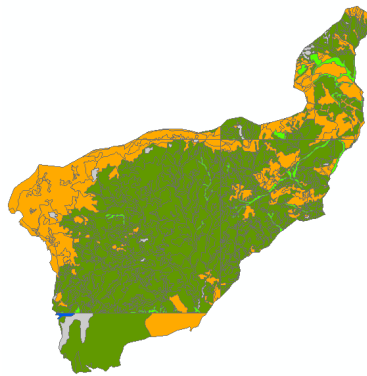




Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária

## **Avaliação da aptidão dos solos a sul do concelho do Fundão com vista à sua beneficiação pelo regadio, com o uso de ferramentas SIG**



**Sílvia Gouveia Marques**

Orientador: Professor Doutor António Canatário Duarte  
Co-Orientador: Professor Paulo Alexandre Justo Fernandez

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica em Recursos Agro-Florestais e Ambientais, realizada sob a orientação científica do Professor Adjunto Doutor António Canatário Duarte, do Instituto Politécnico de Castelo Branco

**Fevereiro 2016**



## **Composição do júri**

Presidente do júri:

Doutor Celestino António Morais de Almeida,  
Professor Coordenador, ESA/IPCB.

Vogais:

Doutor António Francisco Canatário Duarte,  
Professor Adjunto, ESA/IPCB.

Doutor Fernando Manuel Leite Pereira,  
Professor Adjunto, ESA/IPCB.



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço aos meus orientadores, Professor António Canatário Duarte e Professor Paulo Alexandre Justo Fernandez, pela oportunidade que deram em poder realizar este trabalho. Agradeço também pelas orientações que foram feitas ao longo deste trabalho, comentários e sugestões.

Agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram, para que levasse a bom porto este trabalho.

Um agradecimento especial para a minha família que me motivou, apoiou e incentivou para não desistir e batalhar mesmo em condições difíceis, para que concluísse este trabalho.

Ao meu filho por me disponibilizar algum tempo para trabalhar na tese.



## Resumo

O trabalho desta Tese consiste na avaliação da aptidão dos solos localizados a sul do concelho do Fundão com vista à sua beneficiação pelo regadio, com o uso de ferramentas SIG. Para fazer este estudo, é necessário fazer um levantamento das propriedades de cada mancha de solo, dentro da área de estudo, criar uma base de dados com essa informação e através de uma plataforma SIG fazer a análise e classificação dos solos. A classificação da aptidão dos solos para o regadio, permite identificar as zonas regáveis, zonas que necessitem de alguma intervenção para serem regadas e zonas não regáveis. Além desta identificação, o estudo apresentado nesta Tese serve de base para definir tipos de culturas que possam ser realizadas em determinadas zonas. A classificação dos solos para o regadio, envolve o estudo de muitos condicionalismos, por isso a base de dados contém muita informação que pode ser utilizada para outro tipo de estudos sobre solos. Este é um trabalho de aplicação, onde os sistemas SIG têm um papel importante na classificação e análise de solos. O ArcGIS foi a ferramenta utilizada neste estudo.

**Palavras-chave:** Classificação dos solos, Aptidão para o Regadio, Sistemas de Informação Geográfica



## **Abstract**

The work of this thesis consists in the evaluation of the suitability of Fundão municipality soils in order to perform their irrigation, with the use of GIS tools. To perform this study, it is necessary to survey the properties of each soil, within the study area, create a database with this information and through a GIS platform perform the analysis and classification of soils. The capability's classification of the soils for irrigation, allows identified the watered areas, areas which need some intervention to be watered and not watered areas. In addition to this identification, the study presented in this thesis is the basis that allows defining types of crops that can be made in certain areas. The classification of soils for the irrigation, involves the study of many constraints, so the database contains much information that can be used for other types of studies on soils. This is a work of application, where the GIS systems have an important role in the classification and analysis of soils. ArcGIS was the tool used in this study.

**Keywords:** Soils classification, Aptitude for irrigation, Geographic Information Systems



# Conteúdo

Agradecimentos . . . . .	vii
Resumo . . . . .	ix
Abstract . . . . .	xi
Lista de Tabelas . . . . .	xv
Lista de Figuras . . . . .	xvii
Lista de Símbolos . . . . .	xix
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento e motivação da temática . . . . .	2
1.2 Bases teóricas e metodologias de classificação da aptidão dos solos para o regadio . . . . .	3
1.3 Objetivos do estudo . . . . .	5
1.4 Organização da Tese . . . . .	5
<b>2 Materiais e metodologias usadas</b>	<b>7</b>
2.1 Caracterização da área de estudo . . . . .	7
2.2 Categorias de solos presentes na área de estudo . . . . .	8
2.3 Metodologia de classificação da aptidão dos solos para o regadio . . . . .	10
2.3.1 Condicionantes dos solos . . . . .	10
2.3.1.1 Características físicas, químicas e biológicas . . . . .	10
2.3.1.2 Características físicas . . . . .	10
2.3.1.3 Riscos de erosão . . . . .	10
2.3.1.4 Capacidade de água utilizável . . . . .	12
2.3.1.5 Drenagem . . . . .	13
2.3.1.6 Risco de Inundação . . . . .	13
2.3.1.7 Pedregosidade, afloramentos rochosos ou outros obstáculos físicos . . . . .	14
2.3.1.8 Salinidade e/ou alcalinidade . . . . .	14
<b>3 Resultados e Discussão</b>	<b>15</b>
3.1 Obtenção das unidades cartográficas para cada condicionante . . . . .	16
3.1.1 Em cenário de cumprimento de todos os condicionantes . . . . .	16
3.1.1.1 Características físicas, químicas e biológicas . . . . .	16
3.1.1.2 Características físicas . . . . .	17

3.1.1.3	Riscos de Erosão . . . . .	18
3.1.1.4	Capacidade de água utilizável . . . . .	19
3.1.1.5	Drenagem . . . . .	19
3.1.1.6	Pedregosidade, afloramentos rochosos ou outros obstáculos físicos . . . . .	20
3.1.1.7	Salinidade e/ou alcalinidade . . . . .	21
3.2	Obtenção das unidades cartográficas para aptidão dos solos para o regadio . . . . .	21
3.2.0.1	Classificação da aptidão dos solos para o regadio . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Conclusões e perspectivas de trabalho futuro</b>	<b>25</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>28</b>
<b>A</b>	<b>Tabelas de Auxílio à Classificação da aptidão dos solos para o regadio</b>	<b>31</b>
<b>B</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - natureza do solo</b>	<b>39</b>
<b>C</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - espessura efectiva</b>	<b>43</b>
<b>D</b>	<b>Carta de Declives</b>	<b>47</b>
<b>E</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - riscos de erosão</b>	<b>51</b>
<b>F</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - capacidade de água utilizável</b>	<b>55</b>
<b>G</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - drenagem</b>	<b>59</b>
<b>H</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - pedregosidade</b>	<b>63</b>
<b>I</b>	<b>Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio</b>	<b>67</b>
<b>J</b>	<b>Perfis de solos</b>	<b>71</b>
<b>K</b>	<b>Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira</b>	<b>77</b>

# Lista de Tabelas

2.1	Tipos de solos presentes na área de estudo, de acordo com o sistema de classificação dos Solos de Portugal. . . . .	9
2.2	Classes dos riscos de inundação . . . . .	13
3.1	Classificação dos solos quanto à sua natureza . . . . .	16
3.2	Classificação dos solos quanto à sua espessura . . . . .	17
3.3	Factor de Erodibilidade K e Classificação dos solos quanto à sua erodibilidade . . . . .	18
3.4	Classificação dos solos quanto à capacidade de água utilizável . . . . .	20
3.5	Classificação dos solos quanto à sua drenagem e riscos de inundação . . . . .	21
3.6	Classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio . . . . .	22
3.7	Classificação da aptidão dos solos ao regadio na área de abrangência do regadio da Cova da Beira, Bloco do Fundão. . . . .	23



# Lista de Figuras

2.1 Area de Estudo com a delimitação de solos. . . . . 8



# Lista de Símbolos

## Simbolos gregos

▽ Gradiente

## Subscritos

$a, MO$  Percentagem de matéria orgânica

$Ac$  Percentagem de argila

$Ar$  Percentagem de areia

$b$  Classe de estrutura

$c$  Classe de permeabilidade

$CC$  Capacidade de campo

$CE$  Coeficiente de emurchimento

$CU$  Capacidade de água utilizável

$K$  Fator de erodibilidade

$x, y$  Plano de coordenadas cartesiano



# Lista de abreviaturas e acrónimos

CTC	Capacidade de Troca Catiónica
DGADR	Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GPS	Global Positioning System
MDT	Modelo Digital do Terreno
PDM	Plano Diretor Municipal
REN	Reserva Ecológica Nacional
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SIR	Sistema de informação do regadio
SROA	Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário



# Capítulo 1

## Introdução

O regadio é um fator importante para a competitividade e sustentabilidade da agricultura bem como para o desenvolvimento sócio-económico das zonas rurais. Segundo Ribeiro et al. (2004), os sistemas de regadio são "os mais capazes" de remunerar de forma adequada os fatores que utilizam. Com bastante regularidade Portugal sofre problemas de seca que afetam significativamente as culturas, logo o regadio pode ser um fator estratégico para garantir níveis de produtividade elevados e redução de custos. Por outro lado devido ao facto de existir escassez de água em algumas regiões é necessário garantir a sustentabilidade, de modo a que se satisfaçam as necessidades sem comprometer as gerações futuras. Embora Portugal seja um país com uma precipitação média anual da ordem dos 700 mm, a distribuição irregular gera problemas de escassez de água no período de abril a setembro, com particular incidência no sul e interior centro e norte, segundo a Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), DGA (2015). Neste contexto o regadio surge como uma componente fundamental para a agricultura, sem o qual não é possível um conveniente desenvolvimento vegetativo das culturas de primavera-verão e, em consequência, a obtenção de níveis de rendimento que fixem as populações agrícolas, contrariando a progressiva desertificação das regiões do interior e evitando que engrossem as fileiras daqueles que afluem aos grandes centros urbanos à procura de melhores condições de vida. Em muitos casos, o regadio pressupõe a construção de importantes infra-estruturas de armazenamento, tais como barragens e açudes, para garantir a existência de suficientes reservas de água nos períodos de escassez. Todavia, importa sublinhar que a necessidade de recorrer ao regadio não invalida que se apliquem medidas tendentes a garantir um uso eficiente da água por parte de todos os utilizadores, dado que a água é um bem inestimável que desempenha uma primordial importância em questões económicas, sociais e ambientais, tanto mais significativa quanto a sua escassez se faça sentir.

A avaliação da aptidão dos solos para o regadio é imprescindível, para estudar/analisar a viabilidade da implementação dos projetos de regadio ou a sua expansão para novas áreas. O Regadio da Cova da Beira tem um papel importante na atividade agrícola na região, abrangendo os concelhos de Sabugal, Belmonte, Penamacor, Covilhã e Fundão, numa área beneficiada de 12360 ha, SIR (2015). Atualmente está em estudo o seu alargamento no concelho do Fundão, mais concretamente a sul da Serra da

Gardunha, para zonas de forte potencial frutícola onde se tem verificado o aumento das áreas de pomar.

A cartografia de capacidade de uso ou de aptidão, que resulta de uma interpretação da cartografia de solos, são de grande conveniência para as acções de planeamento do uso da terra, permitindo um melhor uso deste recurso. Este estudo pressupõe uma interpretação das características dos solos com um determinado objectivo, seguindo um esquema de trabalho que deve incluir várias fases, SYS (1985):

- i) Recolha de informação existente (cartografia, fotografia aérea, memórias e outra informação);
- ii) Reconhecimento na zona de estudo para confirmar ou recolher informação;
- iii) Interpretação técnica dos dados recolhidos relacionando atributos dos solos com a sua utilização;
- iv) Classificação da aptidão para os tipos de utilização em estudo e produção da cartografia correspondente.

Nas duas últimas fases torna-se indispensável a utilização de ferramentas SIG, agilizando a integração da informação e aumentando o rigor dos resultados pretendidos. A conclusão da avaliação da aptidão dos solos de uma determinada zona, neste caso para o regadio, permite formular propostas de utilização mais conveniente para determinadas culturas, e assim incrementar de forma sustentável o rendimento da actividade agrícola. Este trabalho, ao mesmo tempo que dará cumprimento à formalidade de apresentação de um Relatório de Tese para conclusão do Curso de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica na ESA/IPCB, terá a possibilidade de ser usado para um estudo prévio para alargamento do regadio da Cova da Beira à parte sul do concelho do Fundão.

Com este trabalho pretende-se, com a cartografia de solos disponível para a zona da encosta sul da serra da Gardunha, complementada com as respectivas características físicas, químicas e biológicas, fazer uma interpretação daquela cartografia com o objectivo da sua classificação quanto à sua aptidão para o regadio para a generalidade das culturas de regadio. Para esta classificação será usada uma metodologia desenvolvida por Cardoso et al. (1970).

## **1.1 Enquadramento e motivação da temática**

O facto deste estudo ter uma aplicabilidade prática no estudo da viabilidade da extensão do regadio da Cova da Beira, constitui uma motivação adicional para o seu desenvolvimento. O regadio tem um papel importante na sustentabilidade das actividades agrícolas e dele dependem muitas famílias de agricultores. Em zonas onde não haja abundância de água, e capacidade de a captar em quantidades suficientes, pode fazer a diferença para a existência de determinadas culturas. O regadio da Cova da Beira tem uma vasta extensão, mas ainda não chega a todas as zonas com potencial agrícola do concelho do Fundão. Seria conveniente que o regadio pudesse beneficiar aquelas zonas, no entanto isso tem custos elevados e claramente há zonas onde será tecnicamente difícil fazer chegar a água. Nesse âmbito um estudo de aptidão dos solos para o regadio, pode definir quais as áreas com capacidade para serem regadas ou não, e quais as culturas que podem ser praticadas.

## 1.2 Bases teóricas e metodologias de classificação da aptidão dos solos para o regadio

As regiões têm necessidade de rentabilizar economicamente o seu território e gerir os recursos da terra, com especial atenção para a sua ocupação com atividades agrícolas ou outras. Além da cartografia, normalmente existente no PDM de cada município, por vezes surge a necessidade de elaborar outras cartas, onde os solos sejam agrupados segundo determinadas características, cartas de aptidão. As cartas de aptidão dos solos são de grande utilidade à otimização do planeamento do uso da terra que deverá ter como objetivo a orientação de decisões respeitantes à utilização das terras, permitindo um melhor e mais eficiente aproveitamento dos recursos. A otimização do planeamento do uso da terra pressupõe uma interpretação das características da terra com determinado propósito, atendendo à conjugação de vários condicionantes.

