



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia**  
**Universidade Técnica de Lisboa**

## **OS SOLOS DA MATA NACIONAL DE LEIRIA: CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO**

**Paulo Jorge Pires Marques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agronómica**

Orientador: Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro

Co-orientador: Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira

**Júri:**

Presidente: Doutor António Manuel Dorotêa Fabião, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Nuno Renato da Silva Cortez, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, orientador.

Lisboa, 2010





Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia**  
**Universidade Técnica de Lisboa**

## **OS SOLOS DA MATA NACIONAL DE LEIRIA: CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÃO**

**Paulo Jorge Pires Marques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Agronómica**

Orientador: Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro

Co-orientador: Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira

**Júri:**

Presidente: Doutor António Manuel Dorotêa Fabião, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Nuno Renato da Silva Cortez, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, orientador.

Lisboa, 2010



*À minha esposa Catarina*

# AGRADECIMENTOS

Ao apresentarmos o nosso trabalho não podemos deixar de expressar o nosso reconhecimento a todos os que, de algum modo, contribuíram para a sua elaboração, pelo que agradecemos:

Ao Professor Auxiliar Fernando Manuel Girão Monteiro, como orientador, demonstramos a nossa gratulação, pelo conhecimento técnico e científico que nos facultou, pela constante disponibilidade, paciência, amizade e generosidade sempre manifestada, pelo permanente incentivo e confiança que sempre depositou no nosso trabalho. Agradecemos-lhe, ainda, por todas as sugestões de organização do trabalho e pela valiosa revisão desta dissertação.

Ao Professor Catedrático Manuel Armando Valeriano Madeira, Presidente do Departamento de Ciências do Ambiente do Instituto Superior de Agronomia, pela possibilidade que nos proporcionou de ali realizarmos o nosso estudo, bem como de ter aceite ser nosso co-orientador. Transmitimos-lhe também o nosso profundo reconhecimento pelos incentivos e motivações que nos transmitiu e pela disponibilidade com que sempre nos apoiou, de forma sistemática, ao longo de todas as fases deste trabalho, bem como pelas sugestões, críticas e pela amizade que sempre nos dispensou no decorrer desta dissertação.

Ao Professor Catedrático (Aposentado) Mário Fernandes Lousã, pela disponibilidade apresentada na avaliação da vegetação.

Ao Engenheiro Octávio Ferreira e à Engenheira Rita Gomes da Mata Nacional de Leiria, pela autorização inerente às amostragens realizadas na Mata.

À Professora Ana Carla Madeira pela disponibilidade apresentada na correcção do Inglês e pela amizade sempre demonstrada ao longo deste trabalho.

À Dr<sup>a</sup> Inês Pinto pela ajuda na processamento dos mapas no ArcView e pela amizade sempre demonstrada ao longo deste trabalho.

Aos Professores Nuno Cortez, Francisco Abreu, Manuela Abreu e à Maria Cristina, pela amizade demonstrada ao longo deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos do DCA, Maria de Lurdes, Maria João, Ana Maria e Isabel Balsemão, pelas determinações analíticas, pela amizade e apoio demonstrado.

Aos meus Pais e à minha esposa Catarina pelo carinho e paciência durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos Caldas, Paulo Machado, Paulo Fialho, Pedro, Jorge, Hilário, Rita, Zé Monteiro, e aos amigos da Ramada, pela amizade e apoio demonstrado.

A todas as pessoas que directamente e indirectamente apoiaram e se preocuparam durante a execução deste trabalho.

*A todos o meu BEM HAJA!*

# RESUMO

A Mata Nacional de Leiria foi a primeira área a ser ordenada de pinhal bravo em Portugal. Os solos, de textura grosseira e muito pobres em nutrientes, são usualmente considerados Solos Podzolizados, mas estão insuficientemente estudados e mal caracterizados.

Este estudo visou contribuir para um melhor conhecimento daqueles solos, de forma a disponibilizar informação fundamental para a gestão sustentada das plantações de pinheiro bravo e ajudar a preencher as grandes lacunas de informação sobre os solos da região Centro-Litoral.

Para esse efeito seleccionaram-se 26 pédones ao longo de dois transectos, cujas características morfológicas, físicas e químicas foram estudadas e correlacionadas com a morfologia da região, a idade/antiguidade dos povoamentos de pinheiro bravo e a vegetação herbáceo-arbustiva.

As características daqueles pédones dependem fortemente da natureza quartzosa e da elevada permeabilidade do substrato. Os Podzois observados na região são relativamente incipientes e menos representativos do que os Arenossolos, muitos dos quais apresentam sinais de evolução Podzolizante. O desenvolvimento de horizontes iluviais orgânicos eleva o potencial de sequestro de carbono orgânico e de retenção de nutrientes nestes solos. A ocorrência dos Podzois depende essencialmente da existência de materiais litológicos pouco permeáveis ou de toalha freática a pequena profundidade, mas nenhum indicador fiável da sua ocorrência foi identificado.

**Palavras chave:** Solos, Arenossolos, Podzois, Pinheiro bravo, Mata Nacional de Leiria

# ABSTRACT

The “Mata Nacional de Leiria” is the first planned area of pine in Portugal. Their soils, usually considered as Podzolized Soils, are coarse textured and very poor in nutrients, but are poorly studied and characterized.

The aim of this study is to contribute to a better understanding of these soils, in order to provide key information for the sustainable management of pine plantations and to increment the knowledge on soils of the littoral-central region.

For this purpose, 26 pedons were selected along two transects, whose morphological, physical and chemical properties were studied and correlated with the morphology of the region, the age of pine stands, and the existing herbaceous and shrubby vegetation.

The properties of these pedons strongly depend on the siliceous nature and high permeability of the substrate. The Podzols identified in the region are relatively incipient and less representative than the Arenosols, many of which show signs of weak podzolization. The development of iluvial organic horizons increases organic carbon sequestration potential and nutrient retention in these soils. The occurrence of Podzols depends essentially on the existence of low permeable lithological materials or shallow groundwater, but no reliable indicators of their occurrence were identified.

**Key words:** Soils, Arenosols, Podzols, Pine, Mata Nacional de Leiria

# EXTENDED ABSTRACT

The “Mata Nacional de Leiria”, located at Marinha Grande, represents Portugal first planned area of pine (*Pinus pinaster* Ait.). This species dominates the national forest landscape and it is of great economic and social importance, especially in Central and Northern regions, where you can find the largest managed areas. These areas mostly occur in environmentally sensitive areas, in poor soils which are susceptible to large losses of nutrients caused by management operations.

The studied area has a humid temperate climate (mesothermal), with a dry, long and cool summer, according to Köppen classification. The geological substratum is largely dominated by Quaternary formations, which include mainly sand dunes and Pliocene sediments consisting of dunes and sand dunes. The relief is planed to undulating, depending on the expression of the dunes, which form three main strands which roughly follow the direction of the coast. In addition to the pine (*Pinus pinaster* Ait.), the shrubby and herbaceous species more abundant in “Mata Nacional de Leiria” are Heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), Yellow Rock Rose (*Halimium calycinum* (L.) K. Koch), Sage leaf rock rose (*Cistus salvifolius* L.), Braken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), Gorse (*Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus* L.). Previous studies indicate that the soils of “Mata Nacional de Leiria” are predominantly Podzolized Soils.

The Podzolized Soils occurring in Portugal are poorly characterized and not much is known about the conditions under which they are developed, the type of vegetation cover, and their truly extension and geographical distribution.

The aim of this study is to contribute to a better understanding of these soils, in order to provide key information for the sustainable management of pine plantations and to help to fill the huge gap in information on the soils of Central-Littoral area.

For this purpose 26 pedons were selected along two transects, whose morphological, physical and chemical properties were studied and correlated with the region’s morphology, the age of the pine stands and the herbaceous and shrubby vegetation. Particular attention was given to the depth distribution of carbon and of non-crystalline forms of Al and Fe, whether or not associated with organic matter.

The studied pedons mainly show profiles of AC type, some of which with tendency for the differentiation between eluvial and iluvial horizons; only a small number of such pedons presented

well-differentiated profiles of type AEBhsC. Most of the studied properties do not strongly differ between soils: sandy texture, carbon contents variable but generally low, high C/N ratio, soil reaction usually acidic and cation exchange capacity, and very low levels of K and P. The total reserve in bases, although generally very low, is variable, due to small differences in the mineral composition of sands. In general, the characteristics of the surface horizons can not differentiate these soils, which are only distinguished by the amount of carbon accumulated on the sub-surface and the highest levels of Al and Fe associated with that accumulation. However, even in pedons with iluvial horizons, the levels of these elements are always low, especially Fe, and essentially correspond to forms associated with organic matter. The mobility of these elements in the surface horizons does not differ significantly between the pedons with and without iluvial horizons.

The studied pedons are distributed in two main Groups of Soils (WRB 2006): the Arenosols and the Podzols. The latter are relatively incipient, because either the carbon contents or the non-crystalline forms of Al and Fe that occur in the respective iluvial horizons always lie just above the minimum values characteristics of Spodic horizons, whose presence is a fundamental criterion for the definition of Podzols. At “Mata Nacional de Leiria” the Podzols are also less representative than the Arenosols, but many of the Arenosols show signs of podzolized evolution indicating that almost everywhere the right conditions to podzolization may be found. However, the formation of Spodic horizons seems to be restricted to situations that allow the depth retention of carbon compounds, Al and Fe in migration in the soil, which depend essentially on the existence of permeable lithological material and sub-superficial groundwater.

The occurrence of Spodic horizons reflects a much larger amount of carbon contained in these soils when compared with the Arenosols. This accumulation corresponds to a quite stable form of carbon sequestration and is insensitive to the management practices of soil and organic waste. This is a very significant aspect, not only in the context of the global carbon cycle related to climate changes, but also in the increased capacity to retain water and nutrients in the soil.

The spatial distribution of Podzols in “Mata Nacional de Leiria” does not seem to correspond either with the age of the stands or with the relief, or even with the distribution of spontaneous understory vegetation. Therefore, no reliable indicator of Podzol occurrence is shown in the present work.

**Key words:** Soils, Arenosols, Podzols, Pine, Mata Nacional de Leiria

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	I
<b>RESUMO</b> .....	II
<b>ÍNDICE</b> .....	VI
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	IX
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	X
<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	4
<b>2.1 – Caracterização da área de estudo</b> .....	4
2.1.1 – Localização .....	4
2.1.2 – Clima .....	5
<b>2.2 – Geologia e Litologia</b> .....	8
<b>2.4 – Vegetação e uso do solo</b> .....	9
2.4.1 – Aspectos históricos da Mata Nacional de Leiria.....	9
2.4.2 – O uso actual do solo na Mata Nacional de Leiria .....	11
2.4.3 – Vegetação .....	12
<b>2.5 – Metodologia de campo</b> .....	12
2.5.1. - Selecção e amostragem dos solos.....	12
2.5.2 - Identificação da vegetação.....	14
<b>2.6 – Metodologia Laboratorial</b> .....	14
2.6.1 - Preparação das amostras .....	14
2.6.2 - Análise granulométrica .....	14
2.6.3 – Determinação do pH em H <sub>2</sub> O, KCl e NaF.....	15
2.6.4 - Determinação do carbono orgânico total (Corg) e do carbono pirofosfato (Cp) .....	15
2.6.5 - Determinação do azoto total.....	15
2.6.6 - Capacidade de troca catiónica e doseamento das bases de troca (Ca, Mg, K e Na)...	16
2.6.7 - Determinação da acidez de troca (Acidez titulável) .....	16
2.6.8 - Determinação fósforo e potássio extraíveis.....	16
2.6.9 - Análise elementar total .....	17
2.6.10 - Determinação das formas livres de Ferro, Alumínio e Silício .....	17
2.6.10.1 – Método do Ditionito-Citrato de Sódio (Fed, Ald, Sid).....	17

2.6.10.2 – Método de Tamm (Al, Fe, Si).....	17
2.6.10.3 - Método do pirofosfato de sódio .....	18
2.6.11 - Alumínio extraível pelo KCl ( $Al_{ext}$ ) .....	18
2.6.12 - Alumínio extraível pelo cloreto de lantânio ( $LaCl_3$ ) ( $Al_{la}$ ) .....	18
2.6.13 - Alumínio extraível pelo cloreto de cobre ( $CuCl_2$ ) ( $Al_{cu}$ ).....	18
<b>2.7 - Métodos estatísticos .....</b>	<b>19</b>
<b>3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 - Características morfológicas, físicas e químicas dos solos .....</b>	<b>20</b>
3.1.1 - Características morfológicas .....	20
Horizontes Ah.....	20
Horizontes E.....	20
Horizontes B.....	21
Camadas C .....	22
<b>3.2 - Características físicas .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 - Análise granulométrica .....	22
<b>3.3 - Características químicas .....</b>	<b>23</b>
3.3.1 - Carbono orgânico.....	23
3.3.2 - Azoto total e razão carbono/azoto .....	26
<b>3.4 - Complexo de Troca .....</b>	<b>27</b>
3.4.1 - Capacidade de Troca Catiônica .....	27
3.4.2 – Bases de troca e grau de saturação em bases.....	28
<b>3.5 - Reacção do solo .....</b>	<b>29</b>
pH ( $H_2O$ ) .....	29
pH (KCl) .....	30
pH (NaF) .....	31
<b>3.6 - Acidez titulável.....</b>	<b>31</b>
<b>3.7 - Fósforo e Potássio extraíveis .....</b>	<b>33</b>
Fósforo extraível .....	33
Potássio extraível.....	33
<b>3.8 - Reserva Total em Bases.....</b>	<b>34</b>
<b>3.9 - Formas de Ferro, Alumínio e Silício .....</b>	<b>36</b>
3.9.1 - Formas de ferro.....	36
Oxalato, Pirofosfato e DCB.....	36
3.9.2 - Alumínio .....	39
3.9.2.1 - Oxalato, Pirofosfato e DCB .....	39

3.9.2.2 - KCl, LaCl <sub>3</sub> , CuCl <sub>2</sub> .....	41
3.9.3 - Silício .....	45
<b>3.10 - Caracterização da vegetação.....</b>	<b>46</b>
<b>3.11 - Classificação dos solos da área de estudo .....</b>	<b>47</b>
<b>4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS SOLOS DA MATA NACIONAL DE LEIRIA.....</b>	<b>52</b>
<b>5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>i</b>
<b>Anexo I .....</b>	<b>ii</b>
<b>Anexo II .....</b>	<b>viii</b>
<b>Anexo III .....</b>	<b>ix</b>
<b>Anexo IV .....</b>	<b>xv</b>
<b>Anexo V.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Anexo VI.....</b>	<b>xxv</b>

# ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Pédones caracterizados, número do talhão em que se localizam, classes de idade do pinhal e altitude dos locais de observação. ....	13
<b>Quadro 2</b> – Valores médios da análise granulométrica (AT – areia total; AG – areia grossa; AF - areia fina; L – limo; Arg – argila) nos horizontes dos solos estudados da Mata Nacional de Leiria.....	23
<b>Quadro 3</b> - Valores médios das bases de troca (Ca, Mg, K e Na), soma das bases (SBT), da capacidade de troca catiónica (CTC) e grau de saturação em bases (GSB), nos pédones sem horizonte iluvial e com horizonte iluvial da Mata Nacional de Leiria.....	28
<b>Quadro 4</b> –Valores médios de pH (H <sub>2</sub> O e KCl) e ΔpH nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.. ....	30
<b>Quadro 5</b> – Quantidades médias de cálcio, magnésio, potássio e sódio da RTB nos horizontes dos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria. ....	35
<b>Quadro 6</b> – Quadro 6 - Quantidade média de ferro (Fe), alumínio (Al) e silício (Si) extraídos pelos métodos do oxalato (o), Al <sub>o</sub> + ½ Fe <sub>o</sub> , do DCB (d) e do pirofosfato (p), e nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial e com horizonte iluvial da Mata Nacional de Leiria.....	37
<b>Quadro 7</b> – Alumínio extraído pelos métodos do KCl (Al <sub>ext</sub> ), LaCl <sub>3</sub> (Al <sub>la</sub> ), CuCl <sub>2</sub> (Al <sub>cu</sub> ), Al <sub>b</sub> (Al <sub>la</sub> - Al <sub>ext</sub> ) e Al <sub>m</sub> (Al <sub>cu</sub> - Al <sub>la</sub> ) no conjunto de todos os horizontes dos solos estudados. ....	42
<b>Quadro 8</b> – Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea da área envolvente aos locais de amostragens da Mata Nacional de Leiria. ....	47
<b>Quadro 9</b> – Características relevantes para a classificação dos horizontes de diagnóstico álbicos (cor nos estados seco e húmido) e espódicos (cor nos estados seco e húmido Corg, pH (H <sub>2</sub> O), cimentação e teor de Al <sub>o</sub> +½ Fe <sub>o</sub> ) da WRB 2006 que ocorrem nos pédones estudados e classificação dos mesmos segundo a WRB 2006.. ....	51

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização geográfica da Mata Nacional de Leiria, no Mapa de Portugal Continental, bem como os limites do pinhal (adaptado de: googleearth, 2009). .....	4
<b>Figura 2</b> – Diagramas ombrotérmicos das estações meteorológicas de São Pedro de Muel e da Marinha Grande para o período de 1951 a 1980 (dados do INMG, 1991). .....	6
<b>Figura 3</b> – Balanço hídrico do solo nas áreas da Marinha Grande (A) e de São Pedro de Muel (B) no período de 1951-1980.....	7
<b>Figura 4</b> - Modelo digital do terreno (hipsométrico) da Mata Nacional de Leiria. ....	10
<b>Figura 5</b> – Foto de 4 pédones estudados PL8 (A), PL25 (B), PL16 (C) e PL 15 (D). ....	21
<b>Figura 6</b> - Teores médios de carbono orgânico (Corg), nas diferentes camadas dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) analisados na área de estudo. ....	24
<b>Figura 7</b> – Quantidade acumulada de Corg nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) a diferentes profundidades.....	25
<b>Figura 8</b> – Teor de Corg nos pédones PL12 (A), PL20 (B), PL6 (C), PL25 (D) da Mata Nacional de Leiria. ....	25
<b>Figura 9</b> – Teor médio de azoto nos solos sem horizonte (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria. ....	26
<b>Figura 10</b> – Valores médios da Razão C/N nos horizontes em todos os pédones estudados (A), bem como dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) (B) da Mata Nacional de Leiria. ....	27
<b>Figura 11</b> – Valores médios de pH (H <sub>2</sub> O e KCl) nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.....	31
<b>Figura 12</b> – Valores médios da acidez de troca (A) e proporção de Alumínio (B) nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.....	32
<b>Figura 13</b> – Acidez titulável média (A), Al <sup>3+</sup> de troca médio (B) e H <sup>+</sup> de troca médio (C) em dois grupos de solos; sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.. ....	32
<b>Figura 14</b> –Teores médios de fósforo extraível nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.....	33
<b>Figura 15</b> –Teores médios de potássio extraível nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.....	34
<b>Figura 16</b> – Distribuição da quantidade média de ferro (Fe) e de alumínio (Al) extraída pelos métodos do oxalato (o), do DCB (d) e do pirofosfato (p) nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria. ....	38

<b>Figura 17</b> – Distribuição do teor de carbono orgânico, da quantidade de ferro e alumínio (determinados pelos métodos do oxalato (o), DCB (d) e do pirofosfato (p), nos pédones PL8, PL25, PL16 e PL18. ....	40
<b>Figura 18</b> - Correlação entre as várias formas de Al ( $Al_{ext}$ , $Al_b$ e $Al_m$ ) e o carbono orgânico nos solos sem horizontes iluviais. ....	43
<b>Figura 19</b> - Correlação entre as várias formas de Al ( $Al_{ext}$ , $Al_b$ e $Al_m$ ) e o carbono orgânico nos solos com horizontes iluviais. ....	44

# 1 – INTRODUÇÃO

A Mata Nacional de Leiria, situada no Concelho da Marinha Grande, foi a primeira área ordenada de pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) no nosso País (Almeida *et al.*, 2002). Esta espécie domina no panorama florestal nacional, ocupando um total de  $710,6 \times 10^3$  ha, maioritariamente distribuídos pelas regiões Centro ( $410 \times 10^3$  ha) e Norte ( $192 \times 10^3$  ha). Na zona Litoral-Centro, na qual se insere a Mata Nacional de Leiria, a ocupação do solo com pinheiro bravo é de  $55,6 \times 10^3$  ha (AFN, 2006).

Os solos da Mata Nacional de Leiria, derivam na sua quase totalidade de formações dunares quaternárias e areias pliocénicas de natureza quartzosa, sendo habitualmente considerados Solos Podzolizados (Cardoso *et al.*, 1973; Pinto, 1939 a e b; Azevedo, 1944; Cabrita, 1956), tal como definidos na Classificação dos Solos de Portugal (Cardoso, 1965 e 1974). É esta também a situação no que respeita a muitos outros solos que em Portugal ocorrem sobre areias, arenitos, e outros sedimentos não consolidados do Cenozóico recente (épocas mio-pliocénica, plistocénica e holocénica). Assim, segundo Cardoso *et al.* (1973), os Solos Podzolizados representam cerca de 7% da área total do país.

Os solos Podzolizados são típicos de regiões de clima húmido e relativamente frio (temperado - frio). Nestas regiões eles desenvolvem-se maioritariamente sob florestas de resinosas ou mato de urze (mas também sob floresta caducifólia). Os materiais originários mais susceptíveis de originarem Podzois são os de textura grosseira ou média, pobres em bases, pois quanto mais ricos em bases forem aqueles, mais húmido e/ou frio deve ser o clima e mais tempo será necessário para a formação de Podzois (Buurman *et al.*, 2007; Mokma *et al.*, 2004). Estas condições favorecem o desenvolvimento do perfil característico dos Podzois, constituído por uma camada superficial de materiais orgânicos de tipo “mor”, sob os quais aparece um horizonte eluvial de cor clara (cinza), que por sua vez assenta sobre um horizonte iluvial, geralmente escurecido, em que se acumulam compostos orgânicos e formas predominantemente não cristalinas de Al e Fe.

O processo de podzolização envolve essencialmente a mobilização de compostos orgânicos, Al e Fe dos horizontes superficiais e a sua imobilização num horizonte B. A forma como estes processos se desenvolvem tem sido, no entanto, objecto de diferentes propostas explicativas, que se agrupam essencialmente em dois conjuntos:

- (1) Através da formação e movimento descendente de complexos orgânicos ácidos (provenientes da lavagem das plantas ou dos resíduos orgânicos acumulados, da decomposição da folhada ou de exsudados de raízes ou de microorganismos) com Al e Fe, e da sua imobilização no horizonte iluvial, devido (a) à adsorção de catiões pelos complexos organo-metálicos em migração descendente no solo, a qual leva à diminuição da razão carbono/catiões metálicos e à imobilização desses complexos, ou (b) à degradação da parte orgânica dos complexos migrantes, por acção de microorganismos, seguida da precipitação das fases inorgânicas, ou ainda (c) à redução da carga dos complexos organo-metálicos, por elevação do pH na camada subjacente ao horizonte eluvial, para valores próximos do respectivo ponto isoeléctrico (McKeague *et al.*, 1973; Lundström *et al.*, 2000; Buurman & Jongmans, 2002);
  
- (2) Por via da percolação e precipitação de soles coloidais inorgânicos (hidróxidos Al-Si) formados na sequência da alteração dos minerais primários (silicatos) e sua precipitação no horizonte B em formas de tipo imogolite ou alofana, as quais promoveriam a adsorção de substâncias coloidais orgânicas (móveis), electronegativas (Lundström *et al.*, 2000).

Embora típica de climas temperados frios, a podzolização pode manifestar-se com intensidade variável em zonas de clima mais quente e inclusive sob clima tropical (Podzois intra-zonais), mas apenas quando se verifique queda pluviométrica em quantidade suficiente, exista matéria orgânica que não sofra rápida decomposição e o material originário seja bastante permeável e de natureza essencialmente siliciosa (Lundström *et al.*, 2000; Duchaufour, 1977). Nestas condições é frequente que se desenvolvam horizontes eluviais muito espessos, e horizontes espódicos com cores em geral muito escuras, que reflectem o papel dominante das substâncias orgânicas na sua formação, em contraste com as cores mais vivas que se verificam geralmente nos dos Podzois zonais, os quais são geralmente mais ricos em Fe (Buurman & Jongmans, 2002).

Na situação actual do conhecimento dos Solos Podzolizados em Portugal, pouco se sabe sobre as características, as condições em que estes solos se desenvolvem, o tipo de vegetação que neles ocorre, a extensão que verdadeiramente ocupam e a sua distribuição geográfica (Madeira *et al.*, 2007). Para além disso, a caracterização que deles é feita na Carta dos Solos de

Portugal é insuficiente para o seu enquadramento nos sistemas de classificação actuais, pois contempla apenas a distribuição do carbono orgânico em profundidade e o Fe livre, o que significa que não foram tidos em conta muitos dos parâmetros essenciais para o seu correcto enquadramento taxonómico. Acresce ainda que a região Centro-Litoral, em que se localiza a Mata Nacional de Leiria, é uma das que em Portugal não foram ainda objecto de cartografia pedológica, existindo apenas alguns esboços cartográficos na escala 1:25 000, os quais não se encontram publicados (SPCS, 2004).

Estes solos são frequentemente votados a uso florestal, nomeadamente com pinheiro bravo. As explorações de pinheiro bravo revestem-se de importância económica e social muito particular, pois representam uma importante fatia das exportações nacionais e contribuem significativamente para a geração de emprego. Para além disso, as zonas em que estas explorações estão instaladas são em geral ecologicamente sensíveis, com predomínio de solos muito pobres e sensíveis às práticas de exploração, que dão origem a perdas acentuadas de nutrientes (Madeira *et al.*, 2009). O adequado conhecimento das características destes solos é por isso fundamental para o estabelecimento de formas de gestão adequadas, que garantam a sustentabilidade destas explorações e permitam compatibilizar os importantes aspectos económicos, sociais e ambientais em jogo.

Assim, de forma a contribuir para o conhecimento geral dos solos do País, e para disponibilizar informação útil para a gestão dos solos da Mata Nacional de Leiria – e, eventualmente, de outras regiões com condições litológicas, climáticas e de ocupação do solo semelhantes –, desenvolveu-se este trabalho, que teve como objectivo estudar as características morfológicas, físicas e químicas dos solos da referida Mata, o seu possível enquadramento na WRB 2006 (IUSS Working Group WRB, 2006) e os factores que condicionam a sua formação e distribuição.

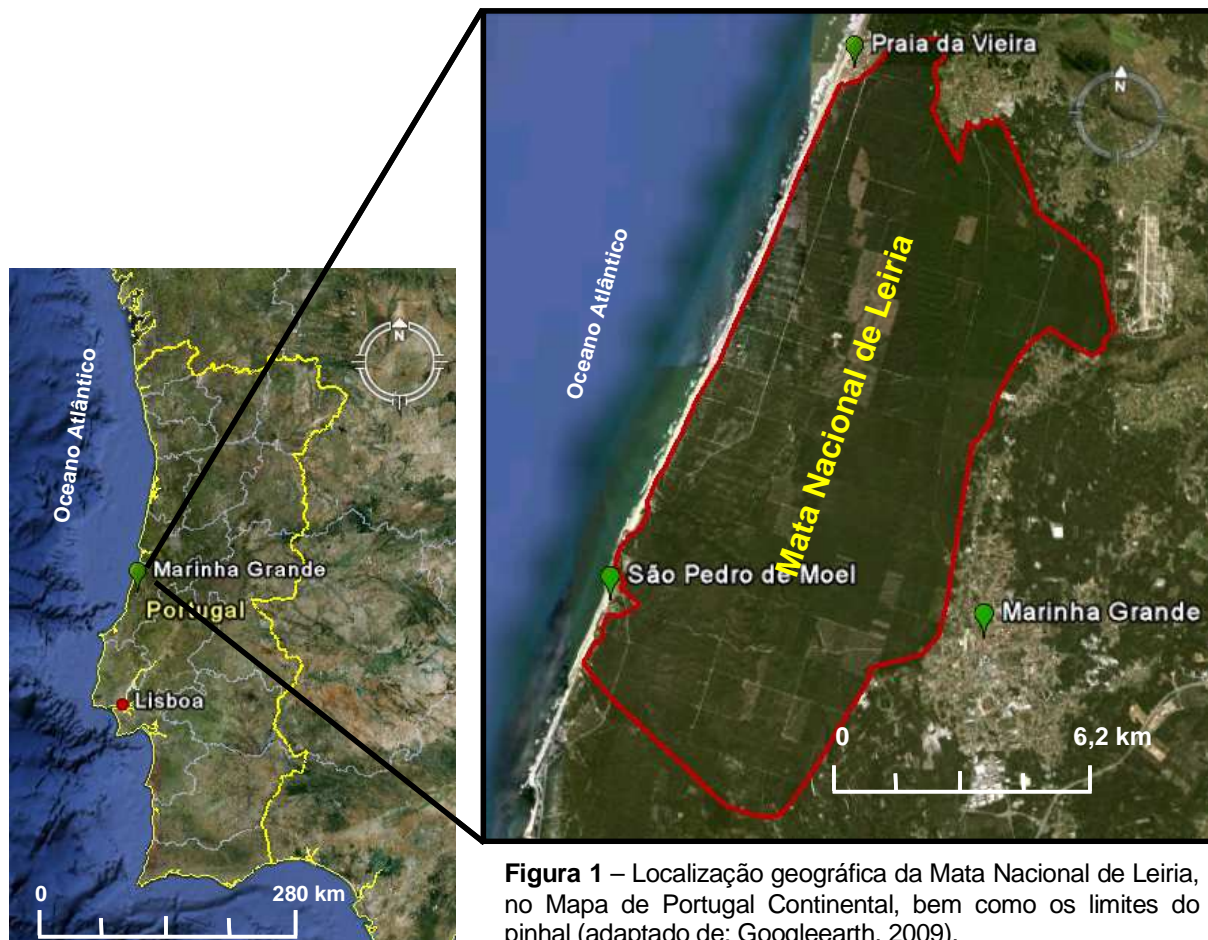
O presente trabalho encontra-se dividido em quatro secções: esta **Introdução**; uma secção de **Material e Métodos** na qual se caracteriza o clima, o relevo e o uso do solo na Mata Nacional de Leiria, e se descrevem os métodos de campo e laboratoriais utilizados; uma secção de **Resultados e Discussão**, em que se apresentam e discutem os resultados obtidos; e finalmente uma secção de **Considerações Gerais sobre os Solos**, em que se fazem algumas considerações sobre a natureza dos solos, as condições que levam à sua formação e os factores que influenciam a sua distribuição na região estudada.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 – Caracterização da área de estudo

#### 2.1.1 – Localização

A Mata Nacional de Leiria localiza-se no concelho da Marinha Grande (Figura 1). A Mata é propriedade do Estado Português e tem uma área total de 11 023 ha. É delimitada a Norte pelo Rio Lis, a Sul pelo concelho da Nazaré, a Oeste pelo Oceano Atlântico e a leste pela cidade da Marinha Grande. As coordenadas extremas correspondentes são, a Norte  $39^{\circ} 52' 50,50''$  N,  $8^{\circ} 56' 53,19''$  W, a Sul  $39^{\circ} 41' 99,37''$  N,  $9^{\circ} 02' 2,89''$  W e a Este  $39^{\circ} 45' 23,4''$  N,  $8^{\circ} 56' 29,0''$  W.



**Figura 1** – Localização geográfica da Mata Nacional de Leiria, no Mapa de Portugal Continental, bem como os limites do pinhal (adaptado de: Googleearth, 2009).

## 2.1.2 – Clima

A caracterização climática da área de estudo foi efectuada com base nos dados das estações meteorológicas de São Pedro de Moel e da Marinha Grande. A primeira situa-se junto à costa, a 39° 45' N, 9° 02' W, a uma altitude de 40 m, e a segunda no extremo Este da Mata, a 39° 46' N, 8° 56' W, a uma altitude de 83 m) (INMG, 1991).

Os valores da precipitação média anual, registados nas estações meteorológicas referidas, no período de 1951 a 1980, diferem entre si por margem apreciável. Os valores mais elevados correspondem à estação meteorológica da Marinha Grande (909,6 mm), enquanto que na de São Pedro de Moel a precipitação média anual no mesmo período foi de 710,2 mm. Nas estações meteorológicas da Marinha Grande e de São Pedro de Moel o período de maior precipitação ocorre entre os meses de Outubro e Maio (Figura 2). Nestes meses as precipitações na estação da Marinha Grande estão compreendidas entre 66,7-133,4 mm e na estação de São Pedro de Moel entre 53,1-113,2 mm. A máxima precipitação média mensal ocorreu no mês de Janeiro em ambas as estações. Nos meses mais secos (Junho a Setembro), a precipitação que ocorreu na estação da Marinha Grande variou entre 6,3 e 35,6 mm e na estação de São Pedro de Moel entre 7,1 e 29,7, registando-se os valores mínimos das médias mensais de precipitação em Julho e Agosto, respectivamente (Figura 2) (INMG, 1991).

A temperatura média anual do ar observada nas estações analisadas não difere muito entre si: 14,1 °C, em São Pedro de Moel e 14,2 °C na Marinha Grande. A temperatura média mensal mais elevada ocorreu em Agosto, tanto em São Pedro de Moel (21,6 °C), como na Marinha Grande (25,1 °C), enquanto que a temperatura média mensal mais baixa se registou, em ambas as estações, em Dezembro: 6,3 °C em São Pedro de Moel e 4,0 °C na Marinha Grande.

