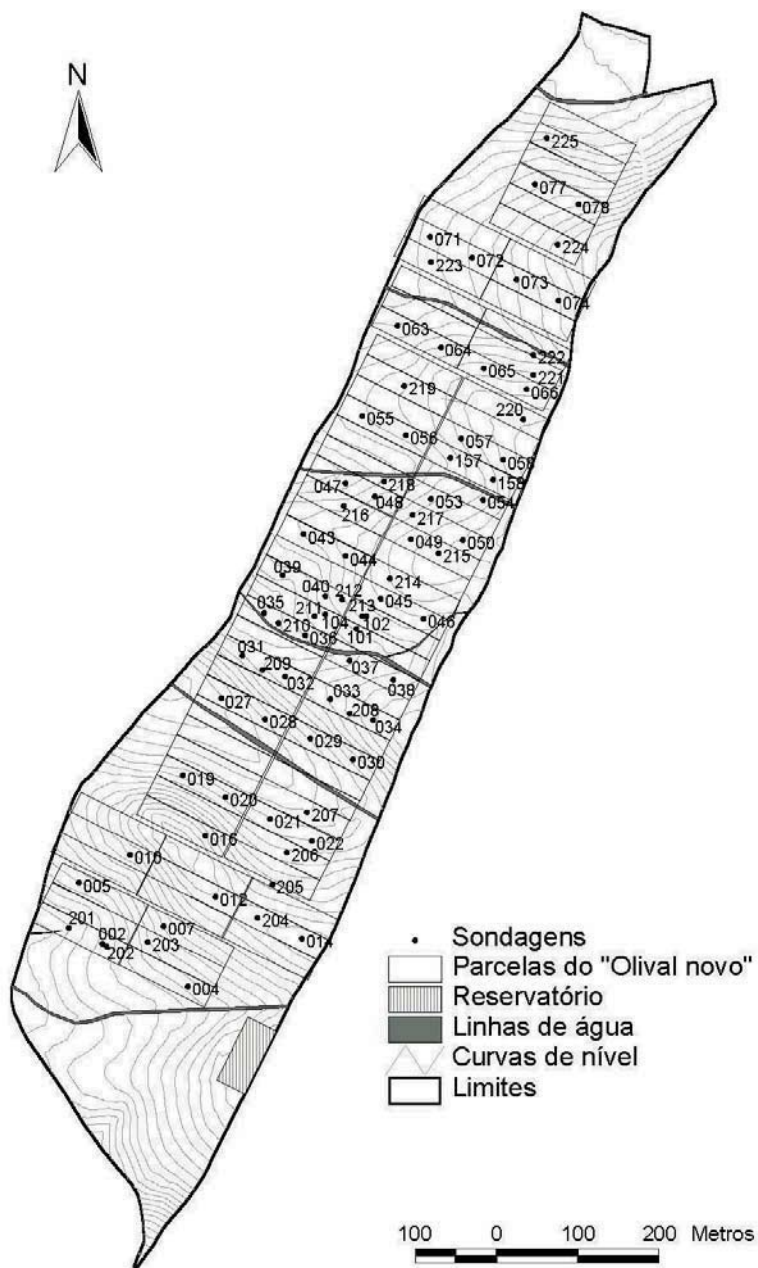
área alongada na direcção NE-SW, cortada por várias linhas de água, afluentes da ribeira de Toutalga, segundo a direcção transversal (SE-NW), direcção da inclinação dominante, com declives que oscilam entre os 2 e os 6% (Figura 2). Devido à inserção das linhas de água existem várias encostas com exposição NE e SW, de pequena extensão mas, algumas delas, com declives máximos que atingem valores entre 15% e 20%. A altitude varia entre 175 e 187 m.

De acordo com a carta geológica da Amareleja, ainda em elaboração (Martins, 2006), cerca de 2/3 da área em estudo, mais a norte, correspondem ao complexo vulcano sedimentar de Moura (Xistos de Moura) datado do Paleozóico (Devónico). O terço sul da área apresenta três tipos de coberturas sedimentares: arenitos da Amareleja (Miocénico), interrompidos por uma mancha de conglomerados de Monte Coroado (Pliocénico) na cumeada da colina mais alta desta área e, ainda, conglomerados de Toutalga (170-180m) (Plistocénico) numa pequena

faixa já no exterior do limite sul da área cartografada, correspondendo a um antigo terço fluvial da ribeira de Toutalga.

Com base nas observações realizadas, verificou-se que, mesmo nos 2/3 da área em estudo situados mais a norte, são frequentes as coberturas sedimentares, predominando em toda a área estudada os depósitos de textura fina, com frequência argilosos, calcários, por vezes associados a xistos, em especial nas zonas de cumeada e de encosta. Os conglomerados de Monte Coroado distinguem-se pela sua heterometria e elevada proporção de elementos grosseiros, podendo corresponder ao que se tem designado por “rañas” (Martins, 2006).

Segundo a Carta de Solos de Portugal, a área do “Olival Novo” abrange 5 unidades cartográficas, das quais 4 são complexos de famílias (Figura 1B). Tem largo predomínio a unidade Vc+Vcm+Sr, seguida pela Sr+Pag e Pc+Pac+Sr e, com muito menor representatividade, ainda a Pcx+Pc e Cpc (legenda em anexo). É de salientar a grande



**Figura 2** – Parcelas e sondagens realizadas nos solos da área do “Olival Novo”. A área representada tem 42 ha, a área do estudo de solo (parcelas e áreas adjacentes) 35 ha e as parcelas totalizam cerca de 27 ha

diversidade de solos, com um total de 8 famílias referenciadas, em que se destacam a Sr, Vc e Vcm, seguidas pela Pag e Pac e, por último, a Cpc, Pcx e Pc.

Dada a instalação dos ensaios do olival, optou-se pela realização de sondagens para evitar grandes perturbações no terreno. Com base numa densidade de prospecção para a escala 1:7.500 realizaram-se 79 sondagens, 55 manuais e 24 mecânicas (Figura 2). Fez-se a amostragem regular de toda a área, com sonda manual e, numa segunda fase, a amostragem com sonda mecânica, em locais seleccionados, com vista a uma melhor caracterização analítica dos solos mais representativos. Em todos os casos procedeu-se a uma descrição morfológica sumária do solo, baseada nas normas da FAO (1990), com as restrições inerentes à descrição a partir de sondagens.