Para além da metodologia usada neste estudo, existem outros sistemas de classificação da aptidão da terra, como a classificação segundo a capacidade de uso (*land capability classification*) do USDA, USD (1961) e a avaliação da aptidão das terras (*land suitability evaluation*) da FAO (1976). A classificação da capacidade de uso das terras é um sistema onde as terras são agrupadas segundo a sua capacidade de produzir áreas de cultivo e pastagens sem as degradar por um longo período de tempo. Este sistema tem o propósito de ajudar a decidir qual a combinação de uso agrícola das terras e medidas de controlo à erosão que permitam o aproveitamento mais intensivo das terras de forma sustentável. A metodologia da FAO assenta nos princípios de que a aptidão das terras é avaliada e classificada apenas para usos específicos; a avaliação requer uma comparação em diferentes tipos de terra, entre os benefícios obtidos e as necessidades existentes; a avaliação é feita em termos relevantes para o contexto físico, económico e social da área; a aptidão implica o uso sem degradação; é necessária uma abordagem multidisciplinar e a avaliação envolve comparação de mais do que um simples tipo de uso. O sistema de classificação da USDA tem caído em desuso por se considerar desatualizado e vem sido substituído pelo método de classificação da FAO (FAO (1976, 1984); SYS (1985)).

Com o aparecimento da era digital, as tecnologias associadas ao geoprocessamento de dados tiveram um crescimento exponencial. De destacar os sensores remotos, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização do Global Positioning System (GPS) e o aparecimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Todos estes sistemas estão em desenvolvimento crescente e contribuem significativamente para o conhecimento e ordenamento do território, Els (2013). Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) integram hardware, software, dados e potencial humano. A grande diferença e vantagem dos SIG face a outros sistemas de informação reside no facto dos SIG lidarem com informações georreferenciadas. Nos SIG a informação geográfica é organizada em camadas ou níveis de informação (*layers*), consistindo cada uma num conjunto selecionado de objetos associados e respetivos atributos. Segundo a ESRI Portugal, ESR (2015), "Com os SIG é possível ver, compreender, inquirir, interpretar e visualizar dados de muitas formas, revelando relações, padrões e tendências espaciais, consubstanciadas em mapas, globos, relatórios ou gráficos." Segundo Burrough

(1986), os SIG são "um poderoso conjunto de ferramentas para recolha, armazenamento, consulta, transformação e visualização de dados espaciais sobre a realidade." Para Linden (1990), os SIG são "um sistema para captação, organização, armazenamento, gestão e aplicação (...) de dados espacialmente referenciados à Terra." Em le Clercq (1990) diz-se que "SIG permite fazer uma ponte, por gerir as duas formas de processamento a informação geográfica ou georeferenciada, permitindo armazenar e integrar atributos e entidades gráficas relacionadas com os objetos geográficos."

Os SIG são uma ferramenta imprescindível em estudos que envolvam inputs/outputs de natureza cartográfica, por isso têm uma vasta área de aplicabilidade que vão desde o planeamento do território, transportes, agricultura, entre outros. No âmbito da agricultura são inúmeras as áreas onde são usados os sistemas SIG, uma vez que a maioria dos estudos é suportada por cartografia, e existe a necessidade de trabalhar com dados georeferenciados.

O facto da agricultura de precisão, Bongiovanni and Lowenberg-Deboer (2004), ter emergido significativamente nos últimos anos também deve o seu contributo aos SIG. São eles que fornecem informação associada ao terreno e juntamente com sensores e sistemas de posicionamento (GPS), permitem monitorizar uma determinada parcela de terreno. Essa monitorização permite por exemplo gerir a quantidade de fertilizantes a usar em determinadas partes do terreno, quantidade de água necessária para rega, localização da maquinaria agrícola dentro do terreno a fim de evitar múltiplas passagens no mesmo sitio. Todas estas técnicas surgem com o objetivo de reduzir custos de produção, aumento da produtividade e conseqüente aumento do rendimento dos agricultores, na maioria das vezes associadas também a menos impactos negativos no ambiente.

A realização de análises de solos é hoje uma prática comum na maior parte dos sistemas de produção agrícola dos países desenvolvidos. Em Portugal, dada a variabilidade espacial dos solos mesmo em áreas de pequena extensão, estas análises são fundamentais. É necessário decidir quais as variáveis que importa analisar, e que em determinadas condições mais afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas. No que diz respeito às características dos solos agrícolas constituem-se como características importantes as seguintes: profundidade, teor em matéria orgânica, textura, estrutura, capacidade de armazenamento de água, drenagem, permeabilidade, compactação, capacidade de troca catiónica, e pH. Além disso, é fundamental ter em conta o declive e a exposição do terreno. O uso de um aparelho GPS permite determinar onde foram colhidas as amostras e assim conhecer a localização exata que corresponde a cada análise de solo. Os resultados destas análises podem ser utilizados para criar mapas de fertilidade (em SIG), aos quais, entre outros, poderão estar associados diferentes níveis de aplicação de fertilizantes. Também podem ser utilizados para determinar a quantidade de água a usar na rega de determinadas parcelas, assim como avaliar a sua aptidão para o regadio.

São vários os estudos de avaliação da aptidão dos solos para o regadio. Em, Sampaio (2007), é apresentado um estudo de avaliação da aptidão das terras segundo o método da FAO. Além de descrever o método, a autora apresenta exemplos de classificação para diferentes culturas. Tristany (2010), na sua tese de doutoramento, fez um estudo da aptidão do território Português para o regadio, focando-se também na apreciação da aptidão do perímetro de rega de Alqueva para diversas culturas

bioenergéticas. Isidoro et al. (2012), usou ferramentas SIG para criar modelos de estudo para resolver questões ambientais, e demonstrou a sua aplicação com três casos de estudo em zonas do sul de Portugal. Em todos os estudos apresentados, os SIG têm especial importância como ferramenta de estudo, análise e criação de cartografia.

### **1.3 Objetivos do estudo**

O objetivo principal deste estudo consiste em avaliar a aptidão para o regadio das várias famílias de solos existente a sul do concelho do Fundão. O estudo é particularmente importante para classificar os solos para o regadio, com o intuito de servir de base aos estudos de viabilidade de expansão do regadio da Cova da Beira a zonas não beneficiadas, a sul da serra da Gardunha. É também objetivo produzir a cartografia necessária para a avaliação da aptidão dos solos.

### **1.4 Organização da Tese**

A Tese está organizada em 4 capítulos, complementados com vários anexos. No capítulo 1 é feita a introdução e enquadramento do estudo realizado bem como a descrição do estado da arte. O capítulo 2 apresenta as metodologias seguidas para classificar a aptidão dos solos para regadio, os vários condicionalismos e sua classificação. O capítulo 3 apresenta a análise dos resultados obtidos neste estudo, bem como a sua discussão enquadrada em resultados obtidos noutros estudos. No capítulo 4 apresentam-se as conclusões e propostas de trabalho futuro.



## Capítulo 2

# Materiais e metodologias usadas

O estudo da aptidão dos solos para a atividade agrícola e florestal permite avaliar quais as capacidades de cada unidade de solo para uma determinada cultura, e assim rentabilizar recursos e aumentar produtividades.

Neste estudo, como já foi referido anteriormente, pretende-se avaliar a capacidade de uso dos solos para o regadio. A metodologia de avaliação da aptidão dos solos para o regadio usada neste estudo prevê 7 classes, sendo a classe I a que enquadra os solos com melhor aptidão para serem regados, e a classe VII a que engloba os solos com piores condições para serem regados.

A classificação da aptidão para regadio de cada tipo de solo é baseada nas propriedades e características dos solos, denominados de condicionalismos. São condicionalismos ao regadio, a natureza do solo (características físicas, químicas e biológicas), a espessura efetiva, o declive / riscos de erosão, a capacidade de água utilizável, a drenagem, os riscos de inundação, pedregosidade e salinidade/alcalinidade. No Anexo A, apresenta-se a relação entre os vários condicionalismos e as classes de aptidão dos solos para o regadio. É com base nesta tabela que é feita a classificação de cada unidade de solo presente na área de estudo. De referir que um tipo de solo é classificado numa determinada classe de aptidão se cumprir todos os condicionalismos previstos na classe em causa. As secções seguintes descrevem cada um dos condicionalismos, e a forma como influenciam a classificação da aptidão dos solos para o regadio.

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A área do presente estudo localiza-se no concelho do Fundão (parte mais azul). O regadio da Cova da Beira atualmente abrange várias freguesias do concelho, mas não cobre a sua totalidade, principalmente freguesias a sul da serra da Gardunha.

Segundo dados do ministério da agricultura, o regadio Cova da Beira tem uma área total de exploração de 12360 hectares, 5 mil dos quais concluídos nos últimos três anos. O regadio está inserido na região hidrográfica RH3 e RH5, bacia hidrográfica do Rio Douro e Rio Tejo, Sub-bacia do Rio Côa e Rio Zêzere, linhas de água do Rio Côa e Ribeira da Meimoa. A área geográfica do regadio é coberta pelas seguin-

tes cartas militares na escala 1:25000: 224, 225, 226, 235, 236, 237, 245, 246 e 247. Dados extraídos do Sistema de Informação do Regadio (SIR (2015)).

A área de estudo caracteriza-se como sendo uma região tradicionalmente agrícola, com incidência principalmente na produção de frutas, azeite, queijo e vinho. Ao nível dos recursos pedológicos, a região é caracterizada por solos maioritariamente derivados de granito e de xisto. Em termos da área florestal, a região é ocupada por castanheiros, eucaliptos e pinheiros. A Figura 2.1 mostra a área geográfica correspondente ao presente estudo.

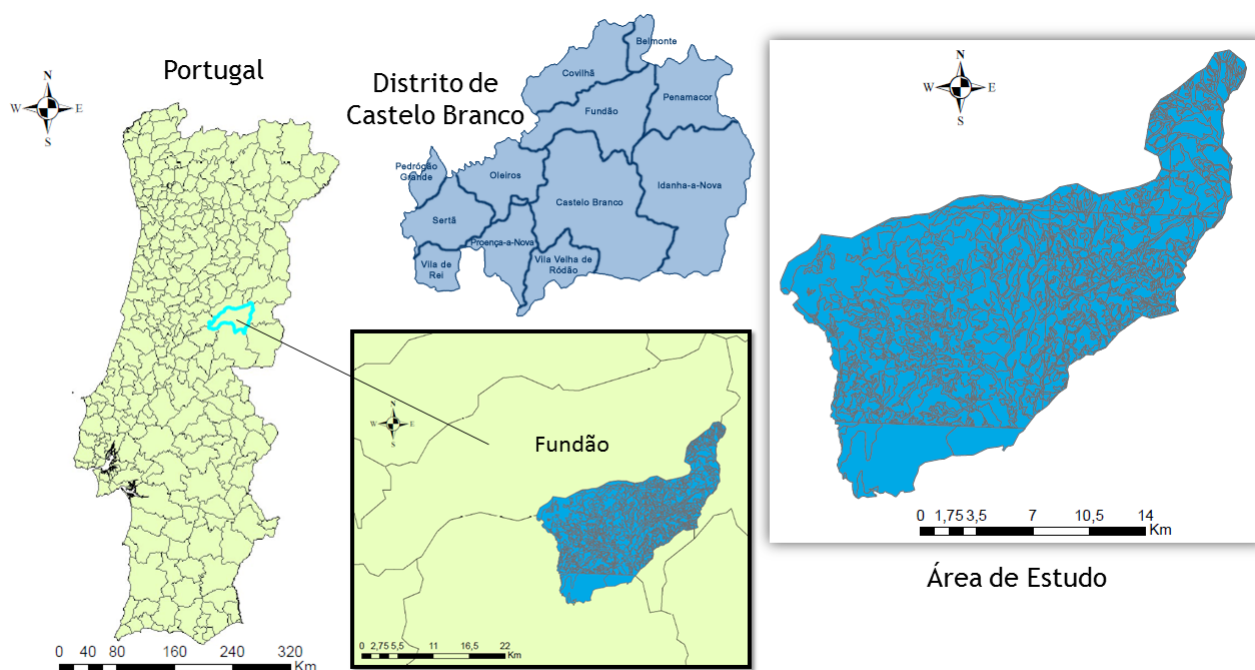


Figura 2.1: Área de Estudo com a delimitação de solos.

## 2.2 Categorias de solos presentes na área de estudo

Na maior parte da área de estudo, as manchas de solo estão classificadas segundo o Sistema de Classificação dos Solos de Portugal (SROA (1970); SROA (1973); Cardoso (1974)). Nesta área de estudo, a cartografia usada está na escala 1:25000, no entanto existe uma zona com cartografia numa escala diferente (1:100000) sendo o sistema de Classificação usado o da FAO. A tabela 2.1 apresenta os tipos de solos existentes na área de estudo. Numa zona sul da área de estudo também estão presentes dois tipos de solo, não classificados de acordo com a classificação dos solos de Portugal. Estão presentes duas manchas de Regossolos: Regossolo Epiléptico Esquelético e Regossolo Dístico Háplico (FAO (1998) ; IDRHa (2004)).

Tabela 2.1: Tipos de solos presentes na área de estudo, de acordo com o sistema de classificação dos Solos de Portugal.