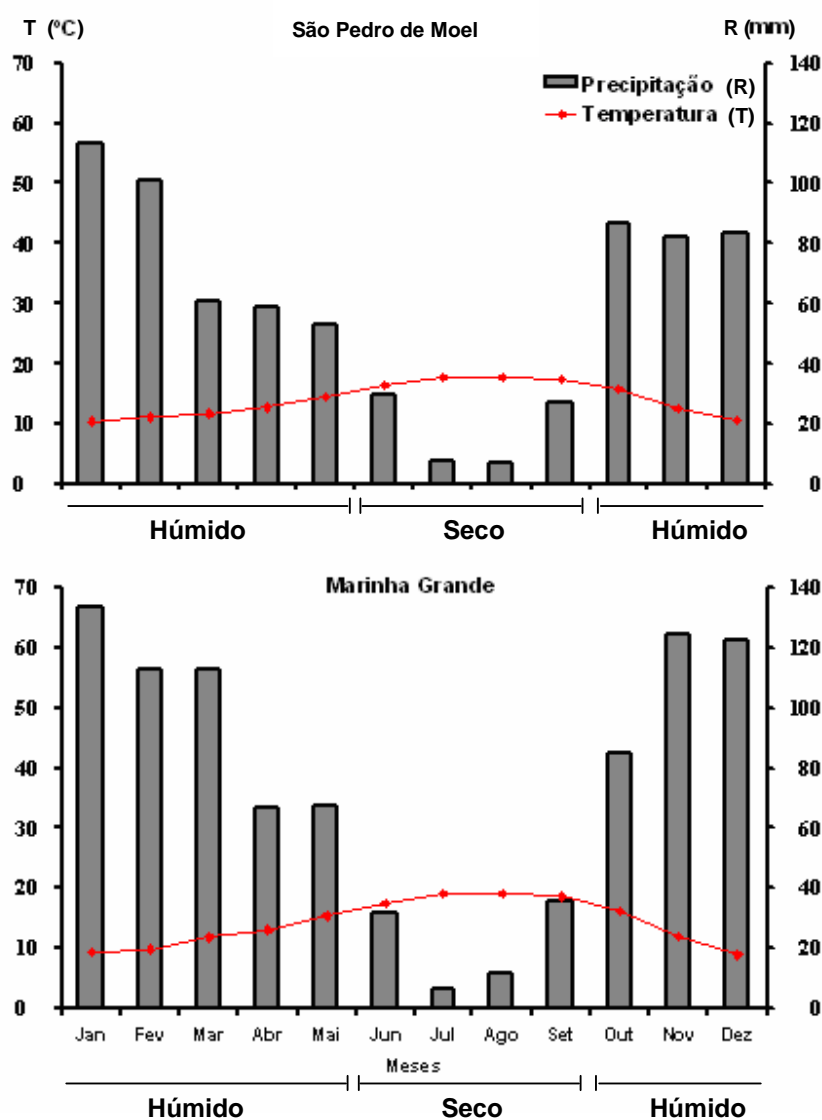
O valor médio anual da humidade relativa do ar às 9h no período considerado foi de 84 e de 81%, respectivamente nas Estações da Marinha Grande e de S. Pedro de Moel. Estes valores são elevados e devem-se à grande influência que o oceano Atlântico exerce sobre o clima da região.

O índice de Gaussem ( $G=R/2T$ ) (Bagnouls & Gausse, 1957) indica que os meses entre Outubro e Maio são húmidos ( $G>1,5$ ) e os meses entre Junho e Setembro são secos ( $G<1,0$ ), em ambas as estações (Figura 2).

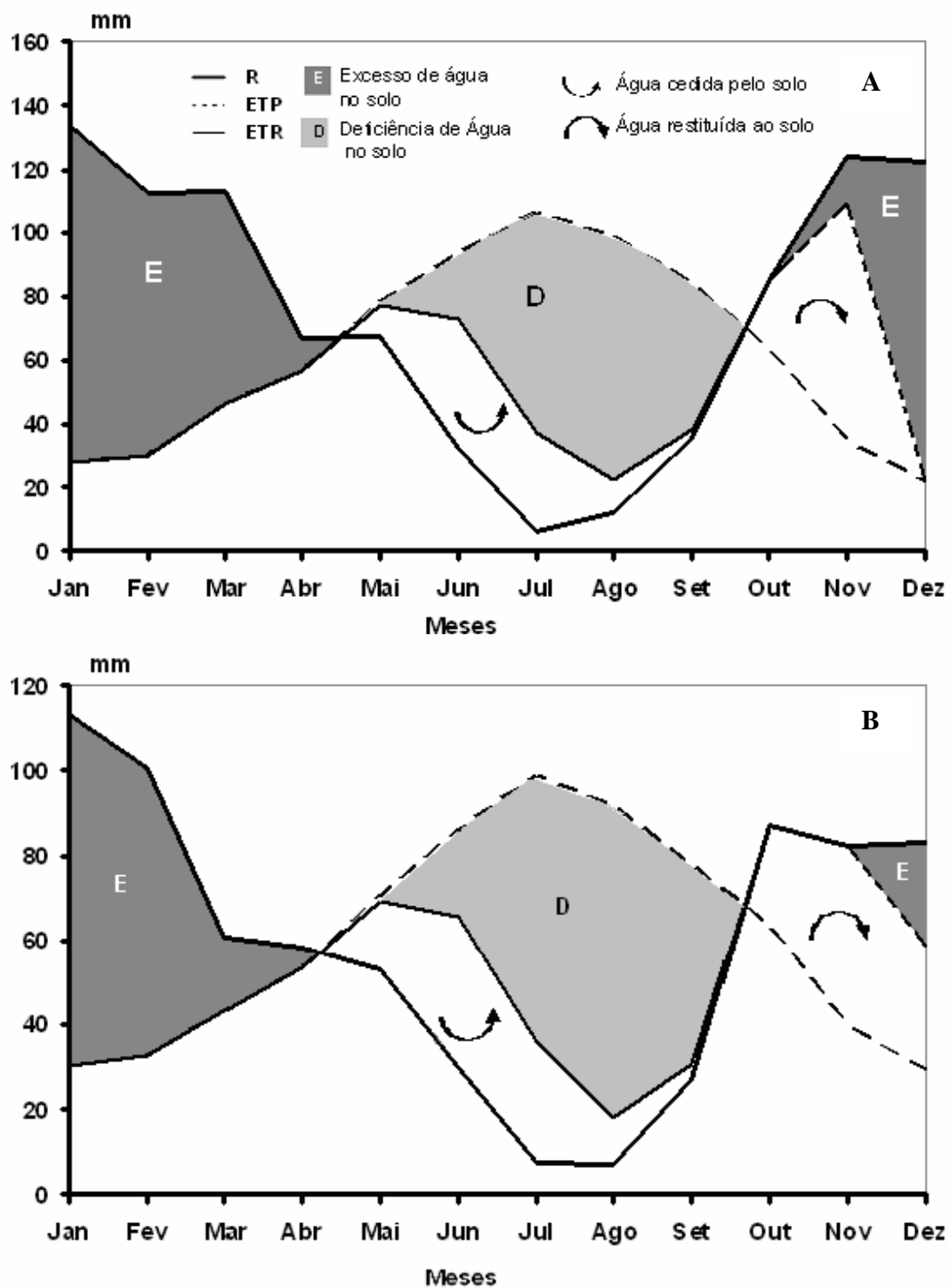
Segundo a Classificação de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948), o clima em São Pedro de Moel é sub-húmido (C2), mesotérmico (B'2), com moderada deficiência de água no Verão (s) e com pequena concentração da eficiência térmica na estação quente (a'), enquanto que na

Marinha Grande o clima é húmido (B1), mesotérmico (B'2), com moderada deficiência de água no Verão (s) e com pequena concentração estival da eficiência térmica (a'). Segundo a Classificação de Köppen (Strahler & Strahler, 1978) o clima é temperado (mesotérmico) húmido, com estação seca no Verão e Verão longo e fresco (Csb) em ambas as Estações.

O balanço hídrico do solo foi calculado pelo método de Thornthwaite & Matter, (Thornthwaite & Matter, 1957), admitindo um armazenamento de água útil no solo (U) de 100 mm em qualquer das estações (Figura 3).



**Figura 2**– Diagramas ombrotérmicos das estações meteorológicas de São Pedro de Moel e da Marinha Grande para o período de 1951 a 1980 (dados do INMG, 1991).



**Figura 3 – Balanço hídrico do solo nas áreas da Marinha Grande (A) e de São Pedro de Moel (B) no período de 1951-1980.**

## 2.2 – Geologia e Litologia

A área da Mata Nacional de Leiria insere-se na bacia sedimentar detrítica do bordo oeste da Orla Mesocenozóica Ocidental, ou Bacia Lusitânica (Ribeiro *et al.*, 1979). Aquela bacia sedimentar orienta-se segundo uma direcção NNE-SSW e está limitada a sul e norte respectivamente por dois promontórios calcários, mesozóicos. A sul, com uma direcção WNW-ESE, o promontório da Nazaré eleva-se suavemente para sul, e possui um ressalto abrupto no Sítio da Nazaré. A norte, com uma estrutura muito idêntica, mas onde afloram litologias mais antigas, o promontório da Figueira da Foz limita o estuário do Mondego e, de igual modo, a Grande Bacia Detrítica em que se insere a Mata Nacional de Leiria.

Segundo Zbyszewski (1965) e Zbyszewski & Torre de Assunção (1965), a área da Mata de Leiria é constituída essencialmente por sedimentos (siltes, areias e areolas) quaternários e neogénicos, que assentam, em discordância, sobre formações jurássicas e cretácicas.

As formações quaternárias que ocorrem na área da Mata de Leiria incluem dunas e areias de duna, areias de praia, aluviões e sedimentos plistocénicos. Entre estas formações destacam-se, pela sua extensão, as dunas e areias de duna, que formam um extenso afloramento ao longo do litoral e atingem cerca de 7,5 Km de largura entre S. Pedro de Moel e Marinha Grande. As areias de praia e os materiais aluvionares ocupam áreas bastante reduzidas. As primeiras ocupam uma faixa muito estreita, embora praticamente contínua, ao longo do litoral; as segundas apresentam um pequeno desenvolvimento ao longo da Ribeira da Escoura, junto ao limite E da Mata, e ao longo do Rio Lis, que define o limite N da mesma. O Plistocénico está representado principalmente por cascalheiras e areias com seixos de antigas praias, como sucede, por exemplo, a S e a N de S. Pedro de Moel, onde aflora numa estreita faixa entre o complexo dunar e as areias de praia e cordões litorais actuais (Zbyszewski, 1965; Zbyszewski & Torre de Assunção, 1965).

As formações do Neogénico representadas na área de estudo limitam-se ao Pliocénico. Para além de pequenos afloramentos em janelas erosivas, na parte superior das arribas de S. Pedro de Moel, o Pliocénico ocupa uma extensa zona da Mata de Leiria, compreendida entre o seu limite oriental e as Ribeiras de Tábuas e da Lagoa das Éguas. Segundo os autores referidos, os afloramentos pliocénicos são constituídos por areias amareladas, acastanhadas ou acinzentadas, de granulometria variável, acompanhadas por vezes por seixos e calhaus rolados (na sua totalidade marinhos), e incluem frequentemente intercalações conglomeráticas, argilosas,

siltíticas, turfosas e lenhitasas, bem como de areias micáceas (com afloramentos por vezes muito extensos – Vale Formoso e Vale de Paredes), com ou sem calhaus rolados. Quando desagregados, os materiais pliocénicos confundem-se frequentemente com as areias do complexo dunar, em especial próximo do contacto entre ambas as formações, onde muitas vezes aparecem misturadas em coluvião.

Na área da Mata de Leiria as formações jurássicas e cretácicas afloram à superfície apenas pontualmente – em janelas erosivas de registo de paraconformidade, principalmente próximo de S. Pedro de Moel, bem como ao longo da ribeira de S. Pedro e da estrada que liga Marinha Grande àquela localidade (Zbyszewki & Torre de Assunção, 1965).

## 2.3 – Relevo

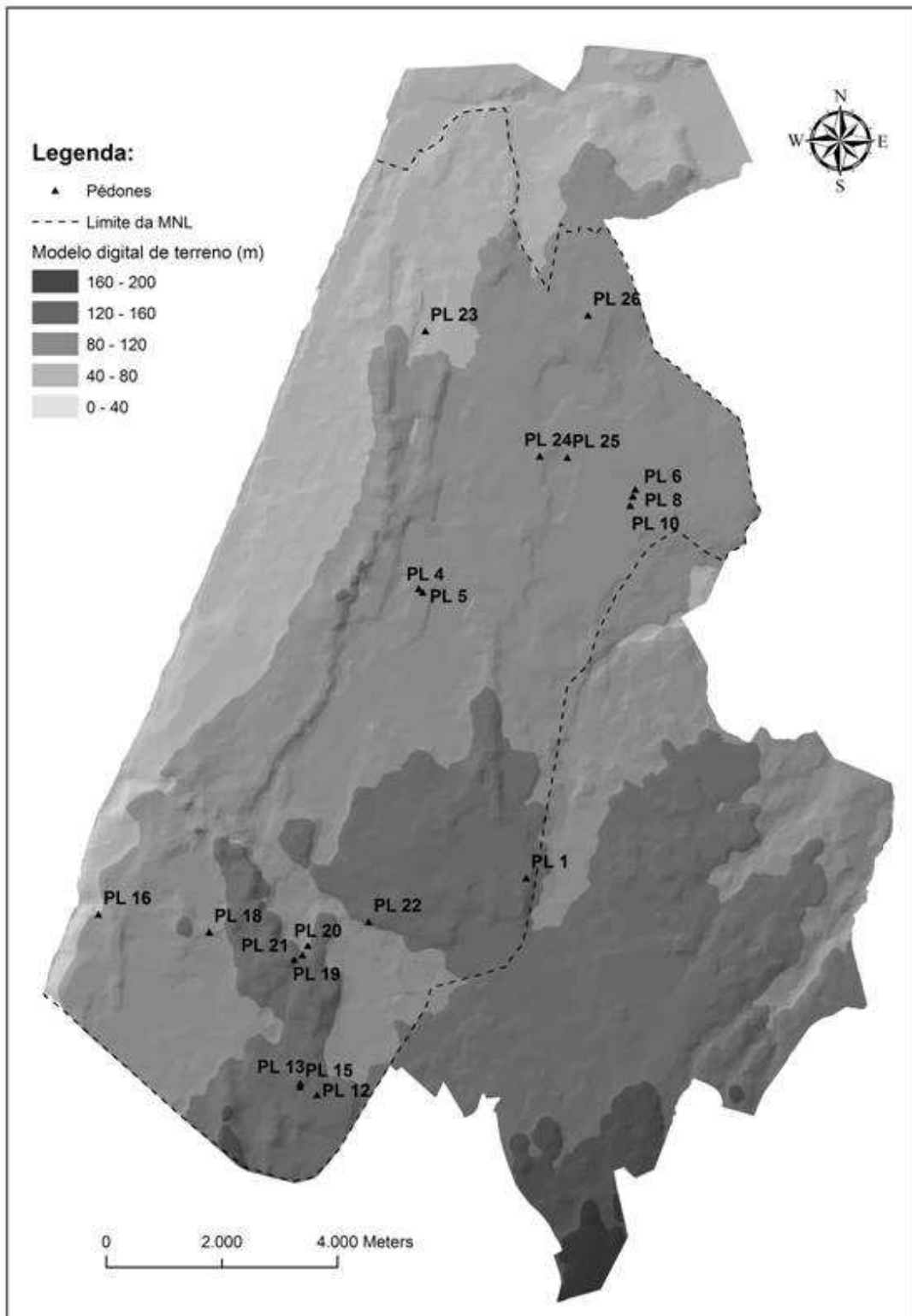
A área da Mata Nacional de Leiria apresenta relevo aplanado a ondulado, consoante a expressão das dunas. Na foz do Lis estas ocupam uma faixa estreita, que se alarga em direcção a sul. Em frente à Marinha Grande as areias de duna atingem cerca de 7,5 Km de largura, sem no entanto abrangerem toda a largura da Mata. As maiores altitudes verificam-se na parte sul (136 m), enquanto que a norte são inferiores a 100 m, diminuindo em direcção ao rio Lis. A zona mais aplanada é a que corresponde à faixa a leste da ribeira de Tábuas.

Na área da Mata identificam-se três cordões dunares principais que seguem aproximadamente a orientação da costa. O mais recente e mais próximo do mar tem expressão sobretudo nas proximidades de S. Pedro de Moel. Seguem-se-lhe um cordão intermédio, mais elevado, que atinge a maior altitude na Lagoa Cova (136 m), e um terceiro de menor altitude e de formação mais antiga, situado nas proximidades da Marinha Grande (Figura 4).

## 2.4 – Vegetação e uso do solo

### 2.4.1 – Aspectos históricos da Mata Nacional de Leiria

A Mata Nacional de Leiria, anteriormente designada por Pinhal do Rei, Pinhal Real ou Pinhal de Leiria, foi a primeira Mata a ser ordenada e arborizada com pinheiro bravo em Portugal (DRAPC, 2009; Almeida *et al.*, 2002).



**Figura 4** - Modelo digital do terreno (hipsométrico) da Mata Nacional de Leiria.

A primeira grande sementeira da área da Mata Nacional de Leiria, foi ordenada por D. Dinis e realizada entre 1279 e 1325 (Pinto, 1939 a). Há todavia indícios de que na área já houvesse uma cobertura espontânea de pinheiro manso. A ampliação da área do pinhal foi tentada por diversas vezes em finais do século XVIII e princípios do século XIX, mas sempre com pouco sucesso, devido à dificuldade de fixar as areias (Silva & Batalha, 1859; Pinto, 1939 a e b). Para além disso, Silva & Batalha (1859) referem que a região foi afectada por diversos fogos entre 1818 e 1824, o último dos quais terá sido de grandes proporções (5.000 ha). Em 1850/51 retomaram-se os trabalhos de sementeira das dunas do litoral, conseguindo-se finalmente em 1863 a fixação das areias, recorrendo a ripados móveis de cana e, depois, de madeira. Para além de fixar as dunas, esta técnica tinha como objectivo conseguir a cobertura das sementes, para facilitar a sua germinação. Todavia, a obtenção de um coberto vegetal uniforme só foi conseguida com a utilização do “rapão” (manta morta em decomposição) como adubo, o que permitiu o desenvolvimento de variadas espécies, tendo outras sido semeadas com o mesmo objectivo, como o Tojo arnal (*Ulex europaeus* L.), o Estorno (*Ammophila arenária* L.), a Giesta (*Spartium junceum* L.), a Camarinha (*Corema album* L.) e o Sargaço (*Cistus monopeliensis* L.) (Pinto, 1939 a e b).

O ordenamento do pinhal começou em 1879, por acção do Engenheiro Silvicultor Bernardino Barros Gomes, que efectuou a divisão da Mata em talhões com dimensão de aproximadamente 36 ha cada e com aceiros de 5 m entre talhões. Os talhões foram numerados de 1 a 342, seguindo a orientação Este - Oeste e Norte - Sul. Assim, o talhão nº1 fica próximo da povoação da Vieira de Leiria (a Norte) e o último (342) a sul, junto de S. Pedro de Moel (Anexo 1). Esta divisão é a que ainda se encontra na Mata Nacional de Leiria (Pinto, 1939 b, DRABL, Sem data).

#### **2.4.2 – O uso actual do solo na Mata Nacional de Leiria**

A Mata Nacional de Leiria tem actualmente uma área total de 11 023 ha. A Mata tem como finalidade principal a exploração florestal intensiva, para produção de madeira de grande valor económico, a qual é efectuada em 8 685 ha. Na condução dos povoamentos de pinheiro bravo são efectuadas várias operações culturais durante a rotação (80 anos). O ordenamento florestal está distribuído por nove classes de uso, que correspondem a diferentes classes de idade de pinheiro bravo - 0-9 anos, 10-19 anos e assim sucessivamente até à classe de mais de 80 anos. Cerca de 68,5% da área de exploração florestal da Mata Nacional de Leiria é ocupada pelas classes de idade que vão dos zero aos trinta e nove anos de idade (Ferreira & Galante, 2005).

Após o abate, os talhões são objecto de uma sementeira (ano zero), dois anos após a qual é efectuada uma monda para orientação do pinhal. Ao décimo ano é efectuada uma limpeza na linha e na entre linha, para redução do número de árvores e controlo do mato. O primeiro desbaste é realizado aos 20 anos, sendo depois efectuados de 5 em 5 anos, até as árvores atingirem a classe de idade entre os 40-49 anos, altura em que é realizado o último desbaste, ficando apenas 250 árvores/ha (Soares, 2008). As árvores são resinadas à morte, isto é, a resinagem é realizada antes do abate, na classe de maior idade (Eng.<sup>o</sup> Octávio Ferreira, com. pessoal).

A ocorrência de fogos florestais na área de exploração de madeira da Mata Nacional de Leiria é rara, registando-se apenas fogos de pequena dimensão (5-10 ha/ano). Nos últimos 50 anos registaram-se 5 fogos com dimensões superiores a 10 ha, mas não com as proporções do ocorrido em Agosto de 2003, que devastou uma área de pinhal de aproximadamente 2 570 ha (Ferreira & Galante, 2005).

### 2.4.3 – Vegetação

Além do pinhal, que é explorado economicamente, existem ainda outras espécies sob coberto. Entre as mais abundantes figuram a Torga-ordinária (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), a Sargaça (*Halimium calycinum* (L.) K. Koch), o Sanganho-manso (*Cistus salvifolius* L.), o feto-ordinário (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), Tojo arnal-do-litoral (*Ulex europaeus* ssp. *Latebracteatus* L.). Existem ainda outras espécies mais raras como Tápsia (*Thapsia villosa* L.), o Folhado (*Viburnum tinus* L.) e a Salva-bastarda (*Teucrium scorodonia* L.).

## 2.5 – Metodologia de campo

### 2.5.1. - Selecção e amostragem dos solos

Os trabalhos preliminares incluíram um reconhecimento prévio da área da Mata e o estudo de diversos documentos (Silva & Batalha, 1859; Cabrita, 1956; Pinto, 1939 a), a fim de seleccionar áreas representativas das diferentes condições naturais, bem como da antiguidade das formações dunares e da sua fixação e da idade dos povoamentos instalados. Utilizaram-se, nomeadamente, as folhas nº 272 e 284 da Carta Militar de Portugal à Escala 1:25 000 (IGOE, 2003 a, b), o mapa dos talhões da Mata Nacional de Leiria (DRABL, sem data) (Anexo II), e

mapas preparados através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG, Arcview 9.2) a partir da digitalização das referidas folhas da Carta Militar, com curvas de nível equidistantes de 20 m e 40 m.

Nas áreas assim seleccionadas, foram observados e descritos morfologicamente 26 pédones, dispostos sensivelmente ao longo de dois transectos e distribuídos por vinte e dois talhões (Figura 4) e em diferentes classes de idade (Quadro 1). Para o efeito foram abertas covas de observação com uma profundidade compreendida entre os 2 e os 3 m, utilizando uma retro-escavadora.

**Quadro 1** – Pédones caracterizados, número do talhão em que se localizam, classes de idade do pinhal e altitude dos locais de observação.

Pédone	Talhão	Classes de Idade*	Altitude
		anos	m
PL1	T 215	60-79	83
PL3	T 214	60-79	83
PL4	T 153	10-19	62
PL5	T 153	10-19	59
PL12	T 322	60-79	87
PL13	T 323	60-79	87
PL14	T 323	60-79	87
PL15	T 323	60-79	87
PL16	T 303	10-19	46
PL18	T 298	10-19	73
PL19	T 295	10-19	123
PL20	T 278	60-79	78
PL21	T 278	60-79	78
PL22	T 258	60-79	79
PL23	T 64	10-19	34
PL24	T 100	20-39	55
PL6	T 96	40-59	54
PL2	T 214	60-79	83
PL8	T 96	40-59	54
PL10	T 96	40-59	54
PL25	T 78	40-59	49
PL26	T 22	Zona ardida**	49

\*Referentes ao ano 2000 (Ferreira & Galante *et al.*, 2005); \*\* - Agosto de 2003

A caracterização morfológica de todos os pédones foi efectuada com base na metodologia utilizada no Departamento de Ciências do Ambiente (CEPT, 1961 e 1967), tendo de seguida sido feita a amostragem de todos os horizontes.

### 2.5.2 - Identificação da vegetação

A identificação das espécies sob-coberto foi realizada na área envolvente aos pédones estudados, segundo o método semi-quantitativo de Braun-Blanquet (1965), em que se constroem tabelas fitossociológicas com o registo da abundância/dominância de cada uma das espécies existentes, através da atribuição de valores de 1 a 5, ou recorrendo ao símbolo (+), consoante a abundância da espécie identificada numa área de 100 m<sup>2</sup> (1 – Exemplares abundantes mas com fraco grau de cobertura; 2 – Cobertura entre 5% e 25 % daquela área; 3 – Cobertura entre 25% e 50% daquela área; 4 - Cobertura entre 50% e 75% daquela área; 5 – Cobertura maior que 75% daquela área; + - no caso de exemplares raros).

## 2.6 – Metodologia Laboratorial

### 2.6.1 - Preparação das amostras

As amostras de terra foram secas ao ar ou em estufa ventilada a uma temperatura nunca superior a 35 °C. Após secagem, a terra foi crivada por um crivo com malha de 2 mm, quantificando-se os elementos grosseiros (diâmetro > 2mm)

Em todas as amostras de material terroso foi determinado o teor de humidade por secagem em estufa a 105 °C até peso constante.

### 2.6.2 - Análise granulométrica

A análise granulométrica foi efectuada na terra fina ( $\emptyset < 2$  mm), após destruição da matéria orgânica com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 100 volumes. A dispersão foi efectuada com uma solução de hexametáfosfato/carbonato de sódio e agitação num agitador vai-vém durante 16 horas.

As fracções granulométricas consideradas foram as recomendadas pela *International Union of Soil Science* (Escala de Atterberg), que são areia grossa ( $2 > \emptyset > 0,2$  mm), areia fina ( $0,2 > \emptyset > 0,02$  mm), limo ( $0,02 > \emptyset > 0,002$  mm) e argila ( $\emptyset < 0,002$  mm).

A fracção areia grossa foi determinada por crivagem, as fracções limo e argila foram determinadas por sedimentação e pipetagem usando uma pipeta de Robinson e a areia fina por sedimentação e decantação. Os tempos de sedimentação foram calculados através da Lei de Stokes (Póvoas & Barral, 1992)

### **2.6.3 – Determinação do pH em H<sub>2</sub>O, KCl e NaF**

Os valores de pH (H<sub>2</sub>O) e pH (KCl) foram determinados numa suspensão solo:solução na proporção 1:2,5, usando-se para o efeito 10 g de terra fina, à qual foram adicionados 25 ml de água destilada para o pH (H<sub>2</sub>O), e 25 ml de uma solução de KCl 1 M para o pH (KCl). As suspensões foram preparadas uma hora antes da medição, tendo durante este período sido agitadas manualmente por diversas vezes (Póvoas & Barral, 1992).

A determinação dos valores de pH (NaF) foram efectuadas numa suspensão solo:solução, na proporção 1:50, utilizando-se 1 g terra fina a que se adicionaram 50 ml de solução de NaF 1 M (saturada) (Póvoas & Barral, 1992).

Os valores do pH (NaF) indicam a presença de alofana ou formas activas de alumínio quando são superiores a 9,5 unidades de pH. Esta determinação é usual em solos com características ândicas e em solos com horizontes espódicos (IUSS Working Group WRB, 2006).

Todas as determinações foram efectuadas pelo método electrométrico, com recurso a um potenciómetro digital Metrohm modelo 632.

### **2.6.4 - Determinação do carbono orgânico total (Corg) e do carbono pirofosfato (Cp)**

O carbono orgânico total (Corg) foi determinado na terra fina, por combustão por via húmida, pelo método de Springer & Klee, modificado por De Leenheer & Van Hove (1958). O método consiste na oxidação da matéria orgânica do solo em meio sulfúrico, a 157-160 °C, com um excesso de dicromato de potássio e na titulação, com sulfato ferroso, do volume de dicromato em excesso.

O mesmo procedimento foi utilizado para determinar o carbono orgânico contido em extractos obtidos com pirofosfato de sódio (Cp), nos quais, como adiante se refere, se fez a determinação de Fe, de Al e de Si.

A razão entre o carbono solubilizado pelo pirofosfato de sódio e o carbono orgânico total é considerada como um índice do grau de humificação da matéria orgânica do solo (Mokma & Buurman, 1982)

### **2.6.5 - Determinação do azoto total**

A determinação do azoto (Kjeldahl) foi efectuada recorrendo a um sistema de digestão, destilação e titulação Kjeltex (Auto 1030 Analyser), o qual se baseia no método Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982). O método consiste na mineralização dos constituintes do solo com ácido

sulfúrico, o qual transforma o azoto em amónio ( $\text{NH}_4^+$ ), que é fixado pelo excesso de ácido na forma de sulfato de amónio. Este por sua vez liberta amoníaco devido à acção de uma solução de hidróxido de sódio, sendo o amoníaco fixado numa solução de ácido bórico, na qual é titulado para calcular a quantidade de azoto existente na terra fina (Póvoas & Barral, 1992).

### **2.6.6 - Capacidade de troca catiónica e doseamento das bases de troca (Ca, Mg, K e Na)**

A capacidade de troca catiónica (CTC) é a quantidade máxima de catiões que o solo pode reter sob forma permutável a um determinado pH. As bases de troca incluem o cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), o magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), o potássio ( $\text{K}^+$ ) e o sódio ( $\text{Na}^+$ ).

A CTC e as bases de troca foram determinadas pelo método do acetato de amónio. O método consiste na percolação de amostras de solo com uma solução de acetato de amónio 1M ajustada a pH 7 para deslocamento dos catiões adsorvidos, os quais são depois quantificados por espectrofotometria de absorção atómica. O  $\text{NH}_4^+$  adsorvido é depois deslocado com uma solução de KCl e quantificado por destilação, correspondendo a sua quantidade ao valor da CTC (Póvoas & Barral, 1992).

Os resultados das determinações, tanto da CTC como das bases de troca, exprimem-se em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de terra fina.

### **2.6.7 - Determinação da acidez de troca (Acidez titulável)**

A acidez titulável (ou de troca) representa a quantidade de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  que se encontra adsorvida no complexo de troca. Para a sua determinação utiliza-se uma solução não tamponizada de KCl, que é deixada em contacto com a terra durante 60 minutos, e titula-se o extracto com NaOH para conhecer a acidez total extraída. O  $\text{Al}^{3+}$  é determinado nesta solução por retro-titulação com HCl, após adição de uma solução de HF. O  $\text{H}^+$  é calculado por diferença entre a acidez total e o  $\text{Al}^{3+}$  (Rhoades, 1982). Os resultados são expressos em  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de terra fina.

### **2.6.8 - Determinação fósforo e potássio extraíveis**

A determinação das concentrações de fósforo (P) e potássio (K) extraíveis foi efectuada pelo método de Egner-Riehm, por extracção destes elementos em 5 g de terra fina com uma solução de lactato de amónio e ácido acético (pH 3,7 - 3,8). A determinação do P foi feita por colorimetria, utilizando um aparelho Spectronic Unicam, ajustado a um comprimento de onda de

882 nm (Murphy & Riley, 1962), enquanto que o K foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) (Póvoas & Barral, 1992).

### **2.6.9 - Análise elementar total**

A análise elementar foi feita por dissolução de uma amostra de solo numa mistura tri-ácida [HNO<sub>3</sub> a 70%, HF a 48% e HCl concentrado (37%)], num forno de micro-ondas CEM-MDS 2000, durante 30 minutos, a 100 psi. O material assim dissolvido foi evaporado e redissolvido com HCl 3M, tendo o doseamento dos elementos sido feito por EAA.

### **2.6.10 - Determinação das formas livres de Ferro, Alumínio e Silício**

#### **2.6.10.1 – Método do Ditionito-Citrato de Sódio (Fed, Ald, Sid)**

Este método, desenvolvido por Mehra & Jackson (1960), consiste na extracção a quente dos elementos referidos, em 1 g de terra, com 200 mL de uma mistura de citrato de sódio e ditionito de sódio, tamponizada com bicarbonato de sódio (CBD). O método extrai a totalidade das formas de ferro existentes no solo: Fe complexado pela matéria orgânica, óxidos e hidróxidos cristalinos de Fe e formas de ferro de baixa cristalinidade (McKeague & Day, 1965). As formas de Al extraídas são bastante mal definidas, podendo ter várias origens, mas admite-se que este método extraia principalmente Al complexado pela matéria orgânica e ainda formas não cristalinas (Wada & Greenland, 1970; Mokma & Buurman, 1982).

O doseamento do Fe, do Al e do Si foi efectuado por EAA.

#### **2.6.10.2 – Método de Tamm (Alo, Feo, Sio)**

A extracção é efectuada em 1 g de terra com 200 mL de uma mistura de ácido oxálico e oxalato de amónio tamponizada a pH 3,2, por agitação durante 4 horas, ao abrigo da luz (Schwertmann, 1964). O doseamento do Fe e do Al e do Si foi efectuado por EAA.

Este método permite a extracção de um conjunto das formas complexadas e amorfas de Fe e Al, bem como de substâncias sílico-aluminosas amorfas ou mal cristalizadas do tipo alofana. Como na maioria dos casos os óxidos e oxi-hidróxidos cristalinos de Fe são preservados (Wada, 1989). O Alo e o Feo, representam a totalidade das formas não cristalinas destes elementos existentes no solo (Mokma & Buurmann, 1982).

### **2.6.10.3 - Método do pirofosfato de sódio**

O método do pirofosfato de sódio ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) extrai as formas de Fe e Al complexadas pela matéria orgânica e pequenas quantidades das formas não cristalinas (McKeague, 1967), extraindo também Si (Wada, 1989). Considera-se que o pirofosfato de sódio deixa praticamente intactos a alofana, a imogolite, os alumino-silicatos amorfos e as formas cristalinas de óxidos e hidróxidos de Fe e Al (Wada, 1989).

A determinação do Fe, Al e Si foi efectuada em 1 g de terra fina, à qual se adicionaram 100 mL de uma solução de pirofosfato de sódio 0,1 M, que foi agitada durante 16 horas no escuro. O doseamento do Al, Fe e Si foi efectuado por EAA. (Blakemore *et al.*, 1987).

### **2.6.11 - Alumínio extraível pelo KCl ( $\text{Al}_{\text{ext}}$ )**

O Al extraível pelo KCl foi extraído por agitação de uma suspensão solo:KCl 1M na proporção 1:50, durante uma hora, tendo o Al sido quantificado por EAA (Lucas & Sequeira, 1976).