A textura do solo foi obtida por sedimentometria com raio-X e correcção para a análise mecânica (Alexandre *et al.*, 2001) sem destruição de carbonatos. A massa volúmica aparente foi determinada pelo método do cilindro nas amostras extraídas com sonda mecânica. As determinações analíticas seguiram métodos de referência para a análise de solos (Póvoas & Barral, 1992; van Reeuwijk, 2002; Burt, 2004): combustão seca para o carbono e o azoto total, acetato

de amónio a pH 7 para as bases extraíveis e a capacidade de troca catiónica, electrometria para os nitratos, Egnér-Riehm (lactato de amónio) para o fósforo e potássio extraíveis e calcímetro para os carbonatos.

Os solos foram identificados segundo a Classificação dos Solos de Portugal (CSP) (Cardoso, 1974) e a World Reference Base for Soil Resources (WRBSR) (FAO, 2006a).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização sumária das principais unidades pedológicas

A área do “Olival Novo” apresenta uma grande diversidade de solos. Considerando os níveis taxonómicos superiores estão representadas 4 Ordens (8 Subordens) da CSP (Cardoso, 1974): Solos Incipientes (subordem Coluviossolos), Solos Calcários, Barros e Solo Argiluvitados, representando as 2 primeiras cerca de 75% dos 35 ha em estudo (Quadro 1). Pela WRBSR (FAO, 2006a) temos também 4 Grupos-Solo de Referência: Vertissolos, Luvisolos, Cambissolos e Regossolos, em que os 3 primeiros representam mais de 80% da área total (Quadro 1).

QUADRO 1 – Representação das Ordens de solos da CSP (1974) e das unidades de referência da WRBSR (2006) na área do “Olival Novo”

Ordens da CSP (1974)				Grupos-Solo Referência da WRBSR (2006)			
Ordens	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Acum. (%)	Grupos-Solo	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)	Acum. (%)
Barros	163.409	46,3	46,3	Vertissolos	163.409	46,3	46,3
Solos Calcários	103.616	29,3	75,6	Luvisolos	64.259	18,2	64,5
Solos Argiluvitados	65.291	18,5	94,1	Regossolos	59.915	17,0	81,4
Coluviossolos	15.433	4,4	98,4	Cambissolos + Regossolos	36.063	10,2	91,6
Colúvio. + Argiluv.	5.498	1,6	100,0	Cambissolos	24.103	6,8	98,4
				Regossolos + Luvisolos	5.498	1,6	100,0
Total:	353.247	100		Total:	353.247		

Nos níveis taxonómicos mais baixos, foram identificadas 22 Famílias da CSP (Figura 3) verificando-se uma distribuição relativamente equilibrada, o que obriga a considerar 5 famílias das mais abundantes (Bac e Bac(rec), Bc, Vc', Vcx, Bca) para chegar aos 50% da área total e mais 4 (Sr, Pc, Pcx, Bpca) para atingir os 75% (contando com 4,4% de Vcx, 1,2% de Pcx e 0,8% de Pc, não incluídos no Quadro 2).

Pela WRBSR assinalam-se 26 unidades (Figura 4), sendo necessário considerar também as 5 unidades mais abundantes para se atingir mais de 50% da área total (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr) e LV.ha(skip,cr). São necessárias mais 4 (VR.ha(he,pe), VR.ha(he,nv), VR.ha(he) e VR.ha(ca,cr)) para ultrapassar os 75% da área em estudo (Quadro 2). As designações completas das famílias de solo da CSP e das unidades da WRBSR encontram-se em anexo.

No Quadro 3 apresentam-se os dados analíticos de alguns perfis considerados representativos (localização na Figura 2). De um

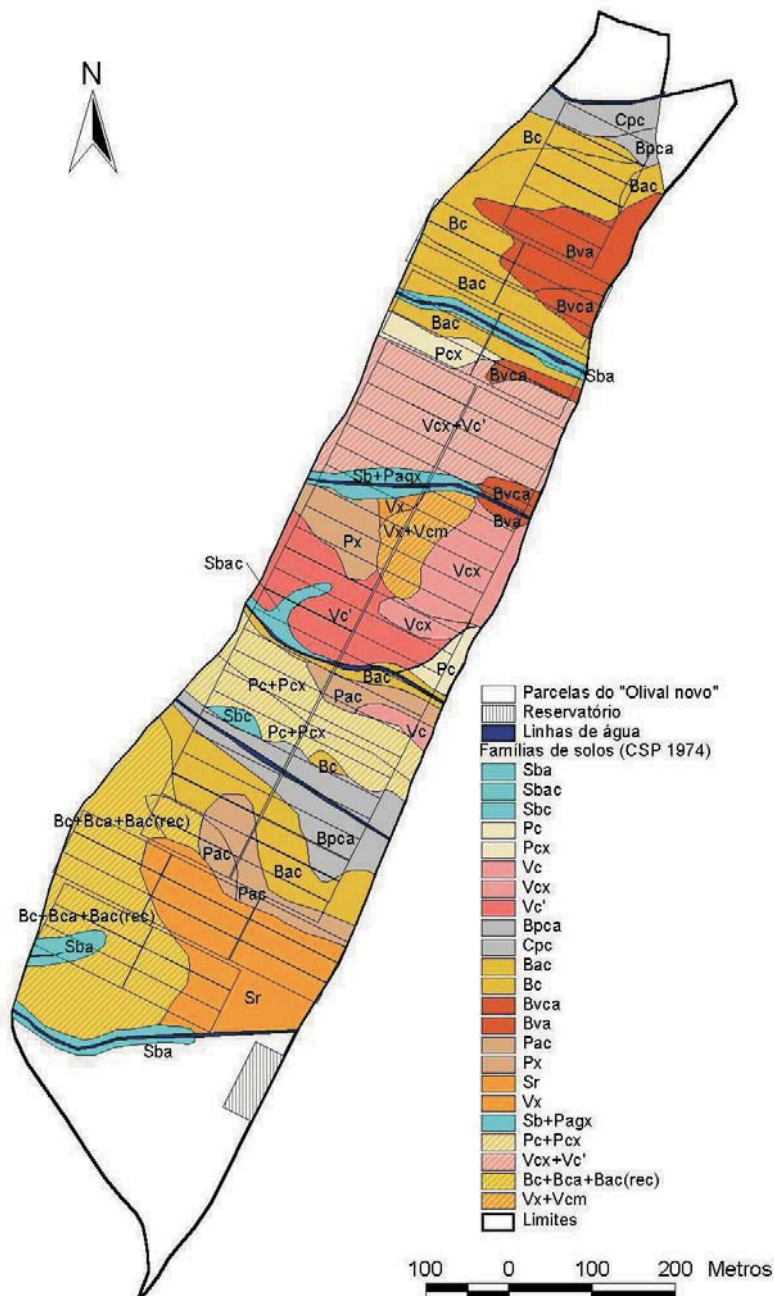
modo geral podemos afirmar que predominam os solos de espessura inferior a 1 m, de textura fina, frequentemente argilosa ou argilo-limosa, em muitos casos com presença de carbonatos, com baixo teor em carbono orgânico mas com média a elevada capacidade de troca catiónica, com elevado grau de saturação em bases, mesmo nos solos sem carbonatos, em geral com grande predomínio do Ca como base de troca, embora em alguns casos seja evidente uma proporção significativa de Na e de Mg. Há um largo predomínio dos valores de pH alcalinos e um contraste marcado entre os elevados teores de potássio e os baixos teores de fósforo extraíveis.