<b>Símbolo da família de Solos</b>	<b>Denominação das Famílias de Solos presentes na área de estudo</b>	<b>Representatividade (%)</b>
A	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Não Calcários, de textura mediana	2,50
Al	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Não Calcários, de textura ligeira	3,75
Arg	Afloramento Rochoso de granitos ou quartzodioritos	4,61
At	Solos Incipientes - Aluviosolos Antigos, Não Calcários, de textura mediana	0,12
Atl	Solos Incipientes - Aluviosolos Antigos, Não Calcários, de textura ligeira	0,15
Ca	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Aluviosolos (ou Para-Coluviosolos), de aluviões ou coluviais de textura mediana	0,16
Cal	Solos Hidromórficos, Sem Horizonte Eluvial, Para-Aluviosolos (ou Para-Coluviosolos), de aluviões ou coluviais de textura ligeira	0,87
Eg	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de granitos ou quartzodioritos	2,06
Egn	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de gnaisses ou rochas afins	1,44
Ex	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de xistos ou grauvaques	3,39
Mng	Solos Litólicos, Húmicos, Câmbicos, Normais, de granitos	0,45
Mnn	Solos Litólicos, Húmicos, Câmbicos, Normais, de gnaisses ou rochas afins	0,20
Pg	Solos Litólicos, Não Húmicos Pouco Insaturados, Normais, de granitos	57,22
Pgm	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de granitos em transição para quartzodioritos	0,08
Pgn	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de gnaisses ou rochas afins	0,83
Px	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de xistos ou grauvaques	1,19
Qg	Solos Litólicos, Húmicos, Para-Litossolos ou Rankers, de granitos	6,26
Qq	Solos Litólicos, Húmicos, Para-Litossolos ou Rankers, de quartzitos	0,00
Sb	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviosolos), Não Calcários, de textura mediana	0,78
Sbl	Solos Incipientes - Solos de Baixas (Coluviosolos), Não Calcários, de textura ligeira	3,68
Spn	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de material coluviado derivado de gnaisses ou rochas afins	2,93
Vgn	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de gnaisses ou rochas afins	1,91
Vx	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de xistos ou grauvaques	1,46
CM 6.1	Cambissolos	1,91
CM 6.3	Cambissolos	0,11

## **2.3 Metodologia de classificação da aptidão dos solos para o regadio**

### **2.3.1 Condicionantes dos solos**

#### **2.3.1.1 Características físicas, químicas e biológicas**

Na presente secção é descrita a avaliação da natureza dos solos, nomeadamente são avaliadas as características físicas, químicas e biológicas. De acordo com o Quadro 1 do Anexo A, este condicionamento permite classificar os solos quanto à sua natureza, como bons, regulares, sofríveis, medíocres e maus para serem regados, considerando as suas características físicas, químicas e biológicas.

No entanto para apresentar uma boa classificação qualitativa, é necessário analisar parâmetros que possam ser mensuráveis quantitativamente. Nesse sentido cada mancha de solo foi classificada relativamente às características físicas e às características químicas e biológicas, tendo em conta parâmetros quantitativos. Relativamente às características físicas são avaliados a espessura efetiva do solo (*cm*) e a capacidade de água utilizável (%), e as condições de drenagem interna. Quanto às características químicas e biológicas, são analisados o pH, a Capacidade de Troca Catiónica (CTC) (*cmol<sub>c</sub>/kg*) e a percentagem de matéria orgânica (%). Após analisar separadamente cada um destes conjuntos de características é estabelecida uma matriz de correlação entre elas a fim de determinar uma classificação ponderada para a natureza dos solos.

#### **2.3.1.2 Características físicas**

A espessura efectiva é um dos condicionamento a ser analisado nas características físicas com vista à classificação da aptidão dos solos para o regadio. De acordo com o Quadro 1 apresentado no Anexo A, podemos ter 5 classes de solos. Classe E1, para solos com uma espessura superior a 100 cm, classe E2 para espessuras entre os 60 cm e os 100 cm, classe E3 para espessuras entre os 40 cm e os 60 cm, classe E4 para espessuras entre os 25 cm e os 40 cm e classe E5 para solos com espessura efectiva inferior a 25 cm. Os dados referentes à espessura efectiva de cada tipo de solo da área de estudo foram retirados das amostras de solo, descritas em Cardoso (1965).

#### **2.3.1.3 Riscos de erosão**

Nos últimos 40 anos, cerca de um terço dos solos agrícolas mundiais deixaram de ser produtivos do ponto de vista agrícola, devido à erosão, CON (2015). O uso inadequado do solo na agricultura é uma das principais causas da degradação do solo e isso deve-se por vezes ao pouco conhecimento de fatores como o clima, relevo e tipologia do solo. As práticas agrícolas inadequadas são responsáveis em grande parte pelo processo de erosão, contribuindo para a perda de solo e a baixa produtividade. A erosão dos solos é caracterizada pela perda da camada superficial do solo, reduzindo a sua capacidade de produção. Sem os devidos cuidados e manejo adequado durante o cultivo do solo os processos

erosivos podem evoluir passando de um pequeno arraste de sedimentos até a abertura de grandes valas no terreno, tornando-se impróprios para a atividade quer agrícola quer pecuária.

De acordo com a alínea o) do anexo III do Decreto-Lei nº 93/90, de 19 de março, áreas com risco de erosão são "áreas que devido às suas características de solo e subsolo, declive e dimensão da vertente e outros fatores suscetíveis de serem alterados, tais como o coberto vegetal e práticas culturais, estão sujeitas à perda de solo". Os riscos de erosão de cada tipo de solo, tal como apresentado no Quadro III do Anexo A, são classificados em 5 classes, que vão desde os riscos nulos (classe RE1) até aos muito elevados (classe RE5). Para estudar este condicionalismo, é necessário determinar o valor da erodibilidade de cada solo, através da expressão de cálculo 2.1. De acordo com Smith (1978), o fator de erodibilidade do solo é um valor determinado experimentalmente, que reflete a suscetibilidade do solo à erosão. O cálculo do fator **K** necessita que se conheçam algumas características do solo, tais como a sua estrutura, a permeabilidade, a percentagem de limo, areia, argila e matéria orgânica.

O risco de erosão de cada mancha de solo presente na área de estudo, foi determinado com base na articulação das tabelas do Quadro III / Anexo A . Para cada mancha, foi calculado o factor de erodibilidade (equação 2.1) e estimado o valor médio do declive. A relação entre os dois parâmetros, permite determinar os riscos de erosão de cada tipo de solo, como pode ser observado na respetiva matriz.

O cálculo do fator de erodibilidade (K) baseou-se na seguinte equação:

$$K = \frac{0.277 \times M^{1.14} \times 10^{-4} \times (12 - a) + 0.428 \times (b - 2) + 0.329 \times (c - 3)}{100} [\text{ton.ha.h/ha.MJ.mm}] \quad (2.1)$$

em que:

$M$  - (%de limo + %de areia muito fina)  $\times$  (100 - %de argila);

a - % de matéria orgânica;

b - classe de estrutura(1,2,3,4):

1 - granulosa muito fina;

2 - granulosa fina;

3 - granulosa média a grosseira;

4 - anisforme, laminar ou sem agregados;

c - classe de permeabilidade:

1 - elevada (12.5 - 25.0 cm/h);

2 - elevada a moderada (6.2 - 12.5 cm/h);

3 - moderada (2.0 - 6.2 cm/h);

4 - moderada a baixa (0.5 - 2.0 cm/h);

5 - baixa (0.12 - 0.5 cm/h);

6 - muito baixa (< 0.12 cm/h).

O declive do terreno pode ser estimado a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), Albertina Ferreira (2014). Este corresponde ao conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada região, permite associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude. Matematicamente o declive pode ser obtido através de uma função gradiente ( $\nabla z$ ) aplicada à matriz de uma determinada região. O gradiente não é mais que a derivada de primeira ordem na direção de x e y.

#### 2.3.1.4 Capacidade de água utilizável

Nesta secção é descrito a metodologia para determinação da capacidade de água utilizável de um horizonte ou camada de solo. O critério para análise deste parâmetro, correspondente a mais um condicionalismo da classificação da aptidão dos solos para o regadio, pode ser apreciado no Quadro IV do Anexo A. Este condicionalismo estabelece 5 classes, com diferentes percentagens de reserva de água que pode ser usada pelas culturas. Quando esta metodologia de classificação dos solos foi estabelecida, este condicionalismo poderia ter alguma importância, dado que a maioria dos sistemas de rega então usados não eram automatizados. A capacidade de água utilizável pelas plantas mais elevadas, significava intervalos entre regas mais alargadas e conseqüentemente menos regas e menos mão-de-obra. Atualmente com o uso generalizado de sistemas de rega automatizados, a frequência das regas é mais elevada, e, portanto, esta característica perdeu importância neste contexto.

O valor da capacidade de água utilizável (CU) referente a cada solo, pode ser obtido diretamente dos dados de cada tipo de solo, apresentados em Cardoso (1965). Também pode ser determinado através da diferença entre a capacidade de campo (CC) e o coeficiente de emurchimento (CE), de acordo com a equação 2.2.

$$CU = CC - CE \quad (2.2)$$

Em Rawls (1992), os autores obtiveram bons coeficientes de regressão relacionando a quantificação de propriedades hidráulicas desenvolvidas por outros autores, com características do solo mais fáceis de determinar como textura, teor de matéria orgânica e teor de argila. As equações propostas por aqueles autores para o cálculo da CC e CE apresentam-se a seguir.

$$CC = 0,2576 - (0,0020 \times Ar) + (0,0036 \times Ac) + (0,0299 \times MO) \quad (2.3)$$

$$CE = 0,0260 + (0,005 \times Ac) + (0,0158 \times MO) \quad (2.4)$$

em que:

CC: capacidade de campo [ $cm^3$  (água)/ $cm^3$  (solo)];

CE: coeficiente de emurchecimento [ $cm^3$  (água)/ $cm^3$  (solo)];

Ar: percentagem de areia;

Ac: percentagem de argila;

MO: percentagem de matéria orgânica.

Quando um solo apresenta horizontes A e B diferentes relativamente a este condicionalismo, considera-se como referência, o Quadro IV do Anexo A para determinação da capacidade de água utilizável.

### 2.3.1.5 Drenagem

A maioria das culturas necessita de uma boa drenagem dos solos para que possa produzir nas melhores condições. Solos com fraca drenagem, ou seja com fraca capacidade de escoar e eliminar o excesso de água podem-se alagar ou inundar as culturas, resultando em perdas de produção. Relativamente à drenagem o método de classificação usado, define 5 classes para avaliar este parâmetro. Os solos podem ser classificados com boa drenagem (classe HD1), até drenagem muito pobre (classe HD5), dependendo da sua espessura efetiva, textura e impermeabilidade. Os comentários referentes a cada classe deste condicionalismo, encontram-se no Quadro V do Anexo A. As especificações relativas a cada classe deste condicionalismo, sendo essencialmente qualitativas, devem ser essencialmente baseados na descrição dos perfis de cada unidade de solo. Deve-se também considerar a informação sobre a espessura efetiva do solo, e sobre a existência de um horizonte B de acumulação de minerais de argila, que normalmente dificulta a drenagem interna do solo.

Sendo a drenagem dos solos uma questão importante sobretudo na estação chuvosa, não deixa de ser também importante na agricultura de regadio, sobretudo nas zonas de concentração do escoamento superficial e subsuperficial.

### 2.3.1.6 Risco de Inundação

Uma vez que estamos a estudar a viabilidade dos solos para serem regados, interessa fazer uma gestão das zonas inundáveis, para que não se reguem zonas potenciais ao risco de cheias. A classificação quanto a este condicionalismo faz-se em 5 classes de acordo com o quadro apresentado a seguir. Os solos podem ser classificados com riscos de inundação nulos (classe HI1), até muito elevados (classe HI5).

Tabela 2.2: Classes dos riscos de inundação

Nulos	Ligeiros	Moderados	Elevados	Muito elevados
HI1	HI2	HI3	HI4	HI5

Os dados referentes a este condicionalismo foram obtidos através dos mapas da Reserva Ecológica Nacional (REN), onde estão delimitadas as zonas ameaçadas pelas cheias como áreas de proteção especial. Dado que a estação de rega decorre num período em que as chuvas são escassas, este condicionalismo assume uma importância relativa menor.

### **2.3.1.7 Pedregosidade, afloramentos rochosos ou outros obstáculos físicos**

Este condicionalismo refere-se à pedregosidade dos solos, cuja existência normalmente afeta o uso de maquinaria agrícola. De acordo com o Anexo A, são definidas 5 classes para classificar os solos relativamente a este condicionalismo. Solos de classe P1-R1, sem pedregosidade ou afloramentos rochosos que afetem o uso de qualquer tipo de maquinaria agrícola, até solos de classe P5-R5, que impedem o uso de qualquer tipo de maquinaria agrícola.

Neste trabalho identificaram-se as zonas indicadas na cartografia com pedregosidade e classificaram-se com classe P4-R4. Todos os solos sem indicação deste parâmetro nos documentos consultados, foram classificados como P1-R1. Não foi possível especificar o grau de pedregosidade de cada solo, uma vez que só existia informação dos solos terem ou não terem pedregosidade.

### **2.3.1.8 Salinidade e/ou alcalinidade**

O último condicionalismo a ser estudado foi a salinidade e/ou alcalinidade dos solos, para saber qual o grau de afetação ao uso dos solos para as culturas. De acordo com o Quadro VIII do Anexo A os solos classificam-se em 5 classes relativamente a este condicionalismo. Na classe S1 são incluídos os solos que não afetam qualquer tipo de cultura, incluindo-se na classe S5 os solos que impedem o desenvolvimento de todas as culturas.

Para avaliar este condicionalismo foram analisados a textura, a condutividade do extrato de saturação, o pH e a presença de  $CaCO_3$  para cada tipo de solo. A correlação entre cada um destes parâmetros que permite obter a classe de salinidade, é apresentada no Quadro VIII.

## Capítulo 3

# Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados experimentais obtidos na classificação dos solos para cada condicionalismo e a classificação final da aptidão para o regadio. São ainda apresentados os resultados da aplicação desta metodologia de classificação dos solos, no cenário de não se considerarem os condicionalismos que têm atualmente pouca importância, num quadro de uso generalizado de modernos sistemas de rega. Os condicionalismos que não são considerados naquele cenário são os seguintes: capacidade da água utilizável, e riscos de inundação. Os resultados serão também analisados e discutidos no seu enquadramento com outros trabalhos semelhantes ao presente.

Os dados relativos às características dos solos foram recolhidos em (Cardoso, 1965) e IDRHa (2004), embora se tenha também recorrido a outros recursos nomeadamente teses, artigos científicos, documentos técnicos e informação na web para confirmar ou completar dados em falta. Um dos recursos muito consultado foi a secção de Agricultura do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, ISA (2015).

Dado que é estabelecida uma classificação com base nas características de solo apresentadas na bibliografia, é provável que possam existir algumas divergências relativamente à realidade dos solos existentes na zona de estudo. Os resultados seriam mais sólidos se fossem analisadas algumas amostras experimentalmente, no entanto, por razões de várias ordens, não foi possível concretizar esta ideia no âmbito deste trabalho. De qualquer forma pela análise de resultados obtidos consegue-se ter uma boa percepção da aptidão para o regadio dos solos presentes na área de estudo.

Nas secções seguintes apresentam-se os resultados obtidos para cada um dos condicionalismos analisado na classificação dos solos, e que suportam a classificação final que reflete a aptidão para o regadio.