O  $\text{Al}_{\text{ext}}$  é considerado facilmente permutável, existindo em complexos de esfera externa, isto é, está presente em posições de troca tanto de substâncias orgânicas como dos constituintes da fracção argilosa.

### **2.6.12 - Alumínio extraível pelo cloreto de lantânio ( $\text{LaCl}_3$ ) ( $\text{Al}_{\text{la}}$ )**

A determinação do Al pelo cloreto de lantânio ( $\text{LaCl}_3$ ), foi feita de acordo com a metodologia proposta por Hargrove & Thomas (1981). A extracção foi efectuada numa suspensão de 2,5 g de terra fina em 25mL de  $\text{LaCl}_3$  0,33 M, que foi agitada durante 30 minutos. O Al extraído foi quantificado por EAA. Para além do Al permutável, este extractante dissolve formas complexadas de muito baixa estabilidade. Assim, por diferença entre o Al extraído pelo  $\text{LaCl}_3$  ( $\text{Al}_{\text{la}}$ ) e o Al extraído pelo KCl ( $\text{Al}_{\text{ext}}$ ), obtem-se o Al ligado a formas lábeis de matéria orgânica ( $\text{Al}_{\text{b}}$ ). Em amostras com pouca matéria orgânica o Al calculado desta forma corresponde essencialmente a Al permutável.

### **2.6.13 - Alumínio extraível pelo cloreto de cobre ( $\text{CuCl}_2$ ) ( $\text{Al}_{\text{cu}}$ )**

A determinação do Al pelo cloreto de cobre ( $\text{CuCl}_2$ ) seguiu o método proposto por Juo & Kamprath (1979). A extracção foi efectuada numa suspensão de 2,5 g de terra fina em 25mL de

$\text{CuCl}_2$  0,5 M que foi agitada durante 30 minutos e deixada em repouso durante 12 horas. O Al extraído foi quantificado por EAA.

Este método extrai não só as formas de Al permutável e as complexadas de muito baixa estabilidade, mas também o Al de complexos orgânicos de estabilidade média a baixa. Deste modo, por diferença entre a quantidade de Al extraído pelo  $\text{CuCl}_2$  ( $\text{Al}_{\text{cu}}$ ) e pelo  $\text{LaCl}_3$  ( $\text{Al}_{\text{la}}$ ) obtem-se o Al ligado à matéria orgânica em complexos de estabilidade média (*inner sphere*) ( $\text{Al}_{\text{m}}$ ).

## 2.7 - Métodos estatísticos

A análise estatística dos resultados foi feita com o módulo de Estatística Básica (estatística descritiva, correlação, testes de significância) do programa Statistica 6.1 (da Statsoft 2006) e com o programa Excel (Office 2002 para Windows), no qual se organizaram os dados constantes deste trabalho.

## 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 - Características morfológicas, físicas e químicas dos solos

#### 3.1.1 - Características morfológicas

Os pédones estudados apresentam majoritariamente perfis em que apenas os horizontes A e C estão claramente definidos (Figura 5 C). Em alguns deles verifica-se, por vezes, a presença de horizontes mal expressos, com características de horizontes B e/ou E incipientes, isto é, com perfis de tipo A(E)C (Figura 5 D) ou A(E)(Bhs)C. Um número relativamente pequeno de pédones apresenta perfis de tipo AEBhsC (Figura 5 A e B), com todos os horizontes bem diferenciados. A morfologia destes últimos pédones evidencia, portanto, a existência de translocação de constituintes (especialmente constituintes orgânicos), que se acumulam no horizonte B e o cimentam, originando o que habitualmente se designa por “surraipa”.

O Anexo I inclui a descrição morfológica de alguns dos pédones mais representativos do conjunto observado.

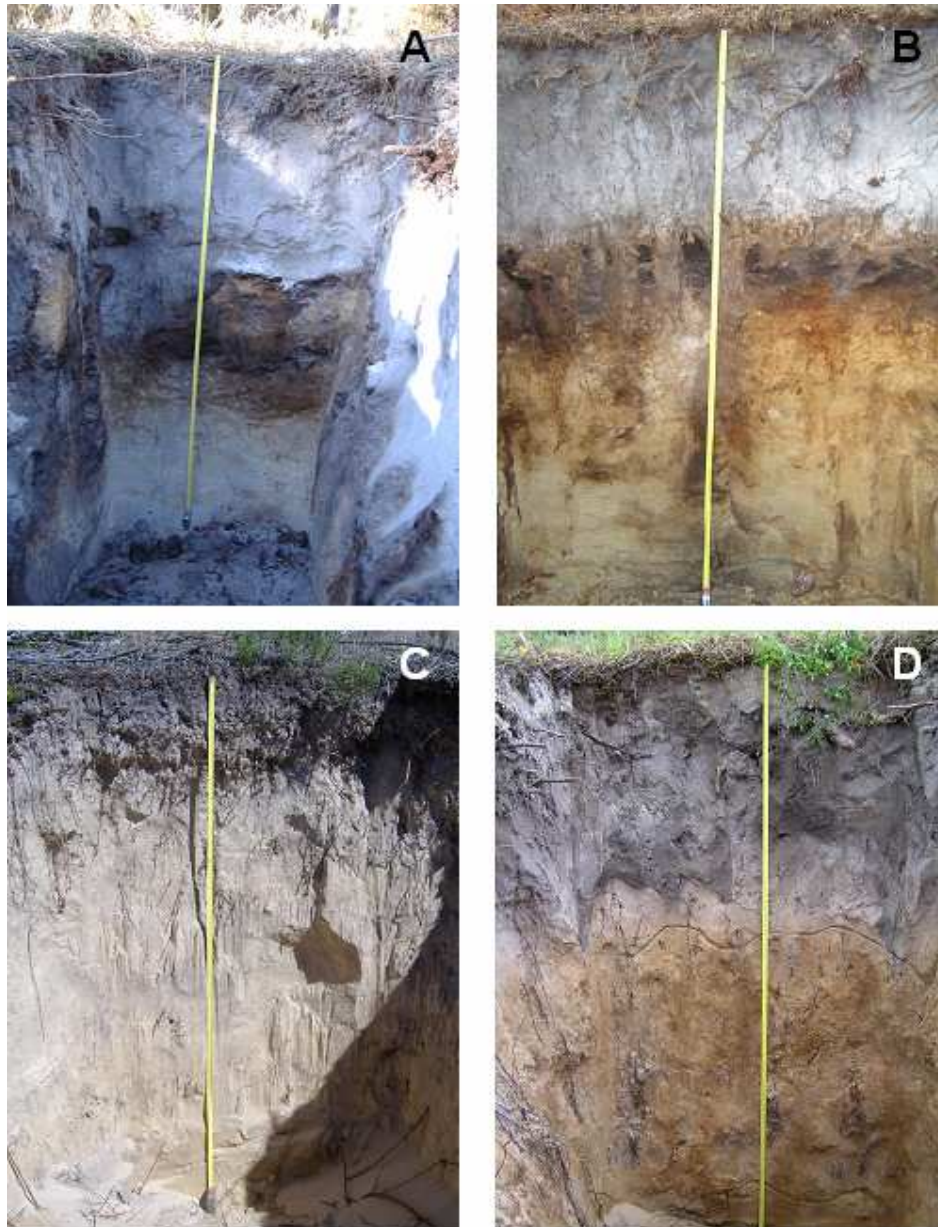
#### **Horizontes Ah**

As características dos horizontes Ah não diferem entre os diversos pédones. Geralmente têm cor escura, textura arenosa, praticamente sem elementos grosseiros (>2 mm) e sem agregação (soltos), e uma espessura entre 15 cm e 40 cm. Normalmente têm muitas raízes finas e muito finas ( $\emptyset < 1$  mm), algumas raízes médias ( $\emptyset 1-3$  mm), e algumas raízes grossas ( $\emptyset 3-15$  mm). Na sua maioria e atendendo à cor, estes horizontes podem ser subdivididos num horizonte Ah1 e num horizonte Ah2, um pouco mais claro.

#### **Horizontes E**

Alguns pédones têm horizontes E bem expressos. Nestes casos, alguns destes horizontes E apresentam uma espessura que pode chegar aos 80 cm, têm textura arenosa, cor pálida (parda ou acinzentada), e poucas ou raras raízes, a maior parte delas de grossura média

ou fina. A transição destes horizontes para os B é geralmente ondulada, por vezes com acentuada penetração em línguas no horizonte B (Figura 5 A, B e D).



**Figura 5** – Foto de 4 pédones estudados PL8 (A), PL25 (B), PL16 (C) e PL 15 (D).

### **Horizontes B**

Os horizontes B que apresentam iluviação de matéria orgânica são espessos (entre aproximadamente 40 cm e mais de 120 cm), e ocorrem a grande profundidade (com o topo a 90-100 cm da superfície, embora também possa aparecer a apenas 60 cm ou a mais de 1,5 m de

profundidade). São horizontes muito escuros, com manchas mais claras (pardas ou amareladas) que parecem mais pobres em compostos orgânicos. Ocasionalmente, estes horizontes podem apresentar cor pardo-avermelhada muito escura. São macios e duros ou mesmo extremamente duros, com raras raízes na sua parte superior e sem raízes na parte inferior.

Os restantes horizontes B (isto é, os incipientes), diferenciam-se do material originário por terem manchas escurecidas, ou por vezes de cor mais viva, que correspondem a zonas em que o material do solo apresenta coerência ligeiramente maior. Estes horizontes têm normalmente maior quantidade de raízes do que os anteriormente referidos, incluindo raízes grossas e muito grossas, e apresentam transição em geral gradual para o material originário.

### **Camadas C**

Estas camadas são constituídas por areia, raramente com elementos grosseiros boleados, e não se diferenciam texturalmente dos horizontes suprajacentes. Quase não têm raízes.

## **3.2 - Características físicas**

### **3.2.1 - Análise granulométrica**

Todos os horizontes dos solos estudados apresentam textura arenosa. A areia perfaz entre 899 e 999 g kg<sup>-1</sup>, sendo que a maior parte desta quantidade é areia grossa (2-0,2 mm), que representa entre 400 e 990 g kg<sup>-1</sup>, com teores médios de cerca de 850 g kg<sup>-1</sup>. Os teores de limo e de argila são por isso extremamente baixos e qualquer deles com valores que podem ser 0 em alguns pédones (Anexo III).

A variação dos teores de areia grossa e areia fina em profundidade é irregular, como se poderia esperar face à origem eólica do material originário destes solos. Os teores de limo também variam irregularmente ao longo do perfil, embora haja tendência para os teores mais baixos desta fracção se verificarem nos horizontes E, quando estes existem. O mesmo ocorre com a fracção argila, a qual, no entanto, tende a apresentar teores mais elevados nos horizontes B que se apresentam cimentados (Quadro 2).

**Quadro 2** – Valores médios da análise granulométrica (AT – areia total; AG – areia grossa; AF - areia fina; L – limo; Arg – argila) nos horizontes dos solos estudados da Mata Nacional de Leiria.

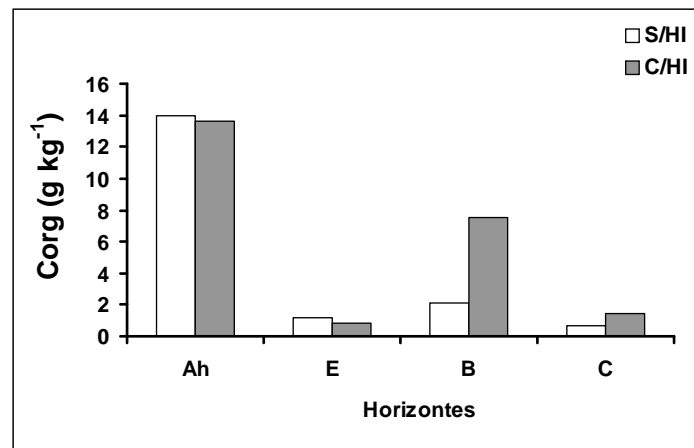
Horiz	n	Parâmetros estatísticos	AG	AF	L	Arg	AT
			-----g kg <sup>-1</sup> -----				
Ah	39	Média	847	130	14	8	977
		Desvio padrão	85	85	13	8	18
E	20	Média	853	136	7	4	989
		Desvio padrão	45	48	8	3	8
B	20	Média	824	151	11	14	975
		Desvio padrão	59	58	10	13	22
C	55	Média	866	121	8	6	986
		Desvio padrão	105	97	13	9	20

### 3.3 - Características químicas

#### 3.3.1 - Carbono orgânico

O teor de carbono orgânico (C org) determinado no conjunto dos pédones da região de estudo é em regra baixo, e apresenta variações muito acentuadas, especialmente nos horizontes superficiais, nos quais esses teores se situam entre 1,40 g kg<sup>-1</sup> e 54,64 g kg<sup>-1</sup> (Anexo III). Tais variações podem estar relacionadas tanto com a idade dos povoamentos existentes nos diversos talhões, como com as operações a que estes são periodicamente sujeitos, como abate dos pinheiros, limpeza da vegetação sob-coberto, ou remoção das camadas orgânicas (Madeira *et al.*, 2009). Nos casos em que os teores de Corg são mais baixos, algumas destas operações tinham sido realizadas pouco tempo antes da amostragem dos pédones.

Nos horizontes subjacentes o teor de Corg sofre uma diminuição, mas a variação segue padrões distintos, consoante a expressão do horizonte B (Figura 6). Na maior parte dos pédones observa-se uma diminuição de Corg com a profundidade, registando-se os valores mínimos nas camadas C, podendo haver um aumento muito ligeiro do teor de Corg quando exista um horizonte B incipiente (Figura 8, A e B). No entanto, nos pédones em que existem horizontes B iluviais bem diferenciados, ocorre uma distribuição bimodal do Corg, com um segundo máximo no horizonte B (Figura 6), verificando-se que os valores mais baixos ocorrem nas camadas C. O teor de Corg nos horizontes B apresenta um aumento de aproximadamente 9 vezes em relação aos horizontes E, o que evidencia a ocorrência de iluviação de matéria orgânica proveniente dos horizontes suprajacentes (Kimpe & McKeague, 1974; Barret, 1997).



**Figura 6-** Teores médios de carbono orgânico (Corg), nas diferentes camadas dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) analisados na área de estudo.

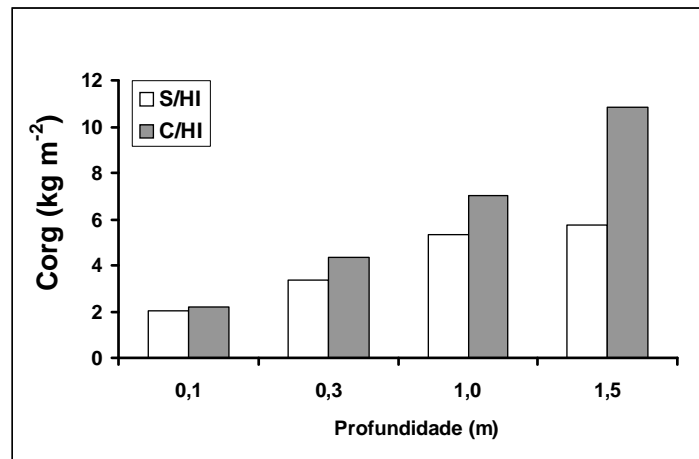
Nos pédones que apresentam horizontes iluviais bem desenvolvidos, os teores de Corg nestes horizontes variam entre cerca de 2 e 13 g kg<sup>-1</sup>, pelo que muitos deles apresentam valores superiores ao mínimo necessário (5 g kg<sup>-1</sup>) para poderem ser considerados espódicos segundo a WRB 2006 (Figura 8 C e D).

Em consequência da forma de distribuição em profundidade do Corg, a quantidade de Corg acumulada no solo a diversas profundidades apresenta diferenças muito relevantes (Figura 7). Assim, confrontando a quantidade de Corg acumulado nos solos em que a sua distribuição no perfil é “normal” (isto é, decrescente com a profundidade) com aqueles em essa distribuição é bimodal, verifica-se que:

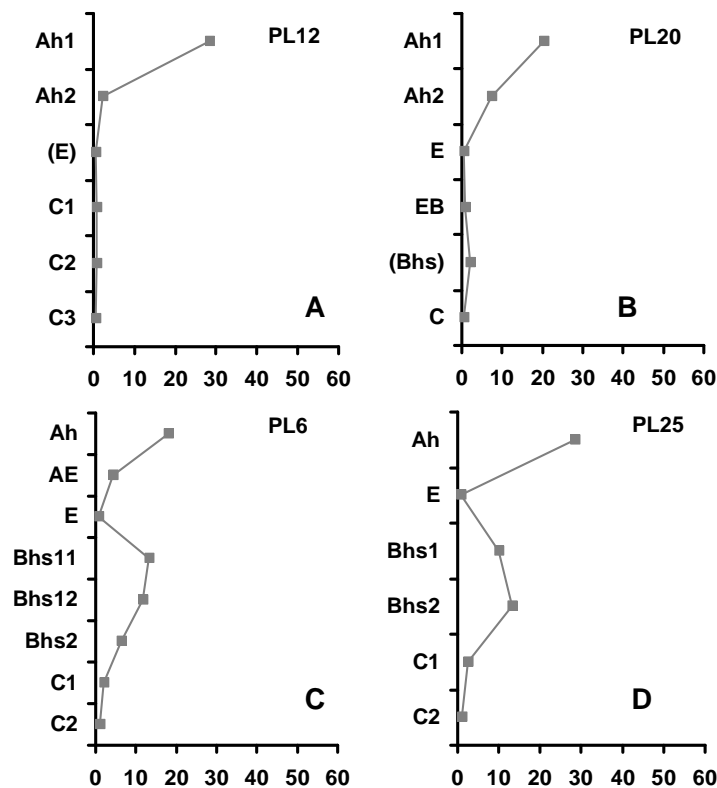
- a) Nos primeiros 10 cm de solo a quantidade de Corg acumulado é semelhante em ambos os grupos de pédones (S/HI e C/HI);
- b) Tanto aos 30 cm como aos 100 cm de profundidade, os pédones em que a distribuição é bimodal têm uma quantidade acumulada de Corg cerca de 1,3 vezes superior à dos outros pédones;
- c) Nos primeiros 150 cm de solo a diferença na quantidade acumulada de Corg aumenta para praticamente o dobro (1,9 vezes).

Esta acumulação de Corg nos horizontes sub-superficiais de alguns dos solos estudados é muito relevante. De facto, comparativamente com o Corg existente nas camadas superficiais, aquele corresponde a uma forma de sequestro bastante mais efectiva e menos susceptível de ser afectada pelas práticas culturais e pela forma de gestão dos resíduos orgânicos. Por outro lado, embora a quantidade de matéria orgânica existente nestes solos seja globalmente baixa, o papel que

desempenha no funcionamento destes é fundamental. Tratando-se de solos de textura arenosa, a MO representa praticamente a única fracção activa presente, e tanto a capacidade de retenção de água como a de nutrientes não podem deixar de estar fortemente dependentes da matéria orgânica presente.



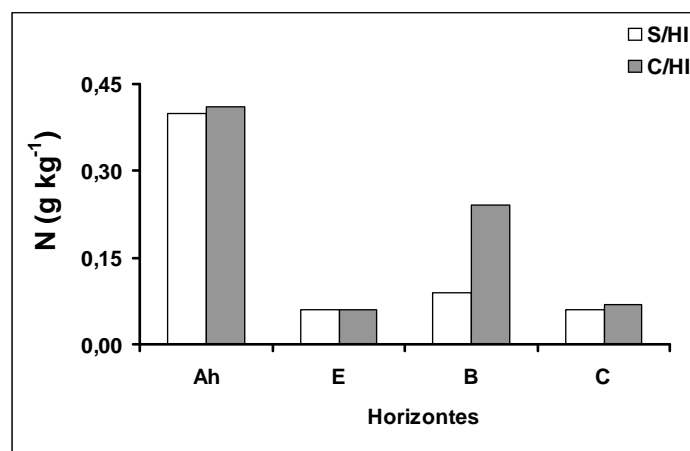
**Figura 7** – Quantidade acumulada de Corg até às profundidades de 0,1, 0,3, 1,0 e 1,5 m, dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI).



**Figura 8** – Teor de Corg nos pédones PL12 (A), PL20 (B), PL6 (C), PL25 (D) da Mata Nacional de Leiria.

### 3.3.2 - Azoto total e razão carbono/azoto

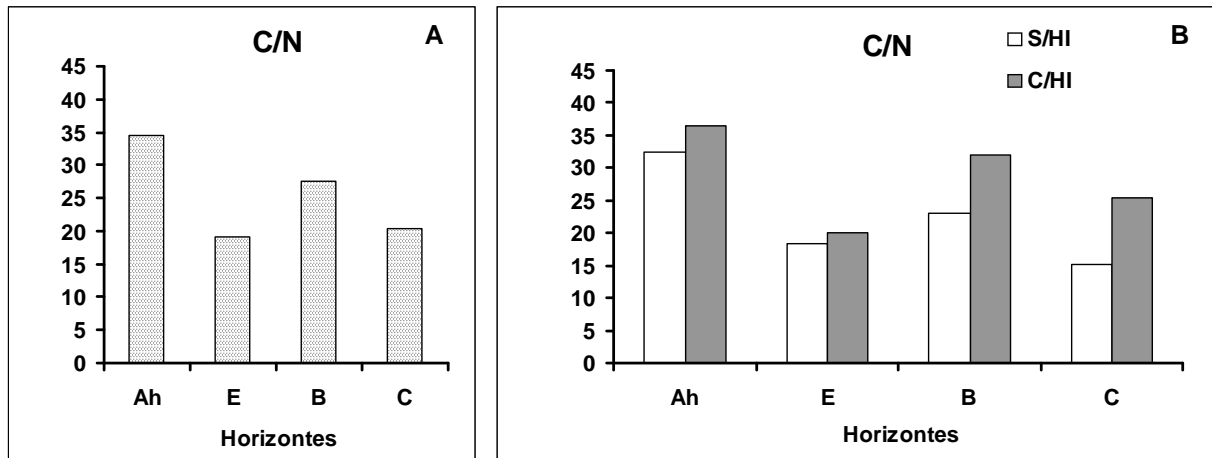
O teor médio de azoto total (N) determinado é também bastante baixo em todos os pédones (Figura 9), apresentando uma variação paralela com a do Corg. Assim, os teores médios de N nos pédones estudados são muito semelhantes entre todos eles nos horizontes Ah (cerca de  $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ ), nos E ( $0,06 \text{ g kg}^{-1}$ ) e nas camadas C ( $0,06\text{-}0,07 \text{ g kg}^{-1}$ ), diferindo apenas nos horizontes B em que o teor médio de N é  $0,06 \text{ g kg}^{-1}$  nos pédones que não apresentam horizonte iluvial e  $0,23 \text{ g kg}^{-1}$  nos restantes.



**Figura 9** – Teor médio de azoto nos solos sem horizonte (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.

O valor médio da razão carbono/azoto (C/N) diminui genericamente dos horizontes A ( $C/N \approx 34$ ) para os E ( $C/N \approx 19$ ), aumenta novamente nos B ( $C/N \approx 27$ ) e finalmente volta a diminuir nas camadas C ( $C/N \approx 20$ ) (Figura 10 A). Para além disso, verifica-se que a razão C/N é mais elevada nos solos que apresentam um horizonte iluvial de MO (em cujos horizontes A, E, B e C, a razão C/N é de 36,5, 20,1, 32,1 e 25,4 respectivamente), do que naqueles em que não há horizonte iluvial. Nestes, a razão C/N é respectivamente de 32,4, nos A, 18,3 nos E, 23,0 nos B e 15,2 nas camadas C. A diferença entre ambos os grupos de pédones é mais acentuada nos horizontes B e nas camadas C do que nos restantes horizontes (Figura 10 B).

A diferença assinalada sugere a existência de maior actividade biológica nos pédones em que não há eluviação de compostos orgânicos, nos quais os produtos da decomposição devem ser mais estáveis e menos sujeitos a translocação no perfil (Van Ranst *et al.*, 1997).



**Figura 10** – Valores médios da Razão C/N nos horizontes em todos os pédones estudados (A), bem como dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) (B) da Mata Nacional de Leiria.

## 3.4 - Complexo de Troca

### 3.4.1 - Capacidade de Troca Catiónica

Os valores da capacidade de troca catiónica (CTC) dos solos estudados são genericamente bastante baixos e apresentam uma variação muito irregular (Anexo III), especialmente nos horizontes superficiais. Como seria de esperar, os valores da CTC acompanham aproximadamente os teores de Corg, uma vez que, como atrás foi mencionado, o teor de argila dos diversos horizontes é extremamente baixo.

Assim, nos horizontes Ah, a CTC varia globalmente entre  $15,55 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e  $0,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Anexo III). Os valores da CTC baixam de forma acentuada nos horizontes E ( $0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , em média), nos quais não são muito diferentes dos encontrados nas camadas C (média de  $1,02 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) (Quadro 3). Nos horizontes B, como a variação da CTC acompanha a do Corg, os seus valores diferem claramente entre os dois grupos de pédones já mencionados. Isto é, naqueles em que há um horizonte iluvial bem expresso, o valor médio da CTC é de  $5,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , enquanto que nos restantes esse valor é apenas de  $1,1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Quadro 3).

**Quadro - 3** - Valores médios das bases de troca (Ca, Mg, K e Na), soma das bases (SBT), da capacidade de troca catiónica (CTC) e grau de saturação em bases (GSB), nos pédones sem horizonte iluvial e com horizonte iluvial da Mata Nacional de Leiria.

Horiz	Parâmetros estatísticos	n	Bases de troca				SBT	CTC	GSB
			Ca	Mg	K	Na			
			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						
<b>Pédones Sem horizonte iluvial (S/Hi)</b>									
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	25	1,16	0,31	0,04	0,04	1,55	4,72	31,70
	Desvio padrão		1,20	0,27	0,05	0,04	1,48	3,88	17,96
<b>(E)</b>	<b>Média</b>	9	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	0,72	14,56
	Desvio padrão		0,06	0,02	0,02	0,01	0,07	0,19	7,55
<b>(B)</b>	<b>Média</b>	4	0,01	0,01	0,04	0,01	0,07	1,14	7,64
	Desvio padrão		0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,50	5,91
<b>C</b>	<b>Média</b>	43	0,04	0,02	0,02	0,01	0,09	0,67	14,80
	Desvio padrão		0,05	0,01	0,02	0,01	0,06	0,24	10,91
<b>Pédones com horizonte iluvial (C/Hi)</b>									
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	14	0,94	0,25	0,03	0,04	1,26	4,27	24,38
	Desvio padrão		1,23	0,23	0,03	0,04	1,46	3,25	13,38
<b>E</b>	<b>Média</b>	11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,54	15,59
	Desvio padrão		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,39	13,28
<b>B</b>	<b>Média</b>	15	0,08	0,02	0,02	0,02	0,14	5,61	2,50
	Desvio padrão		0,14	0,02	0,02	0,03	0,16	2,94	2,25
<b>C</b>	<b>Média</b>	12	0,02	0,01	0,02	0,01	0,06	1,36	4,92
	Desvio padrão		0,02	0,01	0,01	0,00	0,03	0,59	2,37

### 3.4.2 – Bases de troca e grau de saturação em bases

Os pédones estudados são extremamente pobres em bases de troca. Com efeito, o valor médio mais elevado da soma das bases de troca (SBT) determinado nos pédones estudados é 1,55 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Quadro 3). Este valor corresponde a horizontes Ah, nos quais a decomposição da folhada assegura maior concentração de bases. A SBT decresce de forma acentuada mas irregular nos horizontes inferiores, e nota-se tendência para os pédones em que há expressão morfológica de processos de eluviação-iluviação apresentarem valores ligeiramente mais elevados ao nível dos horizontes iluviais do que nos horizontes E ou nas camadas C.

Em qualquer dos horizontes considerados, o Ca é o catião largamente dominante, sendo o K e o Na os que apresentam valores médios mais baixos, que estão, em ambos, compreendidos entre 0,04 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> à superfície e 0,01 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> inferiormente (Quadro 3).

Excepto no horizonte superficial, a amplitude da variação da concentração de bases de troca nos diversos pédones é, portanto, relativamente pequena. Apesar disso, tendo em conta os pequenos quantitativos envolvidos, as variações existentes podem ser de grande importância em termos nutricionais.

A variação espacial da concentração de bases (tanto consideradas individualmente, como através do seu somatório) nos pédones estudados é relativamente importante. Nos horizontes superficiais essas diferenças podem em parte ser explicadas pela variação do teor de MO, de cuja decomposição depende a devolução ao solo das bases contidas na biomassa. No entanto, noutros casos, a principal razão para tal variação deve ser as pequenas mas importantes diferenças de composição do material originário, devidas à eventual ocorrência de feldspatos potássicos e de plagioclasses sódicas (F. Monteiro, comunicação pessoal).

Os valores médios mais elevados do grau de saturação em bases verificam-se também à superfície com 31,7% e 24,4% (Quadro 3), nos solos sem e com horizonte iluvial, respectivamente. O valor mais baixo encontra-se nos horizontes B dos pédones com horizonte iluvial, nos quais o ligeiro aumento da SBT que aí se verifica não chega para compensar o aumento da CTC causado pela acumulação de MO. A extrema pobreza destes pédones em bases de troca está relacionada principalmente com a natureza do material originário, que é constituído maioritariamente por quartzo e, em muito menor proporção, por feldspatos potássicos e plagioclasses sódicas, que são de difícil alteração (F. Monteiro, comunicação pessoal). Por outro lado, a elevada permeabilidade do substrato e o excesso de água disponível para percolação também contribuem para a lixiviação intensa de bases. Por isso, apesar de a CTC destes pédones ser muito baixa, eles mostram-se muito insaturados.

## 3.5 – Reacção do solo

### pH (H<sub>2</sub>O)

Os valores médios extremos de pH (H<sub>2</sub>O) dos solos estudados oscilam entre 4,81 e 5,40 nos pédones que têm um horizonte iluvial e entre 5,10 e 5,47 (Quadro 4) naqueles em que tal horizonte não existe (Figura 11). À excepção das camadas C, em que o pH (H<sub>2</sub>O) de ambos os grupos de pédones é muito semelhante (5,40 e 5,47), os pédones com horizonte iluvial caracterizam-se por serem mais ácidos do que os restantes. Assim, os valores de pH dos horizontes Ah e B dos primeiros são, respectivamente, 4,81 e 4,92, enquanto que nos pédones que não têm horizonte iluvial esses valores são 5,21 e 5,17 (Quadro 4). É, portanto, nos horizontes a que correspondem níveis de Corg mais diferenciados que as diferenças de pH são mais acentuadas.

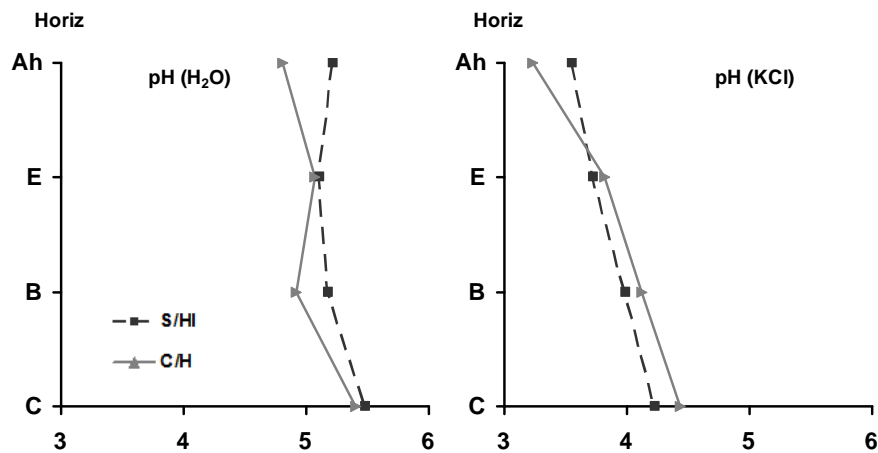
**Quadro 4** – Valores médios de pH (H<sub>2</sub>O e KCl) e ΔpH nos solos sem horizonte iluvial (S/Hi) e com horizonte iluvial (C/Hi) da Mata Nacional de Leiria.

Horiz	Parâmetros estatísticos	n	pH			ΔpH
			H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
<b>Sem Horizonte iluvial (S/Hi)</b>						
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	25	5,21	3,55	7,17	1,66
	Desvio padrão		0,68	0,50	0,27	
<b>(E)</b>	<b>Média</b>	9	5,10	3,72	7,33	1,38
	Desvio padrão		0,44	0,28	0,12	
<b>(B)</b>	<b>Média</b>	4	5,17	3,98	7,72	1,19
	Desvio padrão		0,23	0,21	0,52	
<b>C</b>	<b>Média</b>	43	5,47	4,22	7,57	1,25
	Desvio padrão		0,48	0,30	0,34	
<b>Com Horizonte iluvial (C/Hi)</b>						
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	14	4,81	3,23	7,36	1,58
	Desvio padrão		0,48	0,43	0,25	
<b>E</b>	<b>Média</b>	11	5,07	3,81	7,86	1,26
	Desvio padrão		0,36	0,28	1,02	
<b>B</b>	<b>Média</b>	15	4,92	4,12	9,75	0,80
	Desvio padrão		0,42	0,25	1,14	
<b>C</b>	<b>Média</b>	12	5,40	4,44	8,42	0,96
	Desvio padrão		0,36	0,25	0,72	

Esta diferença não pode, porém, ser explicada apenas pelo teor em MO, uma vez que no horizonte Ah tal teor é semelhante em ambos os grupos de pédones. Na verdade, os horizontes em que os valores de pH (H<sub>2</sub>O) diferem mais, são aqueles em que a razão C/N também é mais diferenciada, correspondendo os menores valores de pH aos horizontes com maior razão C/N. Por outro lado, verifica-se que a variabilidade do pH está também correlacionada com a quantidade de bases presentes nos diversos horizontes. De facto, entre os pédones em que os valores de pH são mais elevados, figuram aqueles em que a SBT é maior. A grande variação espacial nos valores de pH destes solos relaciona-se, portanto, com a variação do teor de Corg, da razão C/N e da SBT.