Das 8 famílias assinaladas na Carta de Solos de Portugal para a área em estudo, apenas a família Pag não foi identificada no presente trabalho. Em contrapartida, o aumento da densidade da amostragem levou à identificação de outras 15 famílias de solos da CSP, por ordem taxonómica: Sb, Sba, Sbac, Sbc, Vcx, Vc', Bpca, Bac, Bca, Bc, Bvca, Bva, Px, Pagx e Vx. Várias destas

**QUADRO 2 – Representação das Famílias de solos da CSP (1974) e das unidades da WRBSR (2006) mais abundantes na área do “Olival Novo” (ver legenda em anexo)**

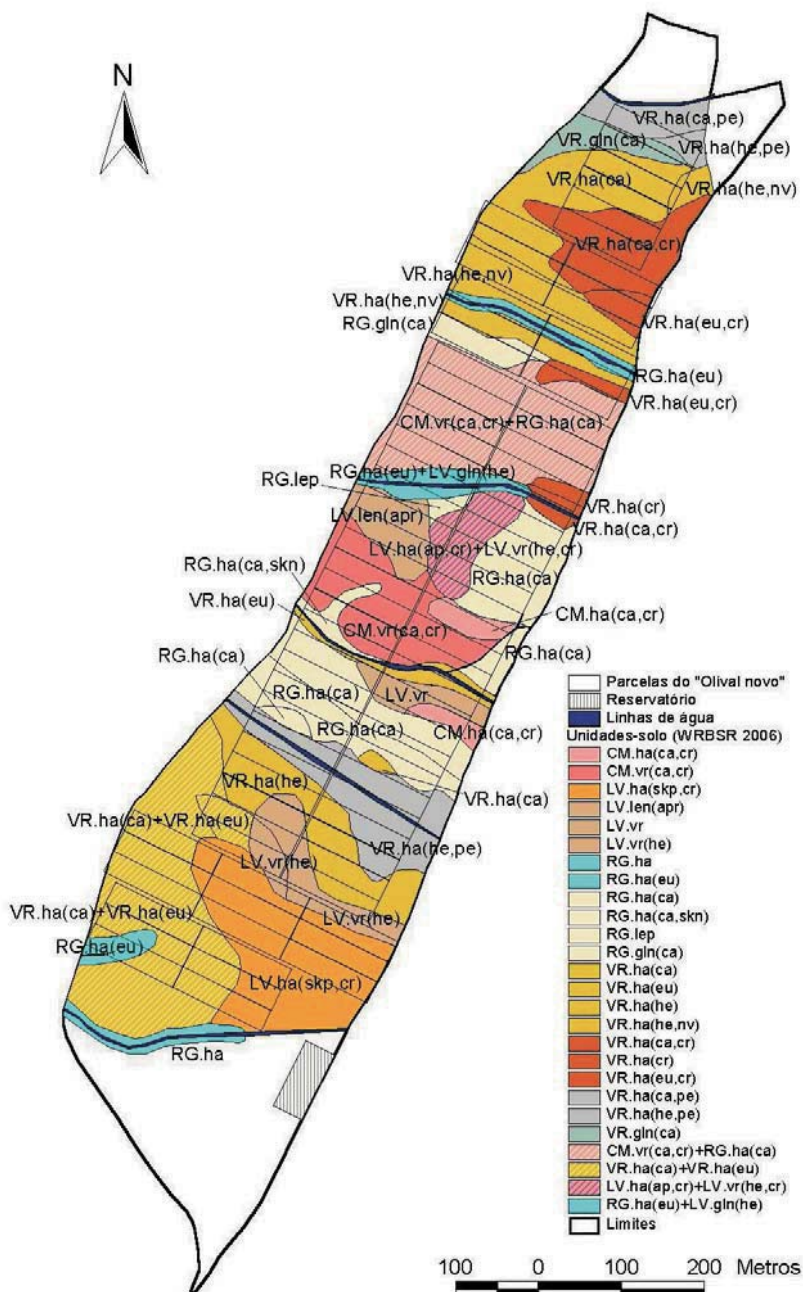
Famílias da CSP (1974)				Subunidades da WRBSR (2006)			
Fam. & complexos	Área (m2)	Área (%)	Acum. (%)	Subunid. & complexos	Área (m2)	Área (%)	Acum. (%)
1 Bc+Bca+Bac(rec)*	46.012	13,0	13,0	1 VR.ha(ca)+VR.ha(eu)	46.012	13,0	13,0
2 Bac	41.657	11,8	24,8	2 RG.ha(ca)	40.543	11,5	24,5
3 Vcx+Vc'	36.036	10,2	35,0	3 CM.vr(ca,cr)+RG.ha(ca)	36.036	10,2	34,7
4 Sr	32.364	9,2	44,2	4 LV.ha(skip,cr)	32.364	9,2	43,9
5 Bc	25.212	7,1	51,3	5 VR.ha(he,pe)	21.345	6,0	49,9
6 Pc+Pcx	23.805	6,7	58,1	6 VR.ha(ca)	20.105	5,7	55,6
7 Bpca	21.345	6,0	64,1	7 CM.vr(ca,cr)	19.296	5,5	61,1
8 Vc'	19.296	5,5	69,6	8 VR.ha(he,nv)	18.695	5,3	66,4
9 Bva	17.648	5,0	74,6	9 VR.ha(he)	18.636	5,3	71,6
10 Pac	15.893	4,5	79,1	10 VR.ha(ca,cr)	17.648	5,0	76,6
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
Totais:	353.247	100,0		Totais:	353.247	100,0	