## 3.1 Obtenção das unidades cartográficas para cada condicionante

### 3.1.1 Em cenário de cumprimento de todos os condicionantes

#### 3.1.1.1 Características físicas, químicas e biológicas

Relativamente à natureza do solo, foram analisadas essencialmente as características físicas, químicas e biológicas de cada unidade/mancha de solo. A Tabela 3.1 apresenta o resultado da classificação para as principais manchas de solo presentes na área de estudo. Como pode ser visto na tabela, cada tipo de solo foi classificado nas suas características físicas, químicas e biológicas em separado, e como resultado final da classificação quanto a estas condicionantes é apresentado a ponderação final entre aquelas características.

Tabela 3.1: Classificação dos solos quanto à sua natureza.

Mancha	Espessura (cm)	CU (%)	pH	CTC ( $meq.100g^{-1}$ )	Matéria Orgânica (%)	Caract. Físicas	Caract. Químicas	Classe
A	130	10.05	7.50	15.60	4.27	NR3	NR3	NR3
Al	107	5.69	5.20	10.00	1.59	NR4	NR4	NR4
Arg	Rocha					NR5	NR5	NR5
At	90	10.00	6.00	8.00	2.60	NR3	NR4	NR4
Atl	80	4.50	8.10	10.00	1.64	NR4	NR4	NR4
Ca	140	26.71	8.00	10.60	2.52	NR1	NR3	NR3
Cal	140	26.71	8.00	10.60	2.52	NR1	NR3	NR3
Eg	10	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Egn	10	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Ex	10	3.90	5.80	20.00	1.39	NR5	NR4	NR5
Mng	53	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Mnn	30	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Pg	60	19.83	5.30	6.84	0.85	NR3	NR4	NR4
Pgm	40	4.62	6.40	5.35	0.90	NR4	NR4	NR4
Pgn	50	24.60	5.90	6.34	0.51	NR3	NR4	NR4
Px	60	28.70	6.00	10.20	0.98	NR3	NR4	NR4
Qg	68	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Qq	68	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Sb	75	8.19	5.80	10.88	2.90	NR3	NR4	NR4
Sbl	75	27.25	5.80	10.88	2.90	NR2	NR4	NR4
Spn	30	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Vgn	40	Ausência de valores na bibliografia consultada				NR5	NR5	NR5
Vx	50	45.85	5.80	13.63	4.13	NR3	NR4	NR4
CM 6.1	105	6.52	5.10	8.62	1.90	NR4	NR4	NR4
CM 6.3	105	6.52	5.10	8.62	1.90	NR4	NR4	NR4

O solos presentes na área de estudo, relativamente à sua natureza, situam-se nas classes 3 a 5. Como pode ser visto na tabela, e tomando o exemplo da mancha de solo "Ca", relativamente às características físicas este é um tipo de solo com aptidão máxima (Classe 1), no entanto, devido às características químicas o mesmo é remetido para a classe 3, resultando uma classificação final de classe

3. Para todas as manchas o resultado final reflete o pior dos resultados das características inerentes a cada condicionante. Principalmente em situações destas, talvez a análise de campo pudesse ajudar a clarificar esta classificação, e provavelmente a mancha de solo poder ter uma classificação final mais elevada. A carta de aptidão resultante deste condicionalismo, encontra-se no Anexo B.

### 3.1.1.2 Características físicas

A espessura efetiva dos solos reflete a sua profundidade máxima que pode ser usada para o desenvolvimento radicular das plantas. Relativamente a este condicionalismo, a classificação é baseada apenas na profundidade de acordo com o que foi apresentado na secção 2.3.1.2. A tabela 3.2 apresenta o resultado da classificação dos solos quanto à sua espessura efetiva.

Tabela 3.2: Classificação dos solos quanto à sua espessura.

Mancha	Espessura (cm)	Classe
A	130	E1
Al	107	E1
Arg	Rocha	E5
At	90	E2
Atl	80	E2
Ca	140	E1
Cal	140	E1
Eg	10	E5
Egn	10	E5
Ex	10	E5
Mng	53	E3
Mnn	30	E4
Pg	60	E3
Pgm	40	E4
Pgn	50	E3
Px	60	E3
Qg	68	E2
Qq	68	E2
Sb	75	E2
Sbl	75	E2
Spn	30	E4
Vgn	40	E4
Vx	50	E3
CM 6.1	105	E1
CM 6.3	105	E1

As manchas de solos pertencentes às famílias "A", "Al" e "Ca" são aquelas que apresentam uma maior profundidade, sendo incluídos na classe 1. As manchas de solo da família "Ex", são os que apresentam uma profundidade menor, sendo incluídos na na classe 5. No Anexo C é apresentada a cartografia resultante na avaliação deste condicionalismo.

### 3.1.1.3 Riscos de Erosão

Para avaliação deste condicionante foi considerado a erodibilidade do solo, calculada pela expressão 2.1, e o declive do terreno, calculado por uma das funcionalidades da ferramenta SIG usada. Em alguns estudos consultados, nomeadamente Simões (2013), o fator de erodibilidade é obtido diretamente da bibliografia, uma vez que o seu cálculo depende de muitas variáveis e é um processo moroso. Neste trabalho o fator K foi calculado para todas as manchas de solo, com exceção daquelas para as quais não existe informação, tendo-se recorrido à informação apresentada em Pimenta (1998a) e Pimenta (1998b).

Dado que o valor de K, calculado pela equação 2.1 é expresso em unidades SI ( $ton.ha.h/ha.MJ.mm$ ), e alguns dados tomados da bibliografia são expressos em unidades métricas, é necessário dividir o valor pela aceleração da gravidade ( $9,8m/s^2$ ).

A Tabela 3.3 apresenta o fator de erodibilidade para cada família de solo; Nos tipos de solo onde apenas aparece o fator de erodibilidade, quer dizer que esse foi o valor adoptado de acordo com a bibliografia, uma vez que não existia informação quanto aos parâmetros necessários ao cálculo de K.

Tabela 3.3: Factor de Erodibilidade K e Classificação dos solos quanto à sua erodibilidade.

Mancha	%limo + areia fina	% areia grossa	% argila	M	a	b	c	K	Erodibilidade
A	63.80	21.70	14.50	5454.90	4.27	2	3	0.038957960	ER2
Al	28.90	66.30	4.80	2751.28	1.59	2	1	0.017463637	ER1
Arg	Rocha							0	ER1
At	Ausência de valores na bibliografia consultada							0.033673469	ER2
Atl	15.70	78.20	6.10	1474.23	1.64	2	1	0.005169081	ER1
Ca	Ausência de valores na bibliografia consultada							0.039795918	ER2
Cal	"							0.039795918	ER2
Eg	"							0.039795918	ER2
Egn	"							0.039795918	ER2
Ex	39.20	35.20	25.60	2916.48	1.39	3	3	0.030469935	ER2
Mng	Ausência de valores na bibliografia consultada							0.007142857	ER1
Mnn	"							0.032653061	ER2
Pg	25.30	65.50	9.20	2297.24	0.85	1	1	0.010106691	ER1
Pgm	41	55.90	3.10	3972.90	0.85	1	1	0.028290502	ER2
Pgn	33.50	58.90	7.60	3095.40	0.51	2	1	0.023774070	ER2
Px	40.30	43.40	16.30	3373.11	0.98	2	2	0.028818213	ER2
Qg	Ausência de valores na bibliografia consultada							0.052040816	ER3
Qq	"							0.052040816	ER3
Sb	52.50	31.80	15.70	4425.75	2.90	2	3	0.036136510	ER2
Sbl	Ausência de valores na bibliografia consultada							0.035714286	ER2
Spn	"							0.031632653	ER2
Vgn	"							0.032653061	ER2
Vx	52.10	20.80	27.10	3798.09	0.90	2	4	0.040316029	ER3
CM 6.1	40.40	48.20	11.40	3579.44	Sem dados			0.018981939	ER1
CM 6.3	40.40	48.20	11.40	3579.44	Sem dados			0.018981939	ER1

Analisando a classificação apresentada na tabela 3.3, verificamos que temos solos classificados

nas classes de 1 a 3, sendo os solos pertencentes às famílias "Qg" e "Qq" as piores relativamente a este condicionante.

Para avaliar os riscos de erosão dos solos, além do cálculo da erodibilidade, é necessário ter em conta o declive do terreno. De acordo com o Quadro III do Anexo A, pode-se classificar o declive do terreno em 7 classes. Tal como referido na secção 2.3.1.3, o declive foi avaliado com base no do Modelo Digital do Terreno (MDT), e com recurso a uma das funcionalidades da ferramenta SIG usada.

A carta de declives do terreno em estudo é apresentado no Anexo D. Este mapa foi produzido no ARCMAP (versão 10.2), agrupando os dados em quatro classes representativas do declive, como pode ser visto no mapa. Para efeitos de cálculo dos riscos de erosão da área de estudo, considerou-se o valor médio da classe. Assim, uma vez que o declive é uma característica do terreno, cada mancha de solo vai ter o seu valor médio de declive.

Nesse sentido não é apresentado uma tabela com os resultados da classificação relativamente a este condicionalismo podendo os mesmos ser consultados na base de dados no modelo SIG construído para o efeito. Foram obtidos declives nos grupos D1 a D7, o que determina que a classificação quanto aos riscos de erosão se verifique entre as classes RE1 e RE5.

Como pode ser visto na carta de declives, ocorrem declives mais elevados na área superior esquerda do mapa, uma vez que essa zona corresponde às encostas da serra da Gadunha. A parte inferior do mapa apresenta áreas mais planas, o que faz com que as melhores áreas para a agricultura se situarem nessa zona.

Os solos incluídos na classe RE1 não apresentam riscos de erosão, e os incluídos na classe RE5 apresentam riscos muito elevados. Tal como referido atrás estes riscos elevados ocorrem mais na parte superior da área de estudo. No Anexo E é apresentada a cartografia resultante na avaliação deste condicionalismo.

#### **3.1.1.4 Capacidade de água utilizável**

A avaliação da capacidade de água utilizável por cada mancha de solo foi determinada de acordo com o descrito na secção 2.3.1.4. A Tabela 3.4, apresenta os resultados obtidos para cada tipo de solo relativamente a este condicionalismo. Como pode ser visto na tabela, ocorrem na zona de estudo solos incluídos na classe mais elevada relativamente a este condicionalismo. A família de solos com valores menos vantajosos, ou seja pequena capacidade para a utilização de água, são os solos "Ex", incluídos na classe CA5. De referir que na obtenção dos resultados foram consideradas as características dos horizontes A e B.

A cartografia resultante na avaliação deste condicionalismo apresentada no Anexo F.

#### **3.1.1.5 Drenagem**

Como descrito na secção 2.3.1.5, a classificação dos solos relativamente à drenagem baseou-se na espessura efectiva de cada tipo de solo, e de acordo com os comentários presentes no Quadro V do Anexo A, estabeleceu-se uma classificação. Como resultados dessa classificação obtiveram-se

Tabela 3.4: Classificação dos solos quanto à capacidade de água utilizável.

Mancha	Classe
A	CA3
Al	CA4
Arg	Rocha
At	CA3
Atl	CA4
Ca	CA1
Cal	CA1
Eg	CA1
Egn	CA1
Ex	CA5
Mng	CA1
Mnn	CA1
Pg	CA1
Pgm	CA1
Pgn	CA1
Px	CA1
Qg	CA1
Qq	CA1
Sb	CA1
Sbl	CA1
Spn	CA1
Vgn	CA1
Vx	CA1
CM 6.1	CA4
CM 6.3	CA4

os dados apresentados no Quadro 3.5. Os riscos de inundação, obtidos de acordo com o descrito na secção 2.3.1.6, são nulos para a área em estudo, logo os solos aparecem incluídos na classe H1 (Quadro 3.5).

Os solos que apresentam melhor drenagem interna são os pertencentes às famílias "A", "Al", "Ca", "Cal"; os outros grupos de solos não apresentam boas condições relativamente a este condicionalismo. A cartografia resultante na avaliação deste condicionalismo apresentada no Anexo G.

### 3.1.1.6 Pedregosidade, afloramentos rochosos ou outros obstáculos físicos

A pedregosidade do terreno foi obtida diretamente da informação presente na cartografia de solos (série SROA, escala 1:50000), referente à fase pedregosa em que alguns dos solos presentes ocorrem. Como descrito na secção 2.3.1.7, e de acordo com a informação existente, foram consideradas duas classes relativas a este condicionalismo. As manchas com indicação de pedregosidade foram indicadas como classe P4-R4, ou seja impede o uso de maquinaria. As manchas de solo sem pedregosidade foram classificadas com classe P1-R1. O resultado da classificação pode ser consultado na base de dados do modelo construído para este efeito.

Tabela 3.5: Classificação dos solos quanto à sua drenagem e riscos de inundação.

Mancha	Drenagem	Riscos de Inundação
A	HD1	HI1
Al	HD1	HI1
Arg	HD5	HI1
At	HD2	HI1
Atl	HD3	HI1
Ca	HD1	HI1
Cal	HD1	HI1
Eg	HD5	HI1
Egn	HD5	HI1
Ex	HD5	HI1
Mng	HD5	HI1
Mnn	HD5	HI1
Pg	HD4	HI1
Pgm	HD4	HI1
Pgn	HD4	HI1
Px	HD4	HI1
Qg	HD5	HI1
Qq	HD5	HI1
Sb	HD3	HI1
Sbl	HD3	HI1
Spn	HD5	HI1
Vgn	HD5	HI1
Vx	HD4	HI1
CM 6.1	HD1	HI1
CM 6.3	HD1	HI1

### 3.1.1.7 Salinidade e/ou alcalinidade

Relativamente a este condicionalismo não foi possível concluir a classificação uma vez que não se conseguiu calcular o valor da condutividade de cada mancha de solo por ausência de informação referente à condutividade do estrato de saturação dos solos. No entanto, considerando a classificação dos restantes condicionalismos, este parâmetro não vem alterar a classificação final da aptidão dos solos para o regadio.

## 3.2 Obtenção das unidades cartográficas para aptidão dos solos para o regadio

### 3.2.0.1 Classificação da aptidão dos solos para o regadio

A classificação da aptidão dos solos para o regadio, foi estabelecida a partir da classificação dos solos relativamente a cada condicionalismo. Considerando a contribuição de todos os condicionalismo obtiveram-se os resultados apresentados no Quadro 3.6, complementados com a cartografia correspondente (Anexo I). A área de estudo apresenta solos distribuídos pelas classes III, IV e V. Solos da

classe III, regáveis com limitações moderadas, classe IV, regáveis com limitações acentuadas e classe V, não regáveis. Por observação da carta de aptidão dos solos para o regadio, Anexo I, conclui-se que praticamente toda a zona norte da área de estudo não está apta para regadio, o que era expectável uma vez que são zonas situadas nas vertentes da Serra da Gardunha. A maior parte das manchas encontram-se na classe IV e surgem algumas manchas na classe III. Estes resultados são válidos, considerando os dados disponíveis para cada tipo de solo. Com uma análise de campo provavelmente poderão existir zonas com classificação diferente.