### pH (KCl)

Os valores de pH determinados em KCl são sempre mais baixos do que os determinados em água, sendo a diferença média entre ambos (ΔpH) mais reduzida nos pédones que têm horizontes iluviais (entre 1,58 nos horizontes Ah e 0,8 nos B) do que nos restantes (1,66 e 1,19, nos horizontes Ah e B, respectivamente), como se mostra na Figura 11. Para além disso, e diferentemente do verificado para o pH (H<sub>2</sub>O), a variação em profundidade do pH (KCl) é semelhante em todos os pédones, aumentando regularmente de 3,2 - 3,6 nos horizontes Ah para 4,2 - 4,4 nas camadas C (Quadro 4, Figura 11).



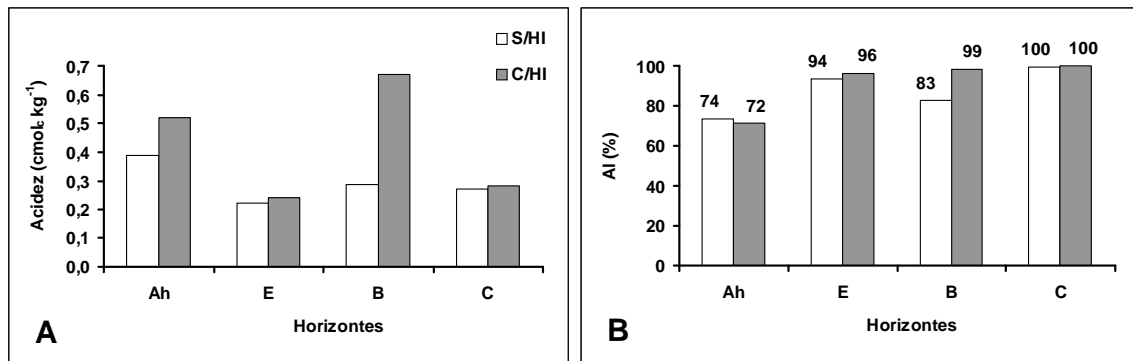
**Figura 11** – Valores médios de pH (H<sub>2</sub>O e KCl) nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/H) da Mata Nacional de Leiria.

### pH (NaF)

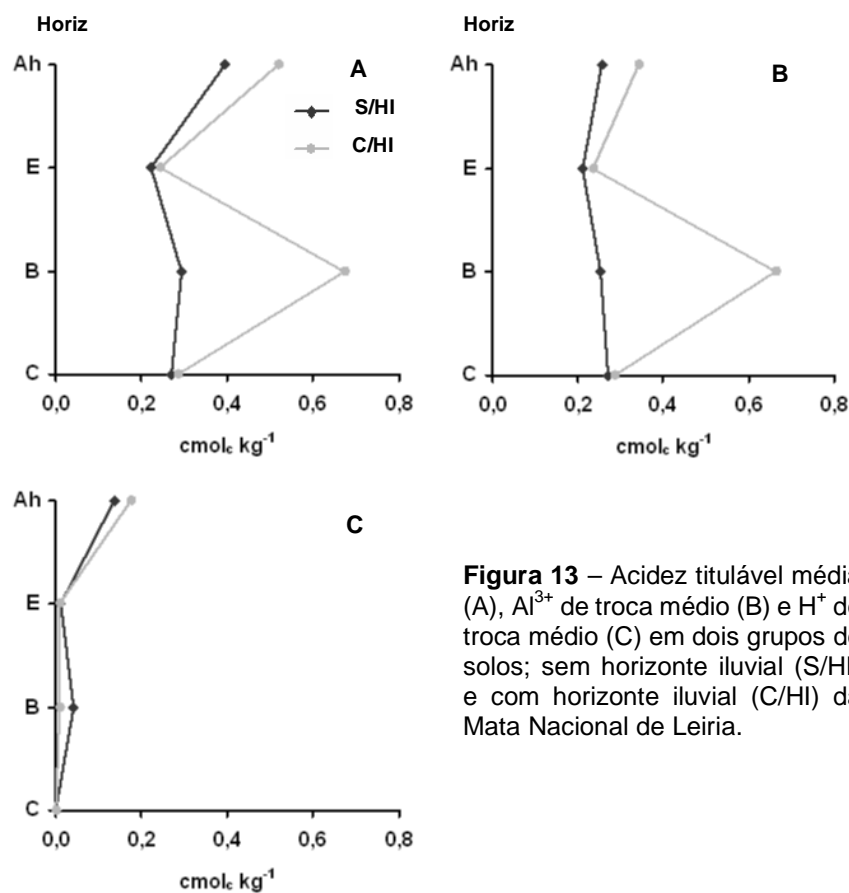
O valor do pH determinado em NaF nos horizontes B dos solos estudados varia na maioria dos casos entre 7 e 8 (Anexo III). No entanto, em seis dos pédones analisados, o valor determinado foi superior a 9,5 (Anexo III), indicando que nos mesmos poderão existir substâncias aluminosas activas de tipo alofana (IUSS Working Group WRB, 2006). Refira-se, aliás, que qualquer destes seis pédones exprime morfologicamente a ocorrência de processos de eluviação-iluviação através de um B iluvial cimentado.

## 3.6 - Acidez de troca (Acidez titulável)

Os valores médios da acidez titulável (ou de troca) nos solos estudados são mais elevados nos pédones que têm horizontes iluviais expressos do que nos restantes, em especial nos horizontes Ah e B. Nos que apresentam horizonte iluvial, os valores mais elevados observam-se nos horizontes B (0,67 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), enquanto que no outro grupo de pédones o valor máximo se encontra nos horizontes Ah (0,39 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). A acidez de troca determinada nos horizontes E e nas camadas C é muito semelhante em todos os pédones, variando entre 0,22 e 0,24 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Figura 12 A; Figura 13).



**Figura 12** – Valores médios da acidez titulável (A) e proporção de Alumínio (B) nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.



**Figura 13** – Acidez titulável média (A), Al<sup>3+</sup> de troca médio (B) e H<sup>+</sup> de troca médio (C) em dois grupos de solos; sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.

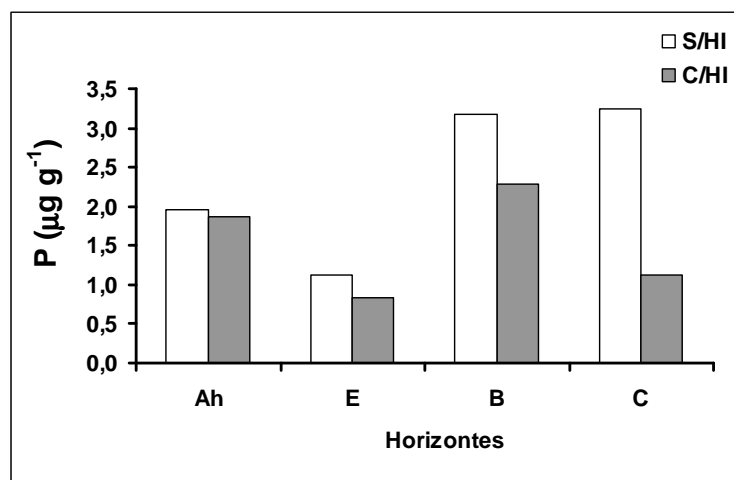
A acidez titulável destes pédones está principalmente ligada ao Al. Este catião representa quase 100% do total de Al+H na maior parte dos casos, e entre 72 e 74% daquele total nos horizontes Ah, cujos teores de MO são bastante mais elevados do que os dos outros horizontes (Figura 12 B).

Apesar das diferenças assinaladas, os níveis de Al de troca nestes pédones são bastante baixos e acabam por não ter influência muito marcada na diferenciação dos valores de  $\Delta\text{pH}$  entre os pédones que apresentam horizontes iluviais de MO e os restantes.

## 3.7 - Fósforo e Potássio extraíveis

### Fósforo extraível

Os teores médios de fósforo extraível (P) nos pédones estudados são baixos. Observa-se que os teores médios mais elevados ocorrem nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) estando compreendidos entre 1,12 e 3,24  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , enquanto que nos pédones com horizontes iluviais (C/HI) estes teores são ligeiramente mais baixos e variam de 0,84 até 2,29  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Figura 14). Nos horizontes Ah e E os teores de P são muito idênticos tanto nos pédones sem horizonte iluvial como nos com horizonte iluvial. Nos horizontes B (3,18  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) e C (3,24  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) dos pédones sem horizonte iluvial é onde se observam os teores mais elevados de P (Figura 15).



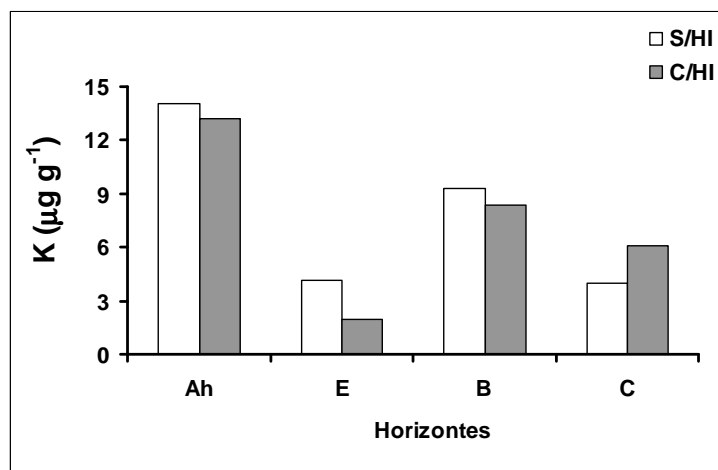
**Figura 14** – Teores médios de fósforo extraível nos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.

### Potássio extraível

Os teores médios de potássio extraível (K) são bastante baixos em todas as camadas dos pédones estudados. Observa-se que os teores médios de K, nos horizontes Ah, E e B (14,09, 4,11 e 9,32  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente) dos pédones sem horizonte iluvial, são mais elevados do

que os dos pédones com horizonte iluvial (13,24, 1,95 e 8,33  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente) (Figura 15). Nas camadas C verifica-se o contrário, isto é, os pédones com horizonte iluvial apresentam um teor médio de K mais elevado com 6,11  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , do que os pédones sem horizonte iluvial, em que aquele valor é de 3,97  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Figura 15).

Tanto nos pédones sem horizonte iluvial como nos com horizonte iluvial, se verifica que há uma diminuição dos teores de K em profundidade, com os horizontes Ah a apresentarem os maiores teores. Litvinovich *et al.* (2006) em Solos Podzolizados sob coberto de floresta de *Pinus glabra* Walter, na Rússia, também observou que os teores de K, neste tipo de solos eram bastante baixos e que apresentava um decréscimo com o aumento da profundidade.



**Figura 15** – Teores médios de potássio extraível nos solos sem horizonte iluvial (S/Hi) e com horizonte iluvial (C/Hi) da Mata Nacional de Leiria.

### 3.8 - Reserva Total em Bases

A reserva total em bases corresponde ao somatório dos valores de Ca, Mg, K e Na, determinados por análise total elementar da terra fina.

A reserva total em bases (RTB) nos pédones observados é bastante baixa, como o demonstram os valores médios respeitantes aos diversos horizontes, como se mostra no Quadro 5.

As maiores concentrações médias dizem respeito ao K e ao Na, cujos totais variam entre 11,2 e 25,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  no caso do primeiro e entre 5,2 e 21,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  no do Na (Quadro 5). As quantidades de Ca são bastante inferiores a estas (entre 1,7 e 3,7  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) e as de Mg ainda mais baixas (entre 0,8 e 1,7  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ).

A variação da RTB nos diversos horizontes é relativamente grande, mas não obedece a um padrão definido (Anexo III, Anexo V). O Ca e o Mg apresentam valores mais elevados nos horizontes superficiais (aproximadamente 2 a 4  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  para o Ca e entre 1,0 e 1,4  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  para o Mg), mas as quantidades contidas nos restantes horizontes não são muito diferentes entre os diversos pédones (entre 1,7 e 2,7 no caso do Ca e entre 0,8 e 1,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  no do Mg). Em qualquer destes casos se verifica que a maior concentração existente nos horizontes Ah resulta da contribuição das bases de troca. As quantidades de K são genericamente mais baixas nos pédones que têm horizonte iluvial (entre 11,2 e 14,7  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) do que nos restantes (entre 14,4 e 25,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ). A sua variação entre horizontes é também irregular - vê-se, por exemplo, que nos horizontes (B) dos pédones que não apresentam horizonte iluvial a quantidade determinada (25,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) é claramente superior à dos outros horizontes. Por sua vez, as quantidades de Na também são genericamente inferiores nos pédones que têm horizonte iluvial (entre 5,2 e 8,5  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) do que nos outros (entre 7 e 21,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ). A variabilidade do Na entre horizontes é ainda maior do que a dos outros catiões, verificando-se, por exemplo, que as concentrações máxima e mínima de Na em cada um dos grupos de pédones (com e sem horizonte iluvial) acontecem a profundidade muito distinta.

**Quadro 5** – Quantidades médias de cálcio, magnésio, potássio e sódio da RTB nos horizontes dos solos sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.

	Parâmetros estatísticos	n	RTB			
			Ca	Mg	K	Na
			----- $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ -----			
<b>Sem Horizonte iluvial</b>						
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	25	3,73	1,37	15,98	21,22
	Desvio padrão		2,07	0,88	4,92	25,56
<b>(E)</b>	<b>Média</b>	9	2,03	0,90	16,02	13,32
	Desvio padrão		0,71	0,26	5,53	8,86
<b>(B)</b>	<b>Média</b>	4	2,66	1,06	25,23	6,79
	Desvio padrão		0,63	0,43	2,17	0,69
<b>C</b>	<b>Média</b>	43	2,06	1,03	14,44	15,90
	Desvio padrão		1,16	0,59	5,26	15,91
<b>Com Horizonte iluvial</b>						
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	14	2,37	0,87	11,17	5,24
	Desvio padrão		1,27	0,52	4,55	1,07
<b>E</b>	<b>Média</b>	11	1,77	0,80	13,73	6,07
	Desvio padrão		1,27	0,66	6,69	2,16
<b>B</b>	<b>Média</b>	15	2,18	1,08	12,67	8,46
	Desvio padrão		1,20	0,57	5,18	4,15
<b>C</b>	<b>Média</b>	12	1,72	1,19	14,63	6,70
	Desvio padrão		1,20	0,93	10,05	3,58

A variação da RTB entre pédones é também muito grande. Assim, por exemplo, tanto os teores de Ca como os de Mg podem apresentar variações da ordem de 1:5; nos de K essa variação pode ser de 1:3 e os de Na de 1:10. No entanto, a RTB dos pédones que apresentam horizonte iluvial é de uma forma geral sempre mais reduzida do que a dos restantes pédones.

Os valores da RTB destes solos e a sua variação entre pédones e entre horizontes reflectem sobretudo a heterogeneidade espacial (superficial e vertical) da composição mineralógica das areias de duna que constituem o material originário destes pédones e, em menor escala, a quantidade de MO neles acumulada. Embora estas areias sejam constituídas quase totalmente por quartzo, encontram-se também pequenas quantidades de feldspatos potássicos e de plagioclasas sódicas (F. Monteiro, comunicação pessoal), que são a fonte do K e da maior parte do Na determinados. É provável que a quantidade deste último seja ainda bastante influenciada por entradas via atmosfera. Os totais de Ca e o Mg, por seu lado, pouco excedem os valores correspondentes às formas permutáveis, pelo que devem provir essencialmente da reciclagem da MO, pois as areias da região são praticamente desprovidas de outros minerais para além dos referidos.

## 3.9 - Formas de Ferro, Alumínio e Silício

Os resultados obtidos por extracção selectiva do Fe e do Al com os extractantes referidos em 3.9 estão indicados no Quadro 6 e nas Figuras 16 e 17.

### 3.9.1 - Formas de ferro

#### *Oxalato, Pirofosfato e DCB*

De uma forma geral, a quantidade total de Fe extraído por qualquer dos métodos utilizados nos pédones estudados é bastante baixa, especialmente nos pédones que não têm horizontes iluviais.

Nestes pédones (sem horizontes iluviais), a quantidade de Fe extraída por qualquer dos métodos tende a diminuir com a profundidade até ao horizonte B, aumentando novamente nas camadas C (0,16 g kg<sup>-1</sup> para o Fed) para níveis próximos dos que se encontram à superfície (0,15 g kg<sup>-1</sup> também para o Fed) (Figura 16). A distinção entre as diferentes formas de Fe presentes nestes pédones é praticamente impossível, uma vez que o teor de qualquer delas é muito baixo (sempre inferior a 0,16 g kg<sup>-1</sup>) (Quadro 6, Figura 16).

**Quadro 6** - Quantidade média de ferro (Fe), alumínio (Al) e silício (Si) extraídos pelos métodos do oxalato (o), Alo + 1/2 Feo \*, do DCB (d) e do pirofosfato (p), e nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial e com horizonte iluvial da Mata Nacional de Leiria.

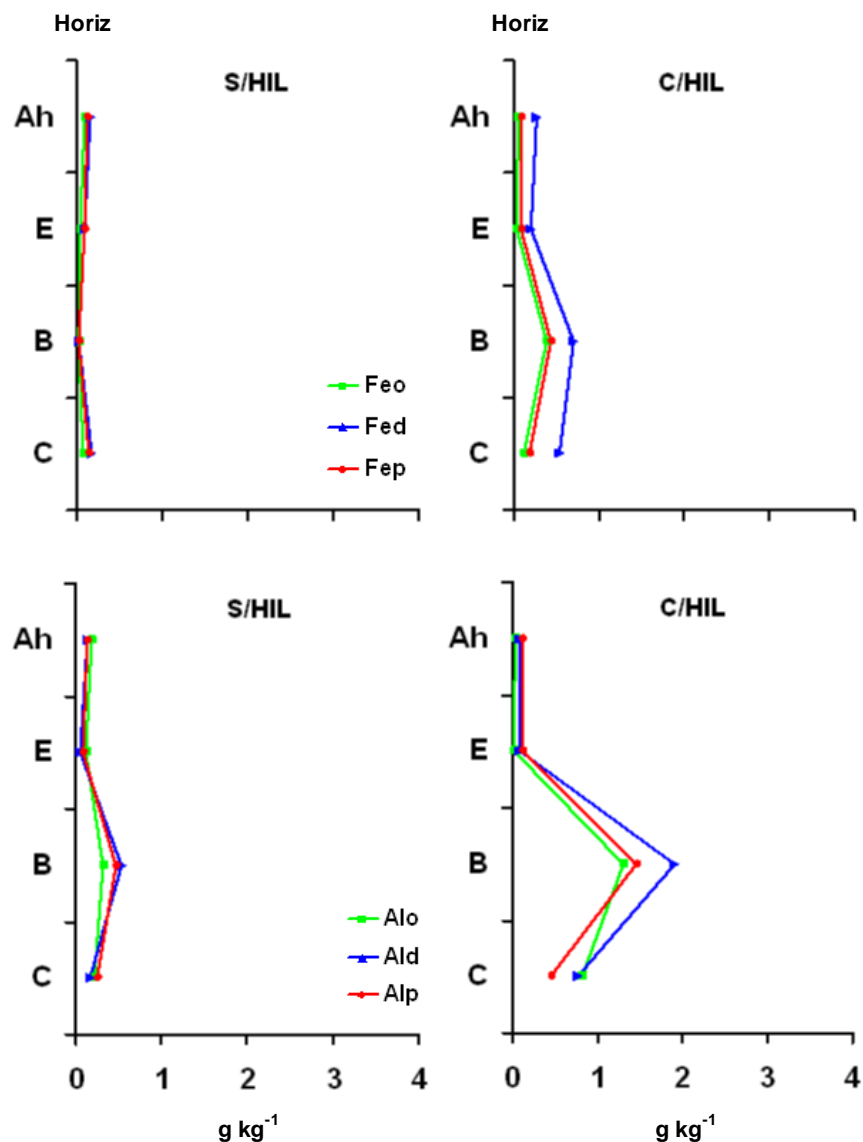
Horiz	Parâmetros estatísticos	n	Oxalato			DCB			Alo+1/2Feo	Pirofosfato		
			Fe	Al	Si	Fe	Al	Si		Fe	Al	Si
g kg <sup>-1</sup>												
<b>Sem Horizonte iluvial (S/HI)</b>												
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	25	0,09	0,19	0,72	0,15	0,13	0,72	0,23	0,11	0,14	0,18
	Desvio padrão		0,07	0,25	0,65	0,10	0,09	0,66	0,27	0,08	0,08	0,17
<b>(E)</b>	<b>Média</b>	9	0,03	0,12	0,56	0,09	0,05	0,58	0,14	0,08	0,09	0,18
	Desvio padrão		0,05	0,21	0,70	0,08	0,03	0,71	0,23	0,07	0,07	0,19
<b>(B)</b>	<b>Média</b>	4	0,02	0,31	0,65	0,02	0,53	0,41	0,32	0,02	0,46	0,23
	Desvio padrão		0,03	0,24	0,31	0,03	0,34	0,09	0,24	0,02	0,29	0,17
<b>C</b>	<b>Média</b>	43	0,07	0,21	0,74	0,16	0,16	0,64	0,24	0,13	0,25	0,42
	Desvio padrão		0,08	0,24	0,58	0,10	0,10	0,74	0,26	0,09	0,11	0,27
<b>Com Horizonte iluvial (C/HI)</b>												
<b>Ah</b>	<b>Média</b>	14	0,05	0,04	0,52	0,26	0,08	0,93	0,06	0,09	0,11	0,19
	Desvio padrão		0,06	0,05	0,79	0,14	0,09	1,23	0,06	0,10	0,11	0,16
<b>E</b>	<b>Média</b>	11	0,03	0,02	0,55	0,20	0,09	1,02	0,09	0,09	0,12	0,22
	Desvio padrão		0,05	0,04	0,99	0,16	0,13	1,28	0,18	0,13	0,17	0,20
<b>B</b>	<b>Média</b>	16	0,38	1,31	1,03	0,71	1,90	0,82	1,48	0,44	1,46	0,75
	Desvio padrão		0,41	0,98	1,10	0,72	1,38	1,16	1,08	0,41	1,02	0,60
<b>C</b>	<b>Média</b>	12	0,12	0,83	1,14	0,54	0,77	0,63	0,76	0,18	0,45	0,33
	Desvio padrão		0,21	0,93	1,30	0,61	0,55	1,26	0,95	0,25	0,37	0,29

\* Critério da WRB 2006 para a identificação de horizontes espódicos

Nos pédones que apresentam evidência morfológica de iluviação, o Fe extraído por qualquer dos métodos tende a apresentar o seu valor mínimo nos horizontes E, registando-se o máximo nos horizontes B (quase sempre na sua parte superior), nos quais a quantidade de Fe presente é muito mais elevada do que a extraída nos pédones sem horizonte iluvial (Anexo IV). Todavia, as quantidades de Fe extraídas nos horizontes Ah e E e nas camadas C dos pédones que têm horizonte iluvial são também muito baixas e, à excepção do Fe extraído pelo DCB (Fed), não se diferenciam das dos pédones em que não se verifica a ocorrência de processos de iluviação.

No que respeita à quantidade média das diferentes formas de Fe extraídas nos pédones em que há horizontes iluviais, as formas cristalinas de ferro (estimadas pela diferença entre o Fed e o Feo) estão em maior quantidade do que as formas amorfas em todos os horizontes, excepto no B, no qual estas últimas dominam. De facto, o valor médio da razão Feo/Fe(d-o) é 0,21 nos horizontes Ah, 0,20 nos E e 0,28 nas camadas C, passando a 1,16 nos horizontes B (Figura 16). As quantidades de Fep e de Feo determinadas nos horizontes Ah e E e nas camadas C são muito pequenas (sempre inferiores a 0,2 g kg<sup>-1</sup>) e, por isso, dificilmente comparáveis. Nos horizontes B essas quantidades são mais elevadas, apresentando o Feo aproximadamente o mesmo nível de

grandeza do Fep (respectivamente 0,38 e 0,44 g kg<sup>-1</sup>) (Quadro 6 e Figura 16). Dado o paralelismo da distribuição do Fe e da MO em profundidade, o facto de os valores de Fep e Feo serem muito próximos pode indicar que as formas não cristalinas de Fe presentes no B iluvial destes pédones são principalmente as ligadas à MO (Bruckert, 1979; Higashi *et al.*, 1981). Pode no entanto colocar-se alguma reserva a esta conclusão, uma vez que o pirofosfato, para além de poder peptizar partículas muito finas de óxidos hidratados de ferro amorfo, é capaz de extrair também formas cristalinas (Madeira & Jeanroy, 1984; Parfitt & Childs, 1988).



**Figura 16** – Distribuição da quantidade média de ferro (Fe) e de alumínio (Al) extraída pelos métodos do oxalato (o), do DCB (d) e do pirofosfato (p) nos horizontes dos pédones sem horizonte iluvial (S/HI) e com horizonte iluvial (C/HI) da Mata Nacional de Leiria.

## 3.9.2 - Alumínio

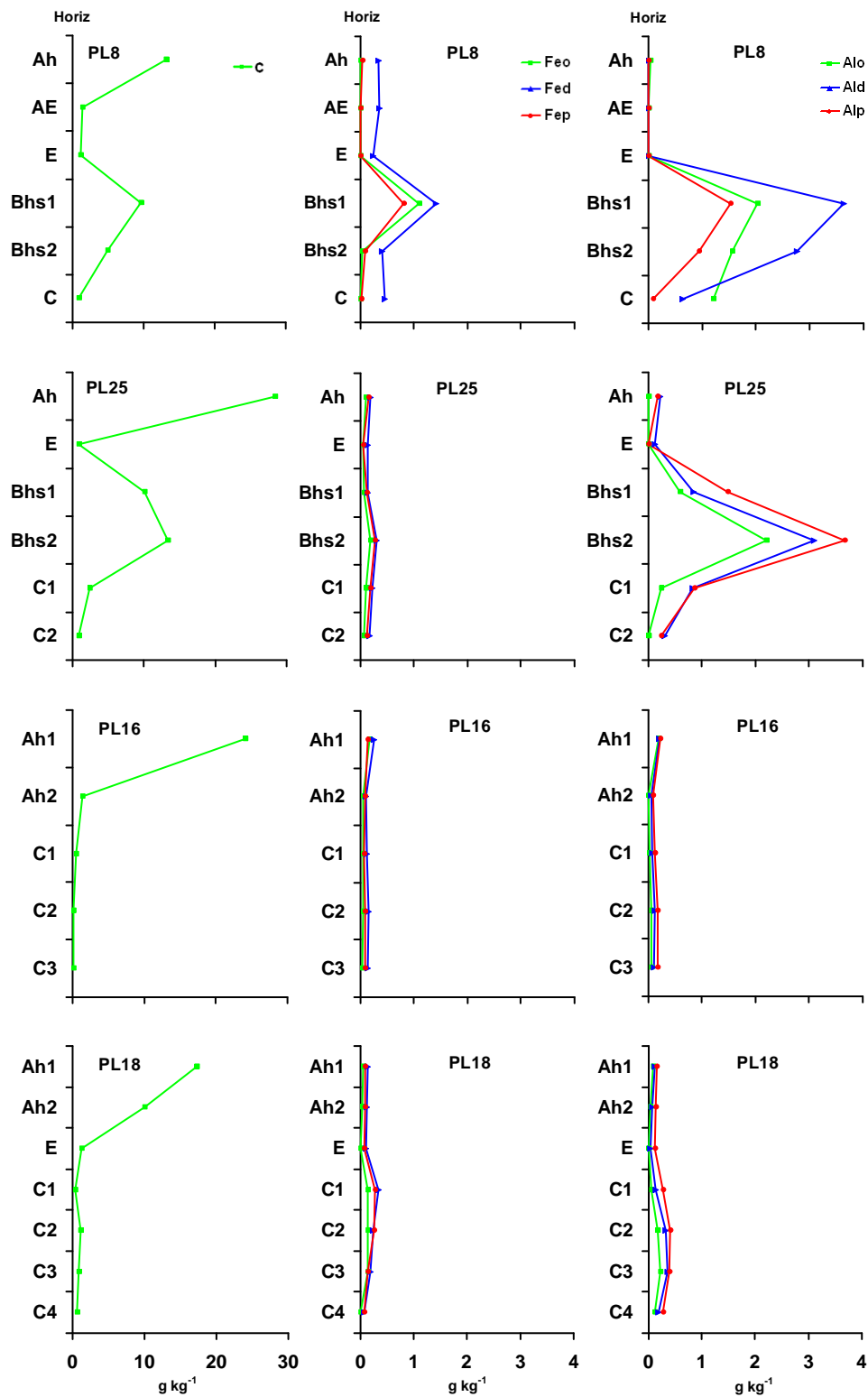
### 3.9.2.1 - Oxalato, Pirofosfato e DCB

A caracterização das formas aluminosas no solo é bastante complexa. Embora qualquer dos extractantes comumente utilizados para o efeito extraíam principalmente formas de Al ligadas à MO, muitas vezes verificam-se diferenças acentuadas entre os níveis de Al extraídos por cada um deles. O facto de operarem a distintos valores de pH (entre 3,2 e 10), faz com que eles possam apresentar diferente capacidade de solubilização, tanto dos complexos alumino-orgânicos, como de pequenas quantidades de outras formas de Al, nomeadamente formas amorfas ou de baixa cristalinidade, ou mesmo de minerais primários, como as micas, que, embora em quantidades mínimas, ocorrem nos pédones estudados. A interpretação dos resultados pode ser ainda mais dificultada por possíveis interacções entre o Al e outros elementos, nomeadamente o Fe, que podem também modificar a solubilidade das formas aluminosas complexadas. O Al extraído pelo DCB (Ald) é geralmente menos afectado por essas variações e por isso considerado mais representativo das formas de Al ligadas à MO (Wada & Greenland, 1970; Mokma & Buurman, 1982).

Nos pédones estudados, a quantidade de Al extraída por estes métodos é pouco diferenciada, especialmente nos horizontes Ah e E, mas as quantidades extraídas seguem sempre a ordem Ald>Alp>Alo.

A quantidade média de Al extraído por qualquer dos métodos utilizados é em geral muito baixa nos horizontes Ah e E e nas camadas C da generalidade dos pédones estudados, sendo o valor mais elevado (Ald) de  $0,77 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 16). Nos horizontes B dos pédones em que não há horizonte iluvial, o valor médio mais baixo corresponde ao Alo ( $0,31 \text{ g kg}^{-1}$ ), sendo os do Ald e do Alp de  $0,53 \text{ g kg}^{-1}$  e de  $0,46 \text{ g kg}^{-1}$ , respectivamente (Quadro 6). Nos pédones que apresentam horizonte iluvial as quantidades médias extraídas por cada um dos métodos segue a mesma ordem, correspondendo ao Alo  $1,31 \text{ g kg}^{-1}$ , ao Alp  $1,46 \text{ g kg}^{-1}$  e ao Ald  $1,90 \text{ g kg}^{-1}$  (Quadro 6).

Assim, verifica-se que, independentemente do método utilizado, as quantidades de Al extraídas são mais elevadas nos horizontes sub-superficiais em que há acumulação de MO e, em especial, naqueles em que essa acumulação é mais marcada. Deste modo, ao contrário do que tende a suceder com o Fe, a acumulação do Al em profundidade não se verifica apenas nos pédones que têm horizontes iluviais bem expressos, embora nestes ela seja muito mais acentuada.



**Figura 17** – Distribuição do teor de carbono orgânico, da quantidade de ferro e alumínio (determinados pelos métodos do oxalato (o), DCB (d) e do pirofosfato (p), nos pédones PL8, PL25, PL16 e PL18.

Tal como com o Fe, os valores mais elevados de Al extraído por qualquer dos métodos verificam-se à profundidade de maior acumulação de MO (Figura 17). Não se verifica, portanto, diferenciação em profundidade entre o Al e do Fe, como muitas vezes acontece em solos sujeitos a uma evolução podzolizante (Jersak *et al.*, 1995), embora a falta de diferenciação entre aqueles elementos não seja também incomum nestes mesmos solos (Ugolini & Dahlgren, 1987; Gusmão & Madeira, 1986). Essa diferenciação resulta da maior mobilidade do Al relativamente ao Fe em ambiente podzolizante. Nos solos estudados, isto pode ser comprovado em pédones com horizontes pouco diferenciados, em que a acumulação sub-superficial de MO é muito ligeira. É, por exemplo, o caso do pédone PL18 (Figura 17, Anexo IV), em que o Fe foi extraído em quantidades muito pequenas numa camada que antecede aquela em que há uma ligeira acumulação de Corg no perfil, enquanto que as formas de Al extraídas apresentam máximos, seja no nível com mais Corg (Ald), seja no imediatamente abaixo (Alo e Alp).

Os resultados da extracção do Fe e do Al pelos métodos referidos põe em evidência que nenhum dos horizontes sub-superficiais dos pédones estudados (incluindo aqueles em que foi observada uma distribuição bimodal do Corg) cumpre o requisito  $Al_{0+1/2}Fe_{0} > 5 \text{ g kg}^{-1}$  (Quadro 6), o qual é um dos critérios (ainda que alternativo) a considerar para a definição de um horizonte como espódico (IUSS Working Group WRB, 2006). Este facto reflecte o papel principal da iluviação de MO no desenvolvimento de Solos Podzolizados na região de estudo e confirma observações semelhantes feitas em solos desta natureza, em regiões em que a podzolização tem um carácter intrazonal (Buurman & Jongmans, 2002).

### 3.9.2.2 - KCl, LaCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>

Dada a pouca especificidade do oxalato, do DCB e do pirofosfato como extractantes do Al associado à MO, foram também feitas extracções deste elemento com o cloreto de lantânio e o cloreto de cobre num conjunto de 12 pédones considerados representativos do total amostrado.

Estes extractantes têm sido usados para avaliar o Al ligado a formas orgânicas em complexos de diferente estabilidade (e, portanto de diferente mobilidade). Considera-se que o KCl extrai o Al adsorvido no complexo de troca ( $Al_{ext}$ ), o Al LaCl<sub>3</sub> extrai o Al de troca e o dos complexos alumino-orgânicos mais lábeis ( $Al_{la}$ ), enquanto que o CuCl<sub>2</sub> ( $Al_{cu}$ ) é capaz de extrair não só as formas já mencionadas, mas também o Al de formas complexadas de baixa e média estabilidade. Desta forma, a diferença entre o Al extraído pelo LaCl<sub>3</sub> e pelo KCl corresponde ao Al em formas orgânicas muito lábeis e mais móveis (aqui designadas por  $Al_b$ ); a diferença entre o Al extraído pelo CuCl<sub>2</sub> e pelo LaCl<sub>3</sub>, isto é, a fracção do Al especificamente extraído pelo primeiro,

corresponderá ao Al associado a complexos orgânicos de estabilidade média a baixa, logo de mobilidade média a elevada ( $Al_m$ ).