\* Em alguns casos a família Bac apresenta-se recarbonatada (rec) na camada superficial.



**Figura 3** – Famílias da Classificação dos Solos de Portugal (1974) observadas na área do "Oliveira Novo". Famílias da mesma subordem estão representadas com a mesma cor





**Figura 4** – Unidades da WRBSR (2006) observadas na área do “Olival Novo”. Grupos-Solo de Referência com qualificadores principais e secundários

**QUADRO 3 – Dados analíticos de perfis selecionados da área do “Olival Novo” (no mínimo até à primeira camada do material originário)**

Ref.	Horiz.	Lim.	Textura										pH	Bases extratáveis e CTC						Na+Mg			P e K extratv.		
			EG g kg <sup>-1</sup>	AG	AF	L	G	Classe	ρ <sub>ap</sub> Mg m <sup>-3</sup>	ρ <sub>H2O</sub>	C	N		C/N	Ca	Mg	K	Na	CTC	GSB	%	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>
201	Ap	25	147	260	385	112	243	FGA	1,61	6,8	0,7	0,10	6,6	10,9	3,8	0,3	0,4	19,6	78	38,4	33	30	148	-	
	C1**	49	109	219	304	114	363	FG	1,82	6,8	0,3	0,07	4,4	12,0	6,3	0,3	0,8	22,2	87	58,6	16	4	138	-	
202	Apk1	8	68	145	196	18	641	G	1,50	8,1	1,3	0,13	9,4	39,4	2,0	0,9	0,2	30,9	100	5,6	19	106	400	124	
	Apk2	22	153	147	272	188	394	FG	1,59	8,3	1,0	0,10	9,6	33,5	1,8	0,4	0,2	27,2	100	5,9	4	32	166	130	
	B	34	78	137	244	155	464	G	1,50	8,3	0,7	0,09	7,7	28,6	2,2	0,4	0,2	36,8	85	8,4	5	14	154	-	
	BC	50	71	142	250	145	462	G	1,47	8,2	0,4	n.d.	-	27,0	2,5	0,4	0,3	34,4	88	10,2	n.d.	8	170	-	
	Ck1	70	41	82	148	266	504	GL	1,60	8,6	0,4	n.d.	-	39,8	2,5	0,4	0,2	27,3	100	6,8	n.d.	34	158	310	
204	Ap1	7	447	334	272	126	268	FGA	1,29	6,6	1,6	0,14	11,4	34,5	2,9	0,6	0,2	14,9	100	8,9	65	78	390	-	
	Ap2	26	413	309	267	127	297	FGA	1,76	6,6	0,6	0,10	6,4	22,9	3,3	0,2	0,2	14,2	100	15,5	41	14	116	-	
	Bt	41	398	446	166	65	323	FGA	1,76	6,8	0,4	0,08	4,5	12,1	4,6	0,2	0,3	18,3	94	40,1	22	8	138	-	
	BC	52	536	553	164	42	241	FGA	1,72	7,8	0,2	n.d.	-	12,9	4,8	0,2	0,4	22,8	80	40,2	n.d.	4	82	-	
	2C	-	471	230	198	67	504	G	1,36	8,2	0,2	n.d.	-	10,3	4,3	0,2	0,8	24,5	63	49,0	n.d.	30	90	-	
205	Ap	20	190	225	302	122	351	FG	1,35	7,4	1,0	0,12	8,9	18,2	3,2	0,4	0,2	21,4	100	19,0	12	26	160	-	
	Ah	38	156	196	301	131	372	FG	1,56	7,6	0,7	0,10	7,7	27,1	4,0	0,3	0,2	24,6	100	15,3	8	10	156	-	
	Bt	68	330	152	246	120	481	G	1,71	7,6	0,4	0,07	5,0	21,8	4,8	0,4	0,2	32,4	84	22,9	14	4	168	-	
	Ck1	79	60	139	253	145	463	G	1,56	8,3	0,4	n.d.	-	26,1	4,1	0,3	0,3	27,3	100	16,6	n.d.	12	136	61	
207	Ap	23	79	207	305	160	327	FG	1,51	8,4	1,1	0,14	8,1	18,2	9,6	0,5	1,3	32,0	92	59,8	9	88	194	-	
	C1	50	72	176	265	154	404	G	1,38	8,7	0,6	0,08	7,9	21,4	13,3	0,5	1,3	33,8	100	68,1	10	12	184	-	
	C2	78	81	148	200	144	508	G	1,47	8,9	1,1	0,06	18,3	27,1	17,9	0,5	1,5	37,9	100	71,5	20	8	164	-	
	Ck1	97	40	110	159	106	624	G	1,57	9,1	0,3	n.d.	-	46,0	13,3	0,3	1,0	28,6	100	31,1	n.d.	6	138	407	
208	Ap1	8	201	171	160	467	202	FL	1,24	8,5	1,3	0,15	8,9	43,4	0,9	0,8	0,1	17,8	100	2,5	25	56	420	407	
	Ap2	17	164	138	228	374	260	FL	1,46	8,6	1,1	0,13	8,3	45,1	0,8	0,5	0,2	16,8	100	2,2	21	40	198	385	
	AC	32	n.d.	152	256	320	272	FGL	1,40	8,6	0,9	0,12	7,7	43,8	0,8	0,4	0,2	15,7	100	2,3	15	34	172	423	
	A/C	64	205	188	241	416	155	FL	1,46	8,6	0,6	n.d.	-	26,6	0,7	0,3	0,2	18,6	100	3,4	n.d.	34	140	510	
	C1	90	176	227	298	372	103	FL	1,66	9,1	0,2	n.d.	-	33,0	0,9	0,1	0,2	11,9	100	3,2	n.d.	52	62	495	
	C2	-	164	276	201	386	137	FL	n.d.	9,1	0,2	n.d.	-	29,5	11,5	0,1	0,4	15,0	100	40,3	n.d.	54	64	373	
210	Ap1	17	77	161	157	507	175	FL	1,51	8,8	1,0	0,12	8,5	36,8	2,0	0,5	1,4	24,2	100	9,2	9	62	260	43	
	Ap2	44	123	183	300	162	355	FG	1,51	8,4	0,7	0,09	7,2	46,1	2,9	0,3	1,2	22,2	100	9,0	19	18	166	41	
	C1	58	100	162	149	269	420	GL	1,89	8,9	0,7	0,09	7,6	41,9	2,4	0,4	2,0	30,6	100	10,5	27	14	184	88	
	C2/C3	68	527	293	156	124	427	G	1,56	8,8	0,6	n.d.	-	27,3	2,3	0,4	2,5	31,1	100	17,6	n.d.	14	152	132	

