



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Escola Superior Agrária

Pedro Filipe Pereira Lima

Estratégias de rega para um campo de Golfe

Estudo de caso: campo de golfe Axis Ponte de Lima

Nome do Curso de Mestrado
Gestão Ambiental e Ordenamento do Território

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Maria Isabel Valín Sanjiao

Setembro de 2012

As doutrinas expressas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor.

ÍNDICE

Agradecimentos	vii
Índice de Abreviaturas	viii
Índice de Quadros	xi
Índice de Figuras	xii
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Necessidades Hídricas dos Espaços Verdes	18
2.1.1 Evapotranspiração de referência (ET_0).....	18
2.1.2 Evapotranspiração de um espaço verde (ET_L).....	19
2.1.3 Coeficiente de espaço verde (K_L)	20
2.1.4 Coeficiente de vegetação (K_v)	20
2.1.5 Coeficiente de densidade de plantação (K_d)	21
2.1.6 Coeficiente de stress admitido (K_{sm})	22
2.1.7 Coeficiente microclimático (K_{mc}).....	23
2.1.8 Balanço hídrico do solo e necessidades hídricas das plantas	24
2.1.9 Hidrozonas.....	25
2.2 Componentes de um campo de golfe	26
2.2.1 Caracterização de um campo de golfe.....	26
2.2.2 Caracterização das relvas.....	27
2.2.3 Seleção do tipo de relva.....	29
2.2.4 Diferentes exigências das áreas relvadas de um campo de golfe	30
2.3 Eficiência geral do sistema de rega.....	32
2.3.1 Avaliação do sistema de rega: aspersão	32
2.3.2 Indicadores de desempenho.....	33
2.4 Estratégias de rega com stress.....	35
2.5 Caracterização das fontes alternativas de água – Fito-ETAR	37

3	METODOLOGIA.....	41
3.1	Avaliação do sistema de rega.....	41
3.2	Definição das hidrozonas.....	42
3.3	Identificação e caracterização do tipo de solo.....	42
3.4	O modelo WinISAREG para a simulação e calendarização da rega.....	43
3.4.1	Cálculo das necessidades de rega.....	45
3.4.2	Caracterização da cultura.....	46
3.4.3	Caracterização do Solo.....	47
3.4.4	Introdução dos ficheiros climáticos.....	49
3.4.5	Caracterização das opções de rega.....	50
3.5	Estratégias de rega.....	53
4	CASO DE ESTUDO: CAMPO DE GOLFE AXIS PONTE DE LIMA.....	55
4.1	Localização do campo de ensaio.....	55
4.2	Caracterização edafo-climática.....	56
4.3	Caraterização do relvado.....	57
4.4	Caracterização do sistema de rega.....	58
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
5.1	Avaliação do sistema de rega: indicadores desempenho.....	62
5.1.1	Disposição dos coletores.....	62
5.2	Análises de solo.....	65
5.3	Coefficiente de espaço verde (K _L).....	67
5.4	Necessidades de Rega.....	68
6	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA PARA REGA DO CAMPO DE GOLFE.	77
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	Anexos.....	87

RESUMO

Sendo cada vez mais a água recurso de maior valor, principalmente face à sua crescente escassez e dado que o clima mediterrâneo não garante na totalidade a satisfação das necessidades hídricas da vegetação, é necessário recorrer à rega para suprimir estas deficiências em água. Desta forma, a utilização deste recurso torna-se de grande importância na rega dos espaços verdes, nomeadamente a rega dos campos de golfe.

O projeto realizado tem como objetivo definir, simular e analisar diferentes estratégias de rega de um campo de golfe aplicado ao caso de estudo do campo Axis Golfe de Ponte de Lima, através de uma análise integrada dos aspetos técnicos e económicos.

Para tal, foram determinadas as necessidades hídricas da vegetação para as duas hidrozonas do campo de golfe, recorrendo ao modelo de simulação de balanço hídrico WinISAREG.

Esta aproximação permitiu por um lado determinar os consumos numa situação de satisfação total das necessidades de água e por outro estudar estratégias de rega deficitárias que visam a poupança de água mantendo a estética do relvado. Para tal, recorreu-se à avaliação da viabilidade da adoção de técnicas de rega deficitária visando a poupança do recurso. Os resultados obtidos permitiram não só a determinação da calendarização de rega a adotar, demonstrando a capacidade do modelo WinISAREG para apoio do gestor, como também analisar as poupanças de água obtidas como base para uma decisão economicamente ambiental.

Com o presente projeto, foram também estudadas fontes alternativas de água para a rega do campo de golfe, com maior ênfase no estudo da instalação de uma Fito-ETAR para tratamento das águas residuais para utilização posterior na rega.

Palavras-chave: *necessidades de água, WinISAREG, campo de golfe; fontes alternativas de água*

Abstract

As increasingly more valuable water resource, especially given its increasing scarcity and given that the Mediterranean climate ensures not fully meeting the water needs of the vegetation, it is necessary to resort to irrigation to suppress these shortcomings in water. Thus, the use of water becomes very important in irrigation of green spaces, notably the irrigation of golf courses.

The project undertaken aims to define, simulate and analyze different strategies for irrigation of a golf course applied to the case study of the field of Golf Axis Ponte de Lima, through an integrated analysis of the technical and economic aspects.

To this end, we determine the water requirements of vegetation for both hidrozonas golf course, using the simulation model of water balance WinISAREG.

This approach allowed firstly determine the intake in a situation of total satisfaction of the needs of water and other study strategies aimed at deficit irrigation water savings while maintaining the aesthetics of the turf. To this end, we resorted to assess the feasibility of adopting deficit irrigation techniques aimed at saving the resource. The results allowed not only the determination of the watering schedule to adopt, demonstrating the ability of the model to support WinISAREG manager, but also analyze the water savings achieved as a basis for environmental decision economically.

With this project, were also studied alternative sources of water for irrigation field golf, with greater emphasis on the study of installing a Phyto-treatment plant for treatment of waste water for later use in irrigation.

keywords: water needs, WinISAREG, golf course, alternative sources of water for irrigation

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração, apoio, incentivo e ajuda de determinadas pessoas às quais abaixo, individualmente agradecerei mas desde já o muito **Obrigado** a todos.

Como não podia deixar de ser, em primeiro lugar à minha orientadora, professora Doutora Isabel Valín que sem a sua ajuda e disponibilidade, prontos esclarecimentos, apoio incondicional, transmissão de conhecimentos, as suas críticas, opiniões e bibliografia disponibilizada não seria de certeza possível a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e ajudaram em todas as dificuldades, ao longo do curso assim como os meus sogros, cunhados e cunhadas.

A todos os colegas de curso, sempre com o companheirismo, amizade e disponibilidade por eles prestado ao longo do curso.

Não poderia deixar de lembrar também o Filipe Reis e o seu pai assim como os responsáveis do Campo de Golfe Axis Ponte de Lima pela sua sempre disponibilidade e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Em último, mas em nada menos importante, à minha Esposa pelo seu apoio incondicional, compreensão e força disponibilizados ao longo do trabalho realizado.

Índice de Abreviaturas

(ea - ed) - déficit da pressão de vapor medido a 2 m altura [kPa]

Ca – cálcio

CU – coeficiente de uniformidade

D - dotação bruta aplicada

D_{MAD} - dotação bruta aplicada quando o déficit de água iguala MAD

DP – percolação profunda

DU – uniformidade de distribuição

E – evaporação a partir do solo

e_a – eficiência de aplicação

ET – evapotranspiração

ET_c – evapotranspiração cultural

ET_L – evapotranspiração de um espaço verde

ET_0 – evapotranspiração de Referência

F13 – *fairway* 13

G – densidade do fluxo de calor do solo

G_c – contribuição da toalha freática

GW – fluxo acumulado de ascensão capilar no período Δt

I – dotação de rega

K_2O – potássio

K_c – coeficiente cultural

K_d – fator da densidade da vegetação

K_L – coeficiente de espaço verde

K_{mc} – coeficiente microclimático

K_{sm} – coeficiente de stress admitido

K_v – coeficiente da espécie da vegetação

K_y – coeficiente de resposta da cultura ao déficit hídrico

m – média das observações

MAD – déficit de água consentido

Mg – magnésio

MO – matéria orgânica

no – número de observações

n – o número total de tais pontos que são usados na interpolação

p – fração da água de solo esgotável sem provocar stress hídrico

P – precipitação

P_2O_5 – fósforo

PA - área do campo de golfe onde se encontram os buracos 10 a 18

PB – área do campo de golfe onde se encontram os buracos 1 a 9

PE – polietileno

PE_{LQ} – eficiência potencial do quartil mínimo

PVC – policloreto de Vinilo

Q_r – escoamento superficial nesse mesmo período

R_n – radiação líquida à superfície da cultura

T – média da temperatura do ar a 2 m de altura

tp – transpiração

U_2 – velocidade do vento a 2 metros de altura

z – valor interpolado para um ponto com um valor desconhecido observado

Z_{avg} – quantidade média infiltrada na parcela

ZE – zona de ensaio

Z_i – alturas de água ou caudais observados

Z_{iq} – quantidade média infiltrada no menor quartil de área regada

$Z_{lq,MAD}$ – quantidade média infiltrada no quartil mínimo da parcela quando iguala MAD

Z_r – profundidade radicular

$Z_{r,lq}$ – quantidade média adicionada ao armazenamento na zona radicular no quartil mínimo da parcela

γ – constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

Δ – declive da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) para a temperatura do ar

ΔS – variação do armazenamento de água no solo

ΔV – incremento de água incorporada nas plantas

θ_{FC} – conteúdo de água do solo à capacidade de campo

θ_{WP} – coeficiente de emurchecimento

Índice de Quadros

Quadro 2.1 – Valores de K_v de diferentes tipos de vegetação (adaptado de Allen <i>et al.</i> , 1998).....	21
Figura 2.1 – Esquema dos termos do balanço hídrico da zona de enraizamento (Fernando, 1998 citado por Pereira, 2004).	25
Quadro 2.2 – Exemplo de espécies de relva a utilizar (adaptado de Correia, 2009).....	28
Quadro 2.3 – Valores indicativos das eficiências de aplicação para os sistemas de rega bem projetados e mantidos (Pereira, 2004)	34
Quadro 3.1 - Dados climáticos necessários para modelo WinISAREG.....	49
Quadro 4.1 - Identificação das características dos aspersores do campo de golfe	59
Quadro 4.2 – Identificação da rega praticada no campo de golfe	60
Quadro 5.1 – Quadro resumo das características do solo nos <i>fairway</i> 3, 8, 12, 13 e 16 em cada zona definida no campo de golfe, zona PA (P.A.) e zona PB (P.B.)	65
Quadro 5.2 – Valor de K_L para cada hidrozona considerando a estratégia de rega total	67
Quadro 5.3 – Valor de K_L para cada hidrozona considerando a estratégia de rega deficitária	67
Quadro 5.4 – Quadro resumo com identificação dos resultados obtidos com a estratégia de rega total (RT).....	69
Quadro 5.5 – Quadro resumo dos resultados da análise de sensibilidade ao K_y para o ano seco e muito seco	71
Quadro 5.6 – Quadro resumo dos resultados obtidos com as estratégias de rega deficitária (RD).....	75
Quadro 5.8 – Determinação dos volumes anuais economizados de acordo com a estratégia de rega deficitária para o ano seco e muito seco	76

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Esquema dos termos do balanço hídrico da zona de enraizamento (Fernando, 1998 citado por Pereira, 2004).	25
Figura 2.2 – Representação esquemática dos componentes de um buraco de um campo de golfe (Ebert <i>et al</i> , 2009).....	26
Figura 2.3 – Representação dos componentes/etapas de uma Fito-ETAR (Câmara Municipal de Lisboa, 2005).....	39
Figura 3.1 – Identificação do local de realização do ensaio.....	41
Figura 3.2 – Esquema do modelo WinISAREG com indicação dos programas associados, dos dados utilizados dos procedimentos de cálculo e do tipo de resultados (Paredes <i>et al.</i> , 2010).....	43
Figura 3.3 – Menu do modelo WinISAREG	44
Figura 3.4 – Introdução dos dados da cultura.....	46
Figura 3.5 – Definição do K_c para a cultura da relva.	47
Figura 3.6 – Janela para guardar a informação definida.....	47
Figura 3.7 – Janela de introdução dos dados de solo.....	48
Figura 3.8 – Apresentação dos valores de água totalmente evaporável (TAW) e água facilmente evaporável (REW).	48
Figura 3.9 – Gráfico de apresentação dos resultados de ET_0	49
Figura 3.10 – Apresentação do gráfico relativo aos dados de precipitação.	50
Figura 3.11 – Janela com identificação da opção de criação do ficheiro das necessidades de rega para a estratégia de rega sem stress.....	50
Figura 3.12 – Janela com identificação da opção de criação do ficheiro das necessidades de rega para a estratégia de rega com stress.	51
Figura 3.13 – Janela com identificação da opção de quando regar na estratégia de rega com stress.	51
Figura 3.14 – Execução da simulação de rega.....	52
Figura 3.15 – Escolha do ano de simulação.	52
Figura 3.16 – Resultado final obtido após simulação para o ano de 1964.	52
Figura 4.1 – Localização do campo de golfe (Fonte: Google Maps).	55
Figura 4.2 – Identificação dos zonas do campo de golfe (Axis Golfe Ponte de Lima, 2011).	56
Figura 4.3 – Estação de bombagem do campo de golfe.	58

Figura 4.4 – Representação esquemática da disposição dos aspersores nos <i>green</i>	59
Figura 4.5 – Aspersores série “eagle 900/950” da Rain Bird (Catálogo Rain Bird, 2010)	59
Figura 4.6 - Aspersores série “eagle 700” da Rain Bird (Rain Bird, 2011)	60
Figura 5.1 – Representação esquemática e fotográfica da disposição dos coletores no local de ensaio.	62
Figura 5.2 – Alturas de água recolhidas durante a avaliação do <i>fairway</i> 16: a) primeiro; b) segundo, e c) terceiro ensaio.	64
Figura 5.3 – Profundidade das raízes do campo de golfe.	66
Figura 5.4 – Hidrozonas do campo de golfe: a) hidrozona I; b) hidrozona II.....	67
Figura 5.5 - Variação da humidade de água no solo com estratégia de rega total para o ano seco para a hidrozona I.	68
Figura 5.6 – Variação da humidade de água do solo com estratégia de rega deficitária – défice 20 % para a hidrozona I para o ano seco.	70
Figura 5.7 –Variação da humidade de água do solo com estratégia de rega deficitária – défice 40 % para a hidrozona I para o ano muito seco	70
Figura 5.8 – Volumes de rega mensais para o ano seco com estratégia de rega total	72
Figura 5.9 – Volumes de rega mensais para o ano muito seco com estratégia de rega total	72
Figura 5.10 – Volumes de rega mensais para o ano seco com estratégia de rega deficitária.	73
Figura 5.11 – Volumes de rega mensais para o ano muito seco com estratégia de rega deficitária.	74

1 INTRODUÇÃO

No contexto da nova cultura da água é necessário promover o controlo, a gestão e o uso eficiente da água (Pereira *et al.*, 2009). O uso adequado da água numa área verde é alcançado através: i) do cálculo das necessidades de água das espécies instaladas de acordo com a demanda evaporativa da região e da qualidade visual da espécie, ii) projetando sistemas de rega de forma a distribuir a água de forma eficiente e uniforme ao longo do campo, iii) realizando uma adequada programação da rega, e iv) calculando os indicadores de qualidade da rega (Associação de Irrigação, 2003 citado por Valín *et al.*, 2009).

O desenvolvimento do golfe em Portugal tem suscitado algumas questões e preocupações ligadas ao impacto ambiental da construção e manutenção de um campo de golfe. Se quanto à construção as principais razões apontadas têm como base a sensibilidade do local escolhido, já no que se refere à manutenção, é a quantidade de água utilizada que se assume como a principal preocupação ambiental.

A rega surge com a finalidade de fazer face a deficiências do clima de dada região, sendo não só função das necessidades em água das plantas, da precipitação e do poder evaporante da atmosfera, mas também das características físicas do solo, nomeadamente no que respeita à capacidade de armazenamento hídrico e à infiltração. Porém, a condução da rega é ditada igualmente pelo método de rega e pelos objetivos de produção e de controlo do impacto ambiental (Pereira, 2004).

Não são raros os casos em que as regas ocorrem por excesso (dando origem a escorrência superficial) ou por defeito (em casos extremos, provocando a ausência de vegetação). Este panorama deve ser alterado logo ao nível da conceção dos espaços verdes públicos quer na implementação de técnicas e práticas mais sustentáveis na sua manutenção e conservação, beneficiando assim o valor paisagístico dessas áreas (Pedras *et al.*, 2010).

O projeto de um campo de golfe procura cada vez mais alcançar um desenvolvimento. Para minimizar o impacto da água é necessário ter em conta o tipo de solos em que se irá desenvolver o projeto e culturas que o espaço irá conter de forma a adaptá-las às condições edafo-climáticas em que o projeto se insere.

O balanço de água no solo baseia-se na metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1977) e Allen *et al.* (1998). O modelo WinISAREG efetua o balanço hídrico ao nível da parcela (Fortes *et al.*, 2005). O balanço é efetuado num prisma do solo de área unitária e

altura correspondente à profundidade radicular. O impacto do stress hídrico no rendimento da cultura é avaliado pelo modelo proposto por Stewart *et al.* (1997) no qual as perdas relativas de rendimento dependem do défice de evapotranspiração relacionando-se com este pelo fator de reposta da cultura ao défice hídrico K_y (Henriques, 2009).

A hidrologia apresenta um conceito – o ciclo hidrológico – e uma equação – o balanço hídrico – hoje considerados fundamentais ao processo de tomada de decisão política em matéria de planeamento e gestão dos recursos hídricos (Veiga da Cunha *et al.*, 1980 citado por Pato, 2007).

O objetivo principal do presente trabalho é a determinação das necessidades de rega dum campo de golfe utilizando diferentes estratégias de rega, de forma a contribuir para o uso eficiente da água no campo de golfe. O presente trabalho, visa ainda, a apresentação de soluções integradas de fontes alternativas de água para a rega do campo de golfe.

Este tema surge da necessidade urgente e atual da utilização racional dos recursos naturais, nomeadamente solo, água e vegetação. Pretende-se que haja um equilíbrio quer a nível económico quer a nível ambiental que permita a gestão sustentável destes recursos. A água será o recurso com maior relevância no desenvolvimento do projeto em causa, uma vez que os impactos gerados pela falta ou excesso da mesma são muito significativos para os outros dois recursos: solo e vegetação.

O interesse técnico e científico do presente projeto reside ainda no potencial que o mesmo apresenta no âmbito da valorização do território e pela necessidade de articulação de um conjunto diversificado de áreas de conhecimento (e.g. Planeamento e Gestão dos Recursos Hídricos, Gestão dos Recursos Naturais, Sistemas de Informação Geográfica, Desenvolvimento e Ordenamento do Território, entre outros) apresentando-se como um desafio e uma oportunidade de aplicação dos diversos temas, conceitos e metodologias adquiridas ao longo do curso de Mestrado.

Neste âmbito, o presente projeto pretende contribuir com uma metodologia que permita às entidades gestoras:

- Valorizar o conceito “uso eficiente de água” adequando às diversas necessidades de um campo de golfe;
- Desenvolver condições de sustentabilidade entre os *stakeholders* do campo de golfe e os valores naturais aí presentes;

- Encontrar fontes alternativas de água que permita diminuir a pressão dos recursos naturais aí existentes.

O uso de água para fins desportivos e de lazer está crescendo rapidamente em muitos países. Os exemplos mais visíveis deste uso são os campos de golfe, que necessitam de grandes volumes de água de irrigação para manter a relva “ideal” para o jogo, principalmente nos *tees* e *greens*. Em locais com carência de água os campos de golfe têm que competir pelos recursos hídricos com o aumento da utilização doméstica e os usos existentes, que são predominantemente agrícolas (Rodríguez-Díaz *et al.*, 2007).

O presente trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos:

- No segundo capítulo é realizada a revisão bibliográfica, onde se efetua a análise e resumo de todo o conhecimento atual acerca da gestão dos campos de golfe com principal ênfase para a gestão dos recursos hídricos;
- Ao longo do terceiro capítulo é exposta a apresentação e identificação do caso de estudo com caracterização do espaço no que respeita à localização do campo de golfe; às condições edafo-climáticas, tipo de vegetação e sistema de rega;
- No quarto capítulo procede-se à identificação, recolha e organização da informação necessária para a elaboração do projeto. Caracteriza-se a metodologia para avaliação das necessidades hídricas do campo de golfe. A metodologia encontra-se dividida em duas componentes principais: a primeira com identificação e caracterização dos dados de entrada do WinISAREG e a segunda com definição das estratégias de rega a adotar.
- No quinto capítulo, realiza-se a caracterização e diagnóstico da área de estudo e apresentam-se e analisam-se os resultados do projeto. Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com as estratégias de rega definidas tendo como base a economização da água – através da estratégia de rega deficitária em comparação com a estratégia de rega total, ou seja, relvado em situação de conforto hídrico (sem qualquer stress). São também abordados e refletidos os volumes de rega necessários para o relvado em particular para o ano seco e muito seco de acordo com as estratégias de rega.
- Ao longo do sexto capítulo são apresentadas as fontes alternativas de água para a gestão do campo de golfe com desenvolvimento de uma em particular: tratamento

e reutilização das águas residuais provenientes das habitações próximas do campo de golfe através da instalação de uma Fito-ETAR;

- Por último, no capítulo sétimo é apresentado um balanço final do trabalho com identificação das dificuldades sentidas, da formulação dos juízos críticos sobre os objetivos concretizados e perspetivas futuras em termos de continuação do trabalho desenvolvido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O setor do golfe é um concorrente relativamente novo para os escassos recursos de água doce em muitos países. Para a rega dos campos de golfe torna-se cada vez mais necessário implementar melhores programas/práticas de gestão que promovam o uso eficiente da água. Para um maior controlo dos processos, são realizadas auditorias para diagnosticar o desempenho atual do campo de golfe (Rodríguez-Díaz *et al.*, 2011).