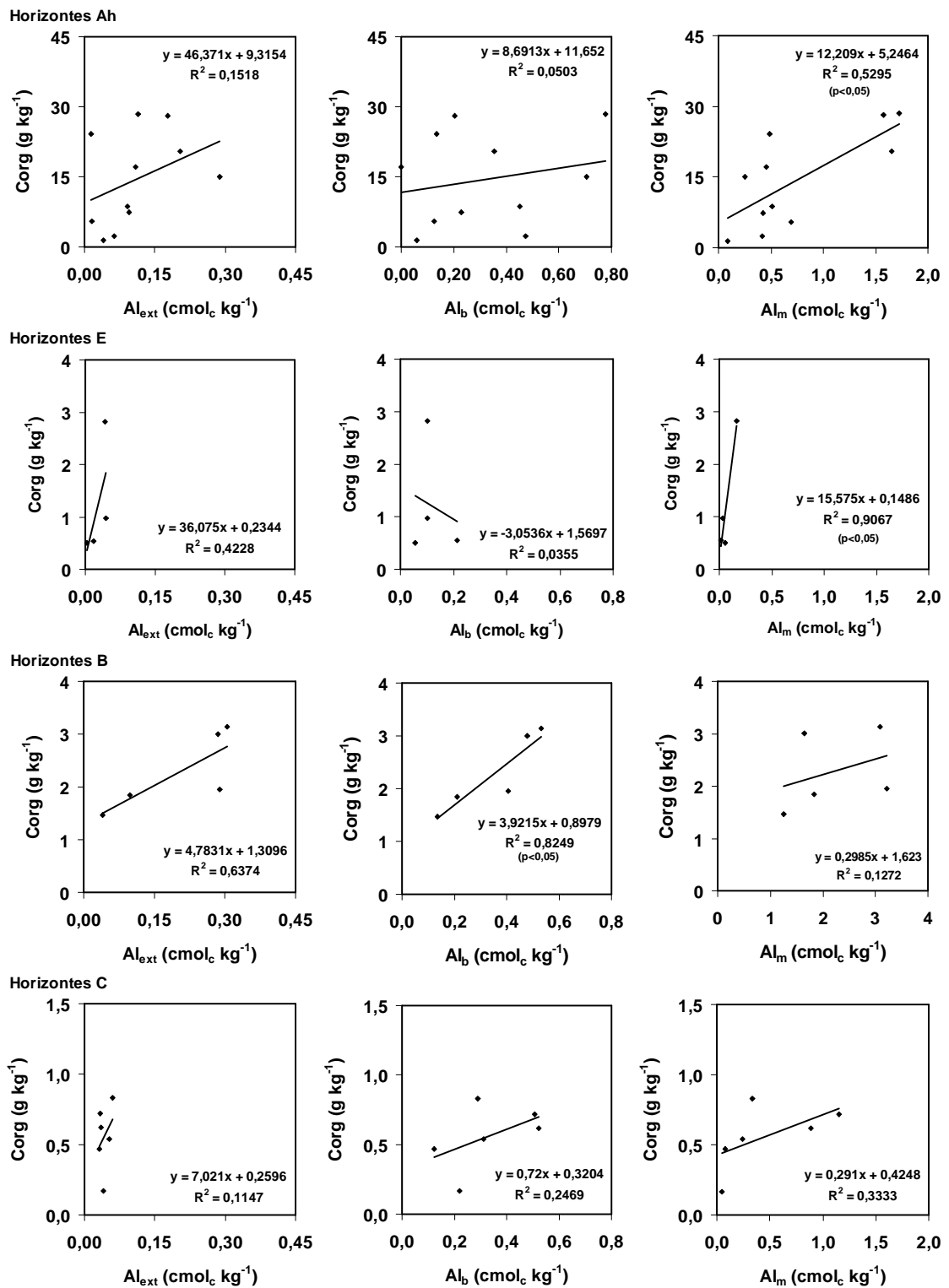
As quantidades médias de Al extraídas por estes sais (Quadro 7) são também muito baixas, e seguem, em qualquer dos pédones, a ordem  $Al_{ext} < Al_{la} < Al_{cu}$ . Para qualquer destes extractantes, verifica-se que o valor do Al decresce dos horizontes A para os E, atinge o seu máximo nos B e volta a decrescer nas camadas C para níveis que não se afastam muito dos da superfície.

No que respeita à proporção das diferentes formas de Al extraídas nos pédones estudados ( $Al_{ext}$ ,  $Al_b$  e  $Al_m$ ), verifica-se que apenas os valores da razão  $Al_m/Al_{ext}$  se diferenciam claramente entre os pédones que têm horizontes iluviais e os que não os têm, muito especialmente nos horizontes B. Inversamente, tanto a razão  $Al_m/Al_{ext}$  nos horizontes superficiais, como as razões  $Al_b/Al_{ext}$  e  $Al_m/Al_b$  em qualquer dos horizontes, apresentam valores muito semelhantes entre os dois grupos de pédones.

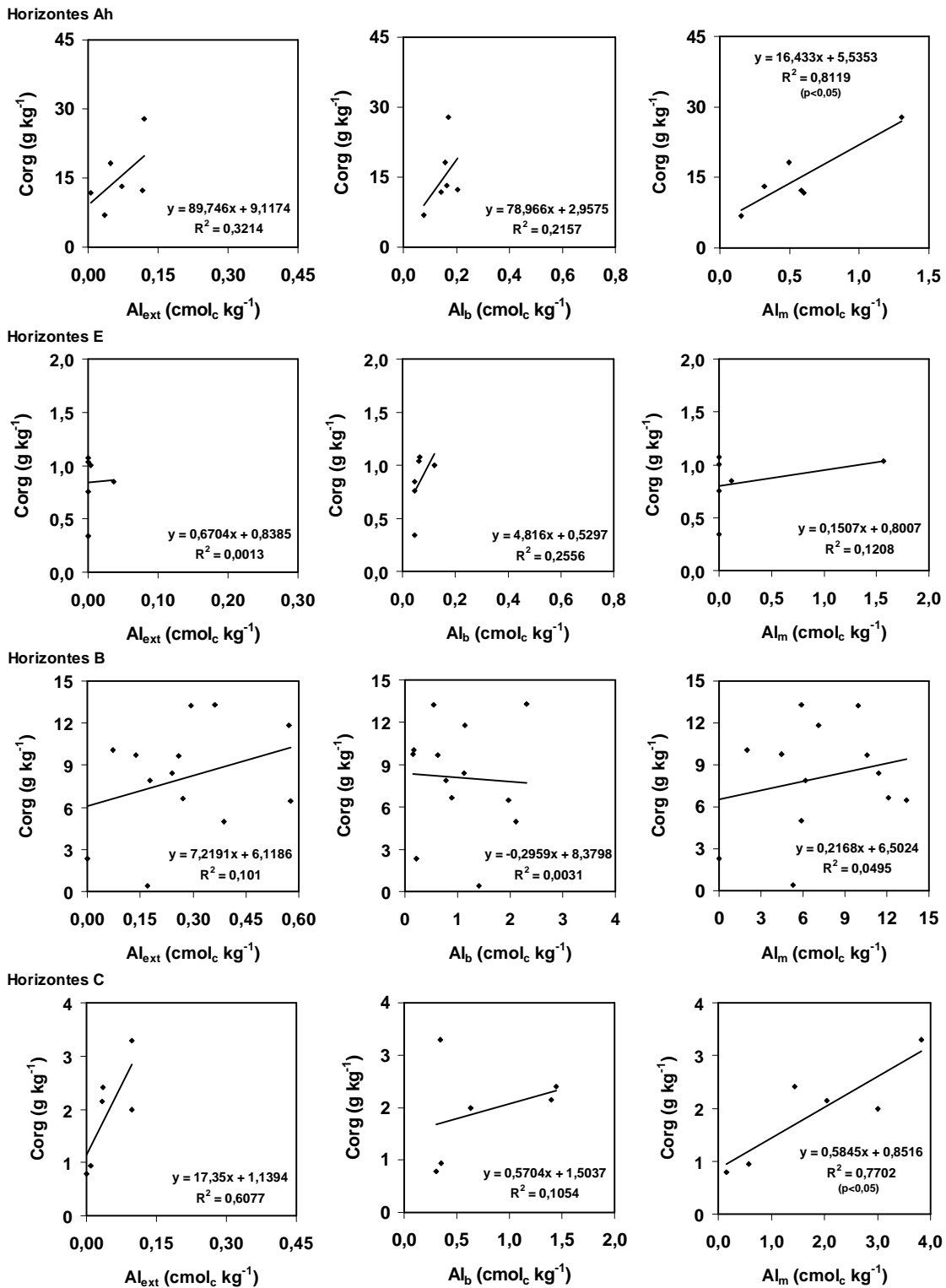
**Quadro 7** – Alumínio extraído pelos métodos do KCl ( $Al_{ext}$ ),  $LaCl_3$  ( $Al_{la}$ ),  $CuCl_2$  ( $Al_{cu}$ ),  $Al_b$  ( $Al_{la} - Al_{ext}$ ) e  $Al_m$  ( $Al_{cu} - Al_{la}$ ) no conjunto de todos os horizontes dos solos estudados.

Horiz	$Al_{ext}$	$Al_{la}$	$Al_{cu}$	$Al_b$ ( $Al_{la} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{la}$ )
----- $cmol_c\ kg^{-1}$ -----					
<b>Sem Horizonte iluvial (S/HI)</b>					
<b>Ah</b>	0,10	0,42	1,09	0,32	0,67
<b>(E)</b>	0,06	0,33	0,50	0,27	0,17
<b>(B)</b>	0,20	0,56	2,77	0,35	2,21
<b>C</b>	0,05	0,33	0,79	0,28	0,47
<b>Com Horizonte iluvial (C/HI)</b>					
<b>Ah</b>	0,10	0,36	0,92	0,26	0,56
<b>E</b>	0,03	0,23	0,42	0,19	0,21
<b>Bhs</b>	0,25	1,1	6,94	0,84	5,85
<b>C</b>	0,05	0,5	1,31	0,46	0,84

Por outro lado, observou-se que, com algumas excepções, a quantidade das formas de Al especificamente extraídas por estes sais nos diversos horizontes não estão correlacionadas com o teor de Corg existente nos mesmos. As excepções mencionadas respeitam ao  $Al_m$  nos horizontes A e nas camadas C dos pédones em que os horizontes iluviais (Figura 19) estão expressos e nos horizontes A e E daqueles em que tal não sucede (Figura 18). Nos horizontes B destes últimos verificou-se haver também correlação estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre o teor de Corg e a quantidade de  $Al_b$  (Figura 18).



**Figura 18** - Correlação entre as várias formas de Al ( $Al_{ext}$ ,  $Al_b$  e  $Al_m$ ) e o carbono orgânico nos solos sem horizontes iluviais. Nos casos em que a correlação é significativa, é indicado o nível de significância (p).



**Figura 19** - Correlação entre as várias formas de Al ( $\text{Al}_{\text{ext}}$ ,  $\text{Al}_b$  e  $\text{Al}_m$ ) e o carbono orgânico nos solos com horizontes iluviais. Nos casos em que a correlação é significativa, é indicado o nível de significância (p).

Conjugando os resultados destas correlações com a proporção relativa das várias formas de Al especificamente extraídas por estes sais, parece sobressair que:

a) a translocação do Al acontece principalmente em formas complexadas de estabilidade baixa-média, (a correlação Corg x  $Al_m$  é significativa ( $p < 0,05$ ) nos horizontes superficiais);

b) os pédones referidos não apresentam grandes diferenças entre si quanto à mobilidade dos complexos alumino-orgânicos na parte superior do perfil (o  $Al_m$  correlaciona-se com o Corg em todos os casos);

c) a diferença entre os pédones com e sem horizontes iluviais manifesta-se essencialmente nos horizontes B, uma vez que naqueles em que o horizonte iluvial está presente o Al parece estar em formas ou de maior estabilidade do que as extraídas pelo  $CuCl_2$ , ou já se encontra separado da MO, enquanto que nos restantes pédones estão presentes formas muito móveis de Al ligado à MO.

### 3.9.3 - Silício

A quantidade de Si extraída nos pédones estudados por qualquer dos extractantes também é bastante baixa, pois só excepcionalmente ultrapassa o valor de  $1 \text{ g kg}^{-1}$ . Os padrões de variação em profundidade do Si extraído por cada um dos métodos são no entanto diferentes. Assim, a quantidade média de Si extraída pelo ditionito ( $Sid$ ) apresenta uma variação irregular em profundidade em todos os pédones; o Si extraído pelo oxalato ( $Sio$ ) mostra em geral um aumento contínuo com a profundidade em todos os pédones, tal como o extraído pelo pirofosfato ( $Sip$ ) nos pédones que não têm horizontes iluviais; no entanto, nos pédones que têm horizontes iluviais, o  $Sip$  diminui dos horizontes A para os E, mas regista um novo aumento nos B.

A reduzida quantidade de Si extraída nos horizontes de maior acumulação de MO e Al, e em especial pelo oxalato, sugere que a quantidade de materiais sílico-aluminosos de tipo alofana é extremamente reduzida ou inexistente nestes solos. Os elevados valores de pH NaF encontrados em alguns horizontes B iluviais devem, portanto, estar relacionados com a presença de outras formas activas de Al.

### 3.10 - Caracterização da vegetação

Na área de estudo identificaram-se quarenta e duas espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas (Quadro 8). As espécies herbáceas e arbustivas que aparecem em maior número de locais são a Torga-ordinária (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), a Sargaça (*Halimium calycinum* (L.) K. Koch), o Sanganho-manso (*Cistus salvifolius* L.), o feto-ordinário (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), Cebola-albarrã (*Scilla monophyllos* (Link in Schra)), Tojo arnal-do-litoral (*Ulex europaeus* ssp. *Latebracteatus* L.), existindo ainda espécies mais raras que só se encontram, em um ou dois locais como Tápsia (*Thapsia villosa* L.), o Folhado (*Viburnum tinus* L.) e a Salva-bastarda (*Teucrium scorodonia* L.). A espécie arbórea dominante é, naturalmente, o pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) (Anexo VI).

Como referido anteriormente, a condução dos povoamentos ao longo da rotação implica a realização de algumas operações culturais, verificando-se que existem algumas diferenças na vegetação conforme a área tenha sido desmatada recentemente ou não. Nos locais onde a desmatagem foi realizada há mais tempo, as espécies dominantes são o Tojo arnal-do-litoral (*Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus* L.), a Torga ordinária (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) e o Sanganho-manso (*Cistus salvifolius* L.). Quando a limpeza da mata ou a remoção da manta morta (talhões mais próximos das povoações) tenha sido feita recentemente, o Cravo-do-monte (*Simethis mattiazzi* (Vand.) Sacc.), o Feto-ordinário (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) e a Cebola-albarrã (*Scilla monophyllos* (Link in Schra)) predominam.

Para além das operações rotineiras de condução do pinhal, na Mata de Leiria verificam-se ainda alguns casos particulares. É, por exemplo, o caso do talhão 22 (PL26), no qual se observaram duas zonas distintas, uma que foi objecto de uma mobilização profunda (surriba - ZS) nos anos setenta, destinada a destruir a surraipa, e outra que não foi mobilizada (ZNS). Na área ZS também ocorreu um fogo em Agosto de 2003 (Eng.º Octávio Ferreira, comunicação pessoal). A vegetação apresenta diferenças acentuadas nestas áreas (ZNS e ZS), identificando-se mais espécies na ZNS. Na ZNS o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster* Ait.) rareia e as espécies mais abundantes são o Sanganho-manso (*Cistus salvifolius* L.), o Tojo arnal-do-litoral (*Ulex europaeus* ssp. *Latebracteatus* L.) e a Torga-ordinária (*Calluna vulgaris* (L.) Hull). Na zona ZS as espécies são em menor número e menos abundantes, havendo zonas desprovidas de vegetação. Nesta, as mais abundantes são a Sargaça (*Halimium calycinum* (L.) K. Koch), o Tojo arnal-do-litoral (*Ulex europaeus* subsp. *latebracteatus* L.), verificando-se que há ainda menos

**Quadro 8** – Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea da área envolvente aos locais de amostragens da Mata Nacional de Leiria.

<b>Nome vulgar</b>	<b>Nome científico</b>
Mimosa	<i>Acacia dealbata</i> Link
Acácia-austrália	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton
Condriha-das-cebolinhas	<i>Aetheorhiza bulbosa</i> (L.) Cass.
Medronheiro	<i>Arbutus unedo</i> L.
Erva-gorda	<i>Arctotheca calendula</i> (L.) Levyns
Espargo-bravo-maior	<i>Asparagus aphyllus</i> L.
Abrótea	<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.
Torga-ordinária	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull
Chorões	<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N. E. Br. in E. Phillips
Junco	<i>Centaurea sphaerocephala</i> L.
Sanganho	<i>Cistus psilosepalus</i> Sweet
Sanganho-manso	<i>Cistus salviifolius</i> L.
Líquenes	<i>Cladonia</i> sp. (Líquenes)
Camarinha	<i>Corema album</i> (L.) D. Don
Giesteira-das-sebes	<i>Cytisus grandiflorus</i> (Brot.) DC.
Urze-arbórea	<i>Erica arborea</i> L.
Urze-das-vassouras	<i>Erica scoparia</i> L.
Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
Amor-de-hortelão	<i>Galium spurium</i> L.
Sargaça	<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch
Hera	<i>Hedera maderensis</i> ssp. <i>iberica</i>
Alecrim-das-areias	<i>Helichrysum picardii</i> (Roth) G. Don fil. in Loudon
Junco	<i>Juncus</i> sp. L.
Ansarina-dos-campos	<i>Linaria sparteae</i> (L.) Willd.
Erva-das-sete-sangrias	<i>Lithodora prostrata</i> Samp.
Cornichão-das-areias	<i>Lotus creticus</i> L.
Goivos-da-praia	<i>Malcolmia littorea</i> (L.) R.Br.
Lentisco	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.
Pinheiro bravo	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
Feto-ordinário	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn
Carrasco	<i>Quercus coccifera</i> L.
Sanguinho-das-sebes	<i>Rhamnus alaternus</i> L.
Cebola-albarrã	<i>Scilla monophyllos</i> (Link in Schrad.)
Tasneirinha	<i>Senecio vulgaris</i> L.
Cravo-do-monte	<i>Simethis mattiazzi</i> (Vand.) Sacc.
Tojo-bonito	<i>Stauracanthus genistoides</i> ssp. <i>Genistoides</i> (Brot.) Samp
Teesdalia	<i>Teesdalia nudicaulis</i> (L.) R.Br.
Salva-bastarda	<i>Teucrium scorodonia</i> L.
Tápsia	<i>Thapsia villosa</i> L.
Trevo-de-folhas-estreitas	<i>Trifolium angustifolium</i> L.
Tojo arnal-do-litoral	<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.
Folhado	<i>Viburnum tinus</i> L.

pinheiros (Anexo VI). Nesta zona identificou-se uma espécie que não existe na ZNS, a Cebola-albarrã (*Scilla monophyllos* Link in Schrad.) e, pelo contrário, não se observou a existência de algumas outras, como a Torga-ordinária (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) e o Feto-ordinário (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn).

Não se verificou qualquer padrão definido de distribuição na vegetação identificada em talhões de diferentes classes de idade, altitude, ou com solos de diferente natureza. Este facto é, aliás corroborado por Almeida *et al.* (2002), que também concluíram que a distribuição da vegetação na Mata Nacional de Leiria é homogénea, não apresentando diferenças significativas em relação ao tipo de solo, altitude ou idade do pinhal. Uma possível explicação para este facto é o de que as operações de manejo do pinhal provocam periodicamente o retorno da vegetação a estádios iniciais da sucessão natural, levando a que não se observe uma evolução do coberto vegetal até às condições de sub-bosque natural.

### 3.11 - Classificação dos solos da área de estudo

Os solos da Mata Nacional de Leiria - e de uma forma mais geral, os que ocorrem sobre as formações Miocénicas, Plio-Plistocénicas e dunares da região entre Nazaré e Espinho - são, segundo Cardoso *et al.* (1973), Solos Podzolizados, tal como definidos na Classificação dos Solos de Portugal do mesmo autor (Cardoso, 1965 e 1974). A mesma classificação é, aliás, atribuída a grande parte dos solos que se desenvolvem a sul do rio Tejo sobre areias, arenitos e outros depósitos não (ou pouco) consolidados de idade mio-pliocénica a plistocénica e, com menos frequência, também sobre formações coluviais de áreas quartzíticas.

Na Classificação dos Solos de Portugal considera-se que os Solos Podzolizados apresentam um horizonte espódico, o qual é definido de acordo com os critérios da 7ª Aproximação da Soil Taxonomy (Cardoso, 1974). No entanto, através da caracterização que foi feita desses solos não se pode concluir se neles ocorrem ou não horizontes dessa natureza, uma vez que apenas estão disponíveis dados respeitantes ao Corg total e ao ferro livre e não existe informação sobre a distribuição em profundidade das diversas formas de Al e Fe, como seria necessário. Há assim boas razões para supor que alguns dos solos cartografados no País e classificados como Solos Podzolizados não possam ser verdadeiramente considerados como tal. Por outro lado, os critérios seguidos na década de 60 do século passado para definir os horizontes espódicos foram já substancialmente modificados, pelo que a sua aplicação aos solos da região de estudo não faria qualquer sentido.

Os pédones estudados foram por isso classificados de acordo com a WRB 2006, sistema cujas anteriores versões foram utilizadas nas cartas de solos elaboradas para uma boa parte do Território de Portugal (SPCS, 2004).

De acordo com o sistema da WRB 2006, os Podzois são solos que apresentam um horizonte espódico que começa até à profundidade de 2 m de solo mineral. Por sua vez, os horizontes espódicos são horizontes subsuperficiais que contêm substâncias amorfas iluviais, compostas de matéria orgânica e Al, com ou sem Fe. De acordo com a WRB 2006, os critérios de diagnóstico desses horizontes são, resumidamente:

1. Valor de pH (1:1 em água) inferior a 5.9;
2. Teor de Corg de pelo menos 0.5%;
3. Pelo menos uma das seguintes características:

a) Um horizonte alábico que assenta directamente no horizonte espódico, o qual deve respeitar determinados critérios de cor (matizes tão ou mais avermelhados do que 5YR, ou 7,5 YR com valor e croma com máximo de 5 e de 4, respectivamente, ou 10 YR com valor e croma de 2 ou menos, ou 10 YR 3/1);

b) Tendo ou não um horizonte alábico, uma das cores acima referidas ou um matiz 7,5 YR com valor de 5 ou menos e croma de 5 ou 6 no solo húmido e uma ou mais características como: i) cimentação por MO e Al, com ou sem Fe e consistência mais firme na parte cimentada do que na circundante, ii) 0,5 % ou mais de  $AlO + \frac{1}{2} FeO$ , iii) bandas (lamelas) iluviais de Fe não cimentadas em pelo menos 10% do volume de uma camada com 25 cm ou mais de espessura.

3. Não fazer parte de um horizonte nátrico;
4. Ter pelo menos 2,5 cm de espessura.

Em conformidade com estes critérios, na maior parte dos pédones estudados não se encontram horizontes susceptíveis de serem classificados como espódicos. Deste conjunto, a maioria não apresenta expressão morfológica da ocorrência de processos de iluviação, ou expressa-a de forma muito incipiente, através de manchas pouco proeminentes de cor ligeiramente mais escura e de uma consistência que, quando muito, é apenas ligeiramente mais firme do que a do restante material do solo. Outros quatro pédones (PL1, PL3, PL20 e PL21) têm uma morfologia que expressa claramente a actuação de tais processos e que, inclusivamente, apresentam um horizonte iluvial cimentado. No entanto, o teor de Corg não atinge o valor mínimo necessário para serem considerados espódicos (0,5%). Assim, apenas em seis dos pédones observados ocorrem horizontes que cumprem as condições mínimas para serem classificados como espódicos (PL2, PL6, PL8, PL10, PL25 e PL26). Estes horizontes estão cimentados e apresentam sempre grande coesão e uma dureza grande ou extremamente grande, configurando o que na terminologia portuguesa se designa por “surraipa dura”, e na WRB 2006 e noutros sistemas por “ortstein”. Nos solos observados, estes horizontes nunca ocorrem a menos de 50 cm da superfície, sendo muito frequente aparecerem a cerca de um metro de profundidade.

A ocorrência de horizontes eluviais “álbicos” (IUSS Working Group WRB, 2006) é bastante mais frequente. Nos pédones em que se encontram horizontes iluviais bem expressos, independentemente de serem ou não espódicos, existe sempre um horizonte álbico que, na maior parte dos casos, assenta directamente sobre o horizonte iluvial. Os horizontes álbicos são geralmente espessos, como é comum em solos de textura arenosa sujeitos a evolução podzolizante, variando a sua espessura entre 30 e 65 cm. Também se encontram com frequência horizontes eluviais nos pédones em que foram observados sinais de iluviação incipiente. Em alguns desses casos o horizonte E manifesta características suficientemente desenvolvidas para se poder considerar álbico, mas a sua espessura tende a ser menor do que nos casos anteriores.

Desta forma, os pédones observados na Mata Nacional de Leiria distribuem-se por dois dos Agrupamentos Principais de Solos da WRB 2006 - os que têm horizontes espódicos enquadram-se nos Podzois e os restantes, face à sua textura e à ausência de outros horizontes de diagnóstico para além, eventualmente, de um álbico, nos Arenossolos.

O Quadro 9 resume as características mais relevantes para a classificação dos pédones estudados e o enquadramento dos mesmos no sistema WRB 2006.

O actual sistema da WRB não permite traduzir por via taxonómica as características dos pédones que apresentam horizontes iluviais cimentados que não reúnem condições para serem considerados espódicos (PL1, PL3, PL20 e PL21), porquanto nenhum dos qualificadores propostos para os Arenossolos é adequado para o efeito. Tais pédones teriam assim de ser classificados como Arenossolos Álbicos, isto é, da mesma forma que outros pédones em que ocorre simplesmente um horizonte álbico (PL12, PL19, PL22). Porém, para além de morfologicamente serem muito distintos, estes últimos apresentam não só uma profundidade efectiva substancialmente maior, mas também uma quantidade de carbono orgânico inferior à dos primeiros. Nestes casos justificar-se-ia a utilização de um qualificador apropriado, que poderia ser “Protospodic”, o qual deveria aparecer como primeiro qualificador (figurando como prefixo na grafia inglesa), visto que refere uma transição (“intergrade”) entre Arenossolos e Podzois.

**Quadro 9** – Características relevantes para a classificação dos horizontes de diagnóstico álbicos (cor nos estados seco e húmido) e espódicos (cor nos estados seco e húmido Corg, pH (H<sub>2</sub>O), cimentação e teor de Alo+½ Feo) da WRB 2006 que ocorrem nos pédones estudados e classificação dos mesmos segundo a WRB 2006.

Pédone	Horizonte álbico				Horizonte espódico						Classificação WRB 2006
	Cor		Cor		Corg g kg <sup>-1</sup>	pH	Cimen- tação	Alo+ ½ Feo			
	Design. §	Seco	Húmido	Design. §					Seco	Húmido	
<b>PL1</b>	(E)	10 YR 7/1	10 YR 5/1	(Bh1)	10 YR 4/4	10 YR 3/3	1,85	5,29	S	0,36	Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)
				(Bh2)	10 YR 5/4	10 YR 4/4	1,47	5,41	S	0,34	
<b>PL2</b>	E	10 YR 7/1	10 YR 5/1	Bhs	7,5 YR 3/2	10 YR 2,5/1	6,65	4,61	S	1,28	Ortsteinic Albic Podzol
<b>PL3</b>	E1	10 YR 6/1	10 YR 4/1	(Bhs1)	10 YR 4/3	10 YR 3/2	3,71	5,11	S	0,59	Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)
	E2	10 YR 6,5/1	10 YR 5/1	(Bhs2)	10 YR 5/4	10 YR 3/3	2,91	5,02	S	0,27	
<b>PL4</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL5</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL6</b>	E	10 YR 7/1	10 YR 5,5/1	Bhs11	10 YR 3/2	10 YR 2,5/1	13,24	4,63	S	4,11	Ortsteinic Albic Podzol
				Bhs12	10 YR 3/2	10 YR 2,5/1	11,81	4,82	S	1,67	
				Bhs2	5 YR 2,5/2	5 YR 2,5/1	6,47	4,77	S	1,99	
<b>PL8</b>	E	10 YR 6,5/1	10 YR 5/1	Bhs1	5 YR 3/2	5 YR 2,5/2	9,68	4,80	S	2,57	Ortsteinic Albic Podzol
				Bhs2	10 YR 5/4	10 YR 3/2	4,98	5,20	S	1,57	
<b>PL10</b>	E	10 YR 7/1	10 YR 6/1	Bhs	5 YR 3/3,5	5 YR 3/1	9,74	5,11	S	1,97	Ortsteinic Albic Podzol
<b>PL12</b>	E	10 YR 7/2	10 YR 4/2			ne					Albic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL13</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL14</b>	(E)	10 YR 7/4	10 YR 5/4			ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL15</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL16</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL18</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL19</b>	E1	10 YR 6/1	10 YR 4/1			ne					Albic Arenosol (Hyperdystric)
	E2	10 YR 6/1	10 YR 4/1			ne					
<b>PL20</b>	E	10 YR 7/2	10 YR 5/3	(Bhs)	7,5 YR 4/2	7,5 YR 3/2	1,95	4,91	S	0,43	Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL21</b>	E	10 YR 7/2	10 YR 5/2	(Bhs)1	10 YR 4/3	10 YR 3/2	3,00	4,45	S	0,23	Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)
				(Bhs)2	5 YR 3/4	5 YR 2,5/2	3,14	4,65	S	0,21	
<b>PL22</b>	E	10 YR 7/2	10 YR 5,5/2			ne					Albic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL23</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL24</b>		ne				ne					Haplic Arenosol (Hyperdystric)
<b>PL25</b>	E	2,5 YR 7,5/0	2,5 YR 5/0	Bhs1	10 YR 4/4	10 YR 3/1,5	10,06	4,46	S	2,24	Ortsteinic Albic Podzol
				Bhs2	5 YR 3/4	5 YR 2,5/2	13,31	4,72	S	0,32	
<b>PL26</b>	E	10 YR 7/1	10 YR 5/1	Bhs1	10 YR 3/3	10 YR 3/1	8,43	5,79	S	2,06	Ortsteinic Albic Podzol
				Bhs2	7,5 YR 4/4	7,5 YR 3/2	7,88	5,83	S	1,58	

ne – Não existe horizonte de diagnóstico;

§ – Os horizontes cuja designação figura entre parêntesis não cumprem os requisitos para ser considerados álbicos ou espódicos, consoante o caso

## 4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS SOLOS DA MATA NACIONAL DE LEIRIA

Os solos da Mata Nacional de Leiria, formados na sua quase totalidade sobre formações dunares quaternárias e areias pliocénicas de natureza quartzosa, são habitualmente considerados Solos Podzolizados, tal como definidos na Classificação dos Solos de Portugal. Este trabalho permite no entanto concluir que, de acordo com o sistema WRB 2006, a maior parte dos solos da Mata de Leiria são de facto Arenossolos, e que os Podzois são relativamente pouco frequentes na região. Para além de minoritários, os Podzois que ocorrem na Mata de Leiria são também relativamente incipientes. Com efeito, o teor de carbono que ocorre nos horizontes iluviais destes solos situa-se sempre pouco acima do valor mínimo necessário para que tais horizontes possam ser considerados espódicos e, por outro lado, os teores de Al e Fe extraídos pelo oxalato são sistematicamente baixos.

Todavia, é de realçar que grande parte dos Arenossolos identificados neste estudo exhibe características que indicam que os mesmos estão sujeitos a um processo evolutivo de natureza podzolizante, que actua com variável intensidade. Em alguns casos, tais características – acumulação iluvial de carbono orgânico e de formas não cristalinas de Fe e Al – ainda que apresentem valores inferiores aos dos horizontes espódicos, estão relativamente bem expressas e são acompanhadas por uma morfologia do perfil semelhante à dos Podzois, podendo estes solos ser considerados como “intergrades” entre os Arenossolos e os Podzois. Noutros casos, a acumulação de Corg e de formas não cristalinas de Al e Fe é muito discreta e não se traduz pela presença de horizontes morfologicamente identificáveis como iluviais.

Estes factos levam a admitir que praticamente em toda a região se verificam condições favoráveis à formação de Podzois. Esta ideia parece ser confirmada pelo facto de a mobilidade do Al e do Fe ser sensivelmente semelhante nos horizontes superficiais dos Arenossolos e dos Podzois identificados neste estudo, como referido em 3.8. Por outro lado, tanto a morfologia dos pédones observados, como o teor de carbono determinado nos seus diversos horizontes e camadas, põem em evidência que, em praticamente todos eles (inclusive nos situados nas zonas em que o pinhal foi instalado mais recentemente) se verifica, ainda que de forma pouco marcada, uma distribuição bimodal de carbono. Deste modo, independentemente do mecanismo

responsável pela acumulação sub-superficial de carbono, parece haver em toda a área do pinhal tendência para a formação de horizontes sub-superficiais enriquecidos neste constituinte, como é típico do processo de podzolização.