Tabela 3.6: Classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio.

Mancha	Classificação Final
A	III, IV, V
Al	IV
Arg	V (Rocha)
At	IV
Atl	IV
Ca	III, IV
Cal	III, IV
Eg	V
Egn	V
Ex	V
Mng	V
Mnn	V
Pg	IV, V
Pgm	IV
Pgn	IV, V
Px	IV, V
Qg	V
Qq	V
Sb	IV, V
Sbl	IV, V
Spn	V
Vgn	V
Vx	IV, V
CM 6.1	IV
CM 6.3	IV

#### LEGENDA

I - Regável, praticamente sem limitações.

II - Regável, com limitações ligeiras.

III - Regável, com limitações moderadas.

IV - Regável, com limitações acentuadas.

V - Não regável, devido a limitações severas, mas com algumas possibilidades técnicas e económicas de adaptação.

VI - Não regável, devido a limitações muito severas e com duvidosas possibilidades técnicas e económicas de adaptação.

VII - Não regável, e praticamente impossível de qualquer adaptação.

A fim de poder estabelecer alguma comparação dos resultados com a informação existente relativamente à área de estudo coincidente com o regadio da Cova da Beira, considera-se a classificação apresentada na tabela 3.7. A tabela apresenta a classificação de aptidão dos solos ao regadio das famílias de solos com maior representatividade existentes na área do regadio da Cova da Beira, Bloco do Fundão. Os dados foram extraídos de DGA (2015). Não existe informação acerca do método de classificação usado no entanto verificam-se algumas semelhanças com os resultados obtidos no estudo apresentado neste trabalho, nomeadamente para as manchas "Pg" e "Pgm".

Como já referido anteriormente não foi possível fazer uma análise de amostras de solos existentes na área de estudo. No entanto para completar o estudo fez-se uma comparação dos resultados obtidos no presente trabalho, com os dados de perfis de solos que constam na cartografia na escala de

Tabela 3.7: Classificação da aptidão dos solos ao regadio na área de abrangência do regadio da Cova da Beira, Bloco do Fundão.

Solos dominantes	Representatividade (81.93 % da área total)	Classificação	Aptidão ao regadio
Pgm	27.90	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de granitos em transição para quartzodioritos.	3, 6
Pg	26.55	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados, Normais, de granitos.	3, 6
Al	14.17	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Não Calcários, de textura ligeira.	2, 1, (3)
A	13.31	Solos Incipientes - Aluviosolos Modernos, Não Calcários, de textura mediana.	1, (2)

LEGENDA  
 Aptidão potencial ao regadio:  
 1-Elevada  
 2-Moderada  
 3-Marginal  
 4-Condicionada para usos restritos  
 6-Inaptidão total

1:100000, e que se situam na área de estudo (zona da Orca e Alpedrinha). No Anexo J são apresentados os dados dos três perfis de solo da família "Pg". Aplicando o método de classificação aos dados de cada perfil, que se encontram no Anexo J, obtém-se classe IV de aptidão ao regadio para os 3 perfis. Resultado também obtido com os dados da bibliografia e apresentados na tabela 3.6, o que mostra a consistência do trabalho realizado.



## Capítulo 4

# Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões gerais deste estudo, decorrentes dos objetivos formulados, bem como as propostas de trabalho futuro.

O trabalho desenvolvido nesta Tese representa uma contribuição importante na avaliação da aptidão dos solos para o regadio, geograficamente distribuídos na zona sul do concelho do Fundão, para a qual se pretende alargar o regadio da Cova da Beira. Dentro da área de estudo, existem zonas já abrangidas pelo regadio da Cova da Beira e zonas onde interessa perceber se é viável expandir o regadio, nomeadamente nas zonas a sul da serra da Gardunha. Este estudo não é completamente conclusivo, uma vez que é baseado na informação das características dos solos apresentadas na bibliografia. Para o completar será necessário fazer um reconhecimento mais pormenorizado da realidade pedológica existente na zona de estudo.

O trabalho desenvolvido revelou-se moroso na construção da base de dados e na obtenção das várias características dos solos, o que complicou e atrasou o desenvolvimento do estudo. Levando em conta os vários condicionalismos dos solos, e baseando o estudo na informação das características extraídas da bibliografia, a área de estudo tem solos classificados em 3 classes de aptidão para o regadio. A maior parte da área é classificada em classe IV, regável com limitações acentuadas, existem algumas manchas com classe III, regável com limitações moderadas e por último manchas com classe V, não viáveis para serem regadas, mas com algumas possibilidades técnicas e económicas de adaptação. Como pode ser visto na base de dados e na informação de cada mancha de solo, existem alguns solos com boas características (classe I) para determinados condicionalismos, mas quando se faz a ponderação com todos os condicionalismos essa classe tende a baixar.

A base de dados do modelo SIG construído tem informação das manchas de solo úteis para a classificação da aptidão para o regadio, bem como outros estudos relacionados com solos. A classificação final obtida também permite identificar quais são as zonas potencialmente viáveis ao regadio. Todas as zonas de classe III são de considerar no futuro alargamento do regadio, e provavelmente estas zonas terão potencialidades de classe I e II se forem analisadas amostras de solos que possam

clarificar alguns dados dos vários condicionalismos. Também as zonas de classe IV são potencialmente viáveis ao regadio, mais uma vez uma análise de amostra ajudará a concluir sobre a sua potencialidade.

Durante o desenvolvimento desta Tese foram surgindo novas ideias, que se aplicadas melhoram significativamente o trabalho. Em primeiro lugar é necessário recolher algumas amostras de solo, analisar e verificar se os valores dos vários condicionalismos vão de encontro aqueles que foram usados, baseando-se apenas na informação bibliográfica.

A partir deste trabalho, também podem ser desenvolvidos estudos dedicados às culturas. Fazer um estudo da aptidão dos solos para determinado tipo de culturas e estudar a viabilidade da extensão do regadio a zonas potenciais de cultivo.

Para concluir e tendo em conta que a inserção de dados foi a parte mais morosa da Tese, como proposta de trabalho futuro, era importante estudar alguma alternativa à classificação dos solos. Desenvolver algum método automático baseado na aprendizagem que pudesse fazer uma classificação automática dos solos.

# Bibliografia

- (1961). Land-capability classification. Technical report, Soil conservation service U.S. Department of Agriculture, Washington.
- (1976). *A framework for land evaluation*. Number 32. Roma. FAO Soils Bulletin.
- (1984). *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Number 52. Roma. FAO Soils Bulletin.
- (2013). *Agriculture Land Suitability Evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops*, volume 93.
- (2015). Confederação nacional das cooperativas agrícolas e do crédito agrícola de Portugal. <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Solo/TextoSintese/Antecedentes/Pages/default.aspx>. [Online; consultado em Outubro de 2015].
- (2015). Esri Portugal. <http://www.esriportugal.pt/>. [Online; consultado em Outubro de 2015].
- (2015). Instituto superior de agronomia da universidade de lisboa. [http://agricultura.isa.utl.pt/agribase\\_temp/solos/](http://agricultura.isa.utl.pt/agribase_temp/solos/). [Online; consultado em Outubro de 2015].
- (2015). Ministério da agricultura, mar, ambiente e ordenamento do território, direcção-geral de agricultura e desenvolvimento rural. [http://sir.dgadr.pt/images/conteudos/regadios/fichas/reg\\_exploracao/Centro/Cova\\_da\\_Beira.pdf](http://sir.dgadr.pt/images/conteudos/regadios/fichas/reg_exploracao/Centro/Cova_da_Beira.pdf). [Online; consultado em Outubro de 2015].
- (2015). Sistema de informação do regadio, direcção geral de agricultura e desenvolvimento rural. [http://sir.dgadr.pt/expl\\_centro](http://sir.dgadr.pt/expl_centro). [Online; consultado em Outubro de 2015].
- Albertina Ferreira, A. G. (2014). *Contribuição do modelo digital de terreno na produção agrícola*, volume 4.
- Bongiovanni, R. and Lowenberg-Deboer, J. (2004). *Precision Agriculture and Sustainability*, volume 5. Kluwer Academic Publishers.
- Burrough, P. (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment*. Number 12. New York.
- Cardoso, J. C. (1974). *A classificação dos solos de Portugal - Nova versão*.
- Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). *Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio*. Number 6. Portugal.

- Cardoso, J. V. J. D. C. (1965). *Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese, a sul do rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção Geral dos Serviços Agrícolas.
- FAO (1998). *World Reference Base for Soil Resources*.
- IDRHa (2004). *Elaboração da Carta de Solos e de Aptidão das Terras da Zona Interior Centro - Memória e Anexos*.
- Isidoro, J. M. G. P., Fernandez, H. M. N. P. V., Martins, F. M. G., and de Lima, J. L. M. P. (2012). *GIS-Based Models as Tools for Environmental Issues: Applications in the South of Portugal*. InTech.
- le Clercq, F. (1990). *Information management within the planning process*, volume 17 of *The GeoJournal Library*. Springer Netherlands.
- Linden, G. (1990). *Education in geographical information systems*, volume 17 of *The GeoJournal Library*. Springer Netherlands.
- Pimenta, M. (1998a). *Caracterização da erodibilidade dos solos a sul do rio Tejo*. Lisboa.
- Pimenta, M. (1998b). *Diretrizes para a aplicação da equação universal de perda dos solos em SIG: factor de cultura C e factor de erodibilidade do Solo K*. Lisboa.
- Rawls, W.J., A. L. B. D. (1992). *Estimating soil hydraulic properties from soils data*.
- Ribeiro, I., Pereira, N., Serrano, P., Jorge, M. N., Avillez, F., and Trindade, C. P. (2004). *Rendimento e Competitividade Agrícolas em Portugal. Evolução recente, situação actual e perspectivas futuras*.
- Sampaio, E. (2007). *Avaliação da aptidão das terras - método recomendado pela FAO*.
- Simões, H. D. G. (2013). Modelação espacial da erosão hídrica do solo, aplicação da equação universal da perda de solo (eups).
- Smith, W. W. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- SROA (1970). *Carta dos Solos de Portugal - I Volume. Classificação e caracterização morfológica dos solos, 6ª ed.*
- SROA (1973). *Carta dos Solos de Portugal. Classificação e Caracterização dos Solos de Portugal. II Volume. Dados analíticos das unidades pedológicas, 6ª ed.*
- SYS, C. (1985). *Land evaluation (Part I)*. Bruxelas.
- Tristany, M. N. G. (2010). *Um sistema de informação para a análise multi-dimensional da actividade agrícola. Aplicação em diversos casos do panorama agrícola nacional*. PhD thesis, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

# Anexos



## **Anexo A**

# **Tabelas de Auxilio à Classificação da aptidão dos solos para o regadio**



CONDICIONALISMOS (Características dos solos que podem condicionar a sua aptidão para o regadio)	CLASSES DE APTIDÃO PARA O REGADIO						
	CLASSE I → Regável, praticamente sem limitações	CLASSE II → Regável, com limitações ligeiras	CLASSE III → Regável, com limitações moderadas	CLASSE IV → Regável, com limitações acentuadas	CLASSE V → Não regável, devido a limitações severas, mas com algumas possibilidades técnicas e económicas de adaptação	CLASSE VI Não regável, devido a limitações muito severas e com duvidosas possibilidades técnicas e económicas de adaptação	CLASSE VII Não regável, e praticamente impossível de qualquer adaptação
1 – <u>Natureza do solo</u> a) Características físicas b) Características químicas e biológicas (QUADRO I)	- boas - boas  NR1	- regulares - regulares  NR2	- sofríveis - sofríveis  NR3	- medíocres - medíocres  NR4	- más - más  NR5		
2 – <u>Espessura efectiva</u>	> 100 cm E1	- 60 – 100 cm E2	- 40 – 60 cm E3	- 25 – 40 cm E4	- < 25 cm E5		
3 – <u>Declive</u> (riscos de erosão que determina) a) erodibilidade fraca b) erodibilidade moderada c) erodibilidade grande (QUADRO III)	- nulos - 0 – 2%  - 0 – 2% - ----- RE1	- ligeiros - 0 – 2%  - 3 – 5% - 5 – 8% RE2	- moderados - 3 – 5%  - 6 – 8% - 9 – 11% RE3	- elevados - 6 – 8%  - 9 – 11% - 12 – 15% RE4	- muito elevados - > 8%  - > 11% - > 15% RE5		
4 – <u>Capacidade de água utilizável</u> (QUADRO IV)	- elevada (>16%) CA1	- relativamente elevada (12-16%) CA2	- média (8-12%) CA3	- relativamente pequena (4-8%) CA4	- pequena (<4%) CA5		
5 – <u>Drenagem</u> (QUADRO V)	- boa HD1	- moderadamente boa HD2	- imperfeita HD3	- pobre HD4	- muito pobre HD5		
6 – <u>Riscos de inundação</u>	- nulos HI1	- ligeiros HI2	- moderados HI3	- elevados HI4	- muito elevados HI5		
7 – <u>Pedregosidade, afloramentos rochosos ou outros obstáculos físicos</u> (grau de afectação da maquinaria agrícola)	- não afectam o uso de qualquer tipo de maquinaria agrícola  P1 – R1		- afecta o uso de maquinaria mais sensível; - impede o uso de maquinaria pesada; pouco afecta o uso de maquinaria ligeira P2 – R2	- impede o uso de maquinaria mais sensível; - impede o uso de maquinaria pesada, mas pouco afecta o uso de maquinaria ligeira P3 – R3	- impede o uso de maquinaria sensível, e dificulta, não impedindo, a restante maquinaria; - impede o uso de maquinaria pesada, e dificulta muito, não impedindo completamente, a maquinaria ligeira P4 – R4		- impede qualquer tipo de maquinaria agrícola  P5 – R5

Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio. nº6. Portugal.