Regista-se um aumento acentuado do número de praticantes nacionais e uma maior oferta de campos de golfe- Portugal triplicou nos últimos 15 anos a oferta, possuindo atualmente 76 campos de golfe em atividade. Associado ao turismo, o golfe em Portugal transformou-se numa indústria com um potencial de desenvolvimento muito elevado; Segundo dados de 2006, o golfe era responsável pela entrada de cerca de 275.000 jogadores estrangeiros por ano, que jogavam cerca de 1,4 milhões de voltas e geravam uma receita direta superior a 300 milhões de euros, uma receita global estimada em 1,8 mil milhões de euros e um milhão de dormidas (Turismo de Portugal, 2007).

Vários estudos indicam a necessidade de melhorar as práticas de gestão da rega, definindo estratégias de poupança de água para aumentar o uso eficiente da água e assim contribuir para a redução dos impactos ambientais (Allen *et al.*, 2007; Rolim e Teixeira, 2008; Pereira *et al.*, 2012)

2.1 Necessidades Hídricas dos Espaços Verdes

2.1.1 Evapotranspiração de referência (ET_0)

A evapotranspiração é a combinação de dois processos, a evaporação e a transpiração, em que no primeiro caso a água é convertida em vapor de água e removida a partir da superfície de evaporação e no segundo caso consiste na vaporização de água no estado líquido contidos em tecidos de plantas e da remoção de vapor para a atmosfera (Allen *et al.*, 1998). A evapotranspiração (ET) é a soma da transpiração das plantas com a evaporação do solo.

Para o cálculo da evapotranspiração de uma cultura (Equação 1) é necessário calcular a evapotranspiração de referência (ET_0) é o coeficiente cultural (K_c) de forma a estimar-se a evapotranspiração cultural.

$$ET_c = K_c ET_0 \quad (1)$$

A evapotranspiração de referência (ET_0) é definida por Allen *et al.*, 1998 como a taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência hipotética, para a qual se assume uma altura de 0,12 m, uma resistência de superfície constante de 70 s/m e um albedo de 0,23. A ET_0 é calculada através da Equação Penman-Monteith - FAO_PM (Equação 2):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (2)$$

Onde:

R_n - radiação líquida à superfície da cultura [$MJ m^{-2} d^{-1}$]

G - densidade do fluxo de calor do solo [$MJ m^{-2} d^{-1}$]

T - média da temperatura do ar a 2 m de altura [$^{\circ}C$]

U_2 - velocidade do vento a 2 m altura [$m s^{-1}$]

$(e_a - e_d)$ - déficit da pressão de vapor medido a 2 m altura [kPa]

Δ - declive da curva de pressão de vapor ($kPa \ ^{\circ}C^{-1}$) para a temperatura do ar T

γ - constante psicrométrica ($kPa \ ^{\circ}C^{-1}$)

A ET_0 estabelece um patamar de referência através do qual se compara a evapotranspiração em diferentes períodos do ano e/ou em diferentes regiões e se relaciona a evapotranspiração de outra cultura. A equação utiliza diversos dados climáticos, nomeadamente de radiação solar, temperatura do ar, humidade e velocidade do vento. De forma a assegurar a precisão do cálculo os dados de clima devem ser medidos ou convertidos a 2 metros de altura, sobre uma superfície relvada extensa, cobrindo totalmente o solo e sem limitações de água (Allen *et al.*, 1998).

2.1.2 Evapotranspiração de um espaço verde (ET_L)

A evapotranspiração de um espaço verde, ET_L , aplica-se às zonas residenciais e urbanas. O método de cálculo da ET_L é similar ao cálculo da ET das culturas agrícolas com duas diferenças: i) os sistemas de espaços verdes são geralmente compostos por uma mistura de espécies de vegetação, dificultando a estimativa da sua evapotranspiração; e ii) o objetivo da rega dos espaços verdes é a qualidade visual do espaço promoção da aparência em detrimento da produção da biomassa. Assim, a ET real dos espaços verdes poderá

incluir um fator stress intencional no valor de base de ET_c . Este ajuste contribuirá para uma conservação de água significativa. O principal objetivo é a manutenção da aparência das plantas com uma rega mínima (Allen *et al.*, 2007).

A ET_L ($mm\ d^{-1}$) é calculada segundo Allen *et al.* (2007) pela Equação 3:

$$ET_L = K_L ET_0 \quad (3)$$

onde K_L é o coeficiente de paisagem (adimensional), definido na Equação 4 (Snyder e Eching, 2004, 2005):

$$K_L = K_v K_d K_{mc} K_{sm} \quad (4)$$

onde K_v é o fator da espécie da vegetação, K_d é fator da densidade da vegetação, K_{mc} é o fator microclimático, e K_{sm} é o fator de stress admitido, todos adimensionais. O K_v pode ser considerado como sendo a razão entre a ET_L e ET_0 para uma única espécie ou uma mistura de espécies vegetais sob uma total, ou quase, cobertura do solo e total abastecimento de água no solo. Os fatores K_d , K_{mc} e K_{sm} modificam o K_v em condições de cobertura efetiva do solo não total, de impacto de ensombramento ou exposição às fontes de reflexão e advecção, e de stress hídrico intencional. Cada um destes factos pode ser estimado em separado, tendo por base a observação visual do espaço verde (K_d e K_{mc}) e baseado na observação visual e experiência do gestor (K_{sm}) (Allen *et al.*, 2007).

2.1.3 Coeficiente de espaço verde (K_L)

O coeficiente cultural (K_c) utilizado para o cálculo das necessidades de água das culturas não representa exatamente as condições de uso da água dos espaços verdes. Tendo em conta tal situação, foi criado o coeficiente de espaços verdes (K_L) que o modifica e adapta a estes cobertos vegetais. Após a estimativa de cada um dos fatores individuais para o cálculo do K_L , este é estimado utilizando a Equação 4 e representa uma estimativa relativamente precisa e reproduzível da ET dos espaços verdes (Allen *et al.*, 2007).

2.1.4 Coeficiente de vegetação (K_v)

O valor de K_v para a vegetação de um espaço verde representa a razão entre a ET_L e a ET_0 para uma cobertura do solo total, ou quase, e total abastecimento de água no solo e é utilizado para estimar a taxa máxima, potencial da razão de K_L da vegetação em condições ideais. De acordo com Allen *et al.* 2007, K_v é a fração de ET_0 quando a folhagem se aproxima da densidade máxima ($K_d = 1$) e quando a disponibilidade de água não apresenta

restrições ($K_{sm} = 1$). São diversos os tipos de vegetação que apresentam valores semelhantes de K_v devido aos seus índices de área foliar e resposta estomática. A ET_0 tem sido utilizada para estimar a ET dos espaços verdes, alterando o limite máximo de K_v para valores superiores a 1.0 para uma vegetação alta e folhosa.

O coeficiente de vegetação é considerado para ter em conta as diferenças entre as várias espécies no que respeita às necessidades de água. Há espécies que necessitam de maior quantidade de água para manter uma aparência saudável e sem stress hídrico (ex. cerejeiras, amieiros, hortências, rododendro) enquanto outras são mais resistentes à secura e necessitam de menos água (ex. oliveira, loendro, zimbros, entre outros). Para as primeiras utiliza-se um coeficiente de vegetação elevado enquanto para as últimas um coeficiente baixo (Quadro 2.1) (Allen *et al.*, 1998).

Quadro 2.1 – Valores de K_v de diferentes tipos de vegetação (adaptado de Allen *et al.*, 1998)

Tipo de vegetação	K_v
Anuais (flores)	0,90
Arbustos de clima desértico	0,70
Árvores	1,15
Herbáceas com cobertura completa do solo	1,00
Relvado de estação fria (C3)	0,90
Relvado de estação quente (C4)	0,90
Restantes espécies de arbustos	0,80

2.1.5 Coeficiente de densidade de plantação (K_d)

A densidade da vegetação refere-se à área foliar de todas as plantas da unidade de área do espaço verde. A densidade de vegetação dos espaços verdes pode variar, principalmente devido às variações no compasso de plantação e do seu desenvolvimento vegetativo. Uma vegetação mais densa tem um valor de K_d mais elevado que se traduzirá em maior transpiração e conseqüentemente necessitará de mais água. No caso de espaços verdes mais jovens e com maior espaçamento de plantas apresentam um área foliar total inferior por unidade de área do que espaços verdes mais maduros, sendo-lhes atribuído

um valor de K_d mais baixo. Frequentemente, os espaços verdes contêm dois ou três patamares de vegetação, incluindo herbáceas, arbustos ou árvores. Patamares sobrepostos são capazes de maiores trocas radiativas e tendem a aumentar a ET (Allen *et al.*, 2007).

O coeficiente de densidade de plantação é utilizado para considerar as diferenças de densidade de plantação e de folhagem que pode existir num espaço verde. Uma maior densidade de plantação (maior número de plantas por unidade de área) e maior área foliar conduzem a uma maior perda de água por transpiração e logo uma maior evapotranspiração. Os valores mais elevados do coeficiente devem ser utilizados nessas situações enquanto os valores mais baixos do coeficiente devem ser utilizados em zonas com plantas dispersas e com pouca folhagem (Ribeiro, 2010).

Este coeficiente varia entre os valores 0,5 e 1,3 e divide-se em 3 categorias (adaptado de Costello *et al.*, 2000):

- Baixo – 0,5 a 0,9;
- Médio – 1,0;
- Alto – 1,1 a 1,3.

2.1.6 Coeficiente de stress admitido (K_{sm})

Como referido anteriormente, o principal objetivo da rega dos espaços verdes é a manutenção da aparência visual e não a produção de biomassa, como acontece na agricultura.

Atendendo a que nos espaços verdes a rega não visa a produção máxima, o valor da ET_L poderá estar com um valor de stress hídrico intencional de forma a efetuar menores dotações de rega. Esta gestão terá de ser obtida, tendo por base o ajustamento do calendário de rega, de forma a aplicar menos água do que a potencialmente transpirada pela cultura (Allen *et al.*, 2007). De referir, que estudos de poupança de água na rega tem demonstrado que poupanças de água na ordem dos 30 % para relvas de estação fria e 40% para relvas de estação quente podem ser atingidos sem perdas significativas de qualidade (Pittenger and Shaw, 2001 citado por Allen *et al.*, 2007).

Os efeitos do stress hídrico sobre o valor da ET das culturas refletem-se através da redução do valor do coeficiente da cultura. Tal, é conseguido através da multiplicação do valor do coeficiente do espaço verde pelo coeficiente de stress hídrico como apresentado na Equação 5 (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_{c \text{ ajustada}} = K_{sm}K_cET_0 \quad (5)$$

Wang *et al.* (2005) estudou um novo método para avaliação do índice de stress hídrico da cultura (CWSI) que pode ser obtido através da medição da água ou do solo ou do estado da planta. Este método apresenta vantagens como a resistência aerodinâmica não ser tida em conta, outra vantagem é que a temperatura da folha, a temperatura da cobertura do solo, a temperatura do ar, o vapor do ar e a radiação solar que são parâmetros incluídos neste método não são difíceis de avaliar. A terceira vantagem deste método é que é facilmente aplicável na deteção remota porque a temperatura da superfície pode ser facilmente medida. As conclusões obtidas permitem aferir a redução de variáveis para determinação da CWSI o que possibilita a determinação do stress da cultura de forma mais célere.

2.1.7 Coeficiente microclimático (K_{mc})

Estruturas e áreas pavimentadas típicas dos espaços verdes urbanos têm um efeito pronunciado no balanço de energia local e na ET das áreas verdes adjacentes devido à transferência de energia adicional à evaporação. As condições ambientais do espaço verde podem variar significativamente ao longo do espaço, por exemplo, áreas a sul de um edifício vs. a norte de um edifício. O fator microclimático, K_{mc} , considera os impactos do sol, sombra, áreas protegidas, áreas quentes ou frias, radiação emitida ou refletida a partir das estruturas, vento, e transferência de energia a partir de baixa evapotranspiração de áreas circundantes. Zonas verdes adjacentes a pavimentos podem ter uma evapotranspiração 50% maior do que espaços verdes semelhantes presentes em locais de características semelhantes devido às transferências de energia. Por outro lado, plantas em áreas ensombradas podem ter taxas de evapotranspiração de cerca 50% mais baixas do que em espaços abertos (Allen *et al.*, 2007).

Este fator varia entre os valores 0,5 e 1,4 e divide-se em 3 categorias (adaptado de Costello *et al.*, 2000):

- Baixo – 0,5 a 0,9;
- Médio – 1,0;
- Alto – 1,1 a 1,4.

2.1.8 Balanço hídrico do solo e necessidades hídricas das plantas

Para a zona de enraizamento, a equação geral do balanço hídrico para um intervalo de tempo Δt (dias) para uma camada de solo de espessura Δz (m) é dada pela Equação 6:

$$(\Delta S + \Delta V) = (P + I + GW) - (Q_r + DP + E + tp) \quad (6)$$

Onde:

ΔS – Variação do armazenamento de água no solo;

ΔV – incremento de água incorporada nas plantas;

P – precipitação;

I – dotação de rega;

GW – fluxo acumulado de ascensão capilar no período Δt ;

Q_r – escoamento superficial nesse mesmo período;

DP – fluxo acumulado de drenagem profunda ou percolação;

E – evaporação a partir do solo;

tp – transpiração.

A Equação 6 aplica-se integralmente entre a superfície do solo e uma profundidade z_r abaixo da zona de enraizamento (Figura 2.1), para qualquer intervalo de tempo Δt . Todas as variáveis a que se refere a equação supramencionada são expressas em volume por unidade de área [L^3 / L^2], sendo usual exprimi-las em mm (acumulados para o intervalo Δt) (Pereira, 2004).

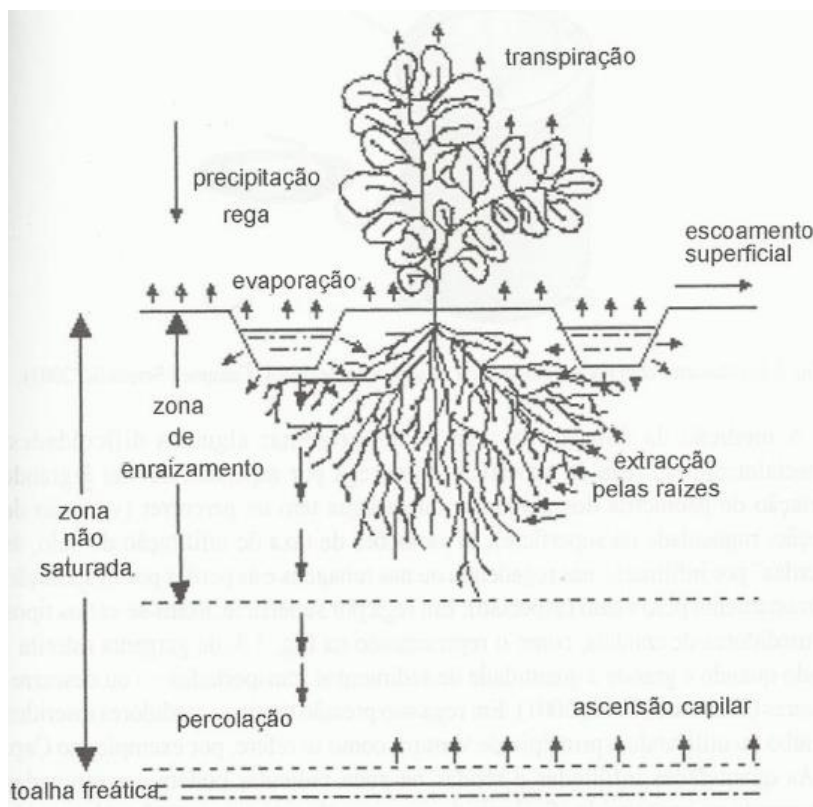


Figura 2.1 – Esquema dos termos do balanço hídrico da zona de enraizamento (Fernando, 1998 citado por Pereira, 2004).

2.1.9 Hidrozonas

Com o objetivo de tornar eficiente o uso da água de rega num espaço verde, o espaço deverá ser dividido em hidrozonas no momento da sua elaboração. Uma hidrozona é definida como a aglomeração de espécies de vegetação com necessidades hídricas e densidades semelhantes, sujeitas às mesmas situações climáticas e de gestão. Num espaço verde podem-se encontrar quatro tipos de hidrozonas (Sanchez, 2009, citado por Henriques, 2009):

- i Hidrozona principal: representa a área de maior atividade humana e interação com o espaço verde. Numa moradia é a zona privilegiada junto à habitação dando uma maior sensação de frescura;
- ii Hidrozona secundária: zonas funcionalmente mais passivas, utilizadas para delimitar espaços e desenhos;

- iii Hidrozona mínima: corresponde às plantas que requerem uma quantidade mínima de água para sobreviver às condições climáticas. Estas zonas têm geralmente um contacto muito escasso com as pessoas;
- iv Hidrozona elementar: inclui plantações capazes de sobreviver em ambientes de precipitação natural, não necessitando de rega complementar. São áreas de plantas autóctones e zonas de *mulching*, e raramente entram em interação com as pessoas.

2.2 Componentes de um campo de golfe

2.2.1 Caracterização de um campo de golfe

Um campo de golfe é constituído por vários elementos característicos (Figura 2.2) construídos e realizados de forma a possibilitar que os vários intervenientes desfrutem ao máximo aquando da realização do jogo. Assim, pretende-se proporcionar ótimas condições de jogo com baixos custos ambientais (implicitamente menos custos económicos) e de forma a assegurar uma boa integração na paisagem que rodeia o campo de golfe.



Figura 2.2 – Representação esquemática dos componentes de um buraco de um campo de golfe (Ebert *et al*, 2009).

Um campo de golfe completo é constituído por 18 buracos, localizados sequencialmente. Cada buraco é geralmente constituído pelos *greens*, *collars*, *approaches*, *surrounds*, *tees*, *fairways*, *bunkers* e *roughs* (Ebert *et al*, 2009):

- *Green*: superfície com uma relva mais fina e cortada muito rente, onde se encontra o buraco, assinalado por uma bandeira. A área de um *green* varia geralmente entre os 300 e os 700 m²;
- *Collars*: é a faixa que envolve o *green*, cortada a uma altura intermédia entre o *fairway* e o *green*;
- *Approaches*: é a área que antecede o *green*, situa-se entre o *fairway* e o *green*;
- *Surrounds*: É a área circundante ao *colar*;
- *Tees*: zona de “partida”, com uma área de cerca de 100 m², perfeitamente plana e relvada. Existem geralmente 4: o primeiro e mais distante para profissionais; o 2º para senhores; o 3º para senhoras que jogam bem; e o 4º para senhoras;
- *Fairway*: “percurso” com cerca de 30 a 50 m de largura, relvado e cortado a cerca de 15 mm de altura;
- *Bunkers*: são obstáculos que podem estar dispostos ao longo do buraco e à volta do *green*. Podem ser charcos, lagos, ribeiros ou obstáculos de areia;
- *Roughs*: constituem a envolvente a cada buraco, pode considerar-se que o resto da paisagem participa do jogo, já que é a envolvente de todos os buracos. Deve ser regularmente conservada e limpa, sendo composta por bosques, matos, árvores isoladas, rochas, prado, entre outros.

2.2.2 Caracterização das relvas

Com o objetivo de: i) avaliar os efeitos dos níveis de irrigação sobre o crescimento e a produção de forragem de oito gramíneas de estação fria comumente recomendados para pastagens no Planalto do Colorado e ii) formular funções de produção das culturas para cada cultivar para ajudar os produtores a selecionar gramíneas apropriadas com base na disponibilidade hídrica para a cultura. Durante um estudo de três anos sobre o Planalto do Colorado, foi utilizado um sistema de rega para avaliar a relação entre a água aplicada e produção de forragem seca de diferentes espécies (e.g. *Dactylis glomerata* L.), *Festuca arundinacea* Schreb, *Bromus riparius* Rehmman entre outras) (Smeal *et al.*, 2005).

Os autores concluíram que nas diferentes cultivares de gramíneas de estação fria as produções foram diferentes consoante a disponibilidade de água. Deverá assim ter-se em conta aquando da escolha da cultivar, as disponibilidades hídricas existentes de forma a adaptar a cultura ao meio.

As áreas mais exigentes para o jogo são os *greens*. Usam-se normalmente nestas áreas relvas de Inverno. Uma das espécies mais usadas em Portugal é a *Agrostis stolonifera*, sendo muito comum a variedade *Penn A4*. Estas relvas possibilitam as melhores condições de jogo, embora com o calor de Verão sofrem um pouco. Contudo, são uma espécie exigente nas necessidades de rega (Correia, 2009).

O segundo tipo de áreas são os *tees* e as pistas. As relvas aqui usadas são bastante mais resistentes e tolerantes a restrições hídricas e a águas de menor qualidade. Normalmente, nas condições nacionais e especialmente no Sul, usam-se variedades de bermuda (*Cynodon dactylon*). É comum a variedade *Tifton 419*.