**QUADRO 3 – Dados analíticos de perfis selecionados da área do “Olival Novo” (no mínimo até à primeira camada do material originário)**

Ref.	Horiz.	Lim. cm	Textura			Classe	p <sub>ap</sub> Mg m <sup>-3</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	Bases extraiáveis e CTC				Na+Mg				P e K extraív.							
			EG	AG	AF				L	G	C/N	Ca	Mg	K	Na	CTC	GSB	(%)	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>		
			g kg <sup>-1</sup>						cmol(+) kg <sup>-1</sup>				%				mg kg <sup>-1</sup>							
211	Ap	17	157	198	170	251	381	FGL	1,26	8,6	1,0	0,12	8,4	39,6	0,9	0,7	0,2	26,0	100	2,9	16	48	332	161
	Bw	38	174	225	165	266	344	FGL	1,32	8,7	0,8	0,11	7,0	40,1	0,9	0,5	0,2	29,2	100	2,8	14	32	292	171
	C1	56	262	253	203	282	262	F	1,64	8,8	0,3	0,06	5,7	39,0	0,9	0,3	0,3	21,0	100	2,9	26	20	180	472
	C2	72	372	369	143	15	272	GA	1,46	8,6	0,2	n.d.	-	23,6	0,9	0,2	0,3	16,3	100	5,1	n.d.	22	104	450
214	Ap1	12	116	199	166	291	343	FGL	1,53	8,0	1,0	0,12	8,6	23,5	1,1	0,6	0,2	20,2	100	5,4	3	42	292	-
	Ap2	31	150	195	164	239	402	GL	1,25	8,3	0,8	0,10	7,9	32,4	1,3	0,4	0,2	20,9	100	4,5	3	22	170	-
	B	43	109	210	163	275	351	FGL	1,56	8,2	0,5	0,09	5,9	26,8	1,5	0,4	0,2	19,7	100	6,0	16	4	168	-
	Bt	61	88	143	168	172	517	F	n.d.	8,3	0,5	n.d.	-	21,9	1,0	0,4	0,2	22,4	100	5,8	n.d.	10	152	n.d.
	Ck1	73	346	402	223	190	185	F	1,63	8,6	0,4	n.d.	-	30,8	1,4	0,2	0,2	18,1	100	4,9	n.d.	40	110	215
216	Ap1	10	340	231	332	399	38	FL	1,52	7,0	0,8	0,11	7,1	13,4	1,5	0,3	0,2	15,6	99	12,6	24	18	162	-
	Ap2	24	177	197	333	323	147	FL	1,71	7,1	0,6	0,09	6,9	13,5	1,6	0,3	0,3	17,1	91	13,6	22	10	130	-
	Bt1	38	103	165	266	298	271	FG	1,67	7,0	0,5	0,09	6,1	16,4	2,2	0,3	0,2	19,5	98	14,8	12	4	126	-
	Bt2	48	238	194	193	151	462	G	1,60	7,3	0,5	n.d.	-	5,3	1,3	0,3	0,3	17,3	41	29,3	n.d.	4	102	-
	BC	58	136	177	188	187	449	G	1,55	7,3	0,4	n.d.	-	17,0	2,0	0,3	0,3	22,0	89	13,7	n.d.	32	12	-
	C	-	145	203	195	198	404	G	1,89	7,4	0,2	n.d.	-	10,2	4,8	0,2	0,5	26,9	58	51,9	n.d.	30	84	-
218	Ap1	14	250	239	313	372	76	FL	1,46	7,4	1,4	0,17	8,4	27,1	1,5	0,5	0,3	23,7	100	6,6	173	42	264	-
	Ap2	38	312	239	322	315	124	FL	1,75	6,9	1,0	0,13	8,1	16,3	1,9	0,3	0,4	20,0	94	13,7	98	26	160	-
	Bt	55	180	173	263	345	220	FL	1,56	6,9	0,5	0,08	6,1	15,4	2,6	0,3	0,5	19,9	95	20,3	29	8	120	-
	BC	64	220	n.d.	n.d.	n.d.	-	-	1,83	7,9	0,4	n.d.	-	14,3	2,4	0,3	0,9	22,2	80	22,9	n.d.	4	86	-
	Cg1	88	235	323	213	195	270	F	1,90	8,4	0,1	n.d.	-	17,6	2,5	0,2	1,1	24,2	88	20,2	n.d.	32	92	-
224	Ap1	8	55	179	264	127	430	G	1,40	8,0	0,8	0,12	6,8	44,4	1,4	1,1	0,2	25,4	100	3,5	84	80	490	29
	Ap2	30	62	172	215	159	453	G	1,59	8,2	0,7	0,11	6,3	37,4	1,0	0,7	0,2	27,2	100	3,3	51	40	344	20
	B	51	56	180	246	161	413	G	1,45	8,2	0,6	0,10	6,6	38,6	1,0	0,6	0,1	24,5	100	3,1	28	42	248	31
	Ck1	71	205	236	206	292	266	FL	1,67	8,6	0,2	n.d.	-	27,3	0,7	0,2	0,2	13,3	100	3,1	n.d.	20	104	625