Assim, não havendo diferenças apreciáveis no potencial migratório daquelas substâncias, e sendo o clima, o material originário do solo e o coberto vegetal semelhantes em toda a área da Mata, podem questionar-se as razões da não ocorrência mais generalizada de Podzois na região. Aparentemente, tais razões estão ligadas à existência ou não de condições propícias à imobilização em profundidade dos compostos de carbono e do Al e do Fe em migração no solo. A alteração dos minerais do substrato litológico e o conseqüente aumento com a profundidade da carga catiónica dos complexos organo-metálicos é, frequentemente, apontada como uma das possíveis causas dessa imobilização (McKeague *et al.*, 1973); noutros casos admite-se que tal imobilização seja induzida por elevação do pH em profundidade e conseqüente anulação da carga dos complexos organo-metálicos anfotéricos, ou pela decomposição da fracção orgânica dos complexos por acção de microorganismos. No caso em análise, a natureza quartzosa das areias que servem de material originário aos solos da região não parece susceptível de determinar a libertação de tais catiões em quantidade suficiente para saturar os complexos organo-metálicos; por outro lado, a variação do pH em profundidade é praticamente insignificante e dificilmente explicará, quer a modificação da carga eléctrica dos complexos (que de resto são pobres em catiões metálicos), quer o aumento em profundidade da actividade dos microorganismos (Lundström *et al.*, 2000; Buurman & Jongmans, 2002).

No entanto, a distribuição espacial dos Podzois (e solos afins) observados na região parece indicar que a imobilização daqueles compostos se pode correlacionar tanto com situações em que o lençol freático é pouco profundo, como com aquelas em que materiais pouco permeáveis ocorrem a pequena profundidade. Com efeito, os solos em causa foram observados sobretudo na zona mais oriental da Mata, próximo do contacto entre os materiais dunares e as formações pliocénicas (particularmente a leste da Ribeira de Tábuas), onde a toalha freática pode ser encontrada a menos de 1 m de profundidade no Inverno, bem como numa zona em que um substrato pouco permeável (rico em materiais micáceos) aparece a pequena profundidade; solos com horizontes iluviais cimentados mas menos bem expressos, foram, por sua vez, observados junto ao sopé de grandes dunas do cordão dunar intermédio, numa zona levemente depressionária.

A capacidade de armazenamento de carbono orgânico nos solos da Mata de Leiria é um aspecto de grande relevância, nomeadamente para a sustentabilidade do sistema solo-pinhal. É sabido que as florestas actuam como importantes reservatórios de Corg, contendo grandes quantidades deste elemento nas árvores, na vegetação sob coberto e no solo. Admite-se também que cerca de 40% do carbono do solo é encontrado sob floresta (Dixon *et al.*, 1994). No caso dos solos da Mata de Leiria, os teores de carbono do solo são em média baixos, embora muito variáveis. Esta variabilidade está relacionada, como referido em 3.3.1, sobretudo com o tempo decorrido desde as operações de abate ou limpeza a que o pinhal é periodicamente sujeito, pelo que tais teores não traduzem o potencial de acumulação de carbono destes solos. Para além disso, importa também considerar a forma como o Corg se distribui em profundidade nos solos da Mata de Leiria. De facto, embora nos 30 cm superficiais existam, em média, apenas cerca de 4 kg m<sup>-2</sup> de Corg, a quantidade de carbono armazenada até 1,5 m de profundidade mais do que duplica este valor, devido ao que está contido nos horizontes iluviais, espódicos ou não. Esta acumulação de Corg em horizontes profundos é importante, na medida em que corresponde a uma forma de sequestro de carbono bastante mais estável e menos susceptível de ser afectada pelas formas de gestão do solo e dos resíduos orgânicos (e por eventuais modificações do uso do solo) do que a representada pelo Corg existente em horizontes superficiais. Este é um aspecto muito significativo no contexto do ciclo global do carbono e da sua influência nas modificações globais. Por outro lado, tendo em conta as características destes solos, os horizontes sub-superficiais enriquecidos em Corg (especialmente quando não cimentados) desempenham também um papel importante na retenção de água e nutrientes, ao reduzirem a sua perda para zonas profundas do perfil, mantendo-os disponíveis para a vegetação.

A distribuição espacial dos solos podzolizados na Mata de Leiria não parece encontrar correspondência com qualquer factor particular que sirva de indicador claro da sua ocorrência. Aparte o facto de tais solos terem sido observados principalmente a leste do cordão dunar intermédio, não foi encontrada correspondência entre a sua ocorrência e a antiguidade da implantação de pinhal, ou o relevo. De facto, (1) embora os Podzois apareçam mais frequentemente em zonas que se sabe já terem sido povoadas por pinheiros à data da constituição do Pinhal, eles também ocorrem noutras em que o pinhal foi instalado mais recentemente, ou mesmo em zonas em que as árvores se desenvolvem deficientemente, e (2) foram encontrados solos podzolizados tanto em zonas de relevo aplanado, como noutras de relevo ondulado. Por outro lado, as características das camadas superficiais dos Arenossolos são

muito semelhantes às dos Podzois, embora a razão C/N seja tendencialmente mais elevada e o pH e a reserva total em bases sejam algo mais reduzidos nos últimos. Ainda assim, seria de admitir, por exemplo, que estas diferenças pudessem estar relacionadas com, ou influenciar, um padrão particular de distribuição espacial de alguma(s) das espécies que compõem o estrato herbáceo-arbustivo do pinhal. Todavia, e tal como referido em 3.10, estes possíveis indicadores da ocorrência de solos podzolizados também não são úteis na Mata de Leiria, uma vez que o pinhal é explorado economicamente e as práticas de gestão do mesmo afectam não só as árvores, mas também o estrato herbáceo-arbustivo e a folhada. Por isso, o normal desenvolvimento da sucessão ecológica das espécies deste estrato é perturbado, impedindo que as relações solo x vegetação se manifestem naturalmente.

## 5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. F., Capelo, J. & Mesquita, S. 2002. Mata Nacional de Leiria: Indicadores Fitoecológicos. *Silva Lusitana*, **10**(2): 195-200.
- AFN. 2006. Resultados preliminares do Inventário Florestal Nacional - Julho 2006. Disponível em: <http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/ifn/ifn-resultados-preliminares-julho-2006>).
- Azevedo, A. L. 1944. Estudo de alguns perfis de solo da Mata Nacional de Leiria. *Revista Agros* **27**: 3-6: 140-149.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. 1957. Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Geographie*, **46**: 193-220.
- Blakemore, L., Searle, C.P.L. & Daly, B. K. 1987. *Soil Bureau Laboratory Methods: A Methods for Chemical Analysis of Soils*. Soil Bureau Scientific Report 80, New Zealand.
- Barret, L. 1997. Podzolization under forest and stump prairie vegetation in northern Michigan *Geoderma*, **78**: 37-58.
- Bruckert, S. 1979 Classification des sols bruns ocreux et cryptopodzoliques par analyse des extraits tétraborates tamponnés à pH 9.5. *Geoderma*, **22**: 205-212.
- Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen total. In Page, A.L., Miller, R.H & Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis - Part 2. Chemical and microbiological properties*. Agronomy Monograph nº 9 (2<sup>nd</sup> edition), pp. 595 - 624. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant Sociology: the Study of Plant Communities*. Hafner, Londres.
- Buurman, P. & Jongmans, A.G. 2002. Podzolization – An additional paradigm. *Revista Edafologia*, **9**(2): 107-114.
- Buurman, P., Schellekens, J., Fritzeb, H. & Nierop, K.G.J. 2007. Selective depletion of organic matter in mottled podzol horizons. *Soil Biology and Biochemistry*, **39**(2): 607-621.
- Cabrita, C.F.R. 1956. *Contribuição para o Estudo dos Solos da Mata Nacional de Leiria. Sua Cartografia Parcial*. Relatório Final do Curso de Engenheiro Silvicultor. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Cardoso, J. C. 1965. *Os Solos de Portugal – Sua Classificação, Caracterização e Génese. 1 – A Sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas. Lisboa.
- Cardoso, J. C. 1974. A classificação dos solos de Portugal – Nova versão. *Boletim de Solos do S.R.O.A.*, **17**: 14-46.
- Cardoso, J. C., Bessa, M. T. & Marado, M. B. 1973. Carta dos Solos de Portugal (1:1 000 000). *Agronomia Lusitana*, **33**(1-4): 481-602.
- CEPT. 1961. *Informação Preliminar Acerca de Normas para Caracterização Morfológica de Solos*. Centro de Estudos de Pedologia Tropical. Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.
- CEPT. 1967. *Crítérios Quantitativos para a Determinação de Propriedades e Características de Horizontes (ou Camadas) do Solo e do Próprio Solo*. Centro de Estudos de Pedologia Tropical. Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.

- De Leenher, L. & Van Hove, J. 1958. Determination de la teneur en carbone organique des sols. *Pédologie*, **8**: 39-77.
- Dixon, R. K, Brown, S. Houghton, R. A. Solomon, A. M., Trexler, M. C. & Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global Forest ecosystems. *Science*, **263**: 185-190.
- DRABL (Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral). Sem data. *Matas Nacionais e Perímetros Florestais do Litoral*. Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral, Coimbra
- DRAPC. 2009. [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/matnas\\_nacionais\\_litoral.htm](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/matnas_nacionais_litoral.htm) (consultado em Maio 2009).
- Duchaufour, Ph. 1977. *Pédologie. 1- Pédogenèse et classification*. (Sous la direction de Ph. Duchaufour et B. Souchier). Masson. Paris.
- Ferreira, O. & Galante, M. 2005. Mata Nacional de Leiria – sinopse do grande incêndio florestal de Agosto de 2003. *Actas das Comunicações do 5º Congresso Florestal Nacional - A Floresta e as Gentes*, 16-19 de Maio de 2005 (<http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T5-59.pdf>), Instituto Politécnico de Viseu, Viseu.
- Gusmão, M.R. & Madeira, M. 1986. Estudo dos Solos Podzolizados de Portugal Continental a partir das extracções selectivas do carbono, alumínio e ferro. *Pedon*, **6**: 55-81.
- Hargrove, W.L. & Thomas, G.W. 1981. Extraction of aluminum from aluminum-organic matter complexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **45**:151-153.
- Higashi, T., De Conincka F. & Gelaudea, F. 1981. Characterization of some spodic horizons of the Campine (Belgium) with dithionite-citrate, pyrophosphate and sodium hydroxide-tetraborate. *Geoderma*, **25 (1-2)**:131-142.
- Googleearth. (2009). <http://earth.google.com/> (consultado em Outubro de 2009).
- IGOE (Instituto Geográfico do Exército). 2003a. *Carta Militar de Portugal. Série M888 -Folha 272 – Vieira de Leiria (Marinha Grande) (Escala1:25000)*. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.
- IGOE (Instituto Geográfico do Exército). 2003b. *Carta Militar de Portugal. Série M888 -Folha 284 – S. Pedro de Moel (Marinha Grande) (Escala1:25000)*. Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.
- INMG. 1991. Normais Climatológicas da Região de “Ribatejo e Oeste”, Correspondentes a 1951-1980. *In O Clima de Portugal*, Fasc. XLIX, Vol. 2-2.<sup>a</sup> Região. Instituto Nacional de Meteorologia (INMG), Lisboa.
- IUSS Working Group WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resources*. 2<sup>nd</sup> edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Jersak, J., Amundson, R. & Brimhall, G. 1995. A mass balance analysis of podzolization: examples from the northeastern United States. *Geoderma*, **66**: 15-42.
- Juo, A.S.R. & Kamprath, E.J. 1979. Copper chloride as an extractant for estimating the potentially reactive aluminum pool in acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **43**:35-38.
- Kimpe, C. R. & McKeague, J.A. 1974. Micromorphological, physical and chemical properties of a podzolic soil with fragipan. *Can. J. Soil Sci.*, **54**: 29-38.
- Litvinovich, A. V., Pavlova, O. Yu. Maslova, A. I. & Chernov D. V. 2006. The Potassium Status of Sandy Gleyic Soddy-Podzolic Soils under Forest, Cropland, and Fallow. *Eurasian Soil Science*, **39(7)**: 785-791.

- Lucas, M. D. & Sequeira, E. M. 1976. Determinação do Cu, Fe, Ca, K, e Na por espectrofotometria de absorção atômica e fotometria de chama. *Pedologia*, **11**: 163 - 169.
- Lundström, U.S., Breemen, N. van & Bain, D. 2000. The podzolization process. A review. *Geoderma*, **94**: 91-107.
- Madeira, M, Fabião, A. Páscoa, F., Magalhães, M.C., Cameira, M.C. Ribeiro, C. 2009. Carbono e nutrientes na biomassa aérea, arbórea, a vegetação sob coberto e solo numa cronossequência de povoamentos de pinhal bravo. *Revista de Ciências Agrárias*, **32** (2): 154-170.
- Madeira, M. & Jeanroy, E. 1984. Mise en évidence de goethite en suspension dans les extraits pyrophosphate e tetraborate de certains sols gréseux du Portugal. *Canadian Journal of Soil Science*, **64**:505-514.
- Madeira, M., Monteiro, F. & Fonseca, M. 2007. Solos podzolizados em Portugal: ficção e realidade. "O Solo a Paisagem e o Uso da Terra". *Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo*. 4 a 6 de Julho de 2007, p. 27, Vila Real.
- McKeague, J.A. 1967. An evaluation of 0,1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in Podzols an some other soils. *Can. J. Soil Sci.*, **47**: 95-99.
- McKeague, J. A. & Day, J. 1965. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, **46**:13-22.
- McKeague, J. A., Macdougall, J. I. & Miles, N. M. 1973. Micromorphological, physical, chemical, and mineralogical properties of a catena of soils from Prince Edward Island in relation to their classification and genesis. *Can. J. Soil Sci.*, **53**: 281-295.
- Mehra, O. P. & Jackson, M. L. 1960. Iron removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, **7**: 377-327.
- Mokma, D.L. & Buurman, P. 1982. *Podzols and Podzolization in Temperate Regions. ISM Monograph 1, International Soil Museum, Wageningen*, pp. 1–126. Holanda
- Mokma, D.L., Yli-Hallab, M. & Lindqvist, K. 2004. Podzol formation in sandy soils of Finland. *Geoderma*, **120**: 259–272.
- Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution. Method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, **27**: 31 - 36.
- Parfitt, R.L. & Childs, C.W. 1988. Estimation of forms of Fe and Al: A review and analysis of contrasting soils using dissolution and Moessbauer methods. *Aust. J. Soil Res.*, **26**: 121–144.
- Pinto, A. 1939 a. *O Pinhal do Rei. Subsídios Vol I*. Publicado por A. Arala Pinto, Alcobaça.
- Pinto, A. 1939 b. *O Pinhal do Rei. Subsídios Vol II*. Publicado por A. Arala Pinto, Alcobaça.
- Póvoas, I. & Barral, M.F. 1992. *Métodos de Análises de Solos*. Comunicação do Instituto de Investigação Científica Tropical, série de Ciências Agrárias, 10. Lisboa.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Moitinho De Almeida, F., Carvalho, D., Monteiro, D. 1979. *Introduction à la Géologie Générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. In Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R. (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 2 – Chemical and Microbiological (2<sup>nd</sup> edition)*, pp. 149-157.

- American Society of Agronomy, Inc and Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin USA.
- Schwertmann, U. 1964. Differenzierung der Eisenoxyde des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-lösung. *Z. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, **105**: 194-202.
- Silva, F.M.P. & Batalha, M.B.O. 1859. *Memória Sobre o Pinhal Nacional de Leiria. Suas Madeiras e Productos Resinosos*. Associação Marítima e Colonial. Imprensa Nacional, Lisboa.
- Soares, P. 2008. [www.isa.utl.pt/def/files/File/reuniao%2021\\_7\\_2008.ppt](http://www.isa.utl.pt/def/files/File/reuniao%2021_7_2008.ppt) (consultado em Outubro de 2009).
- SPCS (Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo). 2004. *Bases para a Revisão e Actualização da Classificação dos Solos em Portugal*. Protocolo entre o Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica e a Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo. Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Lisboa.
- Strahler, A.N. & Strahler, A.H. 1978. *Modern Physical Geography*, John Wiley & Sons. New York.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, **38**: 55-94.
- Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. 1957. *Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance*. Publications in Climatology. Drexel Institute of Technology. New Jersey.
- Ugolini, F.C. & Dahlgren, R. 1987. The mechanism of podzolization as revealed by soil solution studies. In Righi, D. & Chauvel, A. (Eds) *Podzols et Podzolization*, pp 195–203. Association Française de Etude du Sol, France.
- Van Ranst, E, Stoops, G., Gallez, A. & Vanderbergher, R.E. 1997. Properties, some criteria of classification and genesis of upland forest Podzols in Rwanda. *Geoderma*, **76**:263-283
- Wada, K. 1989. Allophane and imogolite. In Dixon, J.B. & Weed, S.B. (eds). *Minerals in Soil Environment* (2<sup>nd</sup> ed), pp. 1051-1087. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.
- Wada, K. & Greenland, D. J. 1970. Selective dissolution and differential infrared spectroscopy for characterization of amorphous constituents in soil clays. *Clay Minerals*, **8**: 241-254.
- Zbyszewski, G. 1965. *Carta geológica de Portugal (Escala de 1:50 000)*. Notícia explicativa da folha 22-B (Vieira de Leiria). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Zbyszewski, G. & Torre de Assunção, C. 1965. *Carta Geológica de Portugal (Escala de 1:50 000)*. Notícia Explicativa da Folha 22-D (Marinha Grande). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

# ANEXOS

## **Anexo I – Descrição morfológica dos pédones mais representativos**

### **Pédone: PL 1:**

**Classificação:** WRB 2006: *Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)*;

**Localização:** 39° 45,635'N; 8° 56,603'W (com um erro de ± 7 m); Talhão 214

**Litologia:** Areia de duna

**Relevo e Topografia:** Relevo ondulado muito suave; observação feita em zona levemente depressionária

**Vegetação e uso da Terra:** Pinheiros e alguns arbustos

**L** – 1 cm (agulhas de pinheiro)

**F** – cerca de 2 cm de material orgânico muito decomposto

**Ah1** (0-10 cm) – Cinzento muito escuro, 10 YR 3/1 (s); preto, 10 YR 2,5/1 (h); arenoso; sem agregação ou com tendência para agregação granulosa fina e média, muito fraca, junto às raízes; compactidade mínima; algumas raízes médias e poucas grossas. Transição gradual plana

**Ah2** (10-27/60 cm) – Cinzento escuro, 10 YR 4/1 (s); cinzento muito escuro, 10 YR 3/1 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; raras raízes médias e poucas grossas. Transição evidente, ondulada para

**E** (27-60 cm) – Pardo muito pálido, 10 YR 7/4 (s); cinzento, 10 YR 5/1 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; algumas raízes médias e poucas grossas. Transição evidente, ondulada

**Bh1** (60-130 cm) – Pardo amarelado escuro, 10 YR 4/4 (s) manchado de pardo muito escuro e pardo amarelado; pardo escuro, 10 YR 3/3 (h); arenoso; compactidade média a grande e média, respectivamente nas zonas manchadas de pardo muito escuro e de pardo amarelado; consistência dura nas zonas mais escurecidas e ligeiramente dura nas mais claras; raras raízes médias. Transição gradual, irregular

**Bh2** (90-130 cm) – Idêntico ao nível anterior, mas com cor ligeiramente mais clara - pardo amarelado, 10 YR 5/4 (s); pardo amarelado escuro, 10 YR 4/4 (h). Transição evidente, ondulada

**C** (130-170 cm) – Areia de duna [Pardo muito pálido, 10 YR 7/3 (s) com algumas manchas pardo-amareladas; pardo, 10 YR 5/3 (h); arenoso].

**Pédone: PL 2:**

**Classificação:** WRB 2006: *Ortsteinic Albic Podzol*;

**Localização:** 39° 45,635'N; 8° 56,603' W (com um erro de  $\pm 7$  m); Talhão 214

**Litologia:** Areia de duna

**Relevo e Topografia** Relevo ondulado muito suave; observação feita na zona superior de elevação ligeira do terreno

**Vegetação e uso da Terra:** Pinheiros e alguns arbustos

**L** –1 cm (agulhas de pinheiro)

**F** – material orgânico muito decomposto, com bastante musgo (3 cm)

**Ah1** (0-13 cm) – Cinzento, 10 YR 5/1 (s); preto, 10 YR 2,5/1 (h); arenoso; em geral sem agregação, mas com tendência para apresentar agregação granulosa fina e média, muito fraca, junto às raízes das herbáceas; compactidade mínima; algumas raízes médias e poucas grossas. Transição gradual plana

**Ah2** (13-40 cm) – Cinzento a cinzento claro, 10 YR 6/1 (s); cinzento muito escuro, 10 YR 3/1 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; algumas raízes médias e poucas grossas. Transição gradual, irregular

**E** (40-67 cm) – Cinzento claro, 10 YR 7/1 (s), com raras manchas ferruginosas, pequenas, distintas; cinzento, 10 YR 5/1 (h); sem agregação; compactidade mínima; com algumas raízes finas e médias. Transição gradual, ondulada

**EB** (67-100 cm) – Pardo pálido, 10 YR 6/3 (s), manchado de amarelado e de pardo escuro; pardo acinzentado escuro, 10 YR 4/2 (h); sem agregação; compactidade mínima. Transição evidente, ondulada

**Bhs** (100-135 cm) – Pardo escuro, 7,5 YR 3/2 (s), manchado de pardo muito escuro; preto, 10 YR 2,5/1 (h); cimentado, com compactidade grande/muito grande, muito duro. Transição evidente, ondulada

**BC** (135-160 cm) – Amarelado pardacento, 10 YR 6/6 (s); Pardo escuro, 10 YR 4/3 (h), manchado de pardo amarelado compactidade média, ligeiramente duro.

**C** (160-190 cm) – Areia de duna [pardo muito pálido, 10 YR 7/4 (s); pardo amarelado, 10 YR 5/4 (h)].

**Pédone: PL 13:**

**Classificação:** WRB 2006: *Haplic Arenosol (Hyperdystric)*

**Localização:** 39° 43,606' N; 8° 59,338' W (com um erro de  $\pm 6$  m); Talhão 323

**Litologia:** Areia de duna

**Relevo e Topografia:** Relevo ondulado; observação feita no topo de uma duna

**Vegetação e uso da Terra:** Pinhal com arbustos

L - 4 a 5 cm de agulhas de pinheiro

**Ah1** (0-14 cm) - Cinzento claro, 10 YR 7/2 (s); pardo acinzentado, 10 YR 5/2 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; muitas raízes finas e médias. Transição evidente, ondulada;

**Ah2** (14-45 cm) - Pardo muito pálido, 10 YR 7/3,5 (s); Pardo acinzentado, 10 YR 5/2 (h), arenoso; sem agregação; compactidade mínima; bastantes raízes médias e finas e algumas grossas. Transição gradual, ondulada

**AC** (45-85 cm) – Pardo amarelado escuro, 10 YR 6/4 (s); pardo, 10 YR 5/3 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; raras raízes grossas, muitas raízes finas e médias. Transição difusa, ondulada.

**C1** (85-108 cm) – Areia de duna [pardo muito pálido, 10 YR 7/3 (s); pardo a pardo pálido, 10 YR 5,5/3 (h); compactidade mínima, alterando com zonas de compactidade mínima a pequena; poucas raízes finas e médias]

**C2** (108-140/155 cm) – Areia de duna [pardo muito pálido, 10 YR 7/4 (s); pardo pálido, 10 YR 6/3 (h); compactidade mínima, alterando com zonas de compactidade mínima a pequena; raras a algumas raízes finas, especialmente muito concentradas].

**C3** (140/155-170 cm) – Areia de duna [pardo muito pálido, 10 YR 7/4 (s); pardo pálido, 10 YR 6/3 (h); raras raízes médias e finas]

**Pédone: PL 16:**

**Classificação:** WRB 2006: *Haplic Arenosol (Hyperdystric)*;

**Localização:** 39° 45'142' N; 9° 01,630' W (com um erro de ± 6 m); Talhão 303

Litologia: Areia de duna

**Relevo e Topografia:** Região de relevo quase plano

**Vegetação e uso da Terra:** Pinhal, com urze, trovisco e *Cistus*

**L** -2 cm de agulhas de pinheiro

**F** – material orgânico muito decomposto (2 cm)

**Ah1** (0-10 cm) – Cinzento, 10 YR 5/1 (s); cinzento escuro, 10 YR 4/1 (h); arenoso, agregação granular média muito fraca; compactidade mínima; muitas raízes médias e finas, raras grossas. Transição gradual, plana.

**Ah2** (10-30 cm) – Cinzento claro, 10 YR 7/1 (s); pardo acinzentado, 10 YR 5/2 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; muitas raízes médias e finas, algumas grossas. Transição evidente, ondulada

**C1** (30 – 85 cm) – Areia de duna [Cinzento claro, 10 YR 7/2 (s), com raras manchas de cinzento escuro em zonas de concentração de raízes mortas; cinzento pardacento claro, 10 YR 6/2 (h), compactidade mínima; algumas raízes finas e médias].

**C2** (85-185 cm) – Areia de duna [Pardo muito pálido, 10 YR 7/3 (s), manchado como acima; pardo pálido, 10 YR 6/3 (h); compactidade mínima; raras raízes, quase todas finas e muito finas].

**Pédone: PL 21:**

**Classificação:** WRB 2006: *Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)*;

**Localização:** 39° 44,947' N; 8° 59,224' W (com um erro de ± 7 m); Talhão 214

**Litologia:** Areia de duna

**Relevo e Topografia:** Região de relevo ondulado; observação feita próximo da base de uma duna do cordão intermédio

**Vegetação e uso da Terra:** Pinhal com arbustos

**L** - 1 cm de agulhas de pinheiro

**F**- material orgânico muito decomposto (2 cm)

**Ah1** (0-17 cm) – Cinzento, 2,5 YR 5/0 (s); cinzento muito escuro, 2,5 YR 3/0 (h); arenoso; sem agregação, excepto junto às raízes, onde ocorre material com agregação sub-angulosa, média, muito fraca; compactidade mínima; algumas raízes grossas, muitas raízes muito finas e finas.

**Ah2** (17-40/50 cm) – Cinzento, 2,5 YR 5/0 (s); cinzento escuro, 2,5 YR 4/0 (h); arenoso; compactidade mínima; algumas raízes grossas e muito grossas, poucas raízes finas e médias. Transição evidente, ondulada

**E** (40/50-95/125 cm) – Cinzento claro, 10 YR 7/2 (s); pardo acinzentado, 10 YR 5/2 (h); arenoso; compactidade mínima; poucas raízes médias, raras finas. Transição irregular, com profundas línguas a penetrar na camada subjacente.

**EB** (110-140 cm) – Pardo, 10 YR 5/3 (s); pardo acinzentado escuro, 10 YR 4/2 (h); arenoso; compactidade mínima a pequena. Transição gradual, ondulada

**(Bhs)** (160-230 cm) – Pardo escuro, 10 YR 4/3 (s); pardo acinzentado muito escuro, 10 YR 3/2 (h), arenoso; com zonas fortemente cimentadas, muito duras, de cor parda muito escura, distribuídas aleatoriamente na camada, alternando com outras exibindo diversos graus de cimentação, de cor pardacenta, de dureza entre pequena e média a grande; algumas raízes médias e grossas, algumas raízes finas concentradas em tufos. Transição irregular, com línguas profundas de material desta camada a penetrarem na camada subjacente.

**C** (230/270-288 cm) – Areia de duna [pardo amarelado claro, 10 YR 6/4 (s); cinzento, 10 YR 5/3 (h), arenoso; compactidade pequena; esporádicas raízes médias]

**Pédone: PL 26:**

**Classificação:** WRB 2006: *Ortsteinic Albic Podzol*;

**Localização:** 39°50,959' N; 8°55,933 W (com um erro de  $\pm 5$  m); Talhão 22

**Litologia:** Areia de duna, assente sobre estratos sedimentares constituídos por areia, saibro e cascalho de quartzo e abundante material micáceo

**Relevo e Topografia:** Zona praticamente plana

**Vegetação e uso da Terra:** Arbustos e raros pinheiros

**Ah** (0-25 cm) – Cinzento, 10 YR 6/1 (s); cinzento escuro, 10 YR 4/1 (h); arenoso; sem agregação; compactidade mínima; bastantes raízes finas e muito finas. Transição gradual, ondulada

**E** (25 – 60/70 cm) – Cinzento claro, 10 YR 7/1 (s); Cinzento, 10 YR 5/1 (h); arenoso, por vezes com pedras e cascalho de quartzo, rolados; compactidade mínima; sem raízes, ou com tufo de raízes muito finas, especialmente na base do horizonte. Transição evidente, ondulada.

**Bs** (60/70-90/108 cm) – Cinzento claro, 10 YR 7/1,5 (s), com algumas manchas cinzentas, médias, pouco evidentes; cinzento, 10 YR 5/1 (h); compactidade mínima; ocasionais raízes médias. Transição evidente, irregular.

**Bhs1** (90/108-110) – Pardo escuro, 10 YR 3/3 (s); Pardo muito escuro, 10 YR 3/1 (h); arenoso, com algumas pedras miúdas, cascalho e saibro de quartzo, roaldos, sobretudo na parte inferior; cimentado, com compactidade grande. Transição evidente, ondulada.

**2Bhs2** (110-140/145) – Pardo escuro, 7,5 YR 4/4 (s), com algumas manchas evidentes de pardo a pardo muito escuro; pardo escuro, 7,5 YR 3/2 (h); constituído por material estratificado contendo maioritariamente areia, bem como bastantes pedras miúdas, cascalho e saibro rolados (mais concentrados no topo e na base), e lamelas de argila, cimentados de forma descontínua por material orgânico; compactidade grande a muito grande. Na base aparece uma delgada camada descontínua de areia eólica.

**2C1** (140/145-170) – Material micáceo, bem orientado, intercalado de forma descontínua por areia, pouca argila e bastante saibro e cascalho rolados, de quartzo.

**2C2** (170-190 cm) – Predomínio de areia, com alguma argila, algumas vezes intercalada por material micáceo.

Anexo II – Mapa dos talhões da Mata Nacional de Leiria (DRABL, Sem data).