A terceira área são os *roughs*. Estes são de menor importância para o jogo e podem até ser deixados secar parcialmente durante o Verão. São normalmente semeados com uma mistura de festucas, escolhidas de modo a se adequarem aos solos presentes no local. No Quadro 2.2 estão exemplificados os vários exemplos de relvas que se utilizam para cada área do campo de golfe.

Quadro 2.2 – Exemplo de espécies de relva a utilizar (adaptado de Correia, 2009)

Área	Espécie de relva
Greens	<i>Agrostis stolonifera</i>
Tees	<i>Cynodon dactylon</i>
Fairways	<i>Cynodon dactylon</i>
Rough	Festucas a determinar

Considerando, o traçado da isotérmica de 5 °C para definir a diferenciação dos relvados e ainda a linha dos andares bioclimáticos que representam os limites entre formações vegetais diferentes, poderemos apresentar quatro grupos de localidades no que respeita à tolerância para os relvados (Silva *et al.*, 2009):

- Estações com temperatura média mínima do mês mais frio inferior a 5 °C em andares bioclimáticos, sub-húmido e húmido: GRUPO I - Bragança, Guarda, Régua, Miranda do Douro e Viseu - Relvas *cool-season*;
- Estações com temperatura média mínima do mês mais frio maior que 5 °C em andares bioclimáticos semiárido e sub-húmido: GRUPO II - Évora, Faro, Lisboa, Vila do Bispo e Vila Real de Sto. António - Relvas *warm-season*;

- Estações pertencentes ao andar bioclimático pré-atlântico e húmido com temperatura média mínima do mês mais frio inferior a 5 ° C: GRUPO III Alcobaça, Coimbra, S. Jacinto (Aveiro) e Viana do Castelo - Relvas *cool-season*;
- Estações pertencentes ao andar bioclimático semiárido e sub-húmido com temperatura média mínima do mês mais frio igual ou inferior a 5 ° C: GRUPO IV – Alcácer do Sal, Beja, Mértola, Santarém, Setúbal - Relvas *warm-season*.

Dada a localização do campo de golfe as relvas a utilizar deverão ser do tipo *cool-season*. Contudo, as relvas que apresentam maior eficiência do uso de água, maior capacidade de resistência ao défice hídrico e à acumulação de sais são as *warm-season*.

2.2.3 Seleção do tipo de relva

A seleção do tipo de relva é um fator fundamental que contribuirá para a diminuição da rega nos campos de golfe. A escolha da relva que melhor se adapte ao clima onde se insere o campo de golfe é certamente dos passos mais importantes na projeção do mesmo uma vez que a redução do consumo de água trará impactes significativos no consumo de água e respetiva faturação.

Birkenholtz e Robbins (2003) investigaram um dos componentes mais pouco estudados da expansão urbana, a expansão de monoculturas de relva e seus regimes de gestão química de alta-entrada concomitante. Do trabalho resultou a introdução de um método para estimar crescimento e cobertura de relva, criação de modelos e explica a expansão dos relvados usando o caso de Franklin County, OH. Os resultados obtidos permitem concluir que os relvados ocupam uma parte significativa da ocupação total do solo ($\pm 23\%$) e que continuam a crescer com uma proporção relativa de tamanho de lote. São discutidas também as implicações da presente cobertura em termos de alterações líquidas em insumos químicos tóxicos e as implicações políticas da ecologia suburbana.

Perante a tipologia de clima, mesmo que se escolham relvas de estações frias (devido à média de temperatura mínima ser baixa (5,3°C) estas devem ser resistentes à seca, nomeadamente espécies *creeping bent grass* (*Agrostis palustris*) e *pure ryegrass* (*Lolium perenne*). Contudo, estas espécies se utilizadas nos *fairways* exigem demasiada água e apresentam baixa resistência se não forem bem regadas. Assim, estas relvas deverão ser utilizadas em espaços com maior rigor de rega, nomeadamente os *greens* (Ebert, 2009).

Dada a caracterização da tolerância dos relvados (apresentada no capítulo anterior) entre as espécies de relvas *cool-season* mais utilizadas a nível mundial, encontram-se (Silva *et al.*, 2009):

- *Agrostis ssp*, como a *A. palustris* e *A. stolonifera*, geralmente conhecidas por *creeping bentgrasses*;
- *Festuca ssp*, particularmente da espécie *Festuca arundinacea*, a chamada *tall fescue*;
- *Lolium ssp*, como o *Lolium perenne* e o *Lolium multiflorum*, vulgarmente designadas por *ryegrasses*.

As espécies utilizadas em Portugal também vão de encontro às indicadas anteriormente. Contudo, surgem ainda espécies de *Poa*, nomeadamente a *Poa trivialis*, uma *bluegrass* que possui a particularidade de se desenvolver preferencialmente em zonas de sombra (Silva *et al.*, 2009).

Um aspeto que se considera de real importância é a alteração de paradigma dos golfistas, isto é, pelo facto de um campo de golfe não apresentar um relvado totalmente verde (considerado o símbolo do golfe) não quer dizer que não esteja em boas condições. É um desafio que se coloca na atualidade de forma a alterar e contribuir para uma visão mais integrada e realista por parte dos golfistas do meio envolvente que os rodeia de forma a que haja uma maior informação e formação por parte dos mesmos no que respeita aos problemas ambientais, sociais e económicos que podem daí advir.

A escolha adequada do tipo de relva a utilizar num determinado campo de golfe, apresenta como principais vantagens (Ebert, 2009):

- Redução do volume de rega;
- Maior resistência/tolerância à secura;
- Redução dos fertilizantes e/ou adubos e produtos fitofarmacêuticos a utilizar;
- Maior “firmeza” do campo de golfe.

2.2.4 Diferentes exigências das áreas relvadas de um campo de golfe

A gestão de rega de um campo de golfe é essencial. Carrow (2005) coloca a pergunta: *Podemos manter a relva para a satisfação dos “clientes” com menos água?* O autor sugere a reflexão nos seguintes pontos:

- a quantidade de água pode ser reduzida nos campos de golfe;

- a afetação da qualidade da relva poderia diminuir o seu valor para o cliente;
- as questões da conservação da água como um "benefício" devem ser abordadas no contexto de outras mudanças (ambiental, económico, recreativo, etc) que podem ser “custos” para os clientes.

Em períodos de escassez de água, o público em geral, políticos e as agências de reguladoras de água podem concentrar-se em medidas imediatas que salvaguardem as potenciais consequências a curto ou longo prazo de tudo o que pode ser afetado. No entanto, se as medidas de conservação de água são graves o suficiente para comprometer o uso recreativo da relva, o impacto económico, os benefícios ambientais e/ou funcionais ou estética, esta mais que esclarecido que o “cliente” direto pode ser adversamente afetados (Beard e Green, 1994; Gibeault, 2002; Cathy, 2003; citado por Carrow, 2005).

O campo de golfe apresenta diversas áreas/zonas que pelas suas características apresentam necessidades de rega distintas. Assim, as diferentes necessidades de rega diferenciam-se nas seguintes zonas (Silva *et al.*, 2009):

- *Greens*;
- *Fairways*;
- *Tees*;
- *Roughs*;
- *Out-of-play grounds*;
- *Clubhouse grounds*.

Das zonas apresentadas, as três primeiras apresentam maior importância uma vez que o jogo se desenrola maioritariamente nestas zonas.

O prestígio de um campo é largamente determinado pela qualidade dos seus *greens*. Nesta zona, as exigências dos relvados são máximas, pretendendo-se uma grande homogeneidade da superfície da relva, para garantir trajetórias previsíveis e elevada rapidez (Silva *et al.*, 2009).

Os *fairways* constituem uma zona menos crítica para o jogo do que os *greens*. No entanto constituem a maior área relvada do campo. Uma vez que as condições de contato da bola com a relva são menos importantes, a avaliação dos *fairways* é realizada através de outros fatores, nomeadamente estéticos e ambientais. Face à área total, os *fairways* são mais críticos no que respeita aos custos totais de manutenção (Silva *et al.*, 2009).

De forma a avaliar as implicações do uso da água na relva, McCoy e McCoy (2008) estudaram um modelo de simulação do fluxo de água utilizando os *greens* para monitorização. Ao longo de duas estações de crescimento foram recolhidos os dados de precipitação, irrigação, drenagem, volume e conteúdo de água no solo e foi calculado a ET da cultura. O estudo permitiu concluir que mesmo estando a raiz da relva muito perto da superfície, a água em profundidade dentro da zona da raiz ainda estava acessível pela planta. O mecanismo que permitia esta possibilidade era o facto de durante a noite ocorrer uma taxa suficiente de fluxo de água no sentido ascendente. No entanto, em locais mais inclinados, poderá ocorrer a perda localizada de água antes da migração da mesma para camadas superiores e consequente absorção pelas plantas (Prettyman e McCoy, 2003; Frank *et al.*, 2005).

São diversas as aplicações que o modelo WinISAREG possui relativamente a um sistema cultura-solo-clima (Pereira *et al.*, 2003; Cholpankulov *et al.*, 2008 citados por Henriques, 2009), nomeadamente:

- a programação da rega em condições de conforto hídrico, visando atingir a produção máxima;
- a avaliação de calendários de rega em que são conhecidas as dotações e as datas, caso que serve para a validação do modelo recorrendo a observações do campo da água do solo;
- a realização do balanço hídrico em condições de sequeiro (sem rega);
- o cálculo das necessidades de rega das culturas, recorrendo, nomeadamente, a longas séries de dados.

2.3 Eficiência geral do sistema de rega

2.3.1 Avaliação do sistema de rega: aspersão

A avaliação de sistemas de rega em funcionamento pode desempenhar um papel importante para melhorar os desempenhos dos sistemas e criar informação para extensionistas, projetistas e fornecedores de equipamento. A análise dos indicadores de desempenho tem vindo a ganhar importância ao longo dos anos. Procura-se atualmente uma relação entre os desempenhos técnicos dos sistemas de rega e os resultados económicos que estes produzem, ou seja procura-se encontrar meios expeditos para dar significado económico suficientemente preciso a tais indicadores. Existem ainda muitas

limitações, contudo pode afirmar-se que o desempenho da rega na parcela pode ser avaliado através de vários indicadores relativos a uniformidade de distribuição e eficiência de aplicação, fatores estes provados na prática (Pereira, 2004).

2.3.2 Indicadores de desempenho

Para Pereira, 2004, baixas eficiências indicam que parte da água aplicada não é utilizada para a produção, que pode ser de facto perdida se adicionada a lençóis freáticos ou águas superficiais degradadas. Cada vez mais se procura a máxima eficiência do sistema de rega de forma a permitir um maior aproveitamento da água e respetiva diminuição da energia dispensada.

2.3.2.1 Uniformidade de distribuição

Segundo Pereira, (2004) a uniformidade de distribuição (DU) é definida por:

$$DU = 100 \left(\frac{Z_{1q}}{Z_{avg}} \right) \quad (7)$$

onde Z_{1q} representa a quantidade média infiltrada no menor quartil da área regada [mm], o qual corresponde à quarta parte da área regada que recebe menos água e Z_{avg} a quantidade média infiltrada na parcela [mm].

Em rega por aspersão, as alturas infiltradas são substituídas pelas pluviometrias observadas, enquanto em microrrega se utilizam os caudais debitados pelos emissores. O coeficiente de uniformidade (CU) é dado por:

$$CU = \left(100 \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{|Z_i - Z_{avg}|}{n Z_{avg}} \right) \right) \text{ com } X_i = |Z_i - m| \quad (8)$$

onde Z_i representa alturas de água ou caudais observados [mm], n o número de observações e m a média das observações de Z_i [mm] (Pereira, 2004).

A uniformidade de distribuição e o coeficiente de uniformidade (CU) estão relacionados entre si (Keller e Bliesner, 1990 citados por Pereira, 2004) podendo assumir-se as seguintes expressões aproximadas:

$$CU = 100 - 0,63 (100 - DU) \quad (9)$$

$$DU = 100 - 1,59 (100 - CU) \quad (10)$$

2.3.2.2 Eficiência de aplicação

A eficiência de aplicação e_a [%] define-se frequentemente pela eficiência do quartil mínimo, dada pela Equação 11:

$$e_a = 100 \left[\left(\frac{Z_{r,lq}}{D} \right) \right] \quad (11)$$

em que $Z_{r,lq}$ é a quantidade média adicionada ao armazenamento na zona radicular no quartil mínimo da parcela [mm] e D a dotação brutal aplicada [mm] (Pereira, 2004).

Dada a dependência entre eficiência e condução de rega, pode ser vantajoso determinar não a eficiência de aplicação real mas o seu valor potencial na suposição de que o sistema pode ser mais bem gerido (Merriam e Keller, 1978).

Apresenta-se no Quadro 2.3 os valores indicativos para a eficiência de aplicação dos vários sistemas de rega. Os valores apresentados pressupõem sistemas bem projetados e bem mantidos e que assim não impõem limites a bons desempenhos de gestão (Pereira, 2004).

Quadro 2.3 – Valores indicativos das eficiências de aplicação para os sistemas de rega bem projetados e mantidos (Pereira, 2004)

Sistemas de rega	Eficiências (%)
Rega de gravidade com nivelamento de precisão	
Sulcos	65-85
Faixas	70-85
Canteiros	70-90
Rega de gravidade tradicional	
Sulcos	40-70
Faixas	45-70
Canteiros	45-70
Rega de arroz, canteiros em alagamento permanente	25-70*
Rega por aspersão	
Sistemas estacionários de cobertura total	65-85
Sistemas estacionários deslocáveis manualmente	65-80

Rampas com rodas	65-80
Aspersores canhão com enrolador ou com cabo	55-70
Rampas móveis, com pivot central	65-85
Microrrega (rega localizada)	
Gotejadores, ≈3 emissores por planta (pomares)	85-95
Gotejadores, <3 emissores por planta	80-90
Micro-aspersores e “bubblers” (pomares)	85-95
Linha contínua de emissores gota-a-gota	70-90

* Os valores mais baixos referem-se a canteiros tradicionais, mal nivelados e sem adequado controlo da lâmina de água do canteiro, enquanto os mais altos se referem a canteiros de grandes dimensões, bem nivelados e com bom controlo da lâmina de água.

2.4 Estratégias de rega com stress

Cada vez mais a água é um bem escasso pelo que cada vez mais se procuram soluções para por um lado aumentar a eficiência do sistemas de rega a utilizar e por outro se estudam metodologias de poupança de água, i.e. simulação através de programas da quantidade de água a regar.

Pretende-se com a rega proporcionar à cultura um estado de conforto hídrico de forma que proporcione a máxima produção. No entanto, o que se procura cada vez mais é manter os mesmos níveis de produção da cultura mas com diminuição da rega – induzir stress à cultura. Foi realizado um estudo ao longo de 3 anos (2001-2003) na região de Fergana na Ásia Central onde foram analisadas e testadas várias opções de rega total e rega com vários níveis de stress (Pereira *et al.*, 2008).

A adoção de estratégias com défice de rega através da poupança de água proporciona potenciais perdas de produtividade conforme os níveis de redução de água. No estudo realizado pôde-se concluir que com a aplicação de défices hídricos baixos podem ser adotados uma vez que a quebra na produção não é significativa. Ao contrário, a adoção de défices hídricos elevados que produzem poupanças de água alta levaria a perdas de rendimento que podem ser economicamente inaceitáveis (Pereira *et al.*, 2008).

Segundo Evans *et al.* (2007) são duas as principais estratégias para controlo da água disponível na zona radicular: a rega deficitária regulada (RDI) e a rega deficitária controlada (CDI). Uma técnica de CDI é a rega deficitária onde se impõe deliberadamente défices hídricos à planta durante períodos específicos do ciclo cultural utilizando regas diárias mas disponibilizando apenas 10 a 30% do uso de água diário da planta. O volume do solo humedecido contrai horizontal e verticalmente na zona radicular. No final do período de défice a aplicação de água aumenta; porém, o volume de solo humedecido mantém-se constante. Contudo, o sistema terá que ser projetado de forma a ser capaz de

aplicar diariamente o caudal de ponta. É aconselhável o uso de rega automatizada (Evans *et al.*, 2007).

As perdas de água podem ser reduzidas em, pelo menos, 20%. A chave para uma RDI eficaz é o controlo rígido do volume de água no solo para controlo do crescimento vegetativo. Torna-se assim possível alcançar o regime de rega frequente e a capacidade de restringir a água no solo pelo controlo da quantidade de água e volume de solo humedecido disponível às plantas (Evans *et al.*, 2007).

A rega deficitária controlada (CDI) geralmente refere-se a estratégias de rega em que é aplicada menos água que a necessária às plantas durante o período de desenvolvimento. Por exemplo, a CDI é normalmente utilizada como uma técnica de conservação de água em culturas perenes. Uma gestão cuidada da CDI pode também ser utilizada para induzir uma resposta fisiológica da planta, tal como induzir dormência nas culturas perenes que não estejam adaptadas ao local. As regas são mantidas a um nível reduzido durante toda a campanha. Contudo, um défice elevado não é aconselhável pois poderá afetar a sustentabilidade da vegetação (Evans *et al.*, 2007).

No decorrer do século passado houve uma maior intervenção por parte das entidades governamentais e estatais na gestão da água com vista a um controlo e gestão dos investimentos e tecnologias introduzidas. Cada vez mais existe a preocupação de garantir a máxima eficiência dos sistemas de forma a perder a menor quantidade de água possível (Pereira *et al.*, 2012).

Os termos conservação e poupança de água são geralmente associados à gestão dos recursos hídricos em escassez. No entanto, esses termos são frequentemente usados com significados diferentes em determinadas disciplinas científicas e técnicas (Pereira *et al.*, 2012).

O termo conservação de água é utilizado para se referir a todas as políticas, medidas administrativas, ou a práticas do utilizador que visa conservar ou preservar os recursos hídricos, bem como para combater a degradação dos recursos hídricos, incluindo a sua qualidade. Quanto à poupança de água, este descreve a ação de evitar a perda de água por limitar ou controlar a perda de água e uso para qualquer propósito específico (cf. diversão e economia de esgotamento propostas pelo Haie e Keller, 2008), incluindo a prevenção de resíduos e utilização indevida da água. Na prática, estes termos ou perspectivas são complementares e inter-relacionados. Conservação da água desempenha um papel

importante na agricultura de sequeiro enquanto a rega é suplementar de chuvas (Unger e Howell, 1999; Oweis e Hachum, 2003, 2006;. Rockström *et al.*, 2010), mas é essencial em todos os sistemas de utilização de água, muitas vezes como um meio para alcançar a economia de água (Pereira *et al.*, 2012).

2.5 Caraterização das fontes alternativas de água – Fito-ETAR

Convencionalmente, tratamento de águas residuais é realizado por processos físicos, químicos ou biológicos. Tipicamente, estes processos são suportados por componentes naturais tais como organismos microbianos, mas também de uma série complexa de equipamento mecânico intensivo de consumo de energia. Estes sistemas convencionais de tratamento contribuem para: i) o esgotamento de fontes de combustíveis fósseis não renováveis e ii) a degradação ambiental que ocorre devido à extração de recursos não renováveis, e também devido aos subprodutos / produtos finais dessas tecnologias, como biossólidos (Sundaravadivel e Vigneswaran, 2001).

Assim, as tentativas para o desenvolvimento económico do tratamento sempre girava em torno de usar apenas os componentes naturais desprovidos de quaisquer exigências mecânicas que utilizem a energia. Usar plantas para tratamento de águas residuais sempre fascinou investigadores e o público em geral. Consequentemente, muitos sistemas naturais que utilizam a capacidade das espécies de plantas em captar ou degradar os poluentes foram desenvolvidos. Os sistemas de tratamento naturais que têm sido desenvolvidos até à data podem ser classificados em três categorias principais (Reed *et al.*, 1995 citado por Sundaravadivel e Vigneswaran, 2001):

- Sistemas aquáticos ou lagoa / lagoa;
- Terrestre ou sistemas de aplicação de terra; e
- Sistemas de zonas húmidas (conhecidas por lagoas de macrófitas ou Fito-ETAR).

O papel das plantas terrestres e aquáticos em fitorremediação de vários contaminantes está bem estabelecido. Fitorremediação foi implementado com sucesso em diferentes locais, incluindo instalações militares, campos agrícolas, unidades industriais, rejeitos de minas e de esgoto e estações de tratamento de águas residuais municipais, com capacidade eficiente para a remoção de diversos poluentes orgânicos e inorgânicos através de processos como a extracção, degradação ou estabilização (Dhir *et al.*, 2009).

Macrófitas aquáticas representam um grupo diversificado de plantas com um imenso potencial para a remoção / degradação de grande variedade de contaminantes, incluindo metais pesados, inorgânicos / orgânicos poluentes, resíduos radioativos e explosivos. Percebendo as habilidades exorbitantes de macrófitas aquáticas, a sua utilização para uso mais amplo em tecnologias de fitorremediação, incluindo zonas húmidas construídas é cada vez mais frequente (Dhir *et al.*, 2009).

O conceito das fito-ETAR foi desenvolvido na década de 60 por Käthe Seidel na Alemanha. Seidel projectou o sistema de filtração com material de alta condutividade hidráulica. Entretanto, Reinhold Kickuth, da Universidade de Göttingen, colaborou com Käthe Seidel e desenvolveu posteriormente, na década de 70, um outro sistema de nome, “Método da Zona de Raiz”. O sistema de *Kickuth* era diferente do sistema de Seidel na utilização dos solos mais coesos com alto teor de argila. A primeira fito-ETAR implementada de tipo *Kickuth* à escala real foi para o tratamento de esgotos municipais, em 1974, na comunidade Liebenburg-Othfresen (Vymazal, 2005 citado por Mendes, 2010).