\* Análises realizadas na Área Laboratorial de Solos do IC-AM, excepto do C orgânico e calcário activo, realizadas no Laboratório de Pedologia do ISA; EG, Elem. Grosseiros (>2 mm); AG, areia grossa (2-0,2 mm); AF, areia fina (0,2-0,02 mm); L, limo (0,02-0,002 mm); G, argila (<0,002 mm); A, areia; p<sub>ap</sub>, massa volumica aparente; CTC – capacidade de troca catiônica; GSB – grau de saturação em bases; Na+Mg – (Na+Mg)/Ca; CaCO<sub>3</sub> – calcário total; Legenda das classes texturais: A, Arenosa; F, Franca; G, Argilosa; L, Limosa e combinações; n.d., não determinado; Famílias da CPS (1974) e subunidades da WRBSR (2006) a que correspondem os perfis apresentados (significados dos códigos em Anexo): 201–Sba; RG, ha(au) 204–Pxr; LV, ha(skp,cr) 207–Bpca; VR, ha(he,pe) 210–Sbac; RG, ha(ca,skn) 214–Vcm; LV, vr(he,cr) 202–Bac(rec); VR, ha(he) 205–Pac; LV, vr(he) 211–Yc; CM, vr(ca,cr) 216–Px; LV, len(apr) 218–Pax; LV, gln(he) 224–Bva; VR, ha(ca,cr)

\*\* O número 1 na última camada apresentada reflecte a existência de mais camadas C observadas mas não incluídas neste Quadro

unidades, por exemplo os Coluviosolos (Sb, Sba, Sbac e Sbc), representam inclusões de pequena dimensão, insuficiente para poderem ser assinaladas na carta à escala 1/50.000.

Contudo, verifica-se uma diferença mais significativa entre as unidades com maior representatividade: na Carta dos Solos de Portugal surgem com maior relevo as famílias Sr, Vc e Vcm, não havendo qualquer referência aos Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc') que, tendo sido identificados com base em critérios morfológicos e nos dados analíticos apresentados, surgem neste estudo com uma representatividade significativa. Este exemplo ilustra como a Carta de Solos de Portugal se pode revelar um modelo da realidade com limitações incertas, por vezes significativas, quando se pretende retirar dela informação com um detalhe superior àquele que foi usado na sua execução. Essas limitações só se revelam, e só podem ser

ultrapassadas, com o aumento da densidade das observações de campo e com a respectiva caracterização analítica do solo.

### Principais problemas e implicações para os ensaios de olival

A grande diversidade de solos no “Olival Novo”, associada à heterogeneidade topográfica e à relativa variedade litológica, deixa antever a existência de condições também muito diversificadas para o crescimento das plantas. Como primeira abordagem procurou-se diferenciar os solos considerando as limitações físicas e químicas com maior relevância para a produção vegetal (Quadro 4 e Figura 5).

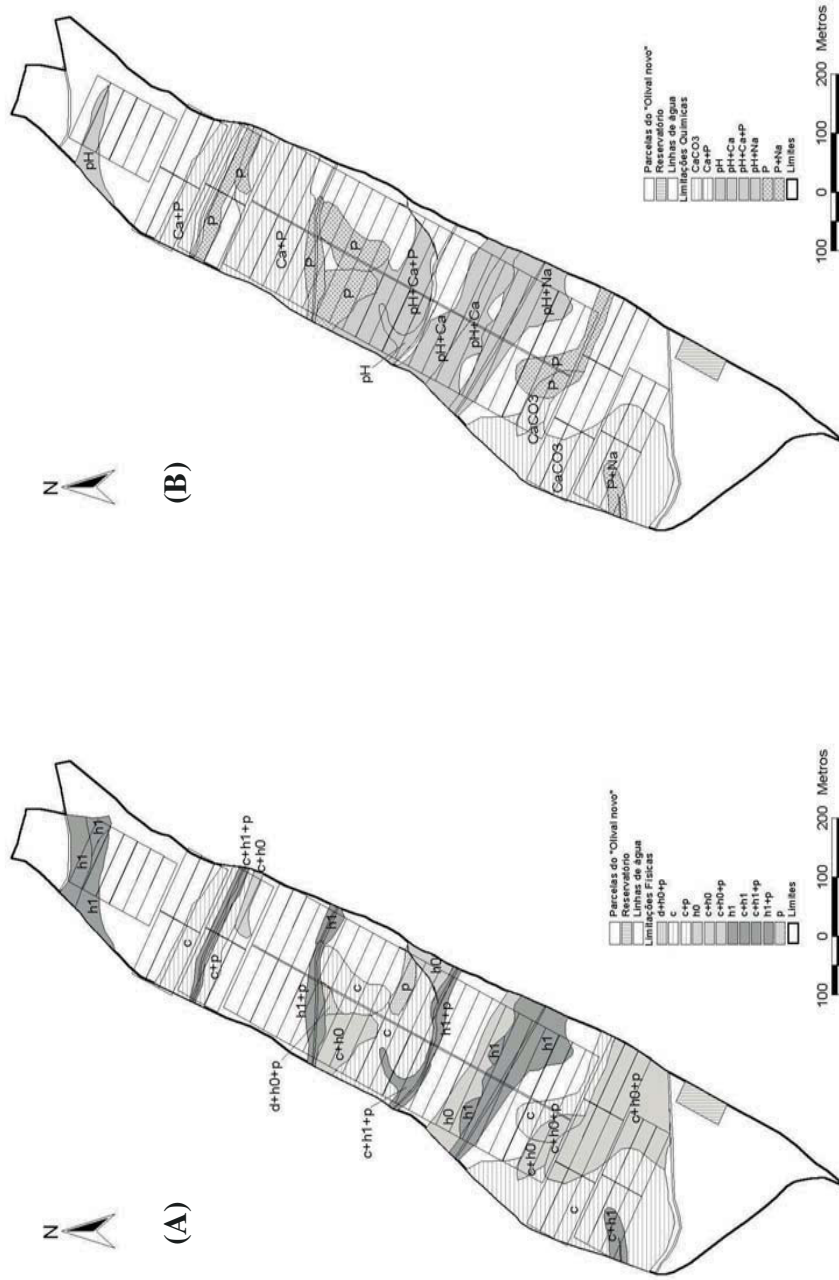
As áreas assinaladas na Figura 5 correspondem aos mesmos polígonos usados na representação das unidades cartográficas, o que pode implicar, consoante os casos, uma generalização espacial por excesso ou por defeito da extensão das limitações em causa.