**Anexo III** - Características físicas e químicas dos pédones estudados. Granulometria (AG – areia grossa, AF – areia fina, L – limo, A – argila); pH (H<sub>2</sub>O, KCl, NaF); C - carbono; N - azoto; razão C/N, Cp - carbono pirofosfato; P - fósforo extraível; K - potássio extraível; bases de troca; SBT - soma das bases; CTC - capacidade de troca catiónica; GSB - grau de saturação em bases; acidez de troca, Al<sup>3+</sup> - alumínio de troca; H<sup>+</sup> - hidrogénio de troca.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca						CTC	GSB %	Acidez ----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ----	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na	SBT	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>					
<b>PL1 (T214) - Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-10	869	119	6	6	4,51	3,04	6,84	28,15	0,67	42,01	5,40	4,23	47,38	1,79	0,61	0,13	0,14	2,67	9,07	29,44	0,82	0,37	0,45	
Ah2	10-27	903	81	0	16	3,99	2,68	6,92	15,05	0,23	65,43	2,76	1,02	13,43	0,00	0,05	0,05	0,11	0,21	3,79	5,54	1,20	0,69	0,51	
E	27-60	863	112	17	8	5,02	3,61	7,22	0,97	0,05	19,42		0,72	1,85	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,41	9,76	0,19	0,17	0,02	
Bh1	60-90	846	136	13	4	5,29	3,98	7,51	1,85	0,10	18,46	0,53	3,78	9,63	0,00	0,00	0,04	0,02	0,06	1,02	5,88	0,36	0,36	0,00	
Bh2	90-130	832	150	2	17	5,41	4,26	7,63	1,47	0,06	24,54	0,82	4,10	9,73	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	1,02	3,92	0,23	0,15	0,08	
C	130-170	935	62	1	2	5,61	4,27	7,44	0,54	0,02	26,99		1,56	4,57	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,35	11,43	0,25	0,25	0,00	
<b>PL 3 (T215) Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah	0-15	846	129	13	11	3,86	2,58	6,59	36,44	0,85	42,87	7,96	4,76	46,75	1,51	0,52	0,21	0,14	2,38	12,91	18,44				
E1	15-40	897	99	2	2	4,63	3,37	7,20	1,65	0,06	27,44		0,77	3,73	0,02	0,01	0,06	0,02	0,11	0,76	14,47				
E2	40-65/70	852	147	1	1	4,77	3,52	7,23	1,08	0,06	18,07		0,45	3,18	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,55	3,64				
Bhs1	65/70-95	868	118	1	13	5,11	3,94	8,47	3,71	0,12	30,94	1,97	4,00	11,12	0,01	0,00	0,06	0,01	0,08	1,84	4,35				
Bhs2	95-120	848	148	4	0	5,02	3,95	7,95	2,91	0,10	29,06	1,53	3,61	10,47	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	1,54	3,25				
<b>C</b>																									
<b>PL 4 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-5/8	951	34	4	10	4,70	3,32	7,00	15,45	0,39	39,60	1,68	2,37	17,90	1,09	0,47	0,08	0,05	1,69	4,47	37,81				
Ah2	5/8-15/22	956	41	2	1	4,84	3,69	7,25	1,40	0,07	20,03	0,71	0,67	3,69	0,09	0,05	0,05	0,01	0,20	0,67	29,85				
C11	15/22-50	967	32	1	0	5,22	3,67	7,25	1,06	0,06	17,71		0,79	3,06	0,05	0,04	0,05	0,03	0,17	0,64	26,56				
C12	50-80	957	37	0	6	5,59	4,08	7,30	0,78	0,03	26,16		0,85	3,27	0,02	0,02	0,05	0,01	0,10	0,45	22,22				
C13	80-110	954	39	1	6	5,48	4,12	7,32	0,69	0,03	22,84		1,04	3,85	0,02	0,02	0,05	0,00	0,09	0,40	22,50				
C21	110-140	984	12	3	1	5,73	4,27	7,38	0,16	0,02	7,93		0,40	2,18	0,02	0,01	0,04	0,00	0,07	0,30	23,33				
C23	170-200	990	9	1	0	5,49	4,22		0,36	0,03	11,94		0,09	2,48	0,01	0,01	0,05	0,00	0,07	0,51	13,73				

Anexo III – Continuação.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca					CTC	GSB %	Acidez ---cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ----	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na	SB						cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
<b>PL 5 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-5/8	929	53	10	7	4,86	3,04	6,49	54,64	1,14	47,93	7,07	6,77	39,61	2,44	0,79	0,05	0,04	3,32	15,55	21,35				
Ah2	5/8-20/27	941	53	3	3	4,63	3,23	7,14	4,62	0,14	33,01	0,69	0,72	7,62	0,21	0,11	0,05	0,01	0,38	6,65	5,71				
Bw	27-60/65	891	106	2	0	4,88	3,74	7,28	1,45	0,08	18,11		0,82	6,81	0,03	0,04	0,04	0,00	0,11	0,67	16,42				
C1	60/65-90	949	47	0	4	5,13	4,11	7,30	0,40	0,03	13,39		1,00	2,64	0,00	0,03	0,04	0,00	0,07	0,43	16,28				
C3	120-140	929	70	1	0	5,32	4,04	7,31	0,64	0,03	21,37		1,40	2,62	0,00	0,04	0,05	0,00	0,09	0,51	17,65				
2Ahb1	140-160	937	60	2	1	5,48	4,04		0,99	0,04	24,87		1,00	1,09	0,01	0,04	0,04	0,01	0,10	0,48	20,83				
2Ahb2	160-190	943	49	8	1	5,65	4,16		0,21	0,02	10,43		1,06	0,95	0,00	0,03	0,02	0,00	0,05	1,47	3,40				
2Cb	190-210	919	72	6	3	5,78	4,22		0,28	0,02	14,00		1,04	1,56	0,00	0,02	0,02	0,00	0,04	0,60	6,67				
<b>PL 12 (T322) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-12	898	77	15	10	6,14	3,74	6,93	28,49	0,70	40,70	4,02	3,22	21,87	3,59	0,83	0,06	0,04	4,52	8,51	53,11				
Ah2	12-45	888	96	5	11	5,52	3,58	7,25	2,36	0,13	18,13	1,26	0,62	6,12	0,27	0,05	0,01	0,01	0,34	1,78	19,10				
(E)	45-67	878	121	1	0	5,58	3,75	7,26	0,40	0,06	6,61	1,00	0,70	5,36	0,08	0,02	0,01	0,01	0,12	0,78	15,38				
C1	67-115	842	155	3	1	5,36	3,89	7,34	0,73	0,06	12,11	0,74	3,31	6,04	0,06	0,02	0,01	0,01	0,10	0,94	10,64				
C2	115-157	888	107	3	3	5,83	4,16	7,44	0,65	0,06	10,80	1,52	12,26	5,13	0,04	0,01	0,02	0,01	0,08	0,69	11,59				
C3	157-205	895	101	3	1	5,72	4,20	7,44	0,44	0,04	11,09	1,17	5,62	10,66	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,87	6,90				
<b>PL 13 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-14	612	380	5	3	6,25	4,48	7,3	5,42	0,32	16,94	4,68	0,66	9,94	1,3	0,34	0,02	0,03	1,69	2,6	65,00	0,13	0,13	0,00	
Ah2	14-45	674	321	1	4	6,07	4,24	7,45	2,37	0,13	18,24	6,78	1,07	6,58	0,35	0,1	0,01	0,02	0,48	1,25	38,40	0,23	0,23	0,00	
AC	45-85	661	333	5	1	5,71	4,10	7,41	2,58	0,09	28,66	5,37	1,31	4,41	0,13	0,04	0,01	0,01	0,19	1,09	17,43	0,37	0,37	0,00	
C1	85-108	734	260	2	5	5,90	4,23	7,42	0,83	0,04	20,73	2,12	1,93	3,26	0,08	0,03	0,01	0,01	0,13	0,78	16,67	0,25	0,25	0,00	
C2	108-140/155	739	251	5	5	6,00	4,39	7,62	0,53	0,04	13,28	4,49	11,00	5,90	0,06	0,02	0,01	0,01	0,10	0,78	12,82	0,38	0,38	0,00	
C3	140/155-170	660	321	17	2	5,53	4,35	7,48	0,12	0,03	4,10	1,45	7,23	3,64	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	0,63	11,11	0,32	0,32	0,00	
<b>PL 14 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-15/20	823	168	6	3	5,93	4,34	7,20	18,57	0,47	39,51	4,85	1,83	15,95	3,74	0,69	0,04	0,07	4,54	6,94	65,42				
(E)	15/20-60	848	147	2	3	6,00	4,27	7,38	0,66	0,05	13,14	0,76	5,57	5,39	0,17	0,05	0,01	0,01	0,24	0,85	28,24				
C1	60-90	796	198	5	1	5,80	4,43	7,53	1,78	0,07	25,38	0,84	14,27	6,44	0,14	0,04	0,01	0,01	0,20	0,97	20,62				
C2	90-125/130	794	205	0	1	6,45	4,29	7,52	1,26	0,05	25,30	0,40	5,63	5,52	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,85	10,59				
C3	125/130-180	745	246	8	0	5,67	4,32	7,5	1,07	0,04	26,81	0,80	3,54	5,94	0,06	0,02	0,01	0,01	0,10	0,85	11,76				
C4	180-230	793	204	2	1	5,74	4,51	7,44	0,00	0,02	0,13	0,60	2,24	4,65	0,06	0,02	0,02	0,01	0,11	0,37	29,73				

Anexo III – Continuação.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca					CTC	GSB %	Acidez	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na	SB						-----g kg <sup>-1</sup> -----
<b>PL 15 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-30	827	171	0	2	6,31	3,96	7,27	2,40	0,25	9,61	2,25	1,14	9,85	1,27	0,26	0,01	0,03	1,57	3,02	51,99				
Ah2	30-60/90	895	94	5	6	5,02	3,49	7,43	2,48	0,10	24,78	0,82	0,40	4,13	0,25	0,04	0,01	0,02	0,32	1,81	17,68				
E	60/90-100/110	860	133	2	5	4,78	3,66	7,46	0,85	0,05	17,05	0,46	0,42	2,19	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	0,75	9,33				
C1	100/110-130	823	165	4	9	4,85	3,76	7,50	0,72	0,05	14,32	0,62	2,45	3,12	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,87	5,75				
C2	130-160	889	110	1	0	4,82	4,02	7,56	0,92	0,05	18,40	0,29	10,32	4,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	1,03	3,88				
C3	160-200	665	331	1	3	5,12	4,14	7,65	0,69	0,04	17,33	0,34	15,66	3,91	0,02	0,01	0,04	0,01	0,08	0,75	10,67				
C4	200-240	911	76	7	7	5,30	4,34	7,70	0,00	0,01	0,00	0,36	9,23	3,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,08	0,78	10,26				
<b>PL 16 (303) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-10	943	44	4	10	5,23	3,71	7,00	24,14	0,94	25,68	6,00	2,06	10,55	2,87	0,85	0,01	0,06	3,79	8,7	43,56	0,20	0,11	0,08	
Ah2	10-30	947	46	4	3	5,12	3,53	7,31	1,43	0,14	10,18	1,72	1,37	3,69	0,07	0,05	0,01	0,01	0,14	0,84	16,67	0,21	0,11	0,10	
C1	30-85	958	34	5	2	5,34	3,90	7,35	0,47	0,13	3,62	0,95	1,76	3,90	0,03	0,02	0,01	0,01	0,07	0,69	10,14	0,18	0,18	0,01	
C2	85-130	930	68	2	1	5,47	4,11	7,36	0,17	0,08	2,15	1,59	0,86	4,35	0,06	0,03	0,01	0,01	0,11	0,37	29,73	0,19	0,19	0,00	
C3	130-185	916	77	0	6	6,08	4,27	7,37	0,14	0,13	1,06	0,34	1,19	3,25	0,06	0,03	0,01	0,01	0,11	0,3	36,67	0,18	0,18	0,00	
<b>PL 18 (T298) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-10	851	125	16	8	5,34	3,61	7,09	17,20	0,87	19,77	3,69	1,73	8,81	1,96	0,44	0,01	0,04	2,45	5,51	44,46				
Ah2	10-25	898	75	23	4	4,92	3,44	7,17	10,03	0,58	17,29	3,64	1,54	5,10	1,33	0,26	0,01	0,03	1,63	4,06	40,15				
E	25-30/55	905	83	12	0	4,90	3,65	7,33	1,23	0,06	20,52	0,84	0,36	1,16	0,13	0,04	0,01	0,01	0,19	0,81	23,46				
C1	30/55-80/100	893	91	12	4	5,11	4,02	7,40	0,44	0,09	4,84	1,10	1,38	2,56	0,08	0,02	0,01	0,01	0,12	0,66	18,18				
C2	80/100-130	879	106	11	4	5,04	4,13	7,53	1,15	0,06	19,24	2,06	1,96	3,42	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	1,11	4,50				
C3	130-200	904	85	7	4	4,83	4,21	7,64	0,88	0,04	21,88	1,09	2,08	3,37	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,9	6,67				
C4	200-235	921	73	5	1	5,62	4,31	7,51	0,63	0,01	63,30	0,83	1,78	3,37	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,55	7,27				
<b>PL 19 (T295) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-15	744	229	23	4	6,04	4,05	7,21	15,10	0,62	24,35	4,07	1,26	8,78	3,24	0,4	0,01	0,03	3,68	5,93	62,06	0,10	0,07	0,03	
AE	15-60	743	248	7	2	5,37	3,51	7,30	4,55	0,13	34,99	2,13	0,83	2,58	0,23	0,06	0,01	0,01	0,31	2,04	15,20	0,28	0,23	0,05	
(E)	60-100	744	245	9	2	5,06	3,57	7,33	2,82	0,08	35,21	0,71	0,60	1,49	0,07	0,02	0,01	0,01	0,11	1,05	10,48	0,26	0,26	0,00	
C1	100-140/180	904	91	4	1	4,79	3,88	7,55	0,17	0,10	1,68	1,37	1,05	3,34	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,63	9,52	0,29	0,29	0,00	
C2	140/180-240	672	322	2	4	4,50	3,94	7,63	0,70	0,04	17,48	1,81	0,16	3,78	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	1,05	5,71	0,40	0,40	0,00	
<b>PL 20 (T278) Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-14	801	122	54	23	5,25	3,32	7,30	20,43	0,98	20,84	6,79	3,11	53,47	2,81	0,74	0,09	0,06	3,70	9,48	39,03	0,49	0,34	0,15	
Ah2	14-35	790	167	34	9	5,06	3,38	7,47	7,36	0,32	23,00	1,55	1,34	8,98	0,8	0,18	0,01	0,01	1,00	3,59	27,86	0,47	0,38	0,08	
E	35-73	853	139	3	5	5,19	3,78	7,53	0,51	0,03	16,91	0,64	0,39	1,18	0,04	0,02	0,01	0,01	0,08	0,58	13,79	0,22	0,22	0,00	
EB	73-110	843	145	4	8	5,38	3,91	7,76	0,77	0,09	8,60	0,46	2,10	3,62	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	1,46	2,74	0,41	0,41	0,00	
(Bhs)	110-170	864	126	2	9	4,91	3,90	9,10	1,95	0,19	10,26	3,15	2,98	6,19	0,04	0,01	0,01	0,01	0,07	2,54	2,76	0,58	0,58	0,00	
C	170-260	844	148	3	5	5,14	4,17	9,10	0,62	0,10	6,18	0,07	1,56	2,77	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	1,07	4,67	0,30	0,30	0,00	

Anexo III – Continuação.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca				SB	CTC	GSB %	Acidez -----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na							
<b>PL 21 (T278) Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-17	763	198	27	12	5,42	3,49	7,28	28,48	1,10	25,89	8,48	2,43	12,24	4,31	0,68	0,01	0,05	5,05	10,5	48,00	0,34	0,25	0,09	
Ah2	17-40/50	748	220	20	13	4,87	3,34	7,48	8,73	0,35	24,93	4,51	1,06	2,66	0,71	0,17	0,01	0,01	0,90	2,92	30,82	0,49	0,42	0,07	
E	40/50-95/125	862	134	3	1	4,58	3,67	7,55	0,54	0,10	5,42	1,04	0,00	0,75	0,04	0,02	0,01	0,01	0,08	0,64	12,50	0,24	0,24	0,00	
EB	110-140	829	161	4	6	4,67	3,56	7,58	0,97	0,14	6,96	1,43	1,10	1,87	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,8	6,25	0,47	0,44	0,04	
(Bhs)1	160-190	828	158	4	10	4,45	3,78	7,76	3,00	0,07	42,93	3,92	1,82	6,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	2,19	1,83	0,60	0,58	0,02	
(Bhs)2	200-230	687	307	3	3	4,65	3,87	8,40	3,14	0,10	31,39	1,87	2,86	7,47	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	2,67	3,37	0,65	0,65	0,00	
C	230/270-288	916	72	1	10	5,36	4,21	8,83	0,72	0,04	17,99	1,31	2,12	4,52	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,86	6,98	0,27	0,27	0,00	
<b>PL 22 (T258) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah	0-20/25	910	63	16	11	5,05	3,00	7,43	19,42	0,30	64,74	5,16	7,93	27,77	0,72	0,27	0,01	0,04	1,04	3,71	28,03				
E	20/25-30/40	882	116	1	1	4,50	3,59	7,56	0,74	0,03	24,81	4,58	0,58	2,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,87	4,60				
C1	30/40-100	894	101	1	5	4,89	4,06	7,59	0,16	0,00	0,00	2,32	0,91	4,58	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,31	12,90				
C2	100-145	864	130	0	5	5,25	4,08	7,62	0,19	0,03	6,48	2,35	0,91	6,50	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,49	8,16				
C3	145-260	928	69	2	1	5,15	4,20	7,84	0,11	0,04	2,68	0,02	0,95	2,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,79	6,33				
C4	145-260	926	72	2	1	5,92	4,32	8,19	2,33	0,04	58,24	1,37	0,00	2,25	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,79	6,33				
C5	145-260	836	159	3	1	5,81	4,46	9,42	1,18	0,06	19,74	1,61	0,89	1,13	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,95	5,26				
<b>PL 23 (T64) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah1	0-5	920	52	19	9	4,95	3,54	7,52	17,28	0,25	69,10	2,86	0,00	13,84	0,33	0,16	0,01	0,03	0,53	2,00	26,31				
Ah2	5-20	937	46	2	14	5,59	3,90	7,52	1,47	0,12	12,28	1,62	0,42	3,01	0,07	0,04	0,01	0,01	0,13	0,42	30,21				
(E)	20-60	927	38	31	4	5,18	4,09	7,54	0,81	0,11	7,36	0,96	0,48	12,63	0,05	0,02	0,01	0,01	0,09	0,55	16,25				
C1	60-100	927	36	29	8	5,66	4,34	7,56	0,64	0,06	10,68	0,85	1,11	9,33	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,37	9,62				
C2	100-145	885	91	17	7	5,93	4,48	7,57	0,32	0,09	3,60	1,48	1,41	3,71	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,43	14,10				
C3	145-205	927	62	6	5	6,48	4,71	7,66	0,92	0,21	4,40	1,07	3,91	2,01	0,19	0,06	0,08	0,01	0,35	1,08	32,17				
C4	205-230	913	67	6	14	6,37	5,37	7,66	0,34	0,23	1,47	1,22	1,29	3,91	0,25	0,04	0,01	0,01	0,31	0,52	60,37				
<b>PL24 (T100) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																									
Ah	0-20	913	67	13	8	4,35	2,90	7,20	17,29	0,39	44,32	4,45	1,13	12,79	0,18	0,16	0,03	0,06	0,44	4,63	9,49				
C1	20-60	935	48	11	5	5,30	4,36	7,59	0,81	0,20	4,06	0,76	1,97	2,91	0,04	0,01	0,01	0,02	0,08	0,34	23,14				
C2	60-110/135	952	38	8	1	5,12	4,41	7,60	0,56	0,11	5,12	1,75	1,40	1,90	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,61	7,93				
C3	110/135-180	897	91	12	1	5,70	4,70	7,67	0,80	0,14	5,69	1,78	1,40	3,21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,55	8,11				

Anexo III – Continuação.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca					CTC	GSB %	Acidez	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	H <sup>+</sup>
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na	SB					
<b>PL 2 (T 214) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah1	0-13	887	89	17	7	4,21	2,91	6,83	27,84	0,64	43,50	2,36	4,87	29,40	1,41	0,43	0,10	0,11	2,05	7,46	27,48	0,87	0,35	0,52
Ah2	13-40	901	79	18	3	4,59	3,14	7,14	6,91	0,13	53,18	1,81	1,24	5,56	0,03	0,02	0,03	0,02	0,10	1,11	9,01	0,43	0,43	0,00
E	40-67	887	108	2	4	5,16	3,68	7,22	1,00	0,03	33,38	-	0,00	2,21	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,38	7,89	0,19	0,16	0,03
EB	67-100	807	189	2	2	4,96	3,92	7,33	1,75	0,07	24,94	-	0,83	4,54	0,00	0,00	0,04	0,04	0,08	0,83	9,64	0,39	0,36	0,02
Bhs	100-135	891	96	7	5	4,61	3,97	10,06	6,65	0,20	33,23	4,34	2,83	12,68	0,00	0,00	0,03	0,02	0,05	3,20	1,56	0,47	0,42	0,05
BC	135-160	875	122	1	3	5,07	4,08	8,32	2,32	0,10	23,23	1,12	2,54	7,92	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	1,32	1,52	0,27	0,27	0,00
C	160-190	875	116	2	7	5,21	4,32	7,45	0,79	0,02	39,37	2,36	2,76	2,63	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,47	6,38	0,18	0,18	0,00
<b>PL 6 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah	0-25	786	196	9	10	5,09	3,03	7,27	18,16	0,4	45,39	4,06	2,17	13,4	1,10	0,31	0,02	0,04	1,47	4,87	30,17	0,39	0,17	0,23
AE	25-65	904	74	21	1	4,80	3,09	7,34	4,28	0,1	42,76	0,36	1,62	3,451	0,11	0,05	0,01	0,01	0,17	1,27	13,65	0,40	0,40	0,00
E	65-105	815	169	5	11	5,18	3,64	10,9	0,76	0,04	18,92	0,07	1,4	0,3	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,10	48,74	0,11	0,10	0,01
Bhs11	105-140	840	124	27	8	4,63	4,02	10,9	13,24	0,38	34,83	9,92	2,62	5,922	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	9,69	0,53	0,85	0,86	0,00
Bhs12	140-190	809	162	11	18	4,82	4,10	11,2	11,81	0,29	40,72	9,92	2,55	7,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	9,48	0,53	0,66	0,66	0,00
Bhs2	190-227	813	180	2	5	4,77	3,88	9,12	6,47	0,2	32,35	5,16	2,79	7,583	0,02	0,01	0,01	0,02	0,06	5,06	1,19	0,96	0,94	0,02
C1	227-270	880	107	2	11	5,35	4,26	9,32	2,00	0,05	39,90	1,76	0,81	3,087	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	2,08	1,88	0,39	0,39	0,00
C2	270-300	974	11	12	2	5,65	4,22	7,62	1,02	0,02	51,11	1,12	1,72	0,974	0,01	0,01	0,04	0,01	0,07	0,96	7,44	0,22	0,22	0,00
<b>PL 8 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah	0-20	874	104	16	6	4,32	2,75	7,19	13,19	0,28	47,12	2,02	2,33	7,726	0,42	0,20	0,02	0,03	0,67	3,60	18,66	0,58	0,34	0,24
AE	20-45	832	152	6	10	4,79	3,34	7,66	1,42	0,04	35,38	0,11	1,61	1,804	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,56	11,53	0,21	0,17	0,04
E	45-75/104	786	199	4	10	5,08	3,66	7,67	1,08	0,02	53,86	0,14	1,52	1,331	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,25	16,30	0,14	0,14	0,00
Bhs1	75/104-125	781	190	8	22	4,80	4,21	10,88	9,68	0,2	48,38	8,36	2,66	6,581	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	7,87	0,54	0,63	0,63	0,00
Bhs2	125-148	728	255	10	8	5,20	4,21	10,53	4,98	0,14	35,59	2,75	2,97	5,866	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	4,13	1,04	0,59	0,59	0,00
C	148-200	852	129	14	6	5,30	4,43	8,16	0,94	0,05	18,88	0,49	0,4	5,299	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	1,18	3,12	0,23	0,23	0,00
<b>PL 10 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah	0-15	791	175	33	2	4,43	2,96	7,63	12,33	0,28	44,02	2,00	2,09	12,41	0,48	0,23	0,03	0,03	0,77	3,42	22,44	0,63	0,37	0,26
AE	15-45	854	131	13	2	4,69	3,29	7,67	1,90	0,07	27,21	0,30	1,49	3,954	0,06	0,03	0,01	0,01	0,11	0,91	12,15	0,37	0,30	0,06
E	45-100/110	814	169	16	2	4,95	3,69	7,67	1,04	0,03	34,51	0,21	1,45	2,528	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,41	11,06	0,16	0,16	0,01
Bhs	100/110-135	808	152	21	19	5,11	4,06	10,85	9,74	0,31	31,42	6,96	2,49	7,482	0,36	0,01	0,07	0,01	0,45	9,48	4,77	0,83	0,79	0,04
C1	135-154	666	233	80	22	4,97	4,36	9,63	3,30	0,09	36,62	2,47	1,35	7,021	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	2,28	2,11	0,29	0,29	0,00
C2	154-215	906	39	16	39	4,96	4,31	8,23	1,27	0,04	31,71	0,39	0,77	9,511	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	1,40	3,78	0,31	0,31	0,00

Anexo III – Continuação.

Hor	Prof (cm)	Granulometria				pH			C	N	C/N	Cp g kg <sup>-1</sup>	Extraíveis		Bases de troca					CTC	GSB %	Acidez	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>
		A.G	A.F	L	A	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF					P	K	Ca	Mg	K	Na	SB					
<b>PL 25 (T78) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah	0-15	803	139	50	8	4,02	2,74	7,09	28,37	0,64	44,33	5,48	0,00	13,57	0,07	0,21	0,04	0,12	0,44	7,44	5,86	1,45	0,75	0,70
E	15-50	862	125	11	2	4,75	3,85	7,57	0,85	0,06	14,13	1,74	0,16	2,61	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,40	10,86	0,16	0,16	0,00
Bhs1	50-60	766	206	12	16	4,46	4,12	8,67	10,06	0,35	28,75	8,53	1,62	5,25	0,01	0,02	0,01	0,11	0,15	5,16	2,92	1,17	1,17	0,00
Bhs2	60-90	862	107	16	16	4,72	4,37	11,08	13,31	0,28	47,55	12,13	2,84	5,30	0,01	0,01	0,01	0,09	0,12	9,10	1,37	1,06	1,04	0,02
C1	90-120/140	867	112	5	17	5,32	4,72	8,96	2,41	0,09	26,73	3,57	1,26	3,70	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	1,72	2,63	0,32	0,32	0,00
C2	120/140-170	838	150	10	2	5,51	4,88	7,90	0,90	0,05	18,01	0,88	0,82	3,39	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,64	5,89	0,19	0,19	0,00
<b>PL 26 (T22) Ortsteinic Albic Podzol</b>																								
Ah	0-25	822	94	37	47	5,73	4,48	7,69	11,78	0,36	32,74	3,00	0,87	16,69	0,85	0,27	0,02	0,02	1,15	2,58	44,71	0,15	0,12	0,04
E	25-60	920	61	15	4	5,88	4,59	7,68	0,34	0,10	3,40	1,19	0,31	0,50	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,15	31,75	0,19	0,19	0,00
Bs	60-90	871	105	17	6	5,83	4,70	7,50	0,39	0,06	6,44	1,79	0,00	4,11	0,03	0,01	0,01	0,01	0,06	0,25	24,99	0,23	0,23	0,00
Bhs1	90-108	731	176	39	54	5,79	4,51	9,60	8,43	0,46	18,32	8,06	0,60	17,59	0,42	0,08	0,01	0,03	0,55	6,15	8,88	0,80	0,80	0,00
Bhs2	110-140	885	51	22	43	5,83	4,70	9,89	7,88	0,36	21,90	6,13	0,12	16,02	0,21	0,03	0,03	0,02	0,29	6,05	4,76	0,44	0,44	0,00
C1	140-170	929	22	11	38	6,20	4,82	7,96	2,15	0,15	14,33	0,28	0,01	10,99	0,06	0,01	0,01	0,01	0,09	2,00	4,61	0,29	0,29	0,00
C2	170-190	400	506	51	43	5,82	4,57	7,84	0,68	0,18	3,78	1,73	0,00	19,46	0,07	0,03	0,03	0,02	0,16	1,64	9,50	0,42	0,42	0,00

**Anexo IV** - Quantidade de Fe, Al e Si determinados pelo métodos do oxalato, DCB e Pirofosfato, e alumínio extraído pelos métodos do KCl, LaCl<sub>3</sub> e CaCl<sub>2</sub>, dos pedões amostrados na Mata Nacional de Leiria.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			Al <sub>ox</sub> + 1/2Fe <sub>o</sub>	Pirofosfato			Al <sub>ext</sub> Al (KCl)	Al <sub>la</sub> (LaCl <sub>3</sub> )	Al <sub>cu</sub> (CuCl <sub>2</sub> )	Al <sub>b</sub> (Al <sub>la</sub> -Al <sub>ext</sub> )	Al <sub>m</sub> (Al <sub>cu</sub> - Al <sub>la</sub> )
		Fe <sub>o</sub>	Al <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub>	Si <sub>d</sub>		Fe <sub>p</sub>	Al <sub>p</sub>	Si <sub>p</sub>					
<b>PL1 (T214) - Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-10	0,15	0,05	1,01	0,21	0,26	0,70	0,13	0,13	0,25	0,10	0,18	0,38	1,96	0,21	1,57
Ah2	10-27	0,25	0,05	0,83	0,08	0,20	0,76	0,18	0,06	0,17	0,03	0,29	0,99	1,24	0,71	0,25
E	27-60	0,02	0,00	0,47	0,00	0,04	0,24	0,01	0,00	0,03	0,01	0,04	0,15	0,18	0,10	0,03
Bh1	60-90	0,06	0,33	0,80	0,06	0,59	0,42	0,36	0,04	0,54	0,40	0,10	0,31	2,15	0,21	1,84
Bh2	90-130	0,02	0,33	0,74	0,02	0,58	0,46	0,34	0,02	0,47	0,26	0,04	0,18	1,43	0,14	1,26
C	130-170	0,00	0,16	0,88	0,00	0,38	0,43	0,16	0,00	0,28	0,13	0,05	0,37	0,61	0,31	0,24
<b>PL 3 (T215) Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-15	0,10	0,14	0,03	0,00	0,34	0,93	0,19	0,10	0,28	0,00					
E1	15-40	0,00	0,00	0,07	0,00	0,05	0,42	0,00	0,00	0,01	0,00					
E2	40-65/70	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,38	0,00	0,00	0,03	0,00					
Bhs1	65/70-95	0,00	0,59	0,19	0,00	0,87	0,47	0,59	0,00	0,76	0,25					
Bhs2	95-120	0,00	0,27	0,14	0,00	0,72	0,48	0,27	0,00	0,69	0,22					
<b>C</b>																
<b>PL 4 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-5/8	0,00	0,00	0,14	0,00	0,11	0,70	0,00	0,00	0,06	0,00					
Ah2	5/8-15/22	0,00	0,00	0,33	0,00	0,05	0,32	0,00	0,00	0,03	0,00					
C11	15/22-50	0,00	0,00	0,54	0,00	0,04	0,22	0,00	0,00	0,04	0,00					
C12	50-80	0,00	0,00	0,57	0,00	0,11	0,26	0,00	0,00	0,08	0,00					
C13	80-110	0,00	0,00	0,69	0,00	0,11	0,35	0,00	0,00	0,10	0,04					
C21	110-140	0,00	0,00	0,96	0,00	0,11	0,28	0,00	0,00	0,09	0,01					
C23	170-200															
<b>PL 5 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-5/8	0,00	0,01	0,83	0,00	0,29	1,11	0,01	0,00	0,16	0,00					
Ah2	5/8-20/27	0,00	0,00	0,85	0,00	0,05	0,36	0,00	0,00	0,02	0,00					
Bw	27-60/65	0,00	0,00	0,85	0,00	0,06	0,28	0,00	0,00	0,06	0,00					
C1	60/65-90	0,00	0,00	0,92	0,00	0,11	0,29	0,00	0,00	0,10	0,03					
C3	120-140	0,00	0,00	0,58	0,00	0,12	0,23	0,00	0,00	0,12	0,03					

Anexo IV – Continuação.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			$Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_o$	Pirofosfato			$Al_{ext}$ Al (KCl)	$Al_{la}$ (LaCl <sub>3</sub> )	$Al_{cu}$ (CuCl <sub>2</sub> )	$Al_b$ ( $Al_{la} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{la}$ )
		Fe <sub>o</sub>	Al <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub>	Si <sub>d</sub>		Fe <sub>p</sub>	Al <sub>p</sub>	Si <sub>p</sub>					
<b>PL 12 (T322) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-12	0,14	0,63	2,18	0,16	0,10	0,36	0,70	0,09	0,09	0,11					
Ah2	12-45	0,18	0,61	1,97	0,31	0,15	0,20	0,70	0,19	0,14	0,21					
(E)	45-67	0,11	0,56	2,23	0,20	0,09	0,20	0,62	0,16	0,12	0,26					
C1	67-115	0,24	0,59	1,97	0,34	0,15	0,24	0,71	0,32	0,27	0,68					
C2	115-157	0,14	0,68	1,94	0,24	0,23	0,26	0,75	0,20	0,27	0,58					
C3	157-205	0,06	0,72	1,86	0,13	0,22	0,19	0,75	0,14	0,28	0,54					
<b>PL 13 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-14	0,19	0,58	1,66	0,28	0,10	0,19	0,68	0,20	0,12	0,26	0,02	0,14	0,83	0,13	0,69
Ah2	14-45	0,19	0,68	1,56	0,33	0,23	0,17	0,78	0,28	0,31	0,44	0,06	0,54	0,96	0,47	0,42
AC	45-85	0,12	0,59	1,33	0,24	0,19	0,16	0,65	0,24	0,28	0,35	0,10	0,55	0,82	0,45	0,27
C1	85-108	0,13	0,57	1,31	0,27	0,15	0,15	0,64	0,26	0,27	0,59	0,06	0,35	0,69	0,29	0,34
C2	108-140/155	0,14	0,77	1,02	0,26	0,30	0,12	0,84	0,24	0,40	0,50	0,09	0,34	1,67	0,25	1,33
C3	140/155-170	0,05	0,57	0,90	0,24	0,21	0,15	0,60	0,15	0,27	0,37	0,04	0,30	0,75	0,26	0,45
<b>PL 14 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-15/20	0,13	0,49	0,88	0,20	0,13	0,24	0,56	0,16	0,18	0,04					
(E)	15/20-60	0,10	0,37	0,79	0,20	0,08	0,22	0,42	0,19	0,23	0,45					
C1	60-90	0,07	0,52	0,52	0,22	0,22	0,25	0,56	0,18	0,37	0,39					
C2	90-125/130	0,02	0,49	0,64	0,13	0,18	0,20	0,50	0,14	0,33	0,36					
C3	125/130-180	0,00	0,48	0,49	0,10	0,15	0,18	0,48	0,11	0,29	0,31					
C4	180-230	0,00	0,36	0,22	0,10	0,11	0,15	0,36	0,08	0,25	0,23					
<b>PL 15 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-30	0,01	0,29	0,16	0,10	0,02	0,22	0,30	0,13	0,12	0,00					
Ah2	30-60/90	0,00	0,27	0,11	0,13	0,01	0,21	0,27	0,16	0,15	0,04					
E	60/90-100/110	0,00	0,19	0,09	0,07	0,00	0,21	0,19	0,12	0,12	0,05					
C1	100/110-130	0,05	0,21	0,21	0,27	0,02	0,18	0,24	0,34	0,30	0,58					
C2	130-160	0,40	0,34	0,00	0,27	0,09	0,12	0,54	0,29	0,33	0,44					
C3	160-200	0,07	0,38	0,28	0,18	0,14	0,10	0,42	0,24	0,39	0,37					
C4	200-240	0,00	0,37	0,29	0,04	0,12	0,12	0,37	0,09	0,32	0,11					

Anexo IV – Continuação.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			$Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_o$	Pirofosfato			$Al_{ext}$ Al (KCl)	$Al_{la}$ (LaCl <sub>3</sub> )	$Al_{cu}$ (CuCl <sub>2</sub> )	$Al_b$ ( $Al_{la} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{la}$ )
		Fe <sub>o</sub>	Al <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub>	Si <sub>d</sub>		Fe <sub>p</sub>	Al <sub>p</sub>	Si <sub>p</sub>					
<b>PL 16 (303) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-10	0,17	0,18	0,11	0,25	0,20	0,82	0,26	0,14	0,22	0,34	0,01	0,15	0,63	0,13	0,49
Ah2	10-30	0,05	0,00	0,29	0,10	0,06	0,72	0,03	0,08	0,09	0,37	0,04	0,10	0,19	0,06	0,09
C1	30-85	0,05	0,01	0,47	0,12	0,07	0,96	0,04	0,07	0,12	0,54	0,03	0,15	0,23	0,12	0,08
C2	85-130	0,05	0,06	0,58	0,16	0,11	0,93	0,08	0,08	0,16	0,62	0,02	0,15	0,26	0,13	0,11
C3	130-185	0,03	0,05	0,56	0,14	0,09	1,09	0,07	0,08	0,16	0,67	0,01	0,11	0,25	0,10	0,14
<b>PL 18 (T298) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-10	0,06	0,09	0,51	0,14	0,12	1,46	0,12	0,08	0,15	0,43					
Ah2	10-25	0,04	0,03	0,70	0,11	0,07	1,52	0,05	0,08	0,14	0,48					
E	25-30/55	0,00	0,00	0,74	0,10	0,04	1,41	0,00	0,07	0,12	0,46					
C1	30/55-80/100	0,14	0,06	0,75	0,34	0,14	1,67	0,13	0,26	0,27	0,85					
C2	80/100-130	0,13	0,17	0,94	0,24	0,31	1,79	0,24	0,25	0,40	0,81					
C3	130-200	0,13	0,22	0,88	0,18	0,35	1,81	0,28	0,13	0,39	0,69					
C4	200-235	0,01	0,11	0,88	0,07	0,19	1,72	0,11	0,07	0,27	0,43					
<b>PL 19 (T295) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-15	0,07	0,07	0,49	0,22	0,17	2,25	0,11	0,14	0,23	0,38	0,11	0,11	0,56	0,00	0,45
AE	15-60	0,06	0,03	0,56	0,09	0,02	2,08	0,06	0,06	0,10	0,35	0,04	0,20	0,36	0,17	0,15
(E)	60-100	0,00	0,00	0,63	0,08	0,05	2,15	0,00	0,06	0,10	0,30	0,04	0,14	0,31	0,10	0,17
C1	100-140/180	0,04	0,01	0,60	0,17	0,05	2,53	0,03	0,18	0,21	0,63	0,04	0,26	0,31	0,22	0,05
C2	140/180-240	0,06	0,12	0,69	0,26	0,16	2,10	0,15	0,24	0,33	0,64	0,08	0,47	0,82	0,39	0,36
<b>PL 20 (T278) Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-14	0,11	0,14	0,37	0,36	0,22	2,72	0,20	0,24	0,31	0,34	0,20	0,56	2,21	0,35	1,65
Ah2	14-35	0,01	0,03	0,43	0,15	0,06	2,80	0,04	0,11	0,17	0,23	0,09	0,32	0,75	0,23	0,42
E	35-73	0,00	0,00	0,38	0,01	0,00	2,80	0,00	0,02	0,07	0,23	0,00	0,06	0,11	0,06	0,05
EB	73-110	0,15	0,13	0,47	0,46	0,34	2,78	0,21	0,42	0,50	0,55	0,11	0,74	1,43	0,63	0,69
(Bhs)	110-170	0,30	0,28	0,45	0,55	0,64	2,91	0,43	0,59	0,80	0,47	0,29	0,70	3,91	0,41	3,22
C	170-260	0,04	0,14	0,87	0,08	0,38	2,73	0,16	0,11	0,49	0,31	0,04	0,56	1,45	0,52	0,89