Entre as principais vantagens dos leitos de macrófitas destacam-se (EPA, 1999; Relvão 1999, IWA, 2000; Cabral 2004 citado por Oliveira, 2008):

- Custos de construção e operação relativamente baixos comparativamente com os sistemas convencionais (e.g. lamas ativadas ou leitos percoladores);
- Necessidade de menores áreas para implantação que os sistemas de lagunagem de estabilização (sem plantas);
- Fácil operação e manutenção;
- Elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica, matéria sólida, nutrientes (azoto e fósforo) e metais pesados;
- Tolerância a variações de cargas hidráulicas, orgânicas e inorgânicas;
- Reduzida emissão de odores (sistemas com escoamento sub-superficial);
- Dispensa a utilização de químicos;
- Gastos de energia relativamente baixos;
- Possibilidade de reutilização do efluente final;
- Obtenção de benefícios adicionais, nomeadamente, espaços verdes, habitats naturais e áreas de recreio ou educacionais.

Como principais desvantagens destacam-se (EPA, 1999; Relvão 1999, IWA, 2000; Cabral 2004 citado por Oliveira, 2008):

- Necessidade de maiores áreas para implantação que os sistemas convencionais como as lamas ativadas ou leitos percoladores;
- Colmatação do leito devido à presença de elevadas concentrações de matéria orgânica e matéria sólida;
- As eficiências de tratamento mais elevadas podem só ser atingidas dois a três anos após o início da exploração (i.e., após um bom desenvolvimento das plantas);
- Apresenta eficiências sazonais, influenciadas pelas épocas vegetativas e não vegetativas;

Para minimizar algumas das desvantagens apontadas é, portanto, necessário ter alguns cuidados quando se procede ao seu dimensionamento, tais como as características do afluente após o tratamento primário, o tipo de enchimento, o tipo de planta para colonização e a variação das condições climáticas que pode influenciar o ciclo hidrológico (Oliveira, 2008).

Abaixo apresenta-se um pequeno esquema com a identificação das várias etapas e constituintes de uma Fito-ETAR. Basicamente, o tratamento consiste num tratamento preliminar através da operação de gradagem (remoção dos sólidos de maiores dimensões) e num tratamento primário realizado ao nível de uma fossa séptica tricompartimentada, onde ocorre a sedimentação gravítica de parte dos sólidos em suspensão. A parte não sedimentada do efluente segue para a bacia de plantas onde ocorrem processos de depuração. Neste local ocorre o tratamento secundário - remoção da poluição essencialmente de origem orgânica - e terciário – remoção de alguns nutrientes. As águas tratadas são encaminhadas para um lago de acumulação (Câmara Municipal de Lisboa, 2005).

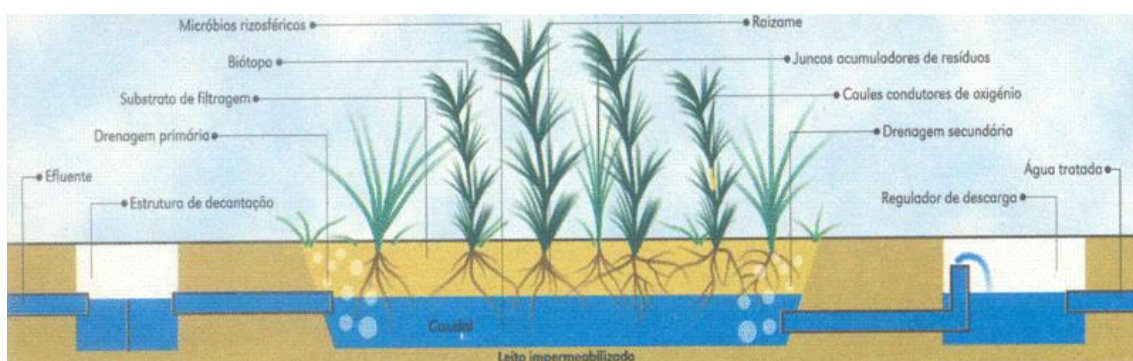


Figura 2.3 – Representação dos componentes/etapas de uma Fito-ETAR (Câmara Municipal de Lisboa, 2005).

Contudo, é de salientar a existência de diversos tipos de configurações de leitos de macrófitas (ou Fito-ETAR) que se classificam de acordo com as seguintes características (Vymazal, 2003; EPA, 1999; Haberl, 1999; IWA, 2000 citado por Oliveira, 2008):

- De acordo com o tipo de macrófita aquática dominante (submersa, emergente ou flutuante);
- De acordo com o tipo de configuração dos leitos (sistemas híbridos, de uma passagem ou com recirculação);
- De acordo com o tipo de afluente a tratar (doméstico, industrial, agrícola, lixiviados de aterros sanitários ou de atividades mineiras e escorrências de rodovias ou de atividades agrícolas);
- De acordo com o nível de tratamento exigido (secundário, terciário ou de afinação);
- De acordo com o tipo de meio de enchimento (brita, areia ou areão grosso, seixo rolado, argila expandida ou material sintético);
- De acordo com o tipo de carga (contínuo ou descontínuo).

3 METODOLOGIA

3.1 Avaliação do sistema de rega

As técnicas de avaliação dos sistemas de rega têm por objetivo a análise das condições atuais de gestão e exploração dos sistemas bem como a determinação dos potenciais para o funcionamento mais económico e eficaz (Pedras *et al.*, 2010). Assim, foram identificados os locais (Figura 3.1) e, depois, recolhidos os seguintes dados:

- características do solo (textura, densidade aparente, coeficiente de emurchecimento e capacidade de campo);
- características do coberto vegetal (idade, compasso de plantação, profundidade radicular e percentagem da área coberta);
- característica da rega (duração, frequência e sequência de um ciclo normal de rega);
- características do emissor (tipo, caudal nominal, pressão nominal e compasso);
- esquema do sistema (comprimentos das várias condutas, respetivos diâmetros, material de fabrico e válvulas utilizadas);
- topografia da parcela.

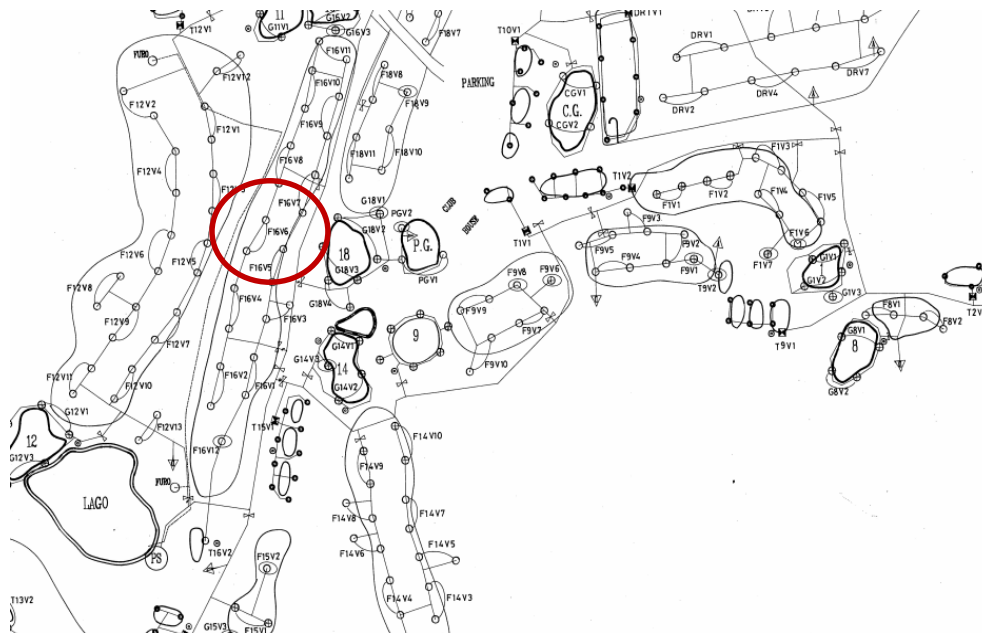


Figura 3.1 – Identificação do local de realização do ensaio.

3.2 Definição das hidrozonas

A existência de diferentes locais, com diferentes exigências ao longo do campo de golfe, permite definir ao longo do mesmo, zonas comuns no que respeita às necessidades hídricas. Tais espaços são definidos como hidrozonas como anteriormente abordado no capítulo 2.1.9.

No campo de golfe definiu-se as seguintes hidrozonas:

- Hidrozona I: correspondente à zona PB (área compreendida entre os buracos 2 e 9);
- Hidrozona II: correspondente à zona PA (área compreendida entre os buracos 1; 10 e 18).

Um dos fatores que mais contribui para a definição das hidrozonas é o coeficiente microclimático (K_{mc}). O microclima entre as duas partes é distinto: a hidrozona I é mais sombria devido às árvores que rodeiam o campo que contribui para a redução da evaporação do solo e transpiração das plantas permitindo assim menor utilização de água para manter o bom aspeto da relva. O valor considerado para este espaço é de 1,00 de acordo com Allen *et al.* (2007) que corresponde a um microclima baixo.

No que respeita à hidrozona II, esta corresponde a um espaço mais aberto que permite uma maior evaporação da água do solo e transpiração das plantas. O valor considerado para este espaço é de 0,8 de acordo com Allen *et al.* (2007) que corresponde a um microclima médio.

3.3 Identificação e caracterização do tipo de solo

Para identificação e caracterização da tipologia de solo foram retiradas várias amostras de solo perturbadas ao longo de toda a área do campo de golfe. As amostras de solo foram retiradas a duas profundidades, 15 e 30 cm com o auxílio de uma sonda de meia cana e respetivo equipamento para acondicionamento das amostras – invólucros de metal. Cada amostra foi etiquetada com identificação das letras A – zona PA e letra B – zona PB e a respetiva profundidade. No **Anexo I** encontram-se os boletins analíticos relativos às várias amostras retiradas.

A caracterização do tipo de solo é um parâmetro importante para a gestão da água uma vez que permite identificar com maior exatidão as necessidades e características do solo no que respeita às necessidades de água.

3.4 O modelo WinISAREG para a simulação e calendarização da rega

O modelo WinISAREG, descrito por Paredes *et al.* (2010), é a versão Windows do modelo ISAREG. Este modelo é composto pelo: 1) EVAP56, sub-modelo para o cálculo da evapotranspiração de referência, o (Allen *et al.*, 1998; Pereira, 2004), 2) KcISA, sub-modelo para o cálculo dos coeficientes culturais da cultura, e 3) ISAREG, sub-modelo de simulação do balanço hídrico de um solo regado. Este último, permite calcular quer as necessidades de água das culturas, quer as necessidades de rega com diversos passos de tempo e diversas opções de entrada de dados climáticos, de solos e da cultura conforme esquematizado na Figura 3.2.

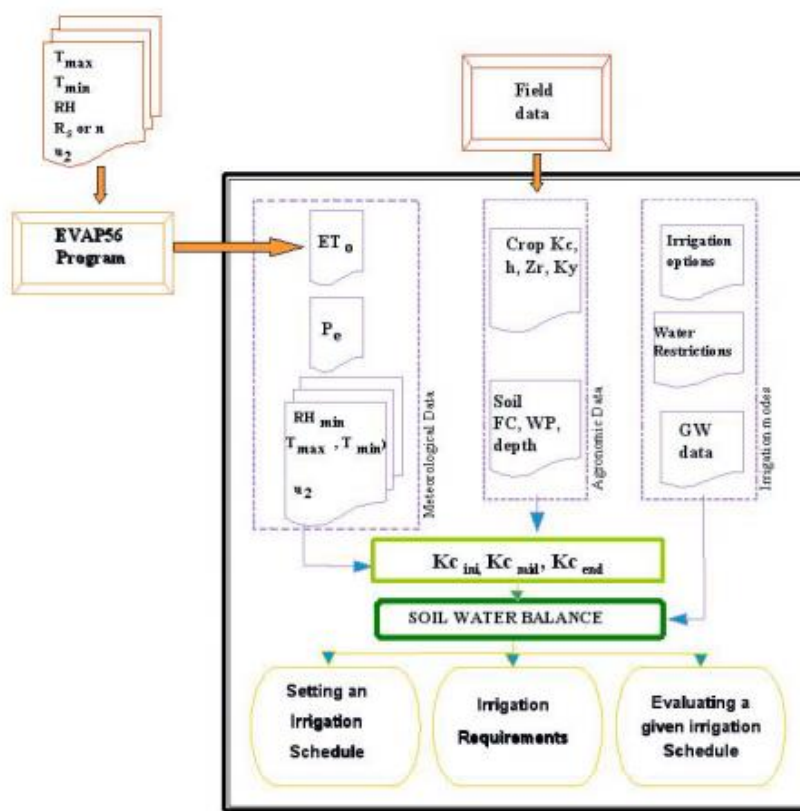


Figura 3.2 – Esquema do modelo WinISAREG com indicação dos programas associados, dos dados utilizados dos procedimentos de cálculo e do tipo de resultados (Paredes *et al.*, 2010).

O menu principal do modelo WinISAREG é apresentado na Figura 3.3.

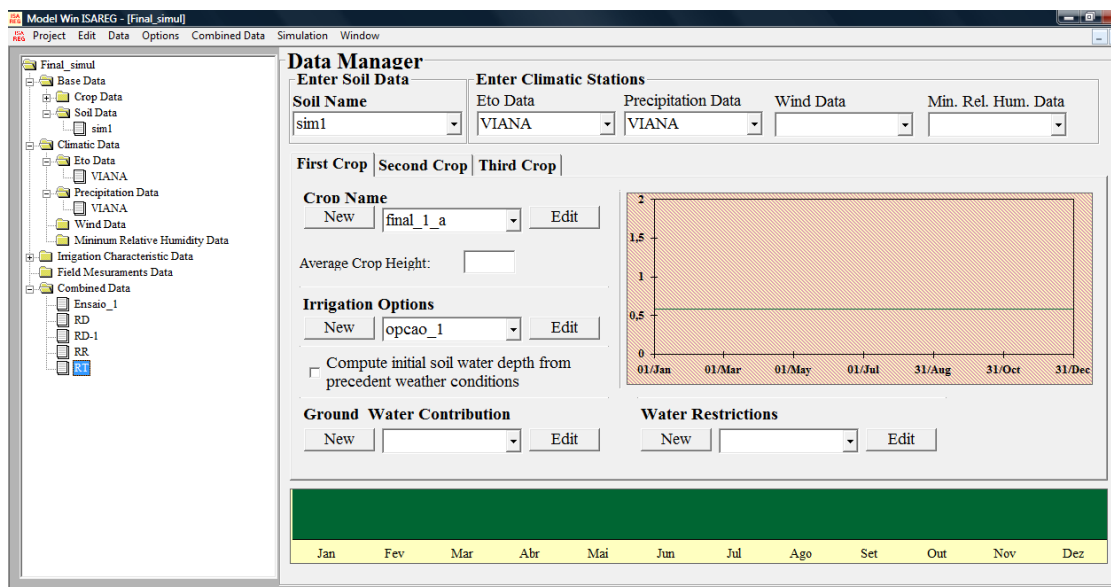


Figura 3.3 – Menu do modelo WinISAREG.

O modelo WinISAREG permite estimar os impactes da salinidade do solo e da água sobre o rendimento da cultura (Campos *et al.*, 2003a e b), e o cálculo da contribuição da toalha freática (G_c) e da percolação (Liu *et al.*, 2006). A percolação resultante do excesso de água presente na zona radicular é estimada por uma equação paramétrica que é a função das características do solo e do excesso de água relativamente à capacidade de campo (Henriques, 2009). Os dados a inserir no programa compreendem a:

- Dados meteorológicos: precipitação efetiva, P [mm] e evapotranspiração de referência, ET_o [mm], ou dados climáticos necessários ao cálculo da ET_o , utilizando o método FAO_PM, incluindo dados climáticos em falta;
- Dados culturais relativos às datas das fases do ciclo cultural, e respetivos coeficientes culturais (K_c) ou coeficiente de espaços verdes (K_L); profundidade radicular Z_r [m]; fração da água do solo esgotável sem provocar stress hídrico (p); e o fator resposta da cultura ao défice hídrico (K_y);
- Dados das características pedológicas referentes às diferentes camadas do solo: profundidade [m]; conteúdo de água do solo à capacidade de campo θ_{FC} [mm] e no coeficiente de emurchecimento θ_{WP} [mm] para a respetiva camada;
- Dados relativos à ascensão capilar e à percolação, quer os valores para o cálculo simplificado, quer os valores dos parâmetros para calcular a contribuição da toalha freática G_c [mm dia⁻¹] e a percolação profunda DP [mm dia⁻¹] por métodos paramétricos;

- Dados sobre as opções de rega: ficheiro que permite ao utilizador guardar as várias opções de simulação;
- Dados sobre a restrição de água, referentes às restrições impostas aos esquemas simulados relativamente aos volumes de água disponíveis e aos períodos em que estes estão disponíveis.

O teor de humidade inicial é introduzido pelo utilizador ou é estimado depois da simulação do período de pousio, cuja simulação se inicia no final da estação seca (quando a maior parte da água já foi consumida), ou durante a estação das chuvas (quando se pode assumir o limite da capacidade de campo). Os exemplos referidos foram apresentados por Rodrigues *et al.* (2003), citados por Henriques (2009).

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0), não foi utilizado o modelo EVAP56 que utiliza o método FAO-Penman-Montheith (Allen *et al.*, 1998) uma vez que se disponha dos dados da ET_0 . No entanto, os dados necessários ao cálculo de ET_0 são: temperatura máxima (T_{max}), temperatura mínima (T_{min}), humidade relativa (HR), velocidade do vento e insolação (R_s). Estes dados podem ser mensais, decendiais (de cada dez dias) ou diários.

3.4.1 Cálculo das necessidades de rega

Para a construção das simulações que permitam a determinação das necessidades de rega da vegetação são necessários os seguintes passos:

- Criação dos ficheiros de dados climáticos de entrada;
- Caracterização da cultura;
- Caracterização do solo;
- Introdução dos ficheiros climáticos no modelo;
- Cálculo da ET_0 (T_{max} , T_{min} , HR, R_s e Vento);
- Precipitação;
- Caracterização das opções de rega;
- Simulação das Necessidades Líquidas de Rega (NIR).

Assim, os dados principais a introduzir no programa WinISAREG para simulação e gestão de rega apresentam as seguintes categorias:

- Dados de base: inclui a introdução dos dados da cultura e do solo;

- Dados climáticos: introdução dos vários dados climáticos, nomeadamente os dados da ET_0 (calculado pelo programa EVAP56 – conforme explicado anteriormente), precipitação, velocidade do vento e os dados da humidade relativa;
- Características / Opções de rega.

O primeiro passo do projeto consiste no preenchimento destes dados no programa de forma a simular a rega atual do campo. Posteriormente se definirá os procedimentos para uma gestão de rega mais eficiente, se aplicável.

3.4.2 Caracterização da cultura

Para a cultura da relva definiu-se como opção a “Perennial crop with parameters constant along the year” devido à cultura em causa manter o mesmo K_L (aplicado ao modelo como K_c) ao longo do ciclo (Figura 3.5). Nesta janela, são definidas as datas de início e final do balanço hídrico, a profundidade das raízes e o fator p (Figura 3.4). Além do K_c ainda é definido o fator de resposta da cultura ao stress, K_y .

Figura 3.4 – Introdução dos dados da cultura.

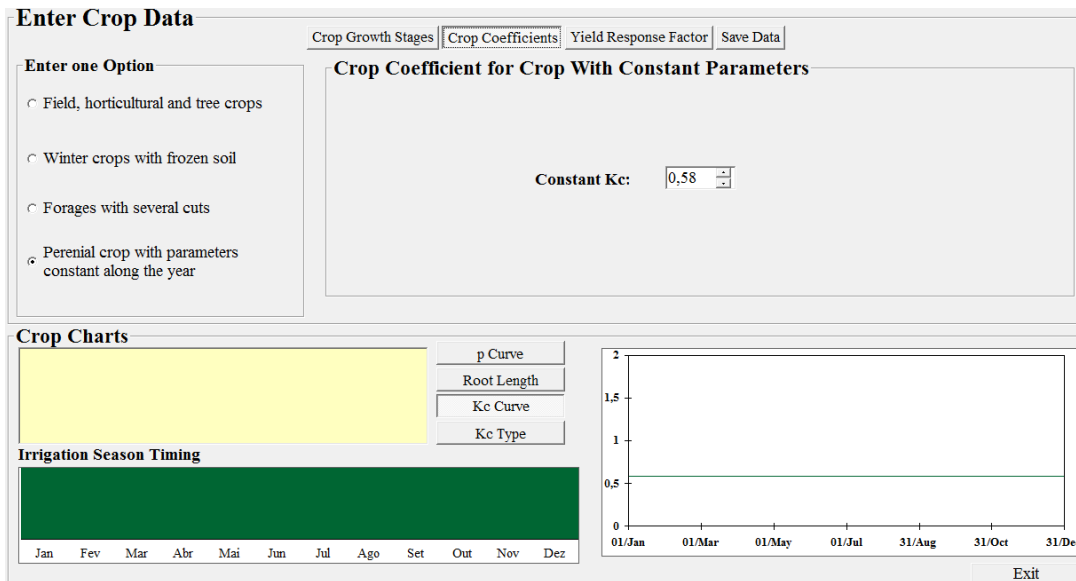


Figura 3.5 – Definição do K_c para a cultura da relva.

Por último, a informação é guardada conforme procedimento apresentado na Figura 3.6.