**QUADRO 4 – Códigos e respectivas definições, usados na identificação dos solos com maiores limitações de natureza física e química, apresentados na Figura 5**

Cód.	Definições
<b>Limitações de natureza física</b>	
d	Delgado – solo com espessura inferior a 50 cm até rocha dura
c	Compacto – Dap muito alta* em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
h0	Risco de défice de água prematuro – pelo menos um dos 2 critérios seguintes: 1) Localização em colinas com maior convexidade ou encostas de maior declive 2) Areia >60% na maior parte dos 50 cm superficiais e/ou espessura <50 cm
h1	Risco de saturação prolongada – pelo menos um dos 2 critérios seguintes: 1) Localização junto de linhas de água ou base de encostas 2) Índícios de má drenagem até aos 100 cm (variação textura e cores cinzentas)
p	Pedregosidade – à superfície ou EG**>40% em um ou mais horizontes com início <50 cm.
<b>Limitações de natureza química</b>	
CaCO <sub>3</sub>	Carbonatos totais >250 g kg <sup>-1</sup> em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
pH	pH>8,5 em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm
P	Fósforo extraível <50 mg kg <sup>-1</sup> em todos os horizontes até aos 50 cm de profundidade
Na	(Na+Mg)/Ca >50% em um ou mais horizontes com início a profundidade <50 cm

\* Dap – densidade aparente superior ao limite de “packing density” muito firme (FAO, 2006b, p.51)

\*\* EG – elementos grosseiros



**Figura 5** – Limitações de natureza física (A) e química (B) dos solos do “Olival Novo”, por unidades cartográficas (detalhes no Quadro 4)

Na Figura 5 é possível verificar quais as parcelas e a possível extensão abrangida pelas limitações indicadas. São de esperar grandes diferenças nas condições a que está sujeito o olival quando se comparam, por exemplo, zonas com horizontes compactos e com risco de saturação prolongada com água, com outras que apresentam uma drenagem rápida, externa e/ou interna, em que o solo tende a secar rapidamente.

Nas limitações químicas salientam-se os solos muito alcalinos ( $\text{pH} > 8,5$ ), muito calcários ( $\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$ ) e muito pobres em fósforo extraível ( $\text{P}_2\text{O}_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ). É frequente conjugarem-se várias limitações na mesma área (Figura 5). Apesar do elevado teor em potássio extraível da generalidade dos solos, atendendo também aos seus elevados níveis de Ca e baixos de Mg, justifica-se uma particular atenção ao equilíbrio K-Ca e, em termos mais gerais a possíveis interações K-Ca-Mg (Quadro 3).

Dada a dimensão dos ensaios do “Olival Novo” seria muito difícil encontrar uma área homogénea suficientemente extensa para garantir condições edáficas semelhantes em todas as parcelas. Uma abordagem realista determina que, muitas vezes, a instalação de ensaios não possa fazer-se nos locais ideais mas apenas nos locais possíveis. Porém, nem sempre esta abordagem realista é levada às últimas consequências, partindo-se depois do pressuposto de que o terreno é homogéneo, ou que o delineamento experimental permite uma distribuição uniforme da variabilidade do terreno pelos diferentes tratamentos aplicados. A mesma abordagem realista do ponto de partida deve levar-nos a verificar se aqueles pressupostos podem ser aplicáveis às condições existentes e, caso não possam, deve motivar a procura de abordagens alternativas. Por exemplo, a estratificar a área definindo zonas de maior homogeneidade, melhor comparáveis entre si, ou a adoptar metodologias de ava-

liação e de análise dos resultados mais adequados à heterogeneidade existente. Este estudo de solos procura constituir um repatório de informação de base indispensável para uma melhor avaliação dos futuros resultados dos ensaios do “Olival Novo”.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área do “Olival Novo” apresenta uma grande diversidade de solos tendo-se identificado 22 famílias da CSP (1974) e 26 unidades-solo da WRBSR (2006). Contabilizando as unidades cartográficas mais abundantes até atingir 50% dos 35 ha cartografados, obtém-se um conjunto de 5 famílias de solos (Bac, Bc, Vc', Vcx, Bca) ou 5 unidades WRBSR (VR.ha(ca), VR.ha(eu), RG.ha(ca), CM.vr(ca,cr), LV.ha(skip,cr)).

A Carta dos Solos de Portugal assinala 8 famílias de solos na área em estudo – atendendo ao detalhe limitado da sua escala (1:50.000) pode-se dizer que dá indícios importantes sobre a grande diversidade de solos que aí ocorre. Contudo, as famílias referidas como mais abundantes (Sr, Vc e Vcm) não correspondem às que têm maior expressão neste trabalho: Barros Pardos (Bac e Bc) e Solos Calcários Vermelhos Para-Barros (Vc') (ou VR.ha(ca), VR.ha(eu) e CM.vr(ca,cr)). Esta discrepância revela que a Carta de Solos de Portugal subavalia a qualidade dos solos da área em estudo e permite evidenciar os erros resultantes da extrapolação da sua informação para escalas cartográficas superiores.