Anexo IV – Continuação.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			$Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_o$	Pirofosfato			$Al_{ext}$ (KCl)	$Al_{la}$ ( $LaCl_3$ )	$Al_{cu}$ ( $CuCl_2$ )	$Al_b$ ( $Al_{la} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{la}$ )
		$Fe_o$	$Al_o$	$Si_o$	$Fe_d$	$Al_d$	$Si_d$		$Fe_p$	$Al_p$	$Si_p$					
		-----g kg <sup>-1</sup> -----											-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
<b>PL 21 (T278) Albic Protosodic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-17	0,10	0,08	0,47	0,20	0,15	2,99	0,13	0,18	0,33	0,18	0,11	0,89	2,62	0,78	1,72
Ah2	17-40/50	0,00	0,03	0,56	0,10	0,10	2,62	0,03	0,06	0,18	0,18	0,09	0,54	1,06	0,45	0,52
E	40/50-95/125	0,00	0,00	0,64	0,05	0,00	2,45	0,00	0,02	0,10	0,14	0,02	0,23	0,25	0,21	0,02
EB	110-140	0,05	0,00	0,77	0,38	0,07	2,46	0,02	0,24	0,28	0,61	0,11	0,65	0,69	0,54	0,05
(Bhs)1	160-190	0,17	0,15	1,18	0,49	0,32	2,99	0,23	0,35	0,49	0,58	0,29	0,76	2,41	0,48	1,64
(Bhs)2	200-230	0,13	0,14	1,47	0,48	0,49	3,15	0,21	0,39	0,66	0,34	0,30	0,84	3,93	0,53	3,09
C	230/270-288	0,00	0,14	1,62	0,12	0,41	3,81	0,14	0,06	0,45	0,13	0,03	0,54	1,69	0,51	1,15
<b>PL 22 (T258) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah	0-20/25	0,00	0,00	1,47	0,12	0,05	1,97	0,00	0,01	0,10	0,04					
E	20/25-30/40	0,00	0,00	1,22	0,03	0,00	2,39	0,00	0,00	0,09	0,03					
C1	30/40-100	0,00	0,00	1,11	0,15	0,07	0,48	0,00	0,07	0,20	0,18					
C2	100-145	0,10	0,00	1,17	0,20	0,17	0,90	0,05	0,12	0,27	0,19					
C3	145-260	0,10	0,06	1,38	0,25	0,21	1,35	0,11	0,15	0,35	0,10					
C4	145-260	0,05	0,19	1,78	0,19	0,28	1,18	0,21	0,13	0,44	0,13					
C5	145-260	0,01	0,38	1,85	0,20	0,40	1,59	0,39	0,08	0,56	0,08					
<b>PL 23 (T64) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah1	0-5	0,10	0,00	0,00	0,22	0,12	0,30	0,05	0,10	0,06	0,10					
Ah2	5-20	0,04	0,00	0,00	0,11	0,03	0,07	0,02	0,06	0,03	0,07					
(E)	20-60	0,06	0,00	0,00	0,16	0,05	0,02	0,03	0,08	0,04	0,13					
C1	60-100	0,07	0,00	0,00	0,17	0,07	0,00	0,03	0,11	0,10	0,55					
C2	100-145	0,06	0,00	0,00	0,15	0,09	0,00	0,03	0,10	0,16	0,54					
C3	145-205	0,06	0,00	0,01	0,14	0,27	0,00	0,03	0,08	0,30	0,88					
C4	205-230	0,06	0,00	0,02	0,14	0,20	0,00	0,03	0,06	0,18	0,35					
<b>PL24 (T100) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>																
Ah	0-20	0,11	0,00	0,00	0,24	0,12	0,20	0,05	0,14	0,10	0,27					
C1	20-60	0,13	0,00	0,00	0,28	0,11	0,00	0,06	0,19	0,17	0,79					
C2	60-110/135	0,13	0,00	0,02	0,28	0,12	0,00	0,07	0,21	0,17	0,76					
C3	110/135-180	0,12	0,00	0,03	0,26	0,22	0,00	0,06	0,17	0,25	0,85					

Anexo IV – Continuação.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			$Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_o$	Pirofosfato			$Al_{ext}$ (KCl)	$Al_{la}$ ( $LaCl_3$ )	$Al_{cu}$ ( $CuCl_2$ )	$Al_b$ ( $Al_{la} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{la}$ )
		$Fe_o$	$Al_o$	$Si_o$	$Fe_d$	$Al_d$	$Si_d$		$Fe_p$	$Al_p$	$Si_p$					
		g kg <sup>-1</sup>						cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								
<b>PL 2 (T 214) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah1	0-13	0,08	0,01	0,00	0,08	0,16	0,59	0,05	0,04	0,11	0,00	0,12	0,29	1,60	0,17	1,31
Ah2	13-40	0,01	0,00	0,02	0,00	0,07	0,38	0,01	0,00	0,03	0,00	0,03	0,11	0,27	0,08	0,16
E	40-67	0,00	0,00	0,04	0,00	0,05	0,30	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,12	0,05	0,12	0,00
EB	67-100	0,08	0,01	0,14	0,12	0,31	0,44	0,05	0,10	0,32	0,28	0,06	0,56	0,61	0,50	0,05
Bhs	100-135	0,63	0,96	0,28	0,48	1,84	0,56	1,28	0,41	1,66	0,24	0,14	0,30	4,77	0,16	4,47
BC	135-160	0,24	0,32	0,26	0,23	0,99	0,46	0,44	0,21	0,83	0,11	0,07	0,24	2,25	0,17	2,01
C	160-190	0,05	0,03	0,15	0,05	0,41	0,41	0,00	0,04	0,27	0,04	0,00	0,31	0,46	0,31	0,16
<b>PL 6 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah	0-25	0,03	0,03	0,00	0,35	0,01	0,15	0,05	0,07	0,07	0,19	0,05	0,20	0,70	0,16	0,50
AE	25-65	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,03	0,17	0,29	0,14	0,12
E	65-105	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
Bhs11	105-140	0,74	3,74	1,31	1,13	4,62	0,58	4,11	0,69	2,43	1,11	0,27	1,16	13,26	0,89	12,10
Bhs12	140-190	0,09	1,62	0,84	0,57	2,48	0,53	1,67	0,18	2,22	0,98	0,26	0,88	11,44	0,62	10,56
Bhs2	190-227	0,00	1,99	0,15	0,40	1,19	0,04	1,99	0,06	0,63	0,20	0,39	2,50	8,40	2,11	5,89
C1	227-270	0,00	1,88	0,35	0,41	0,99	0,17	1,88	0,02	0,43	0,60	0,10	0,73	3,74	0,64	3,01
C2	270-300	0,00	0,31	0,17	0,33	0,00	0,14	0,31	0,01	0,03	0,17	0,02	0,39	1,00	0,37	0,61
<b>PL 8 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah	0-20	0,00	0,03	0,31	0,34	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,22	0,07	0,24	0,56	0,17	0,32
AE	20-45	0,00	0,00	0,32	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,14	0,06	0,14	0,00
E	45-75/104	0,00	0,00	0,02	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,07	0,01	0,07	0,00
Bhs1	75/104-125	1,10	2,02	2,27	1,42	3,63	0,25	2,57	0,81	1,52	0,92	0,24	1,36	12,75	1,12	11,40
Bhs2	125-148	0,03	1,55	2,36	0,41	2,76	0,51	1,57	0,08	0,94	0,83	0,18	0,96	7,12	0,78	6,15
C	148-200	0,00	1,20	1,65	0,45	0,63	0,02	1,20	0,02	0,09	0,32	0,01	0,36	0,93	0,35	0,57
<b>PL 10 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah	0-15	0,00	0,13	2,10	0,43	0,00	0,10	0,13	0,03	0,00	0,18	0,12	0,32	0,91	0,20	0,59
AE	15-45	0,00	0,05	2,52	0,32	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	0,11	0,02	0,08	0,17	0,06	0,09
E	45-100/110	0,00	0,03	3,42	0,36	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00	0,06	1,63	0,06	1,57
Bhs	100/110-135	0,78	1,58	3,97	1,01	3,33	0,29	1,97	0,61	1,40	0,97	0,29	0,85	10,79	0,55	9,94
C1	135-154	0,05	2,83	3,74	0,50	1,88	0,06	2,86	0,07	0,35	0,00	0,10	0,45	4,27	0,35	3,83
C2	154-215	0,05	1,76	3,62	0,62	0,96	0,16	1,79	0,11	0,06	0,00	0,07	0,74	0,08	0,66	0,00

Anexo IV – Continuação.

Hor	Prof cm	Oxalato			DCB			$Al_{ox} + \frac{1}{2}Fe_o$	Pirofosfato			$Al_{ext}$ (KCl)	$Al_{ia}$ (LaCl <sub>3</sub> )	$Al_{cu}$ (CuCl <sub>2</sub> )	$Al_b$ ( $Al_{ia} - Al_{ext}$ )	$Al_m$ ( $Al_{cu} - Al_{ia}$ )
		Fe <sub>o</sub>	Al <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>d</sub>	Si <sub>d</sub>		Fe <sub>p</sub>	Al <sub>p</sub>	Si <sub>p</sub>					
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								
<b>PL 25 (T78) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah	0-15	0,10	0,00	0,00	0,18	0,22	0,49	0,05	0,16	0,17	0,37	0,42	1,11	1,68	0,69	0,57
E	15-50	0,04	0,59	0,01	0,13	0,11	0,00	0,61	0,05	0,00	0,20	0,04	0,08	0,20	0,05	0,11
Bhs1	50-60	0,06	2,21	0,08	0,13	0,85	0,00	2,24	0,12	1,48	0,90	0,57	1,71	8,81	1,14	7,10
Bhs2	60-90	0,19	0,23	0,29	0,30	3,09	0,05	0,32	0,27	3,67	0,92	0,58	2,55	15,99	1,97	13,44
C1	90-120/140	0,11	0,00	0,20	0,22	0,82	0,00	0,05	0,19	0,86	0,47	0,04	1,48	2,92	1,44	1,45
C2	120/140-170	0,07	0,00	0,19	0,17	0,31	0,00	0,04	0,11	0,23	0,34	0,00	0,43	0,59	0,43	0,15
<b>PL 26 (T22) Ortsteinic Albic Podzol</b>																
Ah	0-25	0,21	0,00	0,18	0,41	0,19	0,15	0,10	0,32	0,19	0,58	0,00	0,15	0,75	0,14	0,60
E	25-60	0,05	0,00	0,19	0,14	0,12	0,00	0,03	0,09	0,00	0,17	0,00	0,05	0,03	0,05	0,00
Bs	60-90	0,06	1,09	0,21	0,17	0,12	0,00	1,12	0,11	0,01	0,17	0,00	0,21	0,18	0,21	0,00
Bhs1	90-108	1,24	1,44	0,40	2,95	2,12	0,00	2,06	1,65	3,12	2,51	0,36	2,67	8,54	2,31	5,87
Bhs2	110-140	0,78	1,19	1,05	1,97	2,71	0,09	1,58	1,00	2,44	1,04	0,17	1,58	6,88	1,41	5,31
C1	140-170	0,74	0,20	0,66	2,02	1,66	0,05	0,57	0,78	1,27	0,80	0,03	1,43	3,49	1,40	2,05
C2	170-190	0,29	0,00	0,41	1,52	0,84	0,00	0,15	0,60	0,84	0,84	0,09	0,64	1,32	0,54	0,68

**Anexo V** – Análise elementar total do Ca – Cálcio, Mg – magnésio, K – potássio, Na – sódio (expressos em  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  e  $\text{g kg}^{-1}$ ) dos pédones estudados.

Hor	Prof cm	Ca -----	Mg -----	K -----	Na -----	Ca -----	Mg -----	K -----	Na -----
		$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$				$\text{g kg}^{-1}$			
<b>PL1 (T214) - Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-10	4,93	1,69	20,51	7,39	0,99	0,20	4,01	1,70
Ah2	10-27	1,55	0,60	22,30	6,76	0,31	0,07	4,36	1,56
E	27-60	2,69	0,90	22,64	5,90	0,54	0,11	4,42	1,36
Bh1	60-90	2,91	1,34	22,40	5,85	0,58	0,16	4,38	1,35
Bh2	90-130	3,39	1,34	25,22	6,97	0,68	0,16	4,93	1,60
C	130-170	2,38	0,93	24,32	7,08	0,48	0,11	4,75	1,63
<b>PL 3 (T215) Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah	0-15	3,49	1,40	19,26	5,60	0,70	0,17	3,76	1,29
E1	15-40	2,33	1,17	22,63	6,11	0,47	0,14	4,42	1,41
E2	40-65/70	1,99	0,90	20,93	6,32	0,40	0,11	4,09	1,45
Bhs1	65/70-95	2,40	1,13	25,63	6,83	0,48	0,14	5,01	1,57
Bhs2	95-120	5,04	1,25	24,60	7,62	1,01	0,15	4,81	1,75
<b>C</b>									
<b>PL 4 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-5/8	2,93	0,93	25,17	6,52	0,59	0,11	4,92	1,50
Ah2	5/8-15/22	2,98	0,99	26,02	7,38	0,60	0,12	5,08	1,70
C11	15/22-50	3,40	1,38	25,79	6,80	0,68	0,17	5,04	1,56
C12	50-80	1,30	0,43	28,31	6,91	0,26	0,05	5,53	1,59
C13	80-110	2,56	0,70	23,99	8,13	0,51	0,08	4,69	1,87
C21	110-140	1,43	0,47	24,80	5,72	0,29	0,06	4,85	1,32
C23	170-200								
<b>PL 5 (T153) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-5/8	4,59	1,30	21,37	5,64	0,92	0,16	4,18	1,30
Ah2	5/8-20/27	1,63	0,35	22,44	5,58	0,33	0,04	4,38	1,28
Bw	27-60/65	1,94	0,43	27,69	7,49	0,39	0,05	5,41	1,72
C1	60/65-90	2,44	0,68	26,33	9,19	0,49	0,08	5,15	2,11
C3	120-140	4,44	1,872	25,72	7,92	0,89	0,23	5,03	1,82
<b>PL 12 (T322) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-12	4,51	1,04	13,76	28,07	0,90	0,13	2,69	6,45
Ah2	12-45	1,32	0,52	12,62	20,47	0,26	0,06	2,47	4,71
(E)	45-67	1,21	0,75	11,60	24,20	0,24	0,09	2,27	5,56
C1	67-115	2,80	1,43	11,55	28,72	0,56	0,17	2,26	6,60
C2	115-157	1,18	0,67	12,28	21,14	0,24	0,08	2,40	4,86
C3	157-205	1,27	0,57	11,11	23,46	0,25	0,07	2,17	5,39

Anexo V- Continuação.

Hor	Prof cm	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----g kg <sup>-1</sup> -----			
<b>PL 13 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-14	8,57	3,75	16,25	84,12	1,72	0,45	3,17	19,34
Ah2	14-45	6,51	3,13	15,04	98,67	1,30	0,38	2,94	22,69
AC	45-85	5,93	2,78	14,83	74,03	1,19	0,34	2,90	17,02
C1	85-108	3,44	1,28	11,94	25,62	0,69	0,16	2,33	5,89
C2	108-140/155	4,77	2,89	14,90	71,18	0,95	0,35	2,91	16,37
C3	140/155-170	3,06	1,31	12,70	23,96	0,61	0,16	2,48	5,51
<b>PL 14 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-15/20	6,76	2,20	10,72	26,11	1,35	0,27	2,10	6,00
(E)	15/20-60	1,31	0,76	11,30	22,96	0,26	0,09	2,21	5,28
C1	60-90	2,58	1,70	10,99	30,96	0,52	0,21	2,15	7,12
C2	90-125/130	4,52	1,97	11,53	27,16	0,91	0,24	2,25	6,25
C3	125/130-180	3,71	1,74	11,74	32,24	0,74	0,21	2,29	7,41
C4	180-230	3,97	2,39	14,91	79,06	0,79	0,29	2,91	18,18
<b>PL 15 (T323) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-30	4,67	1,46	6,59	26,34	0,94	0,18	1,29	6,06
Ah2	30-60/90	1,79	0,66	13,16	21,98	0,36	0,08	2,57	5,05
E	60/90-100/110	2,66	1,09	10,54	26,36	0,53	0,13	2,06	6,06
C1	100/110-130	2,41	1,21	9,92	25,20	0,48	0,15	1,94	5,79
C2	130-160	1,60	0,81	13,93	21,84	0,32	0,10	2,72	5,02
C3	160-200	1,83	1,05	14,09	22,35	0,37	0,13	2,75	5,14
C4	200-240	3,73	1,53	11,01	24,55	0,75	0,19	2,15	5,65
<b>PL 16 (303) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-10	4,44	1,34	11,97	16,40	0,89	0,16	2,34	3,77
Ah2	10-30	2,16	0,88	14,00	7,98	0,43	0,11	2,74	1,84
C1	30-85	1,38	0,66	15,23	6,72	0,28	0,08	2,98	1,55
C2	85-130	1,17	0,81	13,89	6,76	0,23	0,10	2,71	1,56
C3	130-185	1,59	0,74	13,12	7,20	0,32	0,09	2,56	1,66
<b>PL 18 (T298) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-10	3,82	1,09	12,37	7,05	0,77	0,13	2,42	1,62
Ah2	10-25	2,52	0,95	9,23	6,24	0,50	0,11	1,80	1,44
E	25-30/55	2,25	0,84	9,39	5,07	0,45	0,10	1,83	1,17
C1	30/55-80/100	1,87	1,44	10,05	5,33	0,37	0,17	1,96	1,23
C2	80/100-130	1,81	0,85	10,74	6,74	0,36	0,10	2,10	1,55
C3	130-200	1,25	0,60	13,27	5,81	0,25	0,07	2,59	1,34
C4	200-235	1,82	0,74	13,07	6,85	0,36	0,09	2,55	1,58
<b>PL 19 (T295) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-15	7,53	2,70	14,62	9,66	1,51	0,33	2,86	2,22
AE	15-60	3,19	1,08	15,06	8,29	0,64	0,13	2,94	1,91
(E)	60-100	2,90	1,28	15,09	8,61	0,58	0,16	2,95	1,98
C1	100-140/180	0,53	0,52	12,24	5,63	0,11	0,06	2,39	1,30
C2	140/180-240	1,84	1,07	14,08	6,83	0,37	0,13	2,75	1,57

Anexo V- Continuação.

Hor	Prof cm	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----g kg <sup>-1</sup> -----			
<b>PL 20 (T278) Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-14	4,40	1,93	9,80	5,61	0,88	0,23	1,91	1,29
Ah2	14-35	1,75	0,63	11,46	5,72	0,35	0,08	2,24	1,32
E	35-73	0,60	0,28	9,86	3,96	0,12	0,03	1,93	0,91
EB	73-110	1,58	0,97	13,25	6,74	0,32	0,12	2,59	1,55
(Bhs)	110-170	2,17	1,27	11,34	6,11	0,43	0,15	2,22	1,41
C	170-260	2,46	1,14	15,19	8,53	0,49	0,14	2,97	1,96
<b>PL 21 (T278) Albic Protospodic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-17	4,93	1,37	10,60	5,28	0,99	0,17	2,07	1,22
Ah2	17-40/50	3,36	1,87	12,10	7,29	0,67	0,23	2,36	1,68
E	40/50-95/125	1,55	1,00	13,54	9,18	0,31	0,12	2,65	2,11
EB	110-140	3,84	2,35	15,50	10,27	0,77	0,28	3,03	2,36
(Bhs)1	160-190	3,17	2,18	14,02	6,72	0,63	0,26	2,74	1,55
(Bhs)2	200-230	2,96	1,81	12,33	6,11	0,59	0,22	2,41	1,41
C	230/270-288	1,14	0,75	12,85	5,94	0,23	0,09	2,51	1,37
<b>PL 22 (T258) Albic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah	0-20/25	1,42	0,72	12,60	5,48	0,28	0,09	2,46	1,26
E	20/25-30/40	1,12	0,60	12,12	4,02	0,22	0,07	2,37	0,93
C1	30/40-100	2,01	1,06	16,57	6,59	0,40	0,13	3,24	1,52
C2	100-145	2,40	1,40	13,85	6,13	0,48	0,17	2,71	1,41
C3	145-260	0,00	0,29	9,28	3,09	0,00	0,03	1,81	0,71
C4	145-260	0,66	0,51	12,56	5,52	0,13	0,06	2,45	1,27
C5	145-260	0,00	0,35	11,52	4,02	0,00	0,04	2,25	0,93
<b>PL 23 (T64) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah1	0-5	1,72	0,72	18,94	14,70	0,34	0,09	3,70	3,38
Ah2	5-20	1,61	0,79	17,43	14,98	0,32	0,10	3,41	3,45
(E)	20-60	0,99	0,40	20,05	14,40	0,20	0,05	3,92	3,31
C1	60-100	1,06	0,44	17,24	14,59	0,21	0,05	3,37	3,36
C2	100-145	1,73	1,20	14,31	15,99	0,35	0,15	2,80	3,68
C3	145-205	2,06	0,90	13,38	14,46	0,41	0,11	2,61	3,33
C4	205-230	2,64	1,04	14,02	15,29	0,53	0,13	2,74	3,52
<b>PL24 (T100) Haplic Arenosol (Hyperdystric)</b>									
Ah	0-20	2,63	1,16	13,30	15,07	0,53	0,14	2,60	3,47
C1	20-60	1,46	0,93	14,82	14,11	0,29	0,11	2,90	3,25
C2	60-110/135	1,76	0,77	14,74	10,31	0,35	0,09	2,88	2,37
C3	110/135-180	3,91	2,07	14,82	10,24	0,78	0,25	2,90	2,36
<b>PL 6 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah	0-25	2,77	0,63	8,24	4,30	0,56	0,08	1,61	0,99
AE	25-65	1,78	0,53	9,28	4,15	0,36	0,06	1,81	0,95
E	65-105	1,56	0,35	8,68	4,38	0,31	0,04	1,70	1,01
Bhs11	105-140	1,43	0,63	13,08	15,23	0,29	0,08	2,56	3,50
Bhs12	140-190	2,49	0,85	11,06	15,10	0,50	0,10	2,16	3,47
Bhs2	190-227	3,72	0,46	11,45	4,81	0,74	0,06	2,24	1,11
C1	227-270	1,44	0,44	13,79	4,09	0,29	0,05	2,69	0,94
C2	270-300	0,95	0,03	4,85	2,60	0,19	0,00	0,95	0,60

Anexo V- Continuação.

Hor	Prof cm	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----g kg <sup>-1</sup> -----			
<b>PL 2 (T 214) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah1	0-13	3,33	0,93	22,45	6,08	0,67	0,11	4,39	1,40
Ah2	13-40	2,70	0,80	20,24	6,23	0,54	0,10	3,96	1,43
E	40-67	3,17	1,42	26,92	7,09	0,63	0,17	5,26	1,63
EB	67-100	3,67	1,09	25,68	6,95	0,74	0,13	5,02	1,60
Bhs	100-135	3,28	0,95	24,02	6,72	0,66	0,11	4,69	1,55
BC	135-160	4,14	1,77	24,16	6,98	0,83	0,21	4,72	1,61
C	160-190	4,37	1,77	25,72	8,41	0,87	0,21	5,03	1,93
<b>PL 8 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah	0-20	2,01	0,53	8,13	4,51	0,40	0,06	1,59	1,04
AE	20-45	1,35	0,21	8,70	3,86	0,27	0,03	1,70	0,89
E	45-75/104	1,58	0,42	12,30	4,68	0,32	0,05	2,40	1,08
Bhs1	75/104-125	1,01	0,28	12,28	13,56	0,20	0,03	2,40	3,12
Bhs2	125-148	2,04	0,98	11,30	12,72	0,41	0,12	2,21	2,93
C	148-200	2,05	0,95	11,32	13,61	0,41	0,11	2,21	3,13
<b>PL 10 (T96) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah	0-15	1,77	0,70	10,59	4,74	0,35	0,08	2,07	1,09
AE	15-45	1,00	0,52	9,57	4,25	0,20	0,06	1,87	0,98
E	45-100/110	1,37	0,45	9,26	4,36	0,27	0,05	1,81	1,00
Bhs	100/110-135	2,75	1,28	10,06	13,01	0,55	0,15	1,97	2,99
C1	135-154	1,79	1,23	19,58	12,57	0,36	0,15	3,83	2,89
C2	154-215	0,49	0,54	9,76	2,76	0,10	0,07	1,91	0,63
<b>PL 25 (T78) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah	0-15	0,57	0,54	7,30	6,79	0,11	0,07	1,43	1,56
E	15-50	0,28	0,40	8,11	5,15	0,06	0,05	1,58	1,19
Bhs1	50-60	0,28	0,37	7,35	5,20	0,06	0,04	1,44	1,20
Bhs2	60-90	1,13	0,77	10,93	5,52	0,23	0,09	2,14	1,27
C1	90-120/140	2,71	1,28	8,18	5,68	0,54	0,16	1,60	1,31
C2	120/140-170	2,61	1,61	8,99	5,98	0,52	0,20	1,76	1,38
<b>PL 26 (T22) Ortsteinic Albic Podzol</b>									
Ah	0-25	1,46	1,05	7,90	4,55	0,29	0,13	1,54	1,05
E	25-60	0,24	0,11	7,94	4,00	0,05	0,01	1,55	0,92
Bs	60-90	0,49	0,21	8,98	4,87	0,10	0,02	1,75	1,12
Bhs1	90-108	1,95	1,65	12,21	5,89	0,39	0,20	2,39	1,36
Bhs2	110-140	0,20	0,94	4,53	3,18	0,04	0,11	0,88	0,73
C1	140-170	0,19	0,86	4,97	3,37	0,04	0,10	0,97	0,78
C2	170-190	0,44	3,71	40,36	6,89	0,09	0,45	7,89	1,59

**Anexo VI** – Abundância da vegetação observada (espécie, nome vulgar) nos talhões correspondentes aos pédones estudados na Mata Nacional de Leiria pédones.

<b>Espécie</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Abundância da espécie</b>
<b>Talhão nº. 96</b>		
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	4
<i>Scilla monophyllos</i> (Link in Schra)	Cebola-albarrã	+
<i>Stauracanthus genistoides</i> ssp. <i>Genistoides</i> (Brot.) Samp	Tojo-bonito	1
<i>Simethis mattiazzi</i> (Vand.) Sacc.	Cravo-do-monte	4
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	3
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	5
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	+
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Abrótea	+
<b>Talhão nº. 78</b>		
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	5
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	5
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	3
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	3
<i>Simethis mattiazzi</i> (Vand.) Sacc.	Cravo-do-monte	+
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton	Acácia-austrália	1
<b>Talhão nº. 22 Zona não surribada</b>		
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	4
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	3
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	+
<i>Lithodora prostrata</i> Samp.	Erva-das-sete-sangrias	1
<i>Acacia dealbata</i> Link	Mimosa	1
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Abrótea	+
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	+
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	+
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton	Acácia-austrália	1
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	2
<b>Zona surribada</b>		
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton	Acácia-austrália	1
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	3
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	1
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	2
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	3
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	+
<i>Lithodora prostrata</i> Samp.	Erva-das-sete-sangrias	+
<b>Talhão nº. 64</b>		
<i>Cytisus grandiflorus</i> (Brot.) DC.	Giesteira-das-sebes	+
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	2
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	2
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	3
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	3

Anexo VI – Continuação.

Espécie	Nome vulgar	Abundância da espécie
<b>Talhão nº. 100</b>		
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	1
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	5
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	1
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Abrótea	+
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	+
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	1
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Halimium halimifolium</i> (L.) Willk.	Sargaça-das-areias	+
<i>Stauracanthus genistoides</i> ssp. <i>Genistoides</i> (Brot.) Samp	Tojo-bonito	2
<i>Arbutus unedo</i> L.	Medronheiro	+
<i>Erica arborea</i> L.	Urze-arbórea	+
<i>Cytisus grandiflorus</i> (Brot.) DC.	Giesteira-das-sebes	+
<b>Talhão nº. 303</b>		
<i>Corema album</i> (L.) D. Don	Camarinha	3
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	3
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N. E. Br. in E. Phillips	Chorões	+
<i>Helichrysum picardii</i> (Roth) G. Don fil. in Loudon	Alecrim-das-areias	2
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton	Acácia-austrália	3
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	2
<i>Cladonia</i> sp. (líquenes)	(líquenes)	5
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	3
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	1
<i>Aetheorhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	Condriha-das-cebolinhas	+
<i>Stauracanthus genistoides</i> ssp. <i>Genistoides</i> (Brot.) Samp	Tojo-bonito	1
<i>Teesdalia nudicaulis</i> (L.) R.Br.	Teesdalia	+
<i>Linaria sparteae</i> (L.) Willd.	Ansarina-dos-campos	+
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Tasneirinha	+
<i>Malcolmia littorea</i> (L.) R.Br.	Goivos-da-praia	+
<b>Talhão nº. 298</b>		
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro-bravo	
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	5
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Abrótea	4
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	1
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco	1
<i>Thapsia villosa</i> L.	Tápsia	+
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Gilbardeira	+
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N. E. Br. in E. Phillips	Chorões	+
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	1
<i>Cytisus grandiflorus</i> (Brot.) DC.	Giesteira-das-sebes	+
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	+
<i>Cladonia</i> sp. (líquenes)	Líquenes	4
<i>Erica arborea</i> L.	Urze-arbórea	2
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Sanguinho-das-sebes	+

Anexo VI – Continuação.

Espécie	Nome vulgar	Abundância da espécie
<b>Talhão nº. 295</b>		
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Funcho	1
<i>Arctotheca calendula</i> (L.) Levyns	Erva-gorda	1
<i>Lotus creticus</i> L.	Cornichão-das-areias	+
<i>Helichrysum picardii</i> (Roth) G. Don fil. in Loudon	perpétuas-das-areias	+
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	1
<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br. in W. T. Aiton	Acácia-austrália	2
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	2
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	1
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	1
<i>Galium spurium</i> L.	amor-de-hortelão	+
<i>Stauracanthus genistoides</i> ssp. <i>Genistoides</i> (Brot.) Samp	Tojo-bonito	+
<i>Erica arborea</i> L.	Urze-arbórea	+
<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Sanguinho-das-sebes	+
<i>Viburnum tinus</i> L.	Folhado	+
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	2
<i>Asparagus aphyllus</i> L.	Espargo-bravo-maior	+
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	+
<i>Juncus</i> sp. L.	Junco	+
<i>Centaurea sphaerocephala</i> L.		+
<b>Talhão nº. 278</b>		
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	1
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco	1
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	2
<i>Erica australis</i> L.	Urze-vermelha	1
<i>Cistus psilosepalus</i> Sweet	Sanganho	2
<i>Viburnum tinus</i> L.	Folhado	+
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	2
<i>Erica scoparia</i> L.	Urze-das-vassouras	3
<i>Aetheorhiza bulbosa</i> (L.) Cass.	Condriha-das-cebolinhas	+
<i>Thapsia villosa</i> L.	Canafrecha	1
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro bravo	1
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	1
<i>Asphodelus aestivus</i> Brot.	Abrótea	1
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Teucrium scorodonia</i> L.	Salva-bastarda	+
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	2

**Anexo VI – Continuação.**

<b>Espécie</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Abundância da espécie</b>
<b>Talhão nº. 214</b>		
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro bravo	5
<i>Cistus psilosepalus</i> Sweet	Sanganho	2
<i>Ulex europaeus</i> subsp. <i>latebracteatus</i> L.	Tojo arnal-do-litoral	5
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	5
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco	1
<i>Trifolium angustifolium</i> L.	Trevo-de-folhas-estreitas	+
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Sanganho-manso	1
<i>Scilla monophyllos</i> Link in Schrad.	Cebola-albarrã	1
<i>Simethis mattiazzi</i> (Vand.) Sacc.	Cravo-do-monte	3
<i>Arbutus unedo</i> L.	Medronheiro	+
<i>Hedera maderensis</i> ssp. <i>iberica</i>	Hera	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	3
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Lentisco	+
<i>Halimium calycinum</i> (L.) K. Koch	Sargaça	+
<b>Talhão nº. 215</b>		
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	Pinheiro bravo	5
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Feto-ordinário	4
<i>Simethis mattiazzi</i> (Vand.) Sacc.	Cravo-do-monte	3
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Torga-ordinária	+
<i>Quercus coccifera</i> L.	Carrasco	+
<i>Hedera maderensis</i> ssp. <i>iberica</i>	Hera	+
<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Gilbardeira	+