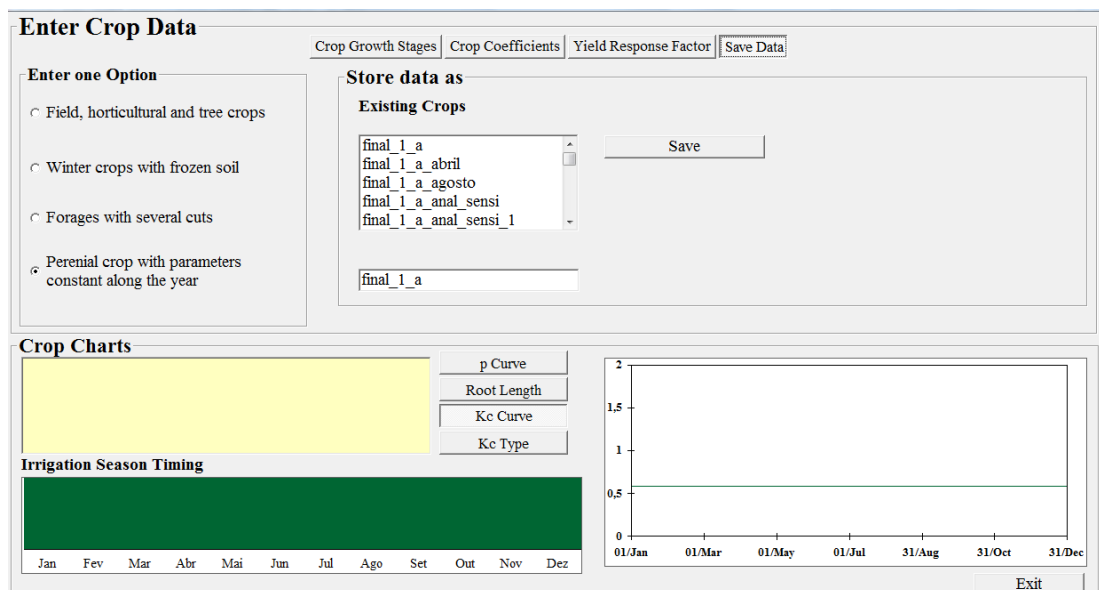


Figura 3.6 – Janela para guardar a informação definida.

3.4.3 Caracterização do Solo

A introdução dos dados de solo no ficheiro (Figura 3.7) teve por base os resultados analíticos das 12 amostras de solo recolhidas aleatoriamente por todo o campo de forma a garantir a máxima homogeneidade na recolha das amostras.

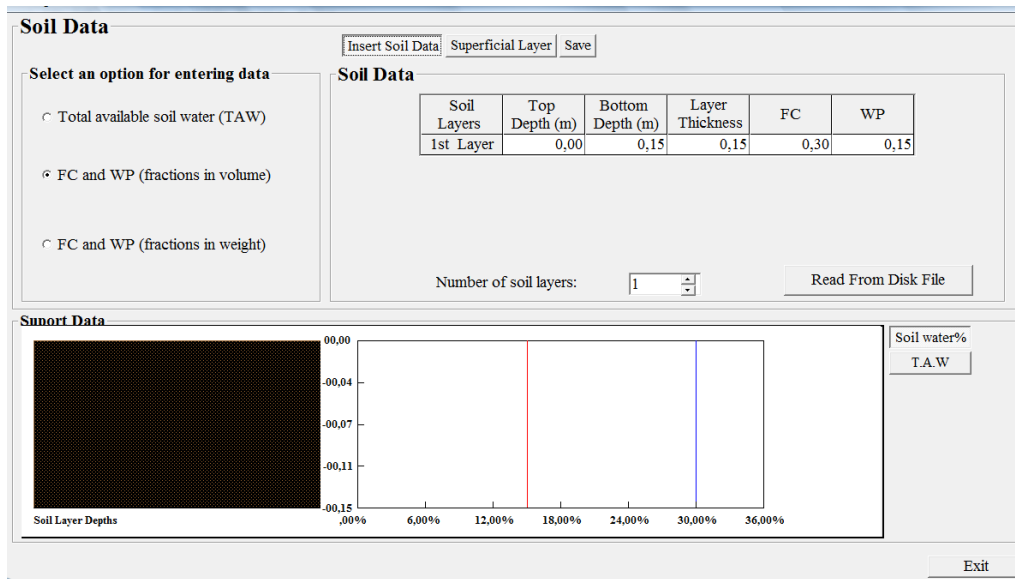


Figura 3.7 – Janela de introdução dos dados de solo.

A caracterização analítica das amostras de solo retiradas ao longo do campo de golfe permitem determinar qual o tipo de textura do solo e posteriormente definir os parâmetros de entrada no ficheiro.

A definição dos valores de TEW (água totalmente evaporável) e REW (água facilmente evaporável) são calculados pelo programa através da introdução dos valores das percentagens de areia e argila definidos de acordo com a textura do solo (Figura 3.8).

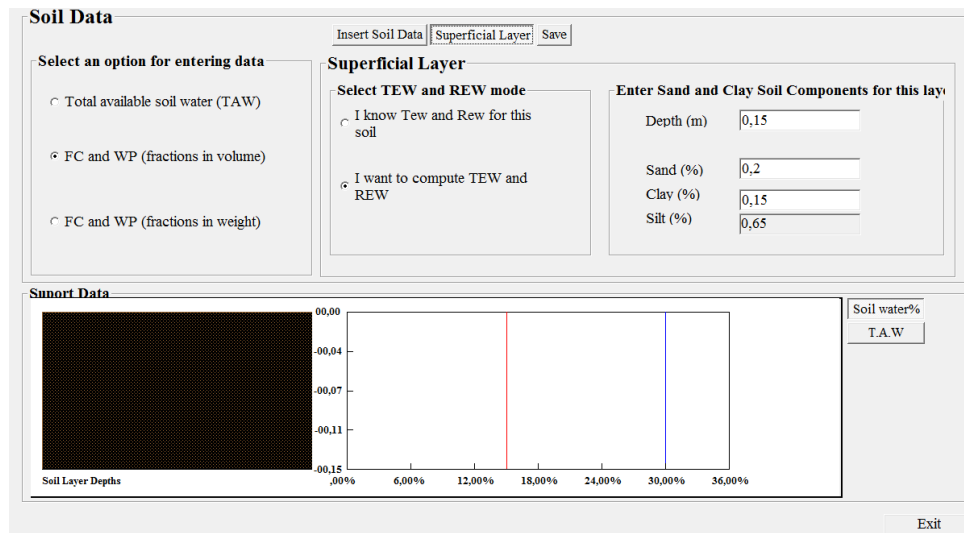


Figura 3.8 – Apresentação dos valores de água totalmente evaporável (TAW) e água facilmente evaporável (REW).

3.4.4 Introdução dos ficheiros climáticos

Os dados climáticos necessários para efetuar a simulação pelo modelo WinISAREG são os apresentados no Quadro 3.1

Quadro 3.1 - Dados climáticos necessários para modelo WinISAREG

Dados	Unidade
T maxima	°C
T minima	°C
Precipitação	mm/dia
Velocidade do vento	Km/h
Insolação (n.º de horas de sol)	h
Humidade relativa	%

3.4.4.1 Evapotranspiração de referência (ET_0)

Como não se dispõe de estação meteorológica no local de ensaio, os dados utilizados para as simulações são provenientes da estação meteorológica de Viana do Castelo, cuja localização é: latitude: 41°41'00'' N, longitude: -8°50'00'' W e a altitude é de 16 m.

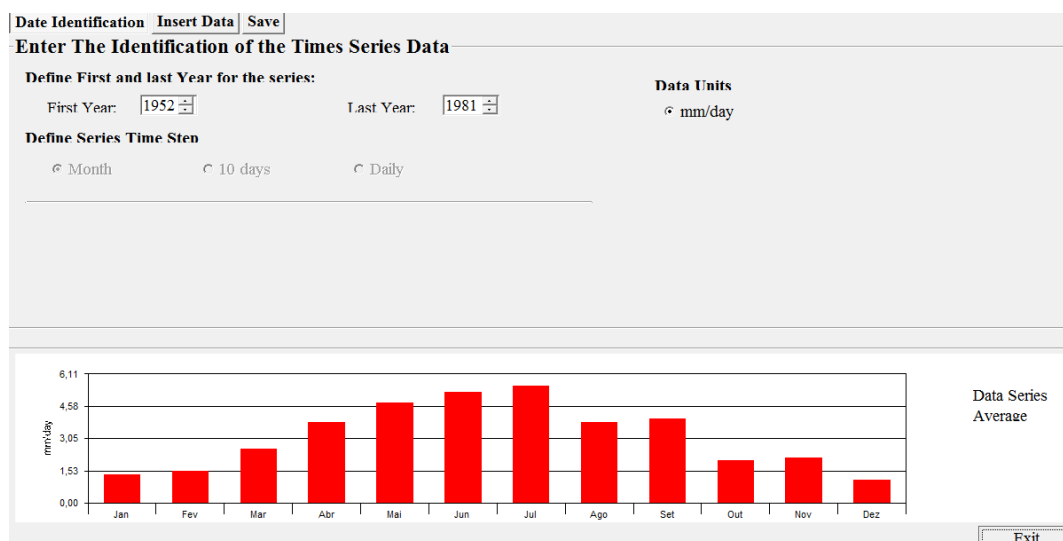


Figura 3.9 – Gráfico de apresentação dos resultados de ET_0 .

3.4.4.2 Precipitação

Além dos dados utilizados para o modelo EVAP56 é necessário os dados de precipitação. Estes dados apresentam-se de acordo com a Figura 3.10.

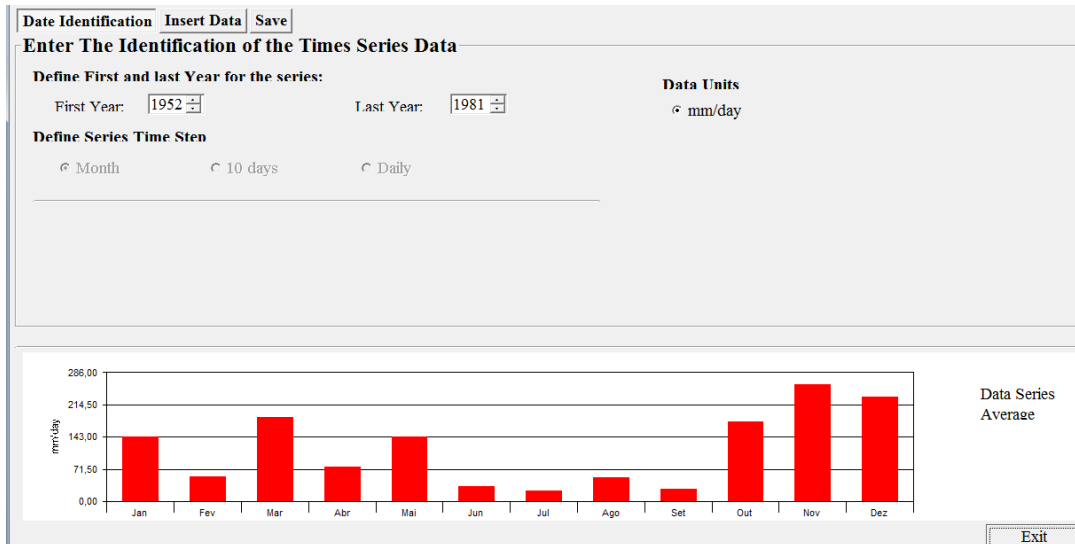


Figura 3.10 – Apresentação do gráfico relativo aos dados de precipitação.

3.4.5 Caracterização das opções de rega

A introdução e/ou definição das opções de rega definem-se conforme as estratégias de rega a adotar. Para a rega visando a máxima produção (rega sem stress) os dados são colocados conforme a opção apresentada na Figura 3.11.

Irrigation Simulation Options
Select an option

- Irrigation aiming at maximal yield
- Setting irrigation timings and depths
- Enter irrigation dates
- Crop without irrigation
- Compute net Irrigation requirements

Initial and Final Conditions Save

Soil Water Content and Time Limits Imposed to the Last irrigation

Initial soil water content

Initial TAW(%) in the seedling layer: 100 (%)

Initial TAW(%) in the soil layers below it: 100 (%)

Time limits before harvesting imposed to the last irrigation

Number of days before harvesting: (none)

Last allowed date: 31-12

Support Data

Exit

Figura 3.11 – Janela com identificação da opção de criação do ficheiro das necessidades de rega para a estratégia de rega sem stress.

Na Figura 3.12 apresenta-se a janela inicial da opção utilizada para a simulação da rega com stress. Para tal simulação, a opção utilizada no presente projeto foi a variação do teor de humidade no solo conforme apresentado na Figura 3.13.

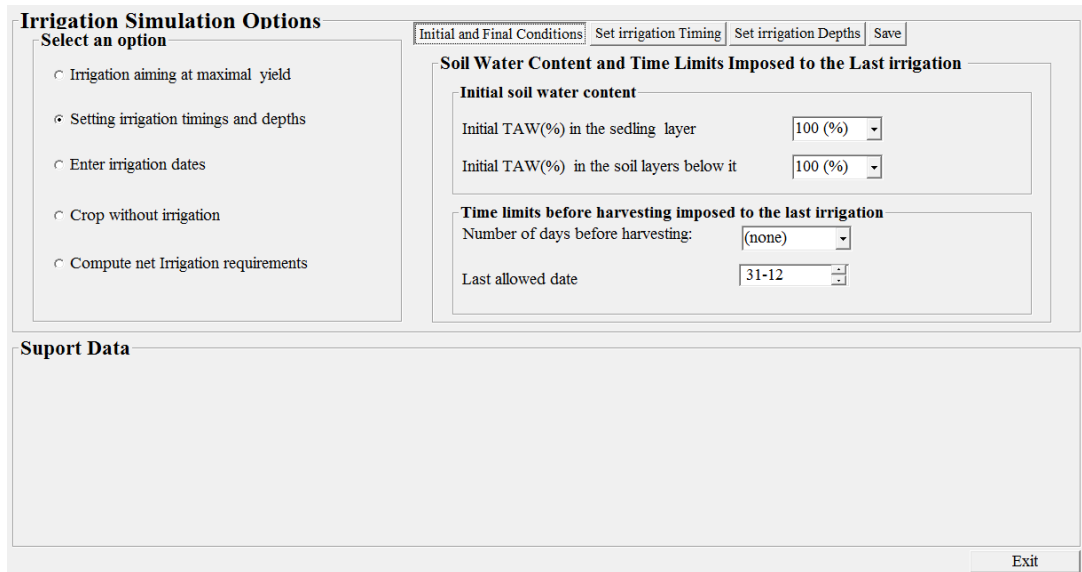


Figura 3.12 – Janela com identificação da opção de criação do ficheiro das necessidades de rega para a estratégia de rega com stress.

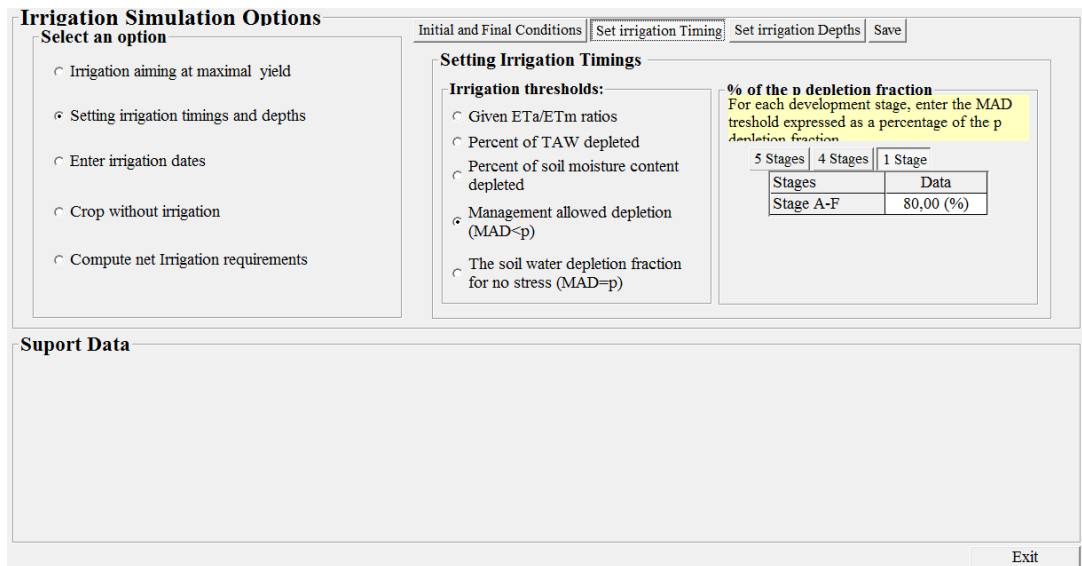


Figura 3.13 – Janela com identificação da opção de quando regar na estratégia de rega com stress.

Finalmente, após identificação de todos os dados necessários, realiza-se a simulação do balanço hídrico do solo (Figura 3.14) para os anos de 1964 e 1973 como apresentado na Figura 3.15.

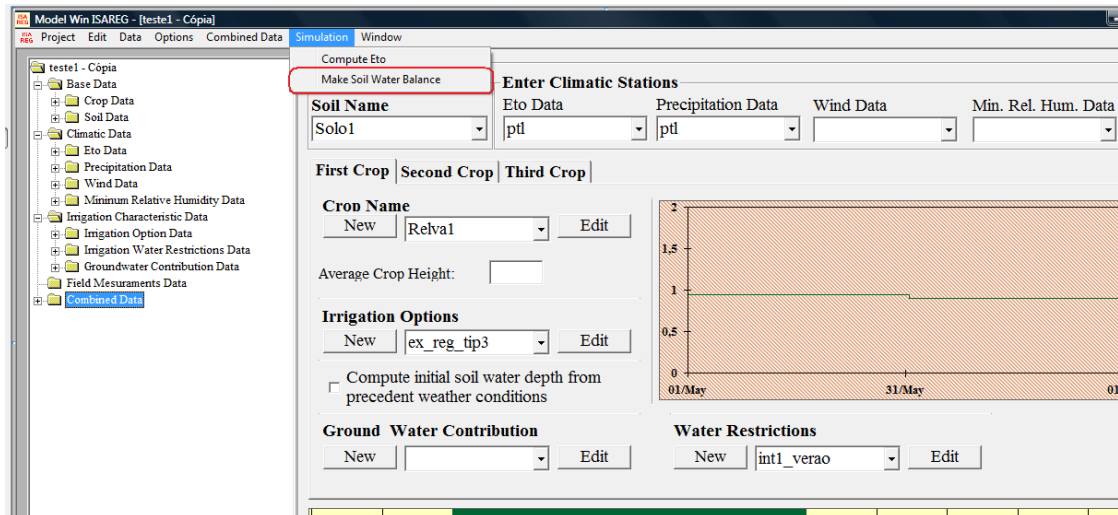


Figura 3.14 – Execução da simulação de rega.

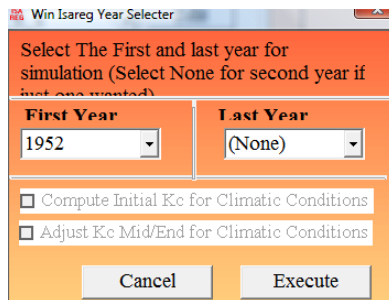


Figura 3.15 – Escolha do ano de simulação.

No final de simulação obtém-se um resumo das necessidades da cultura, como exemplificado na figura abaixo.

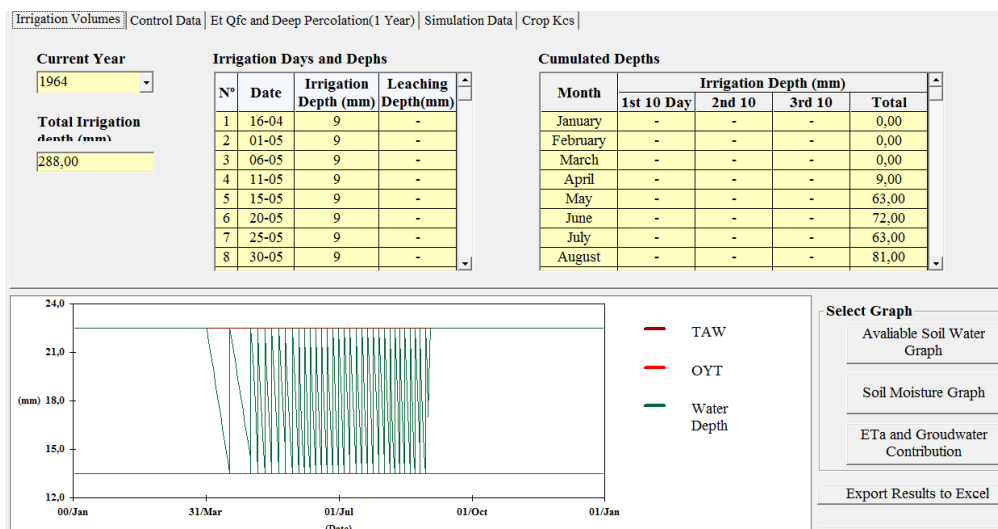


Figura 3.16 – Resultado final obtido após simulação para o ano de 1964.

3.5 Estratégias de rega

O principal objetivo da rega num campo de golfe prende-se com a manutenção de um “tapete verde” que permita aos apreciadores desfrutar da beleza proporcionada. No entanto, cada vez mais a água é um bem escasso que tem de ser gerido com maior rigor e eficiência.