8 – <u>Salinidade e/ou alcalinidade</u> (grau de afectação das culturas) (QUADRO VIII)	- não afecta qualquer tipo de cultura <b>S1</b>	- afecta, mas não impede as culturas mais sensíveis <b>S2</b>	- afecta, mas não impede as culturas mais resistentes <b>S3</b>	- afecta muito, mas não impede as culturas mais resistentes <b>S4</b>	- impede todas as culturas <b>S5</b>		
9 – <u>Trabalhos de adaptação ao regadio</u> (sistematização, enxugo, despedrega, defesa contra inundações, dessalinização, etc)	- praticamente desnecessários	- de baixo custo	- de custo moderado	- de custo elevado	- de custo muito elevado	- de custo de tal modo elevado que economicamente inoportável, só se justificando por razões de ordem político-social	- inviáveis

QUADRO I – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS				MATRIZ					
GRUPOS/CLASSES	ESPESSURA EFECTIVA (cm)	CAPACIDADE DE ÁGUA UTILIZÁVEL (%)	CONDIÇÕES DE DRENAGEM	NÍVEL DE AGREGAÇÃO DO SOLO	GRUPOS/CLASSES	pH	CTC (meq/100 g) (cmol/kg)	MATÉRIA ORGÂNICA (%)	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS					
									NR1	NR2	NR3	NR4	NR5	
NR1/Boas	> 100	> 16	HD1	Bom	NR1/Boas	7	> 30	> 2.0	NR1	NR2	NR3	NR4	NR5	
NR2/Regulares	60 – 100	12 - 16	HD2	Bom	NR2/Regulares	6 – 7, 7 - 8	20 – 30	1.5 – 2.0	NR2	NR2	NR3	NR4	NR5	
NR3/Sofríveis	40 – 60	8 – 12	HD3	Médio	NR3/Sofríveis	6	10 – 20	1.0 – 1.5	NR3	NR3	NR3	NR4	NR5	
NR4/Mediocres	25 – 40	4 – 8	HD4	Baixo	NR4/Mediocres	5	5 - 10	0.5 – 1.0	NR4	NR4	NR4	NR4	NR5	
NRS/Más	< 25	< 4	HD5	Baixo	NRS/Más	< 5	< 5	< 0.5	NR5	NR5	NR5	NR5	NR5	

Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio. nº6. Portugal.

**QUADRO III – RISCOS DE EROÇÃO**

DECLIVE		
GRUPOS	DECLIVE (%)	DESIGNAÇÃO
D1	0 – 2	Plano
D2	3 – 5	Suave
D3	6 – 8	Moderado
D4	9 – 11	Ligeiramente acentuado
D5	12 – 15	Moderadamente acentuado
D6	16 – 25	Acentuado
D7	> 25	Muito acentuado

ERODIBILIDADE	
GRUPOS	DESIGNAÇÃO
ER1	Fraca
ER2	Moderada
ER3	Elevada

ER1	< 0,02
ER2	0,02 – 0,04
ER3	> 0,04

RISCOS DE ROSÃO			
MATRIZ	ER1	ER2	ER3
D1	RE1	RE1	RE1
D2	RE2	RE2	RE3
D3	RE2	RE3	RE4
D4	RE3	RE4	RE5
D5	RE4	RE5	RE5
D6	RE5	RE5	RE5
D7	RE5	RE5	RE5

RISCOS DE ROSÃO	
GRUPOS	DESIGNAÇÃO
RE1	Nulos
RE2	Ligeiros
RE3	Moderados
RE4	Elevados
RE5	Muito elevados

NOTA: Os valores da erodibilidade devem ser calculados pela equação que se encontra a seguir.

**CÁLCULO DA ERODIBILIDADE DO SOLO (Factor K) → Factor K**

→ **Erodibilidade** – susceptibilidade do solo ao processo erosivo.

$$K = \frac{[0.277 \times M^{1.14} \times 10^{-4} \times (12 - a) + 0.428 \times (b - 2) + 0.329 \times (c - 3)]}{100}$$

(ton.ha.h/ha.MJ.mm)

em que:

*M* - (% de limo+% de areia muito fina)×(100 - % de argila);

*a* - % de matéria orgânica;

*b* - classe de estrutura (1, 2, 3, 4):

- 1 - granulosa muito fina;
- 2 - granulosa fina;
- 3 - granulosa média a grosseira;
- 4 - anisforme, laminar ou sem agregados;

*c* - classe de permeabilidade:

- 1 - elevada (12.5-25.0 cm/h);
- 2 - elevada a moderada (6.2-12.5 cm/h);
- 3 - moderada (2.0-6.2 cm/h);
- 4 - moderada a baixa (0.5-2.0 cm/h);
- 5 - baixa (0.12-0.5 cm/h);
- 6 - muito baixa (<0.12 cm/h).

Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio. nº6. Portugal.

**QUADRO IV – CAPACIDADE DE ÁGUA UTILIZÁVEL (SE O SOLO APRESENTAR HORIZONTES A E B DIFERENTES RELATIVAMENTE A ESTE CONDICIONANTE)**

CAPACIDADE DE ÁGUA UTILIZÁVEL NOS HORIZONTES A E B	GRUPOS
CA1 + CA1	CA1
CA2 + CA1	CA1
CA2 + CA2	CA2
CA3 + CA2	CA2
CA2 + CA3	CA2
CA3 + CA3	CA3
CA4 + CA4	CA4
CA5 + CA5	CA5

**QUADRO V – DRENAGEM INTERNA**

GRUPOS	DRENAGEM	COMENTÁRIOS
HD1	Boa	Solo com boa espessura efectiva (> 100 cm), bem agregado (sobretudo se de textura fina), sem existência de camada impermeável.
HD2	Moderada	Solo com espessura efectiva menor (80 – 100 cm), com nível de agregação médio (sobretudo se de textura fina), sem existência de camada impermeável.
HD3	Imperfeita	Solo com espessura efectiva menor (60 – 80 cm), com deficiente nível de agregação (sobretudo se de textura fina), com camada impermeável a profundidade média (> 30 cm).
HD4	Pobre	Solo com deficiente nível de agregação (sobretudo se de textura fina), com camada impermeável a pequena profundidade (< 30 cm), com declive de < 5%.
HD5	Muito pobre	Solo com espessura efectiva pequena (< 25 cm), deficiente nível de agregação (sobretudo se de textura fina), com camada impermeável a pequena profundidade (< 30 cm), com declive de < 5%.

Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio. nº6. Portugal.



■ **CLASSES DE SOLOS COM APTIDÃO PARA O REGADIO**

CONDICIONALISMOS (Características dos solos que podem condicionar a sua aptidão para o regadio)	CLASSES DE APTIDÃO DO SOLO PARA O REGADIO						
	CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV	CLASSE V	CLASSE VI	CLASSE VII
NATUREZA DO SOLO (NR)	NR1	NR2	NR3	NR4	NR5	NR5	NR5
ESPESSURA EFECTIVA (E)	E1	E2	E3	E4	E5	E5	E5
RISCOS DE EROSIÃO (RE)	RE1	RE2	RE3	RE4	RE5	RE5	RE5
CAPACIDADE DE ÁGUA UTILIZÁVEL (CA)	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA5	CA5
DRENAGEM (HD)	HD1	HD2	HD3	HD4	HD5	HD5	HD5
RISCOS DE INUNDAÇÃO (HI)	HI1	HI2	HI3	HI4	HI5	HI5	HI5
PEDREGOSIDADE E AFLORAMENTOS ROCHOSOS (P – R)	P1 – R1	P1 – R1	P2 – R2	P3 – R3	P4 – R4	P4 – R4	P5 – R5
SALINIDADE E/OU ALCALINIDADE (S)	S1	S2	S3	S4	S5	S5	S5

Cardoso, J. C., Silva, A. A. d., Cluny, A. L., Santos, A. L. d., Bessa, M. R. T., and Marado, M. O. B. (1970). Sistema de classificação dos solos quanto à sua aptidão para o regadio. nº6. Portugal.

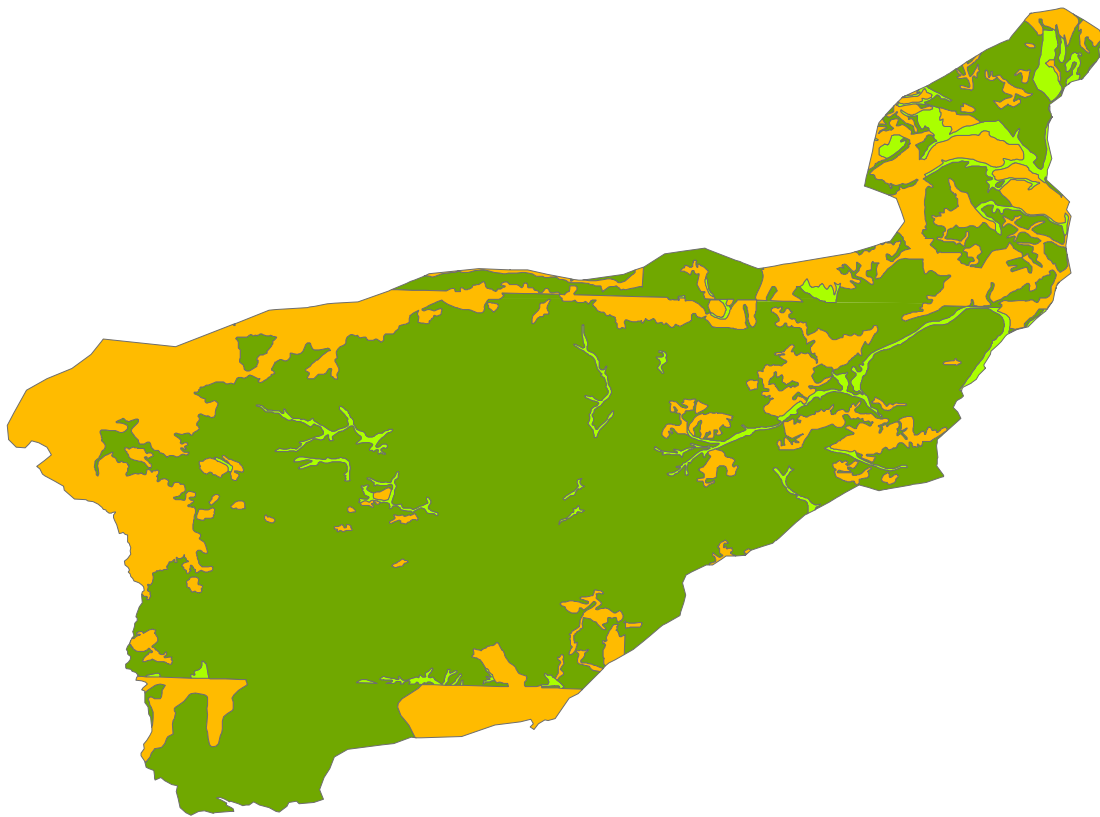
## **Anexo B**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - natureza do solo**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto à natureza do solo

0 5 10 km




1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree

### Legenda

#### Classe

-  NR3
-  NR4
-  NR5



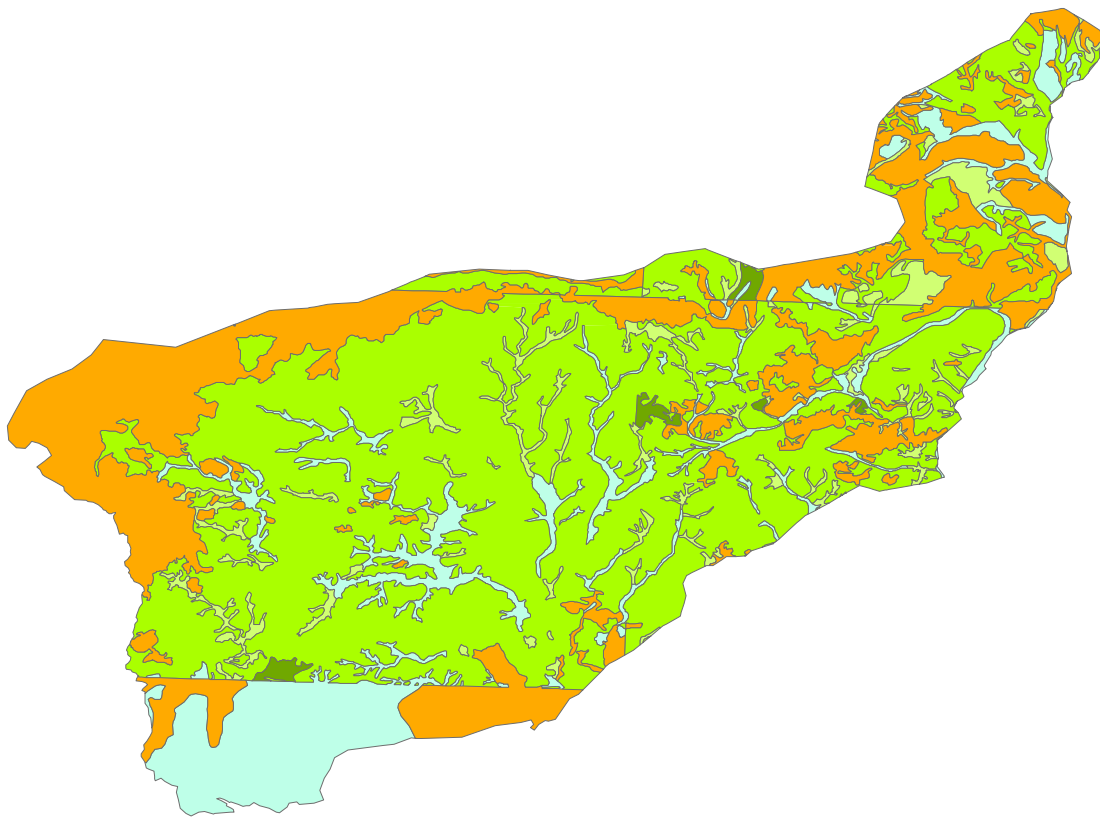
## **Anexo C**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - espessura efectiva**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto à espessura efectiva