Embora a maioria dos solos da área do “Olival Novo” apresente elevada capacidade de troca catiónica ( $> 20 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), alguns solos apresentam também limitações importantes, em especial por elevada compactação, risco de saturação prolongada com água, elevados teores de calcário ( $\text{CaCO}_3 > 250 \text{ g kg}^{-1}$ ), elevado pH ( $> 8,5$ ) e

baixo teor de fósforo ( $P_2O_5 < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ). A análise dos futuros resultados dos ensaios do olival deverá considerar a possível influência da intersecção espacial do padrão regular, geométrico, das parcelas com o padrão irregular das limitações do solo.

### AGRADECIMENTOS

Trabalho realizado no âmbito do projecto AGRO Nº 298, coordenado pela Prof.<sup>a</sup> Maria da Conceição Castro, da Universidade de Évora, a quem se agradece toda a colaboração para a concretização desta componente do projecto. Agradecimentos também ao Prof. Anacleto Pinheiro e ao Eng. Pedro Quartin pelo levantamento topográfico, ao estagiário Pedro Mogo, ao Sr. Custódio Alves e ao saudoso Sr. Manuel Junça(†) pela colaboração nas sondagens, ao Eng. Teles Grilo pelo apoio na cartografia de solos, à Eng.<sup>a</sup> Técnica Helena Mafalda e restante pessoal do Laboratório de Física do Solo do ICAM, à Dr.<sup>a</sup> Lurdes Pinheiro e restante pessoal do Laboratório Químico-Agrícola da Universidade de Évora, e ao Prof. Manuel Madeira pela disponibilidade para a realização de algumas análises no Laboratório de Pedologia do ISA.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandre, C.; Silva, J. R. & Ferreira, A. G. 2001. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs. método da pipeta. *Revista de Ciências Agrárias*, **24** (3-4): 73-81.

Burrough, P. & McDonnell, R. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Spatial Information Systems and

Geostatistics. Oxford University Press. Oxford.

Burt, R. (Ed.). 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, version 4. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Consultado em <http://soils.usda.gov/>, em Outubro de 2006.

Cardoso, J. C. 1974. A Classificação dos Solos de Portugal – Nova Versão. *Boletim de Solos* **17**: 14-46. SROA, Sec. de Estado da Agricultura, Lisboa.

FAO. 1990. *Guidelines for soil description*. 3th edition (revised). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

FAO. 2006a. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. IUSS-ISRIC-FAO. World Soil Resources Reports 103. Rome.

FAO. 2006b. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Martins, A. 2006. Comunicação pessoal. Carta geológica da Amareleja em elaboração sob a coordenação de José Piçarra.

McBratney, A., Santos, M. & Minasny, B. 2003. On digital mapping. *Geoderma*, **117**, 3-52.

Póvoas, I. & Barral, M.F., 1992. Métodos de análises de solos. *Série de Ciências Agrárias*. Inst. de Investigação Científica Tropical. Lisboa. pp. 61.

Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, 2005. O conhecimento do recurso solo em Portugal. *Encontro Anual da SPCS*, Comunicação Oral. Castelo Branco.

van Reeuwijk, L.P. (ed.). 2002. *Procedures for Soil Analysis* (6th ed.). International Soil Reference and Information Centre, ISRIC, Wageningen.

## Anexo

### Legenda das Famílias da Classificação de Solos de Portugal (1974) indicadas neste estudo

Bac	Barros Pardos Calcários Muito Descarboxatados de (...) argilas calcárias
Bc	Barros Pardos Calcários Não Descarboxatados de (...) argilas calcárias
Bca	Barros Pardos Calcários Pouco Descarboxatados de (...) argilas calcárias
Bpca	Barros Pretos Calcários Muito Descarboxatados de margas
Bva	Barros Castanho Avermelhados Calcários Não Descarboxatados de formações argilosas calcárias
Bvca	Barros Castanho Avermelhados Calcários Muito Descarboxatados de calcários e/ou margas (...)
Cpc	Barros Pretos Calcários Não Descarboxatados de (...) margas
Pac	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Calcários Para Barros de margas (...)
Pag(*)	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Para S. Hidromórficos de arenitos ou conglomerados argilosos ou argilas (textura arenosa a franco-arenosa)
Pagx	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Para S. Hidromórficos de xistos assoc. a r. detriticas
Pc	S. Calcários Pardos de Climats Regime Xérico Normais de calcários não compactos
Pcx	S. Calcários Pardos de Climats Regime Xérico Normais de xistos ou grauvaques assoc. a depósitos calcários
Px	S. Argiluvitados, S. Mediter. Pardos de Mat. Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques
Sb	S. Incipientes, Coluviossolos Não Calcários de textura mediana
Sba	S. Incipientes, Coluviossolos Não Calcários de textura pesada
Sbac	S. Incipientes, Coluviossolos Calcários de textura pesada
Sbc	S. Incipientes, Coluviossolos Calcários de textura mediana
Sr	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Não Calcários Normais de ranas ou depósitos afins
Vc	S. Calcários Vermelhos Normais de calcários
Vc'	S. Calcários Vermelhos Para Barros de calcários não compactos assoc. a r. cristaloflicas básicas
Vcm	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Calcários Para Barros de margas (...)
Vcx	S. Calcários Vermelhos Normais de xistos ou grauvaques assoc. a depósitos calcários
Vx	S. Argiluvitados, S. Mediter. Verm. ou Am. de Mat. Não Calcários Normais de xistos ou grauvaques

(\*) Família não identificada neste estudo mas assinalada na Carta de Solos de Portugal (1:50.000)

### Códigos da WRBSR (2006) utilizados neste estudo

Grupos-Solo de Referência	Qualificadores principais	Qualificadores secundários
CM Cambissolo	gl Gleico	ap Abruptico pe Pélico
LV Luvisolo	ha Háplico	ca Calcário sk Esquelético
RG Regossolo	le Léptico	cr Crómico <b>Especificadores</b>
VR Vertissolo	vr Vértico	eu Eutrico ..n Endo
		he Hipereutrico ..p Epi
		nv Nóvico ..r Para