Para o presente projeto, as estratégias de rega são as seguintes:

- Rega total (RT): prevê a máxima produção. Rega à capacidade de campo ($MAD=p$). Não foi fixado o intervalo nem dotação de rega;
- Rega deficitária (RD): estratégia de rega com défice hídrico ($MAD>p$).

No que respeita à RT esta permite identificar o volume de rega para as condições de máxima produção. A simulação foi realizada com a rega à capacidade de campo. A rega à capacidade de campo permite que a simulação se realize em situação de conforto hídrico para a cultura, ou seja, sem qualquer tipo de stress hídrico ao longo do seu ciclo de produção.

No caso da rega deficitária (RD) visa a adoção de estratégias de rega deficitárias ($MAD > p$) onde se determinam os vários volumes de rega de acordo com diferentes défices definidos. Para esta estratégia definiram-se dois défices: 20 - excede-se o valor de p em 20 % e 40 - excede-se o valor de p em 40 %. Os níveis definidos visam estudar por um lado i) a resposta da cultura à falta de água através da análise da percentagem de afetação da cultura e por outro ii) qual o volume de água que se economiza com os défices definidos de forma realizar uma análise custo vs benefício no que respeita à aparência da relva e custo de água.

A aplicação do modelo WinISAREG permitiu efetuar uma análise de frequência para a série de anos de estudo em que a função de distribuição normal permitiu estimar as necessidades de rega para o ano de procura climática severa (ano seco) e mais severa (ano muito seco) respetivamente os anos 1964 e 1973.

Todas as simulações foram realizadas para as duas hidrozonas definidas no campo de golfe e para os anos seco e muito seco.

As estratégias de rega definidas permitirão estudar os seguintes aspetos:

- Diferentes necessidades de rega de acordo com a hidrozona;
- Diferentes necessidades de rega com estratégia de rega deficitária;

- Diferentes valores K_y – análise de sensibilidade.

As informações comuns que constam em cada gráfico obtido são:

- FC – capacidade de campo (%);
- OYT – correspondente ao fator p (%);
- WP – coeficiente de emurchecimento (%);
- *Soil moisture*: curva de humidade do solo.

4 CASO DE ESTUDO: CAMPO DE GOLFE AXIS PONTE DE LIMA

4.1 Localização do campo de ensaio

A realização do presente trabalho decorre no campo de golfe de “Axis Ponte de Lima Golf Resort Hotel” localizado a sul de Ponte de Lima, junto à estrada Nacional 201 ($41^{\circ}75' N, 8^{\circ}57' W$) na direção de Braga (Figura 4.1).



Figura 4.1 – Localização do campo de golfe (Fonte: Google Maps).

O campo de golfe foi inaugurado no dia 15 de Setembro de 1995. Apresenta 18 buracos distribuídos por uma área de aproximadamente 36 ha.

A área do campo de golfe divide-se em duas zonas distintas: zona PA e zona PB. Estas duas zonas são distintas no aspeto microclimático como apresentado no capítulo 3.2. No entanto, o campo de golfe apresenta diferente tipo de relevo ao longo do percurso de jogo, alternando entre terreno montanhoso na zona PB e terreno plano na zona PA (Figura 4.2).



Figura 4.2 – Identificação dos zonas do campo de golfe (Axis Golfe Ponte de Lima, 2011).

4.2 Caracterização edafo-climática

Ponte de Lima apresenta um clima influenciado pela latitude, pela proximidade do Oceano Atlântico e pelas características do seu relevo. Sendo o relevo o principal responsável pela diversidade de microclimas que contribuem para a beleza e diversificação da paisagem do concelho (Mourão, 2008).

De acordo com AgroConsultores e Geometral (1995) citado por Mourão (2008), no concelho de Ponte de Lima, no Inverno a percentagem de insolação média é de 40,8% e no Verão é de 63,2 % devido à nebulosidade ser mais baixa sendo que o valor médio anual da percentagem da insolação encontra-se entre 50 % e 55%.

Segundo Mourão, 2008, as temperaturas médias mensais mais elevadas verificam-se nos meses de Verão apresentando médias próximas de 20°C e as temperaturas do ar que se verificam nos meses de Inverno apresentam temperaturas médias de 10°C.

O regime de precipitação em Ponte de Lima é tipicamente mediterrânico, com uma distribuição irregular ao longo do ano. Em média, 40,1% da precipitação anual ocorre durante o Inverno e 7,4% da precipitação ocorre durante os meses de Verão, isto é, verificam-se os valores mais elevados de precipitação nos meses de Inverno e os mais baixos nos meses de Verão, assim como os valores da humidade relativa média anual do ar (Mourão, 2008).

O solo de Ponte de Lima resultou dos processos de alteração e modificação das rochas ou dos sedimentos à sua superfície, a partir de materiais resultantes da alteração e desagregação do substrato rochoso subjacente, por ação de agentes atmosféricos e soluções formadas pela água das chuvas, em íntima ligação com influências biológicas, que atuaram no local onde o solo se encontrava (Costa, 1995 citado por Brito, 2008).

Para Brito, 2008, os solos mais férteis de Ponte de Lima localizam-se ao longo das margens dos rios em formações aluvionares recentes, com maior expressão no vale do rio Lima. As terras chãs ribeirinhas correspondem a zonas de acumulação e redistribuição de materiais que, devido às condições topográficas favoráveis e à disponibilidade em água para rega, oferecem uma elevada aptidão para culturas arvenses e hortícolas de elevado rendimento. Os solos mais pobres encontram-se nas encostas não socalcadas de média altitude e correspondem fundamentalmente a áreas que não dispõem de recursos hídricos, ou a terrenos de xisto com declive excessivo e solos delgados, ou ainda, a encostas granitóides convexas e com afloramentos rochosos disseminados.

Em Ponte de Lima, 92% dos terrenos não possuem excesso de água no solo ao longo da maior parte do ano. No entanto, 6,6% dos terrenos estão sujeitos a excessos de água no solo durante períodos moderados (de algumas semanas a poucos meses), na época das chuvas intensas e duradouras (Outono/Inverno/Primavera). Esta situação ocorre nas unidades recetoras de água, com escoamento lento ou muito lento para a rede de drenagem e frequentemente com lençol freático relativamente próximo da superfície durante aqueles períodos (Brito, 2008).

4.3 Caraterização do relvado

O relvado presente ao longo do campo de golfe é resultado da mistura de 4 espécies de relva em diferentes proporções, classificadas como relva de estação fria (C3). As espécies existentes são:

- 30 % de *Festuca arundinacea* var. *olympus*
- 30 % de *Festuca arundinacea* var. *stone wall*
- 20 % de *Lolium perene* var. *silver dollar*
- 20 % de *Lolium perene* var. *cadishack*

4.4 Caracterização do sistema de rega

O abastecimento de água para a rega do campo de golfe é assegurado por 2 reservatórios (lagos), um para garantir o abastecimento do sistema de rega entre os buracos 1 e 9 e outro entre os buracos 10 a 18. A água dos reservatórios é proveniente de 5 furos que asseguram o abastecimento em contínuo dos lagos. Os lagos apresentam uma profundidade média de 8 metros. Estes contribuem também para o enquadramento paisagístico do campo, uma vez que estes se encontram no enquadramento da área de jogo do campo.

Todo o sistema de rega parte da estação de bombagem. O diâmetro das tubagens de abastecimento do campo de golfe difere sendo à saída da bomba o diâmetro nominal de 120 mm, reduzindo-se progressivamente para 110, 90 e por fim 75 mm na tubagem principal. As rampas apresentam um tubagem com diâmetro de 75 mm sendo reduzido para 63 mm. Nesta tubagem, estão colocadas tomadas em carga no qual o tubo de ligação para o aspersor é feito em diâmetro de 40 mm.

O campo de golfe possui duas estações de bombagem onde estão instaladas duas bombas com as seguintes características (Figura 4.3):

- Potência: 30 KW;
- Caudal: 60/80 m³/h;
- Tempo de funcionamento diário: cerca de 8,5 a 9 horas (rega noturna).



Figura 4.3 – Estação de bombagem do campo de golfe.

As principais características dos aspersores instalados, marca RainBird são apresentadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Identificação das características dos aspersores do campo de golfe

Características / modelo	Rain bird eagle 900	Rain bird eagle 700
Rotação	círculo completo e sector regulável (até 354°)	Círculo completo - 360°
Alcance	19,2 a 29,6 metros	16,8-24,4 metros
Débito	4,43 a 13,49 m ³ /h	3,82 a 10,02 m ³ /h

Os aspersores instalados são de dois tipos: 1) aspersores Rain Bird eagle 900 colocados nos *greens* (Figura 4.5) e 2) aspersores Rain Bird eagle 700 colocados nos *fairways* (Figura 4.6). Os aspersores estão num compasso de 20 metros entre si no caso dos *fairways* e nos *greens* são colocados em sistema de anel fechado (Figura 4.4).

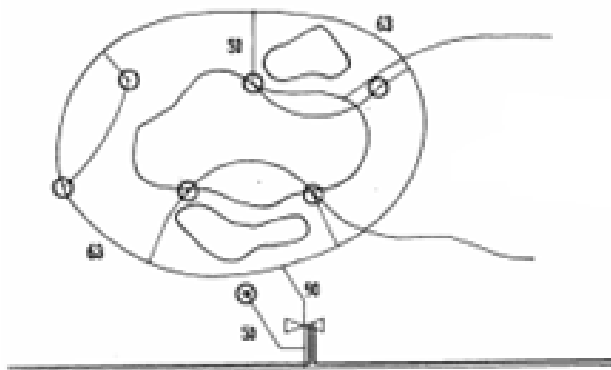


Figura 4.4 – Representação esquemática da disposição dos aspersores nos *green*.



Figura 4.5 – Aspersores série “eagle 900/950” da Rain Bird (Catálogo Rain Bird, 2010)



Figura 4.6 - Aspersores série “eagle 700” da Rain Bird (Rain Bird, 2011)

Os aspersores apresentados possuem bicos de cor verde. A rega do campo de golfe é efetuada todo o ano com a exceção dos meses de Inverno.

A rega nos *greens* ocorre a partir do mês de Fevereiro e são regados uma vez por dia e cerca de 8 minutos. A partir de Maio, a rega dos *greens* é realizada durante cerca de 20 minutos e uma vez por dia, com exceção dos dias mais quentes que a rega efetuada 2 vezes por dia.

O início da rega dos *fairways* no campo de golfe inicia-se a partir de mês de Maio onde são regados cerca de 6 minutos por dia nos dias menos quentes e cerca de 8 minutos por dia nos dias mais quentes.

Os períodos de rega como apresentado são variáveis, regando-se sempre em função do estado da relva e do estado climático no momento, de forma a garantir à cultura tempo de rega suficiente para manter a sua estética (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 – Identificação da rega praticada no campo de golfe

Rega	<i>Fairways</i>	<i>Greens</i>
Tempo de rega (dias quentes)	8 minutos	20 minutos (2 vezes por dia)
Tempo de rega (dias menos quentes)	6 minutos	8 minutos
Entre Fevereiro e Maio	Não ocorre rega	Rega diária durante 8 minutos
Entre Maio e Outubro	Rega diária cerca de 6 minutos	Rega diária durante 20 minutos

Apesar da disponibilidade de água, em períodos de seca superiores a 3 semanas/1 mês, a água não é suficiente para a rega total do campo de golfe (agravando-se no Verão). Nestas situações, a rega prioritária é dos *greens* e *tees* sendo os *fairways* regados no tempo restante de água, caso haja quantidade disponível.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Avaliação do sistema de rega: indicadores desempenho

5.1.1 Disposição dos coletores

De acordo com a metodologia definida por Merriam e Keller, 1978; Keller e Bliesner, 1990; Pereira, 2002 citados por Pereira, 2004, realizou-se a avaliação do sistema de rega com o objetivo de analisar os indicadores de desempenho. Os coletores foram uniformemente dispostos na área de ensaio com um espaçamento de 5 metros entre cada. A definição da distância entre cada coletor teve por base a garantia de uniformidade de rega em toda a área de ensaio. A disposição dos coletores na área de ensaio permitiu a formação de 4 linhas x 6 colunas (Figura 5.1).

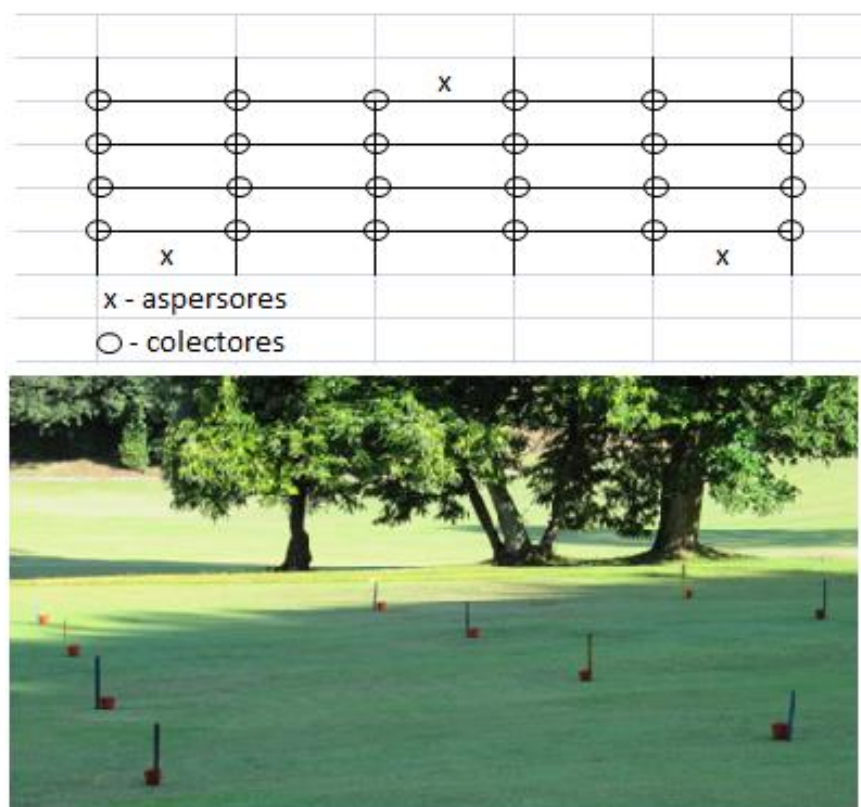


Figura 5.1 – Representação esquemática e fotográfica da disposição dos coletores no local de ensaio.

O ensaio foi realizado no *fairway* 16 localizado perto do “buraco” 16 (Figura 3.1). O ensaio decorreu da seguinte forma:

- Procedeu-se à colocação dos coletores nos devidos locais após marcação dos locais com estacas recorrendo-se ao martelo para auxílio;
- Após marcação e colocação dos coletores, foi ligada a bomba para rega apenas da secção onde foi colocada a rega (abertura de 3 electroválvulas – cada electroválvula comanda 2 aspersores);
- Após rega de 8 minutos foi desligada a rega e medido o volume dos coletores recorrendo-se a uma proveta graduada em mL.

Realizaram-se três repetições de forma a evitar qualquer perturbação na realização do ensaio. A pressão de funcionamento da bomba foi de 10,7 bar.

A avaliação do sistema de rega é determinante para analisar a eficiência do sistema de forma a verificar os indicadores de desempenho, nomeadamente a uniformidade e eficiência. A Figura 5.2 mostra os volumes de água recolhidos no 1.º ensaio, 2.º e 3.º ensaios realizados. Os volumes obtidos encontram-se agrupados em quatro níveis: entre 0-1; entre 1-2; entre 2-3 e entre 3-4.

A altura média de água aplicada para o 1.º ensaio foi $Z_{av} = 3,1$ mm; a altura média de água recolhida no menor quartil foi $Z_{lq} = 1,78$ mm, resultando $UD = 58,56$ % e $UC = 63,63$ %.

A altura média de água aplicada para o 2.º ensaio foi $Z_{av} = 3,1$ mm; a altura média de água recolhida no menor quartil foi $Z_{lq} = 1,94$ mm, resultando $UD = 55,34$ % e $UC = 79,28$ %.

A altura média de água aplicada para o 3.º ensaio foi $Z_{av} = 3,0$ mm; a altura média de água recolhida no menor quartil foi $Z_{lq} = 1,56$ mm, resultando $UD = 61,36$ % e $UC = 67,77$ %.

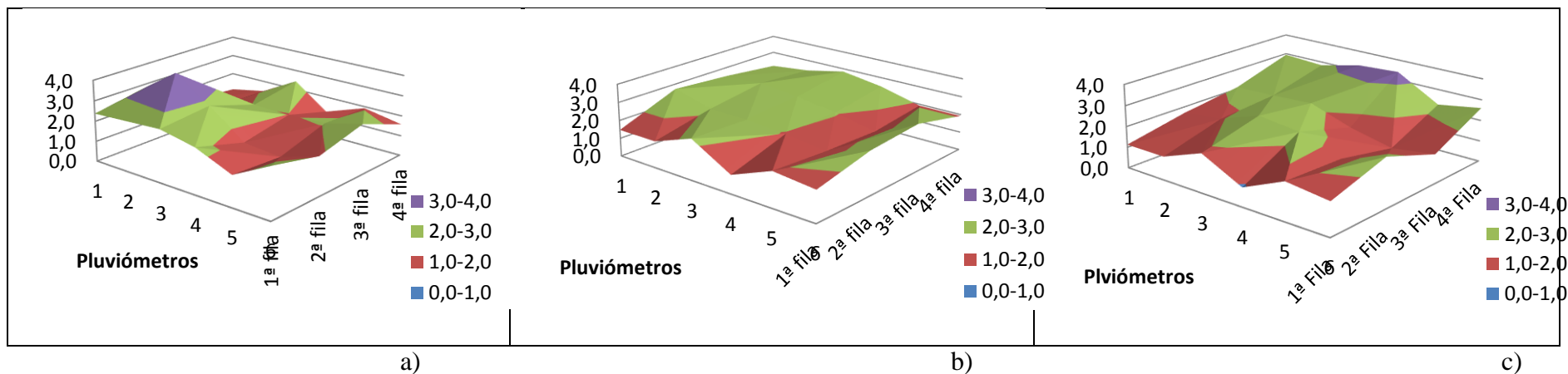


Figura 5.2 – Alturas de água recolhidas durante a avaliação do *fairway* 16: a) primeiro; b) segundo, e c) terceiro ensaio.

Segundo Mc Cabe (2005a) os resultados obtidos permitem concluir que o sistema de rega apresenta uma uniformidade de distribuição classificada como Suficiente (60%) – valor da média ponderada é de 58,49 %.

5.2 Análises de solo

No Quadro 5.1 são apresentados os valores de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) das análises ao solo dos *fairways* F3, F8, F12, F13, F16 - ZE (zona de ensaio) e F16. Retiraram-se as amostras de solo a duas profundidades: 15 cm e 30 cm. As duas profundidades escolhidas, basearam-se no crescimento das raízes (15 cm) e na profundidade da camada arável de solo (30 cm).

Quadro 5.1 – Quadro resumo das características do solo nos *fairway* 3, 8, 12, 13 e 16 em cada zona definida no campo de golfe, zona PA (P.A.) e zona PB (P.B.)

Fairway	pH (H ₂ O)	MO (%)	P (ug.g-1)	K (ug.g-1)	Ca (ug.g-1)	Mg (ug.g-1)
F3 P.B. (15cm)	4,7	5,3	12	118	218	62
F3 P.B. (30cm)	4,5	6	13	76	184	58
F8 P.B. (15 cm)	4,7	4,3	6	100	128	46
F8 P.B. (30 cm)	4,8	3,5	2	73	130	43
F12 P.A. (15 cm)	4,5	5,3	4	135	159	51
F12 P.A. (30 cm)	4,5	3,8	2	97	117	43
F13 P.A. (15 cm)	6,1	2,7	65	142	23	76
F13 P.A. (30 cm)	6	3,2	41	153	53	77
F16 ZE P.A. (15 cm)	4,6	4	6	96	128	47
F16 ZE P.A. (30 cm)	4,4	3,1	2	102	155	94
F16 P.A. (15 cm)	4,9	7,1	9	60	565	76
F16 P.A. (30 cm)	5	7,9	3	71	447	76

No quadro anterior verifica-se que, em geral, o solo dos *fairways* é ácido ou muito ácido com a exceção do *fairway* 13 onde os valores de pH são de 6,1 na amostra a 15cm de profundidade e 6 a 30cm de profundidade, correspondendo assim a um solo com pH pouco ácido.

Verifica-se, que os valores de MO variam em cada *fairway* conforme a profundidade, sendo que no F3, F13 e F16 encontra-se valores mais elevados a 30cm e nos restantes os

valores mais elevados verifica-se a uma profundidade de 15cm. Os valores mais baixos de MO verificam-se no F13 e os valores mais elevados no F16.

Quanto ao fósforo, os resultados obtidos apresentam valores muito baixos com a exceção do *fairway* 13. Com os resultados obtidos verifica-se que os valores mais baixos de potássio encontram-se no F16 e os valores mais elevados no F13. O valor mais elevado de cálcio encontra-se no F16 e o *fairway* que apresenta o valor mais baixo é o 13.

O valor de magnésio mais baixo verifica-se no *fairway* 8 e o valor mais elevado verifica-se no *fairway* 16 ZE a uma profundidade de 30 cm, no entanto verifica-se também um dos valores mais baixos no *fairway* 16 ZE a uma profundidade de 15 cm.

Com os resultados obtidos da análise ao solo verificou-se que os *fairways* apresentam um solo de textura mediana.