### Legenda

#### Classe

-  E1
-  E2
-  E3
-  E4
-  E5

0 5 10 km

1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree



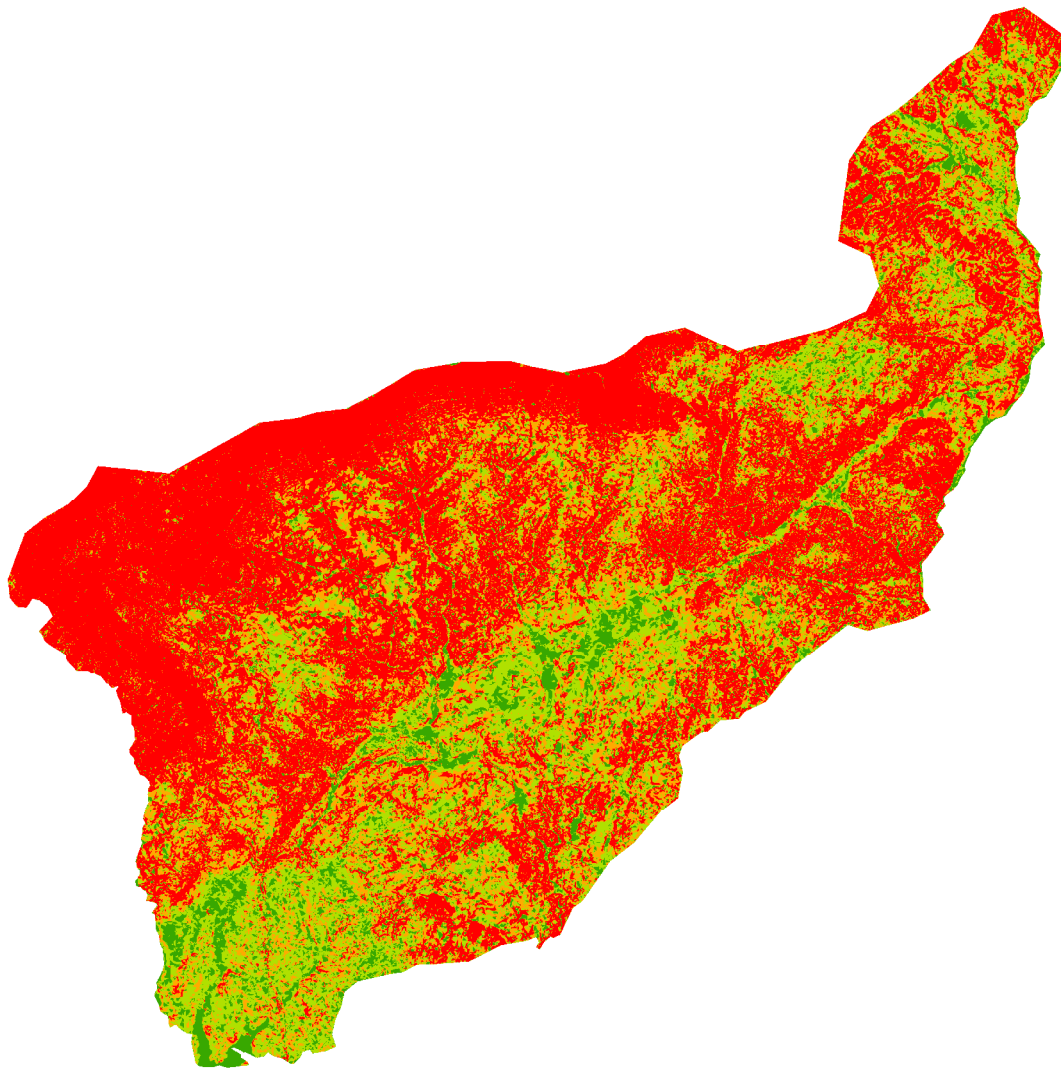
**Anexo D**

## **Carta de Declives**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de declives

0 1 2 4 Km

1 cm = 2 km

Autor: Sílvia Marques

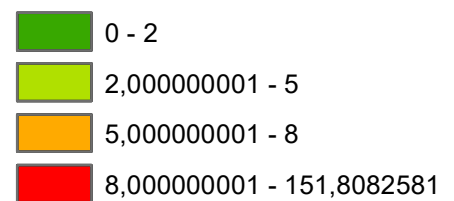
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: Lisboa Hayford Gauss IGeoE  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
False Easting: 200 000,0000  
False Northing: 300 000,0000  
Central Meridian: -8,1319  
Scale Factor: 1,0000  
Latitude Of Origin: 39,6667  
Units: Meter

## Legenda

### Declive

%





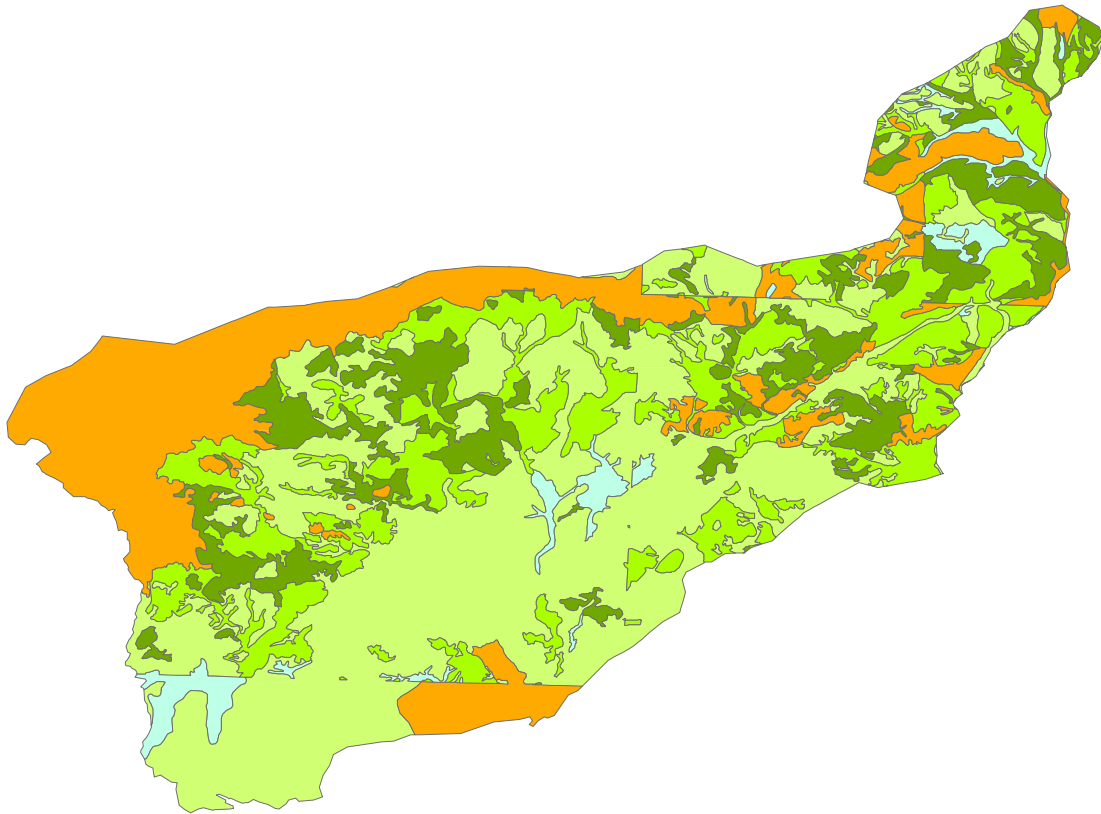
## **Anexo E**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - riscos de erosão**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto aos riscos de erosão

0 5 10 km






1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree

### Legenda

#### Classe

-  RE1
-  RE2
-  RE3
-  RE4
-  RE5



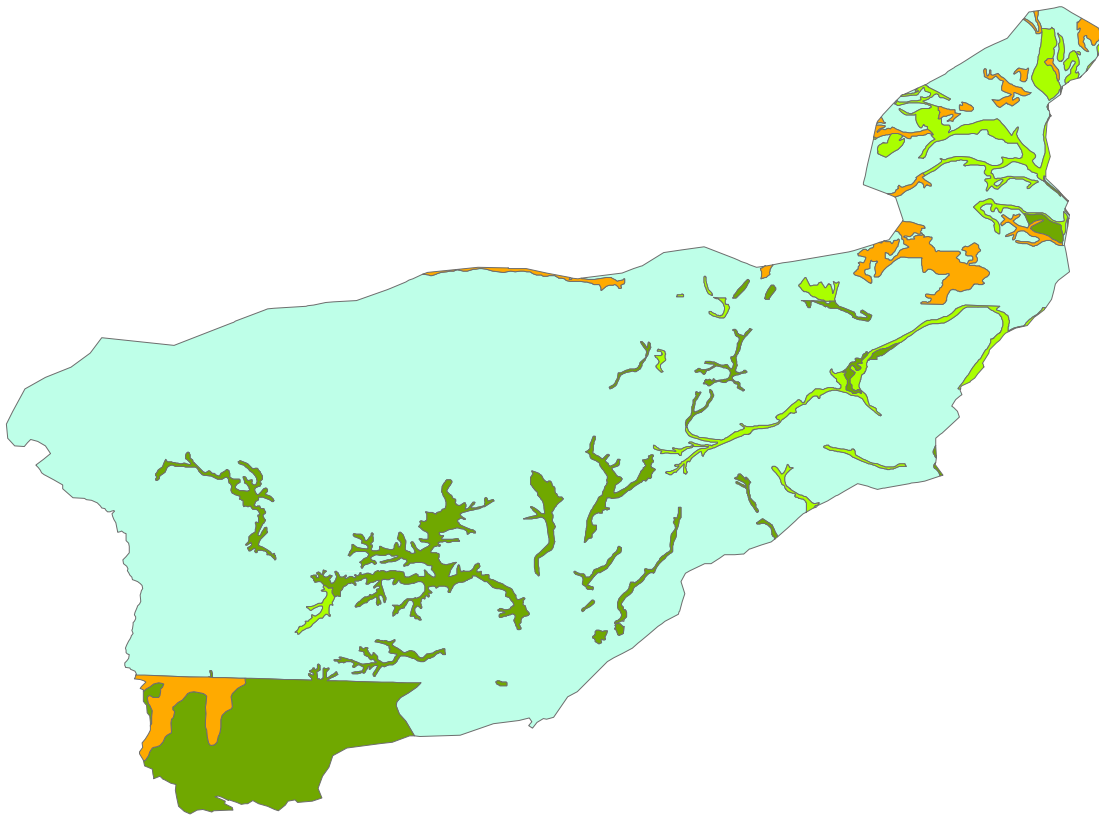
## **Anexo F**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - capacidade de água utilizável**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto à capacidade de água utilizável

0 5 10 km





1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree

### Legenda

#### Classe

-  CA1
-  CA3
-  CA4
-  CA5



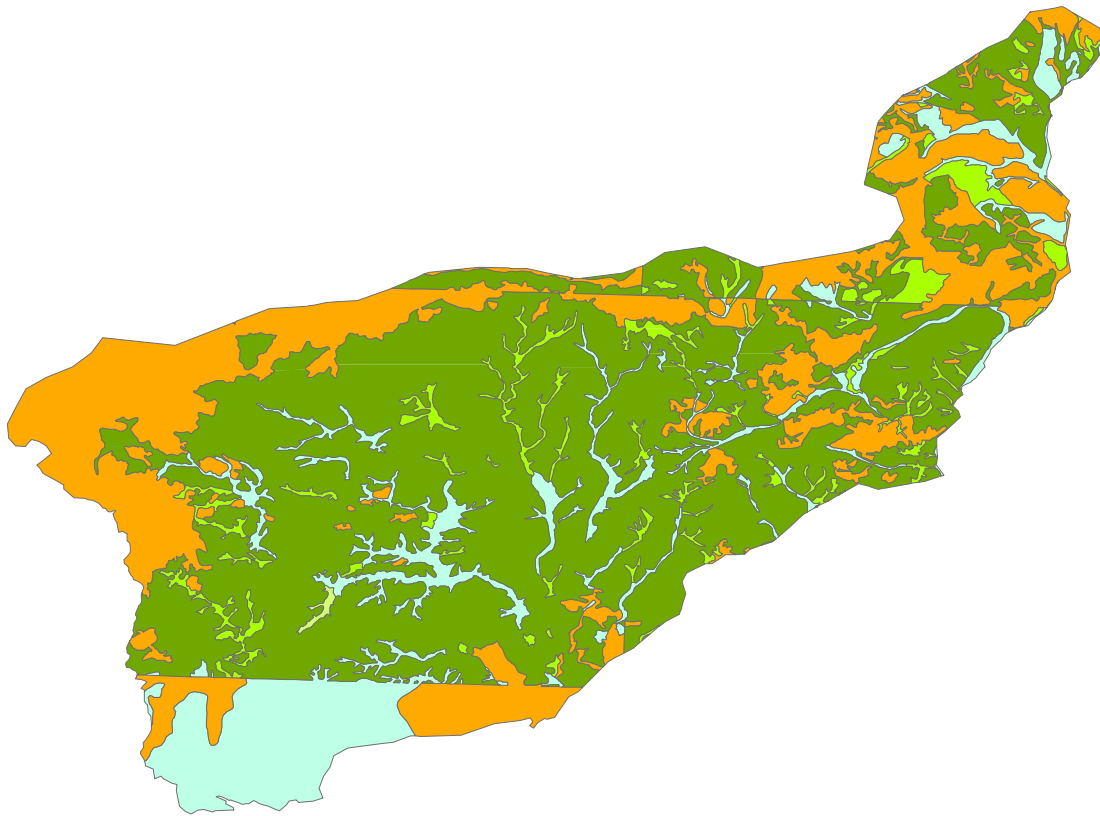
## **Anexo G**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - drenagem**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto à drenagem

0 5 10 km

1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree

### Legenda

#### Classe

-  HD1
-  HD2
-  HD3
-  HD4
-  HD5



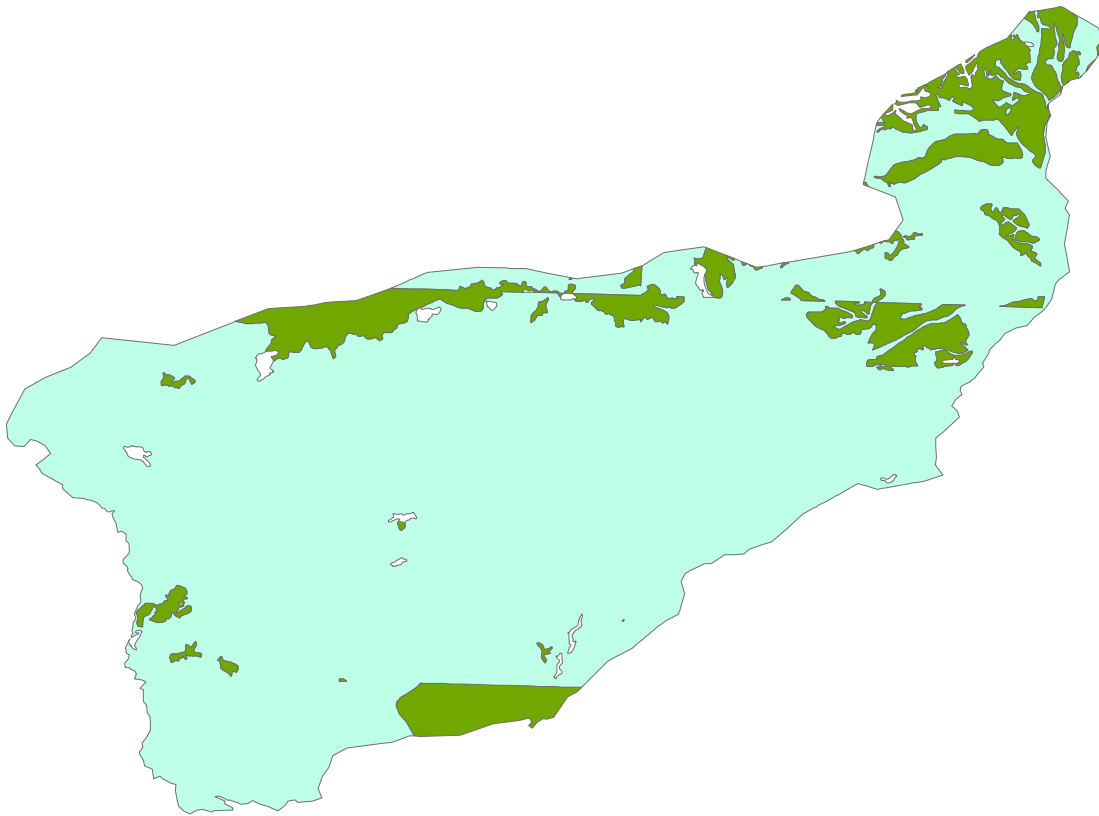
## **Anexo H**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio - pedregosidade**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária





## Carta de aptidão dos solos para o regadio Classificação quanto à pedregosidade

0 5 10 km

1 cm = 2 km

### Legenda

#### Classe

-  P1-R
-  P4-R

Autor: Silvia Marques  
Data: Outubro de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree



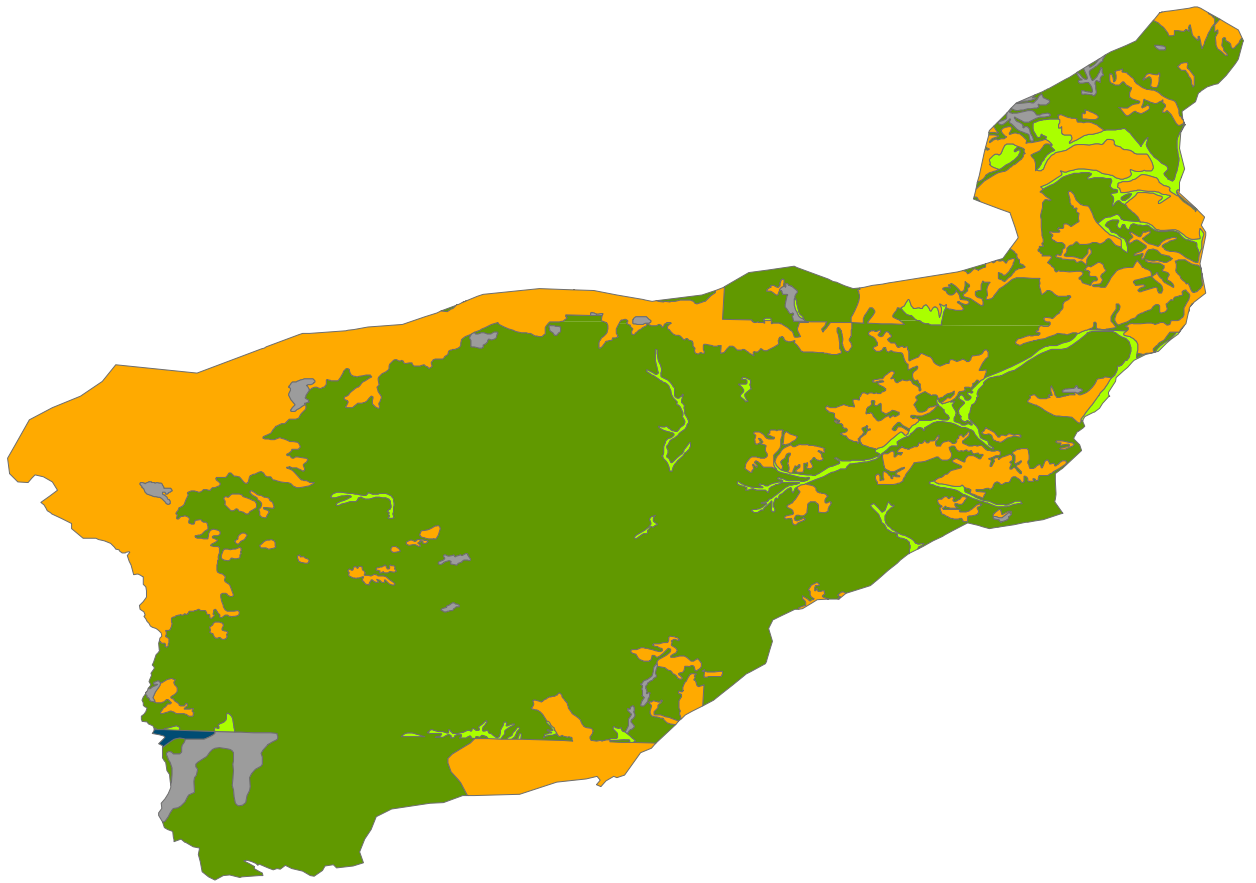
## **Anexo I**

# **Carta de Aptidão dos Solos para o Regadio**





Instituto Politécnico de Castelo Branco  
Escola Superior Agrária



## Carta de aptidão dos solos para o regadio

0 5 10 km






1 cm = 2 km

Autor: Silvia Marques  
Data: Julho de 2015

Coordinate System: GCS Datum Lisboa Hayford  
Datum: Datum Lisboa Hayford  
Units: Degree

### Legenda

#### Classes de Aptidão

-  III
-  IV
-  V
-  ASoc
-  Água



## **Anexo J**

# **Perfis de solos**



## Perfil E 192

REGIÃO: Zona Interior Centro

UN. FISILOG.: Campo Albicastrense (8.1)

ZONA HOMOG.: Q2.g.s

LOCAL: Orca, Fundação

CARTA E FOTO: 21; 48E-3184

OBS.: BA, 02/07/2002

LITOLOGIA: granito (g)

CLIMA: terra quente continental (Qc)

ALTITUDE: 400 m

RELEVO: ondulado muito suave

TOPOGRAFIA: convexidade larga

USO DA TERRA: vinha (cultura arvensis de sequeiro e olival)

UNID. PEDOLÓGICA: **RG.Ien.skp**

Regossolo Endoléptico Epiesquelético

*(Episkeleti-Endoleptic Regosol)*

### Características Morfológicas

**Ap** (0-30 cm) Pardo-escuro, 10YR 4/4 (h); franco-arenoso, com 60% de cascalho e saibro angulosos de feldspato, quartzo e granito; granuloso, fino e médio, fraco a moderado, alguns poros finos e médios; brando, não adesivo a pouco adesivo; seco, algumas raízes finas e médias, transição nítida;

**C** (30-60 cm) Pardo, 10YR 5/4 (h); arenoso-franco, com 90% de cascalho e saibro angulosos de feldspato e quartzo e pedra angulosa de granito; sem estrutura, alguns poros finos, médios e grossos; solto, não adesivo; pouco fresco, algumas raízes finas, médias e grossas, transição abrupta;

**R** (60 cm) Rocha compacta.

### Dados Analíticos

Profundidade (cm)	Granulometria ISSS (g kg <sup>-1</sup> )					Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	P extraível (µg g <sup>-1</sup> )	K extraível (µg g <sup>-1</sup> )
	> 2 mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,02mm	Limo 0,02-0,002mm	Argila < 0,002mm						
0-30	504	496	296	129	79	16,38	9,50	0,71	13,4	42	116
30-60	625	624	249	84	43	4,14	2,40	0,25	9,6	37	58

Profundidade (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Bases de Troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				Na	CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	GSB (%)	Acidez de troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	CTCE (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
			Ca	Mg	K							
0-30	5,9	4,5	1,75	0,4	0,3	vt	5,74	42,7	0,26	0,69	2,71	
30-60	6,0	4,6	0,35	0,06	0,14	vt	3,85	14,3	0,33	0,73	0,88	

Profundidade (cm)	Granulometria USDA (g kg <sup>-1</sup> )						
	2000-1000 µm	1000-500 µm	500-250 µm	250-100 µm	100-50 µm	50-2 µm	< 2 µm
0-30	164	167	132	152	85	221	79
30-60	173	238	170	153	71	152	43

vt: vestígios

## Perfil H 413

REGIÃO: Zona Interior Centro  
UN. FISIOL.: Cova da Beira (7)  
ZONA HOMOG.: Q2.g.s.r1  
LOCAL: Alpedrinha, Fundação  
CARTA E FOTO: 20; 47E-3159  
OBS.: JD, 21/08/03

LITOLOGIA: granito (g)  
CLIMA: terra temperada subcontinental (Tc)  
ALTITUDE: 550 m  
RELEVO: ondulado suave  
TOPOGRAFIA: encosta socalcada, 15%  
USO DA TERRA: olival

UNID. PEDOLÓGICA: **RG.dy.ha**  
Regossolo Dístico Háplico  
(*Hapli-Dystric Regosol*)

### Características Morfológicas

- Ap** (0-15 cm) Pardo-escuro, 10YR 4,5/2 (h); franco, com 20% de saibro e cascalho angulosos de quartzo, feldspato, granito e mica; granuloso, fino, fraco a muito fraco, alguns poros finos e médios; friável, não adesivo, não plástico; seco, algumas raízes finas, transição nítida;
- C1** (15-110 cm) Pardo, 1,5Y 6/3 (h); franco-arenoso, com 20% de saibro anguloso de quartzo, feldspato e granito; estrutura de rocha, poucos poros finos; friável, não adesivo, não plástico; seco, poucas raízes finas, transição gradual;
- C2** (110-145+ cm) Rocha em desagregação e alteração.

### Dados Analíticos <sup>(a)</sup>

Profundidade (cm)	Granulometria ISSS (g kg <sup>-1</sup> )					Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	P extraível (µg g <sup>-1</sup> )	K extraível (µg g <sup>-1</sup> )
	> 2 mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,02mm	Limo 0,02-0,002mm	Argila < 0,002mm						
0-15	351	410	282	175	133	31,2	18,1	1,46	12,4	14	71
15-45	354	407	276	217	101	7,8	4,5	0,40	11,3	9	38
45-75	375	412	279	193	116	1,9	1,1	0,27	4,1	5	31
75-105	298	482	306	98	114	–	–	–	–	–	–

Profundidade (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Bases de Troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	GSB (%)	Acidez de troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	CTCE (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
			Ca	Mg	K	Na					
0-15	4,8	3,6	1,78	0,3	0,17	0,01	9,36	24,1	1,46	1,34	3,72
15-45	5,3	3,7	1,21	0,35	0,09	0,00	6,77	24,6	1,59	1,25	3,26
45-75	5,1	3,5	1,10	0,33	0,06	0,01	6,35	23,6	1,96	1,90	3,46
75-105	5,1	3,2	0,93	0,3	0,04	0,01	8,62	14,9	2,67	2,40	3,95

Profundidade (cm)	MVA (g cm <sup>-3</sup> )	Teor de humidade (g 100g <sup>-1</sup> )				Fe <sub>o</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	Al <sub>o</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	Fe <sub>d</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	Al <sub>d</sub> (g kg <sup>-1</sup> )
		pF 1,7	pF 2,0	pF 2,54	pF 4,19				
0-15	1,35	24,97	22,10	17,48	10,49	1,03	1,17	2,86	0,70
15-45	1,63	19,01	16,77	13,27	6,53	0,82	1,26	2,45	0,72
45-75	–	–	–	–	–	0,66	1,03	2,07	0,49
75-105	–	–	–	–	–	–	–	–	–

<sup>(a)</sup> Caracterização mineralógica da fracção argilosa na página 178.

**Perfil E 189**

REGIÃO: Zona Interior Centro  
 UN. FISIOL.: Campo Albicastrense (8.1)  
 ZONA HOMOG.: Q2.g.s.r1  
 LOCAL: Orca, Fundação  
 CARTA E FOTO: 48E-3184  
 OBS.: BA, 02/07/2002

LITOLOGIA: granito (g)  
 CLIMA: terra quente continental (Qc)  
 ALTITUDE: 400 m  
 RELEVO: ondulado  
 TOPOGRAFIA: encosta, próximo do topo, 5%  
 USO DA TERRA: pouso, pinheiros e carvalhos dispersos

UNID. PEDOLÓGICA: **CM.lep.sk**  
 Cambissolo Epiléptico Esquelético  
*(Skeleti-Epileptic Cambisol)*

**Características Morfológicas**

- Ap** (0-25 cm) Pardo-escuro, 10YR 3/4 (h); franco-arenoso, com 35% de saibro e cascalho angulosos de feldspato, quartzo e rocha; granuloso, fino e médio, fraco, alguns poros finos e médios; brando, não a pouco adesivo; seco, algumas raízes finas e médias, transição nítida;
- Bw** (25-50 cm) Pardo a amarelo 10YR 4/5 (h); franco-arenoso, com 45% de cascalho e saibro angulosos de rocha, quartzo e feldspato; sem estrutura, poucos poros finos e médios; ligeiramente duro, pouco adesivo; seco, poucas raízes finas, transição abrupta;
- R** (50 cm) Rocha compacta.

**Dados Analíticos**

Profundidade (cm)	Granulometria ISSS (g kg <sup>-1</sup> )					Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	P extraível (µg g <sup>-1</sup> )	K extraível (µg g <sup>-1</sup> )
	> 2 mm	Areia grossa 2-0,2mm	Areia fina 0,2-0,02mm	Limo 0,02-0,002mm	Argila < 0,002mm						
0-25	38	473	259	193	75	29,3	17,0	1,26	13,5	89	84
25-50	30	501	236	156	108	3,6	2,1	0,30	7,0	33	102

Profundidade (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	Bases de Troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CTC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	GSB (%)	Acidez de troca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	CTCE (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
			Ca	Mg	K	Na					
0-25	4,9	3,9	0,40	0,08	0,14	0,04	14,46	4,6	1,24	-	1,90
25-50	5,0	3,8	0,18	0,04	0,18	0,03	10,43	4,1	1,75	-	2,18



**Anexo K**

**Aproveitamento Hidroagrícola da  
Cova da Beira**



# Aproveitamento Hidroagrícola da Cova da Beira