A caracterização analítica das amostras de solo retiradas ao longo do campo de golfe permite determinar que estamos perante um solo de textura média, e que de acordo com a revisão bibliográfica se poderá definir os seguintes parâmetros de entrada no ficheiro:

A simulação da rega para o campo de golfe é efetuada para todo o ano apesar de se considerar o período crítico para a rega entre a Primavera e Outono (mais precisamente entre Abril/Maio e Outubro). É definida a profundidade das raízes de 0,15 m de acordo com a análise realizada no terreno (Figura 5.3) e fração de solo no qual se deixa esgotar a água sem causar stress (p) de acordo com Allen *et al.*, 1998.



Figura 5.3 – Profundidade das raízes do campo de golfe.

5.3 Coeficiente de espaço verde (K_L)

O cálculo do K_L teve por base a metodologia definida no capítulo 2.1.3. segundo Allen *et al.* (2007). O K_L não depende apenas das características da vegetação mas também dos fatores climáticos, fatores estes determinantes para a definição da metodologia de rega.



Figura 5.4 – Hidrozonas do campo de golfe: a) hidrozona I; b) hidrozona II

Os valores de K_L definidos para o campo de golfe, têm por base as duas estratégias de rega definidas no capítulo 3.5. No Quadro 5.2 apresentam-se os valores de K_L para cada hidrozona conforme uma gestão de rega total.

Quadro 5.2 – Valor de K_L para cada hidrozona considerando a estratégia de rega total

Hidrozonas	K_{mc}	K_d	K_v	K_{sm}	K_L
1	0,80	1,00	0,90	0,8	0,58
2	1,00	1,00	0,90	0,8	0,72

No Quadro 5.3 apresentam-se os valores de K_L para cada hidrozona definida de acordo com a estratégia de rega deficitária.

Quadro 5.3 – Valor de K_L para cada hidrozona considerando a estratégia de rega deficitária

Hidrozonas	K_{mc}	K_d	K_v	K_{sm}	K_L
1	0,80	1,00	0,90	0,70	0,50
2	1,00	1,00	0,90	0,70	0,63

5.4 Necessidades de Rega

Após simulação das necessidades hídricas através do WinISAREG com a utilização das estratégias de rega definidas no capítulo 3.5 obteve-se diferentes resultados que se apresentam e discutem neste capítulo.

A utilização da água na rega dos campos de golfe é cada vez mais um assunto que tem merecido atenção. É nesta lógica de preocupação, que este trabalho se desenvolveu. As estratégias de rega do campo de golfe que se apresentam e explicam seguidamente resultam de diversas simulações com o objetivo de poupar água mas mantendo a estética do relvado.

Determinaram-se os valores de rega para a estratégia de rega total (Quadro 5.4). Para a hidrozona I os volumes obtidos foram de 283,5 mm para o ano seco e 364,5 mm para o ano muito seco com valores de dotação de 13,5 mm para os dois anos e intervalos de rega de 5,2 e 3,9 dias respetivamente.

Para a hidrozona II os volumes de rega obtidos foram de 391,5 mm para o ano seco e 486 mm para o ano muito seco. O intervalo de rega para o ano seco foi de 4,1 dias e o ano muito seco foi de 3,1 dias apresentando também a dotação de rega de 13,5 mm para os dois anos.

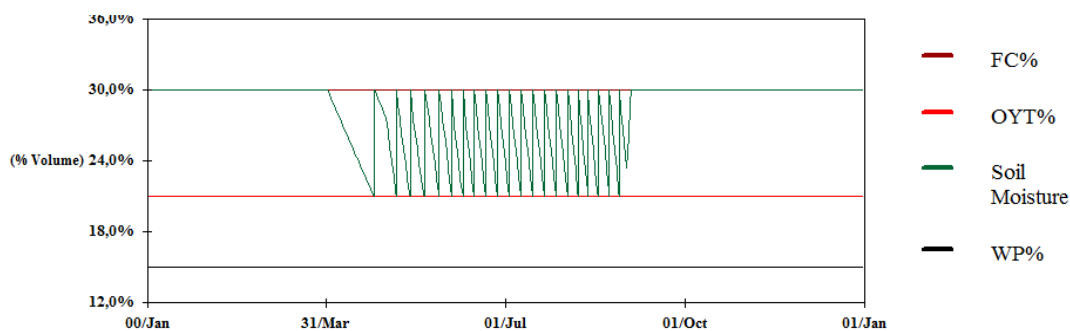


Figura 5.5 - Variação da humidade de água no solo com estratégia de rega total para o ano seco para a hidrozona I.

Quadro 5.4 – Quadro resumo com identificação dos resultados obtidos com a estratégia de rega total (RT)

Ano	Hidrozona	p	K _L	K _y	Estratégia de rega	ET _a /ET _m	Afetação da cultura (%)	Dotação de Rega (mm)	Intervalos entre regas (dias)	Volume de rega anual (mm)
Seco	I	0,6	0,58	1	RT	1	0	13,5	5,2	283,5
				0,6		1	0	13,5	5,2	283,5
	II		1	0		13,5	4,1	391,5		
			0,6	1		0	13,5	4,1	391,5	
Muito seco	I	0,6	0,58	1	RT	1	0	13,5	3,9	364,5
				0,6		1	0	13,5	3,9	364,5
	II		1	0		13,5	3,1	486		
			0,6	1		0	13,5	3,1	486	

p – factor p; K_L – coeficiente de espaço verde; ET_a evapotranspiração atual; ET_m - evapotranspiração máxima

A estratégia de rega deficitária (RD) realizou-se através da definição dos défices a aplicar. A dotação de rega foi fixada nos 10 mm por aproximação da dotação definida pelo programa para a estratégia de rega RT.

Os volumes de rega anuais para o ano seco para a hidrozona I foram respetivamente 220 e 190 mm considerando os défices 20 e 40 %. Os intervalos de rega são de 4,7 e 5,1 dias respetivamente para os défices de 20 e 40 %.

Para a hidrozona II os volumes de rega foram de 310 e 270 mm para os défices 20 e 40 % respetivamente. Os intervalos de rega são respetivamente 3,6 e 3,9 dias conforme os défices apresentados.

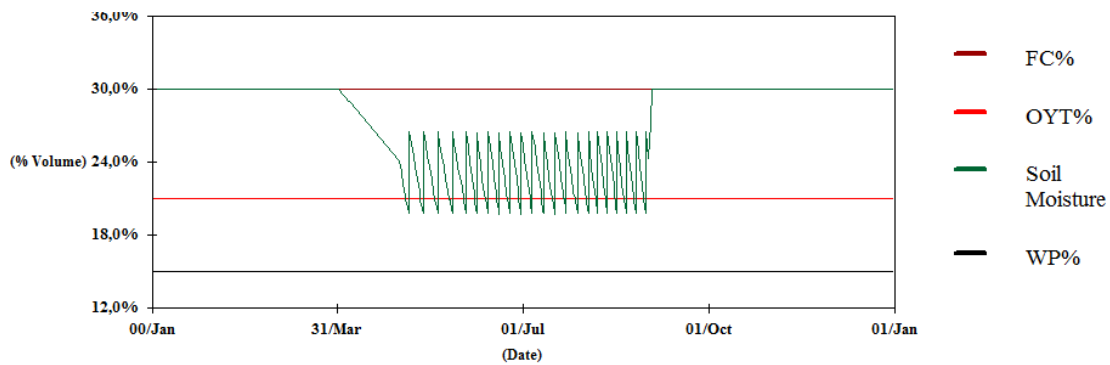


Figura 5.6 – Variação da humidade de água do solo com estratégia de rega deficitária – déficit 20 % para a hidrozona I para o ano seco.

Para o ano muito seco, no caso da hidrozona I os volumes de rega obtidos foram 290 e 260 mm considerando respetivamente os défices 20 e 40 %. Os intervalos de rega são de 3,4 e 3,7 dias para os défices respetivamente apresentados.

No que respeita à hidrozona II os volumes de rega foram de 390 e 350 mm para os défices de 20 e 40%. Os intervalos de rega são 2,7 e 2,9 dias respetivamente conforme os défices referidos.

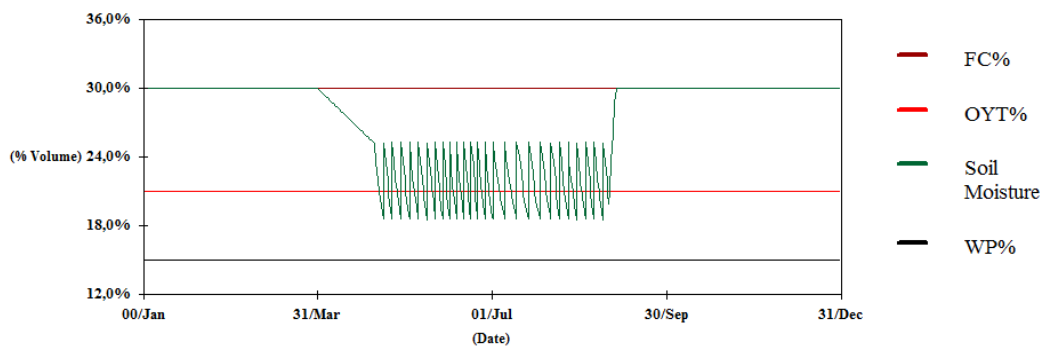


Figura 5.7 –Variação da humidade de água do solo com estratégia de rega deficitária – déficit 40 % para a hidrozona I para o ano muito seco

No que concerne à análise da afetação da cultura para o ano seco e muito seco conforme os défices estudados - análise de sensibilidade, verifica-se que quanto maior o nível de défice praticado maior o impacto na afetação da cultura no que respeita à sua produção. No que concerne à avaliação do volume a aplicar conforme o valor de K_y não ocorre qualquer alteração. No entanto, verifica-se que de acordo com o valor de K_y definido a cultura é afetada de diferente forma (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 – Quadro resumo dos resultados da análise de sensibilidade ao K_y para o ano seco e muito seco

Ano	Hidrozona	K_y	Défice (%)	Afetação cultura (%)	Volume de rega anual (mm)
1964	I	1	20	1,2	220
			40	5,4	190
		0,6	20	0,7	220
			40	3,2	190
	II	1	20	1,4	310
			40	6,1	270
		0,6	20	0,8	310
			40	3,7	270
1973	I	1	20	1,2	290
			40	5,1	260
		0,6	20	0,7	290
			40	3,1	260
	II	1	20	1,4	390
			40	6	350
		0,6	20	0,8	390
			40	3,6	350

Na Figura 5.8 apresenta-se o volume de rega mensal para a estratégia de rega RT para o ano seco. O mês com maior necessidade de água é Agosto e o menor é Abril. A hidrozona II necessita de maiores volumes de rega ao longo dos meses comparando com a hidrozona I. Os volumes variam entre os 13,5 e 81 mm para a hidrozona I e entre os 27 e 108 mm para a hidrozona II.

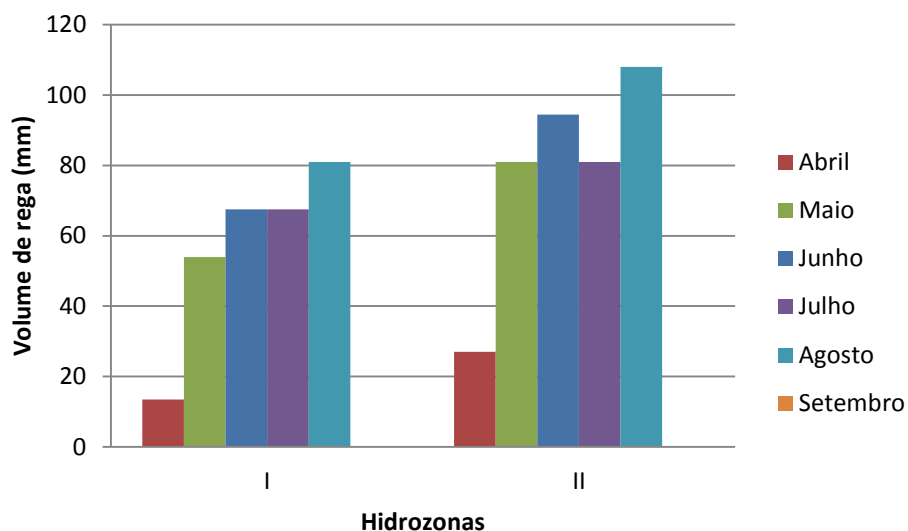


Figura 5.8 – Volumes de rega mensais para o ano seco com estratégia de rega total

Para o ano muito seco, apresentam-se os volumes de rega mensais na Figura 5.9.. Os volumes de rega são maiores na hidrozona II (entre 27 e 135 mm). O mês com maior necessidade de rega é Junho tanto para a hidrozona I (108 mm) como para a hidrozona II (135 mm).

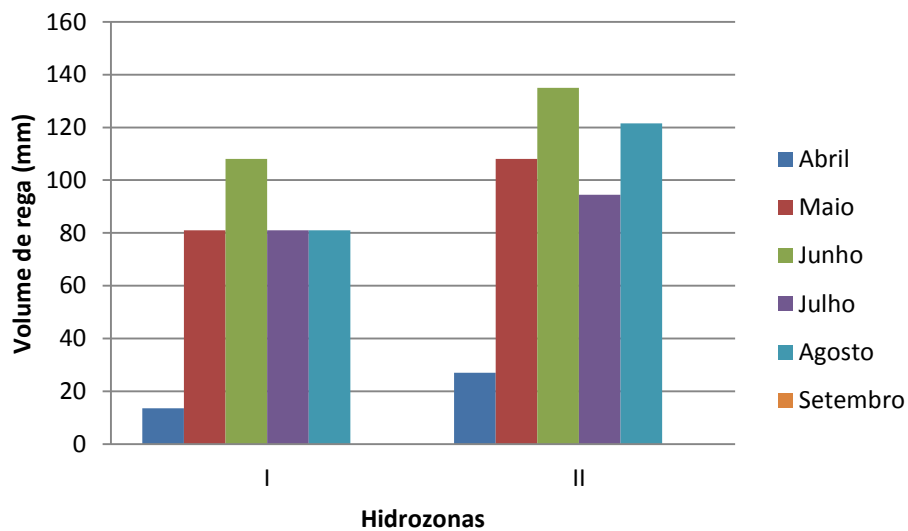


Figura 5.9 – Volumes de rega mensais para o ano muito seco com estratégia de rega total

Com a estratégia de rega RD no ano seco para a hidrozona I e com déficit 20%, apenas é necessário rega nos meses de Maio a Agosto. O mês com maior volume de rega é Agosto (70 mm). Com déficit de 40 %, os meses com necessidade de rega mantêm-se os mesmos variando apenas o volume a aplicar. No caso do mês com maior necessidade de rega, Agosto, o volume a aplicar é de 60 mm. Para a hidrozona II, os meses a regar são desde Abril até Agosto para o déficit de 20 % enquanto que para o déficit de 40 % os meses a regar são desde Maio até Agosto. O mês com maior necessidade de rega é Agosto tanto para o déficit de 20 como 40 % - 90 e 80 mm respetivamente.

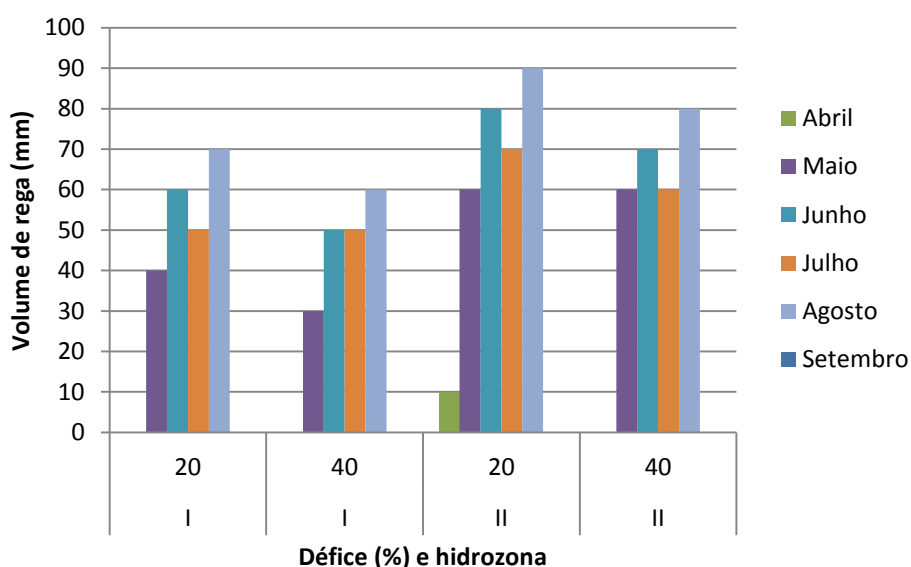


Figura 5.10 – Volumes de rega mensais para o ano seco com estratégia de rega deficitária.

Para o ano muito seco, o mês de Junho é o que apresenta maior necessidade de rega (entre 80 mm para a hidrozona I com déficit de 40 % e 110 mm para a hidrozona II com déficit de 20%). Na hidrozona I, o mês que apresenta menor necessidades de rega é Julho, tanto para o déficit de 20 como de 40 %. Na hidrozona II, os volumes de rega variam entre os 10 mm em Abril e 110 mm em Agosto com déficit de 20 % e variam entre os 70 mm em Julho e os 100 mm em Junho com déficit de 40%.

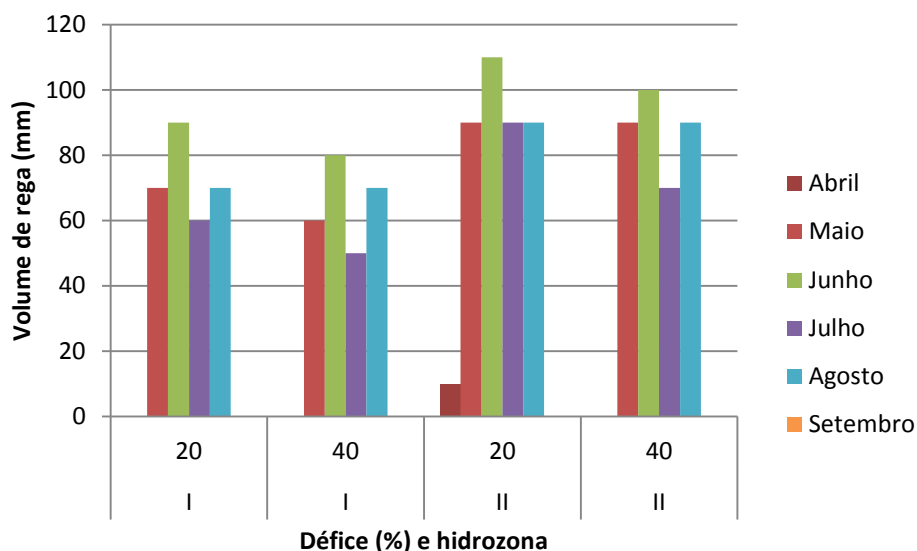


Figura 5.11 – Volumes de rega mensais para o ano muito seco com estratégia de rega deficitária.

Apresenta-se no Quadro 5.6 os resultados obtidos com a estratégia de rega RD.

As variações da poupança de água com a estratégia de rega deficitária estão entre os 21 e 33 % para o ano seco e entre os 20 e 29 % para o ano muito seco. Com défice de humidade de 40 % os valores de poupança de água são mais elevados (Quadro 5.7). No entanto é importante alertar que carece de validação no terreno no que respeita aos impactos causados à cultura com a utilização das várias opções dos teores de humidade apresentados.

Quadro 5.6 – Quadro resumo dos resultados obtidos com as estratégias de rega deficitária (RD)

Ano	Hidrozona	p	K _L	K _y	Défice %	ET _a /ET _m	Afetação da cultura (%)	Dotação de Rega (mm)	Intervalos entre regas (dias)	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Volume de rega anual (mm)		
1964	I	0,6		0,5	1	20	0,99	1,2	10	4,7	0	40	60	50	70	0	220	
						40	0,95	5,4	10	5,1	0	30	50	50	60	0	190	
					0,6	20	0,99	0,7	10	4,7	0	40	60	50	70	0	220	
						40	0,95	3,2	10	5,1	0	30	50	50	60	0	190	
	II			0,63	1	20	0,99	1,4	10	3,6	10	60	80	70	90	90	0	310
						40	0,94	6,1	10	3,9	0	60	70	60	80	0	270	
					0,6	20	0,99	0,8	10	3,6	10	60	80	70	90	0	310	
						40	0,94	3,7	10	3,9	0	60	70	60	80	0	270	
1973	I	0,6		0,5	1	20	0,99	1,2	10	3,4	0	70	90	60	70	0	290	
						40	0,95	5,1	10	3,7	0	60	80	50	70	0	260	
					0,6	20	0,99	0,7	10	3,4	0	70	90	60	70	0	290	
						40	0,95	3,1	10	3,7	0	60	80	50	70	0	260	
	II			0,63	1	20	0,99	1,4	10	2,7	10	90	110	90	90	90	0	390
						40	0,94	6	10	2,9	0	90	100	70	90	0	350	
					0,6	20	0,99	0,8	10	2,7	10	90	110	90	90	0	390	
						40	0,94	3,6	10	2,9	0	90	100	70	90	0	350	

p – factor p; K_L – coeficiente de espaço verde; ET_a evapotranspiração atual; ET_m - evapotranspiração máxima

Quadro 5.7 – Análise da economização de água com adoção da estratégia de rega deficitária (RD)

Ano	Hidrozona	Défice de água (%)	Volume de rega anual (mm) - RT	Volume de rega anual (mm) - RD	Poupança de água (%)
1964	I	20	283,5	220	22,40
	I	40		190	32,98
	II	20	391,5	310	20,82
	II	40		270	31,03
1973	I	20	364,5	290	20,44
	I	40		260	28,67
	II	20	486	390	19,75
	II	40		350	27,98

Após obtenção dos volumes de rega a aplicar consoante a estratégia definida determinou-se o volume de água anual que se poderá economizar com a estratégia de rega deficitária. Verifica-se que o volume economizado é superior na hidrozona II tanto para o ano seco como para o ano muito seco, respetivamente 1215 e 1360 m³/ano. No caso da hidrozona I, os volumes economizados variam entre os 635 e 1045 m³/ano para o ano seco e muito seco, respetivamente. (Quadro 5.8).

Quadro 5.8 – Determinação dos volumes anuais economizados de acordo com a estratégia de rega deficitária para o ano seco e muito seco

Ano	Hidrozona	Défice de água (%)	Volume de rega anual (m ³ /ha) - RT	Volume de rega anual (m ³ /ha) - RD	Volume economizado (m ³ /ha)
1964	I	20	2835	2200	635
	I	40		1900	935
	II	20	3915	3100	815
	II	40		2700	1215
1973	I	20	3645	2900	745
	I	40		2600	1045
	II	20	4860	3900	960
	II	40		3500	1360

6 FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA PARA REGA DO CAMPO DE GOLFE

Atualmente a rega do campo de golfe é realizada através do abastecimento de água a partir de dois reservatórios (lagos) - um para garantir o abastecimento do sistema de rega da zona PA e o outro para a zona PB. A água dos reservatórios é proveniente de 5 furos que asseguram o abastecimento contínuo da água. No entanto, devido às fortes quebras na pluviosidade nos meses de Verão e às necessidades de rega mais elevadas neste período, a água em certos anos é escassa. Assim, efetua-se uma seleção das áreas a regar, tendo como prioritário a rega dos *green* e *tees* em detrimento das outras zonas, incluindo os *fairways*.

Após estudo de possíveis fontes alternativas de água para a rega (e.g. criação de depósitos artificiais; reaproveitamento das águas residuais, entre outros), estudou-se em particular a seguinte:

- Criação de uma Fito-ETAR com vista ao tratamento *in loco* do efluente produzido nas habitações próximas do campo de golfe e resultante do próprio campo de golfe.

A criação de depósitos artificiais como fonte de captação das águas pluviais, dada a localização do campo de golfe, não será possível tal implementação sem causar alterações no campo de golfe ou área envolvente uma vez que não é possível a criação dos depósitos nas infraestruturas atuais. Outro aspeto relevante prende-se com os custos associados: o fornecimento e aplicação de depósitos com capacidade para 30 m³, incluindo todos os acessórios e geotêxteis rondará os 24.000 € (Águas, 2012). Contudo, de uma forma natural o campo de golfe já possui estes depósitos. A água para fornecimento da rega é realizada a partir de lagoas que quando ocorre precipitação acumulam a água. No entanto, são permeáveis o que permite a perda da água caso esta não seja utilizada.

A criação de uma Fito-ETAR permitiria tratar o efluente doméstico resultante das habitações circundantes do campo de golfe – cerca de 60 habitações e o efluente produzido pela própria unidade de apoio ao campo de golfe. Para tal, seria necessário a criação da Fito-ETAR dado que esta instalação permitiria criar um sistema de tratamento eficaz e com um baixo impacto visual.

Dado que o saneamento básico no local já está instalado, apenas se teria de adaptar o circuito de forma a encaminhar o efluente produzido para a Fito-ETAR e posteriormente encaminhar para o circuito de rega. Este processo terá de ser devidamente monitorizado de forma a garantir a qualidade mínima para a água de rega.

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (2009), por cada habitante são consumidos 59 m³/ano de água. Tendo por base este indicador, supondo que cada habitação no campo de golfe tem duas pessoas, o consumo de água rondará os 7.200 m³ de água por ano. Acrescendo a este valor, os valores de consumo dos colaboradores do campo de golfe e visitantes – estima-se uma média de 800 m³, no total poder-se-ia utilizar cerca de 8000 m³/ano de água proveniente da Fito-ETAR.

Os custos previstos para a instalação de uma Fito-ETAR que permita o tratamento do caudal estimado, rondará os 40.000 € - preço chave na mão, ou seja, todo o sistema montado com acompanhamento do pré-arranque (durante o 1.º mês). O custo diminuirá conforme se aumentar o caudal a tratar. O orçamento foi apresentado pelo Gerente da empresa Aquacôa Sistemas Ambientais, S.A. na pessoa do Eng.º Luís Laiginhas. Esta foi uma primeira abordagem realizada à instalação da Fito-ETAR pelo que optando-se pela instalação terá de ser detalhado com maior rigor o caudal a tratar pois tem impacto direto no custo da instalação e na eficiência do sistema.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais se torna necessário adotar práticas ambientais que permitam uma sustentabilidade dos ecossistemas a longo prazo, nomeadamente no que respeita à qualidade do solo, da água e do ar. Esta temática levou ao desenvolvimento deste projeto com aplicação de metodologias que permitam no futuro de uma forma simples determinar as necessidades hídricas de um campo de golfe.

Os campos de golfe tornam-se cada vez mais uma fonte de esgotamento de água pelas suas grandes necessidades de rega. Assim, a realização deste projeto permitiu determinar quais as necessidades de rega para o campo tendo em conta os aspetos agronómicos, ambientais e culturais que permitem de uma forma clara ajudar na tomada de decisão dos vários intervenientes do campo de golfe.

Uma das conclusões retiradas com este projeto prende-se com as diferentes necessidades de rega ao nível do campo, ou seja, as diferentes hidrozonas definidas apresentam diferentes necessidades de rega. No caso da hidrozona I as necessidades de rega são inferiores às necessidades de rega da hidrozona II uma vez que o microclima permite uma menor evaporação de água do solo e menor transpiração por parte das plantas.

Pretendeu-se estudar também as diferentes necessidades de rega com a introdução de rega deficitária. A adoção de técnicas de rega deficitária mostrou-se viável tendo em conta a poupança de água que daí resulta. Os volumes de água poupados apontam para a sua possível adoção face à redução dos custos inerentes ao consumo de água no campo de golfe, levando a poupanças que rondam os 25%. Tal técnica permitirá, assim, não só poupar o recurso água, alvo de uma crescente escassez, como também a redução das respetivas despesas associadas à água de rega (redução da aplicação do volume de água, redução na eletricidade, mão de obra, entre outros aspetos).

No entanto, é necessário avaliar no terreno os efeitos da aplicação da rega deficitária na cultura de forma a avaliar os efeitos benéficos e não benéficos para que se possa optar pela estratégia de rega que mais se adapte à cultura sem que prejudique o nível estético da relva.

A análise de sensibilidade realizada (variação do K_y) permite concluir que este parâmetro tem influência na gestão da rega, nomeadamente na atenção que se deverá ter com a sensibilidade da cultura ao défice de água – a cultura apresenta maiores níveis de afetação quanto maior o K_y .

O presente trabalho apresenta-se como um projeto inicial da avaliação das necessidades hídricas do campo de golfe. Como tal, as principais dificuldades no desenvolvimento do mesmo prenderam-se com a falta de dados climáticos atualizados e mais próximos do local de desenvolvimento do projeto. Assim, propõe-se para uma maior e melhor eficiência na aplicação da metodologia apresentada, a implantação de uma estação meteorológica no campo de golfe de forma a obter resultados mais precisos dos dados climáticos para garantir que o cálculo das necessidades de rega se aproxima o mais possível da realidade do campo de golfe.

A avaliação do sistema de rega permitiu concluir que a uniformidade de rega aplicada no campo de golfe não se enquadra com os resultados esperados. Este será também um fator a ter em conta dado o volume de água que em determinados sítios pode perder-se por percolação ou por escoamento superficial enquanto que noutros locais pode ocorrer seca por falta do volume de rega adequado.

Caso a água utilizada no campo de golfe fosse fornecida pela Câmara Municipal e tendo em conta o custo da água - atualmente o valor de 1,59 €/m³ (consumo mensal superior a 25 m³), a estratégia deficitária definida permitiria poupar em média entre 1009,65 e 2.162,4 €/ha anualmente o que significa que o parâmetro economia *versus* estética é um parâmetro a ter em conta aquando da gestão da rega do campo de golfe.

Uma das fontes alternativas de água propostas para rega seria a instalação da Fito-ETAR no campo de golfe onde permitiria reutilizar cerca de 8.000 m³/ano de água para rega. Esta seria uma mais valia para o campo de golfe pois permitirá colmatar falhas de água em períodos de seca e que garantiria assim a manutenção da estética da relva ao longo de todo o ano em toda a área de jogo. Esta opção afirma-se como uma opção viável devido ao baixo custo apresentado uma vez que se poderá diminuir o mesmo com aumento do caudal a tratar.

Contudo, ter-se-á de analisar *in loco* qual a melhor localização da mesma para garantir o menor impacto ao jogo. No entanto, dada a estrutura da Fito-ETAR esta poderia eventualmente ser enquadrada no terreno de jogo servindo como elemento de decorativo da paisagem.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas, A. M. A, 2012. Estratégias de Gestão para a rega de espaços verdes da zona ribeirinha da cidade de Silves. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre no ramo de Engenharia de recursos hídricos, Universidade do Algarve, 190 p.
- Allen R.G., Wright J.L., Pruitt W.O., Pereira L.S., Jensen M.E., 2007. Water Requirements. In: G.J. Hoffman, R.G. Evans, M.E. Jensen, D.L. Martin, R.L. Elliot (eds.) Design and Operation of Farm Irrigation Systems (2nd Edition), ASABE, St. Joseph, MI, pp. 208-288.
- Allen, R., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evaporation. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage; Paper N° 56. FAO, Roma
- Alonso, J.; Castro, P.; Rey, J.; Machado, S.; Paiva, A.; Silva, S. (2007). SIG Municipais - Diagnóstico e propostas de modelos para SIG municipais, ValimarDigital, ESA-IPVC, 121p.
- Bartier, P. M.; Keller, C. P., 1996. Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). 5p.
- Brito, M., 2008. Condições e recursos naturais: Litologia, pedologia e aptidão do solo. As condições naturais e o território de Ponte de Lima. Edição Município de Ponte de Lima, 35-56.
- Câmara, G. e Medeiros, J. S., 1998. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura. 2. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CPAC. 3-11.
- Carrow, R. N., 2006. Can we maintain turf to customers satisfaction with less water? Agricultural Water Management. Vol. 80 117-131.
- Correia, P. 2009. Planeamento e gestão da água. Manual de boas praticas ambientais para campos de golfe. APA. 75-100.
- Costa, M., Beltrão, J., Brito, J. C., Guerreiro, C., 2011. Turf plant quality response to different water regimes. WSEAS Transactions on Environment and Development. Vol. 7. 167-176.
- Costello, L. R., Matheny, N. P., Clark, J. R., 2000. A Guide to Estimating Irrigation Water needs of Landscape Plantings in California. The Landscape Coefficient Method and Wucols III. University of California Cooperative Extension - California Department of Water Resources. 160 p
- Dhir, Bhupinder, Sharmila, P. and Saradhi, P. Pardha, 2009. Potential of Aquatic Macrophytes for Removing Contaminants from the Environment, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39: 9, 754 – 781.
- Ebert, M., 2009. Orientações para um projeto sustentável. Manual de boas praticas ambientais para campos de golfe. APA. 59-65.
- Ebert, M.; Morais, S., 2009. Conceito de campo de golfe e suas origens. Manual de boas praticas ambientais para campos de golfe. APA. 31-43.

- Evans, R.G., Wu, I., Smajstrala, A.G., 2007. Microirrigation systems In: G.J. Hoffman, R.G. Evans, M.E. Jensen, D.L. Martin, R.L. Elliot (eds.) Design and Operation of Farm Irrigation Systems (2nd Edition), ASABE, St. Joseph, MI, pp. 632-683.
- Felgueiras, C. A., 1999. Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação. Tese de Doutorado, Ministério da ciência e tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Filintas, A. G.; Dioudis, P.; Koutseris, E.; Papadopoulos, A., 2007. Soils nitrates GIS mapping, irrigation water and applied N-fertilier effects in soils nitrogen depletion in a drip irrigated experimental field in thessaly basin. Proc. of the 3rd IASME / WSEAS Int. Conf. on Energy, Environment, Ecosystems and sustainable development, Agios Nikolaos, Greece. 487-492.
- Fortes, P. S.; Platonov, A. E.; Pereira, L. S., 2005. GISAREG-A GIS based irrigation scheduling simulation model to support improved water use. Agricultural Water Management. Vol. 77. 159-179.
- Gregory, I., K.K. Kemp and R. Mostern, 2003. Geographical Information and Historical Research: Current progress and future directions. Humanities and Computing 13:7-22.
- He, Q.; Zhang, Z.; Yi, C., 2008. 3D fluorescence spectral data interpolation by using IDW. 3p.
- Henriques, C. M. B. N, 2009. Necessidades de água e estratégias de rega de campos de golfe. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica – Horticultura e Viticultura, Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, 110 p.
- Irrigation Association, 2010. Turf and Landscape Irrigation Best Management Practices. The Irrigation Association – Water Management Committee. 51 p.
- Jakob, A. A. E., Young, A. F., 2006. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado no Brasil.
- Mailhol J.C., Olufayo A.A. and Ruelle P., (1997). Sorghum and sunflower evapotranspiration and yield from simulated leaf área index. Agricultural Water Management, Vol. 35, Issues 1-2, 1997, pp. 167-182.
- McCoy, E. L.; McCoy, K. R., 2008. Simulation of putting-green soil water dynamics: Implications for turfgrass water use. Agricultural Water Management. doi:10.1016/j.agwat.2008.09.006. 10p.
- Mendes, A. L. M, 2010. FITO-ETAR uma Eco-Tecnologia aplicada ao tratamento de águas residuais. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, 79 p.
- Merriam J. L., Keller, J., 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A guide for Management. Utah.
- Mourão, I., 2008. Condições e recursos naturais: Clima. As condições naturais e o território de Ponte de Lima. Edição Município de Ponte de Lima, 21-33.

- Muñoz, A.S., Muñoz, J. J., S/d. Ayuntamiento de Puertollano Concejalía de Medio Ambiente . 48 p.
- Neves, L. A. C., Cruz, P. J. S., 2001. Introdução à análise probabilística simplificada da segurança estrutural. URL: http://www.civil.uminho.pt/cec/revista/Num12/Pag_65-80.pdf. Consultado em 12 de Agosto de 2009.
- Oliveira, J. M. 2008. Estudo da Influência do Material de Enchimento na Remoção de Matéria Orgânica, Azoto e Sólidos em Leitões de Macrófitas do Tipo ESSH. Lisboa : s.n., 2008. Universidade Nova de Lisboa; Faculdade de Ciências e Tecnologia; Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente.
- Paredes, P.; Pereira, L. S., 2010. Water balance and irrigation scheduling simulation model The WiniSAREG model. 69p.
- Pato, J. H., 2007. O valor da água como bem público. Dissertação para Grau de Doutoramento em Ciências Sociais no Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa. 360 p.
- Pedras, C. M. G., Farrajota, P. I., Valín, M. I., Pereira, L. S. 2010. A Rega nos Espaços Verdes Públicos. Caso de Estudo: Campus de Gambelas, Universidade do Algarve. 10º Congresso da água. APRH. Alvor, Portugal 21 a 24 Março 2010.
- Pereira, L. S., 2004. Necessidades de água e métodos de rega. Publicações Europa-América, Lisboa.
- Pereira, L. S., 2007 a. Necessidades de água e programação da rega: modelação, avanços e tendências. Seminário CYTED-Riegos sobre “Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información”, La Paz, Bolivia, Setembro de 2007. 25 p.
- Pereira, L. S., 2007 b. Uso eficiente da água e métodos de rega. Site disponível: http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/ecuador2007/1_Pereira.pdf. Consultado em 11 de Janeiro de 2012.
- Pereira, L. S.; Cordery, I.; Iacovides, I., 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agricultural water management. Vol 108. 39-51.
- Pereira, L. S.; Paredes, P.; Eholpankulov, E. D.; Inchenkova, O. P.; Teodoro, P. R.; Horst, M. G., 2008. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. Agricultural Water Management. Vol. 96. 723-735.
- Rainbird, 2010. Rega automática de espaços verdes. Catalogo 2009/2010. 158p.
- Ribeiro, A. C., 2010. Rega. Manual de boas práticas em Espaços Verdes. Câmara Municipal de Bragança. 93-102.
- Rodríguez-Díaz, J. A.; Knox, J. W.; Weatherhead, E. K., 2007. Competing demands for irrigation water: golf and agriculture in Spain. Irrigation and drainage. Vol 56. 541-549.
- Rodríguez-Díaz, J. A.; Weatherhead, E. K.; Morillo, J. G.; Knox, J. W., 2011. Benchmarking irrigation water use in golf courses – A case study in Spain. Irrigation and drainage. Vol 60. 381-392.

- Rolim, J., Godinho, P., Sequeira, B., Paredes P., Pereira, L.S., (2007). Assessing the SIMDualKc model for irrigation scheduling simulation in Mediterranean environments. In: N. Lamaddalena, C. Bogliotti, M. Todorovic, A. Scardigno (eds.). Water Conf. CIHEAM/IAMB, Valenzano, Italy, Feb. 14–17, 2007), Options méditerranéennes, Series B, 56(1): 49-61.
- Rolim, J.; Teixeira, J., 2008. IrrigRotation, a time continuous soil water balance model. WSEAS Transactions on Environment and Development. Vol. 4. 577-587.
- Rosa, R. D.; Paredes, P.; Rodrigues, G., C.; Alves, I.; Fernando, R. M.; Pereira, L. S.; Allen, R. G., 2011 a. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. Agricultural Water Management. Vol. 103. 8-24.
- Rosa, R. D.; Paredes, P.; Rodrigues, G., C.; Alves, I.; Fernando, R. M.; Pereira, L. S.; Allen, R. G., 2011 b. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software: 2. Model testing. Agricultural Water Management. Vol.103. 62-77.
- Silva, A. B.; Correia, O.; Pais, M. S.; Silva, J. M.; Terreiro, R., 2009. Condicionantes relativas a relvados. Manual de boas praticas ambientais para campos de golfe. APA. 130-149.
- Smeal, D; O'Neill, M. K.; Arnold, R. N., 2005. Forage production of cool season pasture grasses as related to irrigation. Agricultural Water Management. Vol. 76. 224-236.
- Smith, M., (1998). Manual for CROPWAT. A computer program for IBM_PC or compatibles. Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- Sundaravadivel, M. and Vigneswaran, S., 2001. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment., Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 31: 4, 351 – 409.
- Teixeira, J.L., Pereira, L.S. (1992). ISAREG, an irrigation scheduling model. ICID Bulletin, 41: 29-48.
- Turismo de Portugal, 2007. Plano Estratégico Nacional do Turismo – Para o Desenvolvimento do Turismo em Porugal. 137 p.
- Valín, M. I., Pedras, C. M. G, Pereira, L.S., 2009. Estudio Preliminar del Riego en Zonas Verdes. V Congreso Nacional II Congreso Ibérico Agroingeniería 2009. Lugo - 28 a 30 de Setembro de 2009.
- Valín, M.I, Castro, R., Pedras C.M.G., Pereira L.S., 2011. Uso del agua en espacios verdes: cálculo y evaluación de estrategias de riego. In: VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Fevereiro, 2011, Talavera de la Reina, Espanha.
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J., Veldkamp, A., 2004. Propriedades de mudança no uso da modelação do terreno: práticas correntes e de investigação. Geo Journal.
- Wang, L.; Qiu, G. Y.; Zhang, X.; Chen, S., 2005. Application of a new method to evaluate crop water stress index. Irrigation Science. Vol. 24. 49-54.
- Weather Reach, 2004. Landscape water management. Irrisoft, Inc. 73 p.

Sites consultados:

- Aggie Horticulture, S/d. Water management on turfgrasses. Site disponível:
<http://aggie-horticulture.tamu.edu/archives/parsons/turf/publications/water.html>.
Consultado em 12 de Outubro de 2011.
- Aquagri, 2007. A gestão da água da rega. Site disponível:
http://www.aquagri.com/servicos/reg_a_golfe.htm (ultima atualização Outubro de 2007). Consultado em 25 julho de 2012.
- Axis Golfe Ponte de Lima, 2011. Campo de Golfe. Site Disponível:
<http://www.axishoteis.com/pt/Axis-Golfe-Ponte-Lima/Golfe-Axis/Campo-Golfe.aspx>. Consultado em 28 de Dezembro de 2011.
- Câmara Municipal de Lisboa, 2012. Site disponível: http://lisboaverde.cm-lisboa.pt/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2Ffito16.gif&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose%28%29%3B%22%3E%20%7C%20%3C%2Fa%3E&md5=bd600bcacbccdb21b271aac6864df219. Consultado em 20 de Julho de 2012.
- Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2012. Site disponível:
https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:oaYnnfKXV9gJ:www.cm-pontedelima.pt/pdf/taxas.licencas/Tarifario_Agua_Saneamento_2012.pdf+pre%3A%20de+%3A%20gua+ponte+de+lima&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEEShBwG9-uC_zm46TAQIUKXjqG-wlWax34I9EOh-XAtxkNXOLgHI9qrCJcNGMt2o43OFKS4S2YuMukxdVfMkOZii0Ent7Ja8hVosK2L6HtMDcGoIh7_-IBUVEItTwVMnZ7r8XCalq&sig=AHIEtbQ5NhLuVupeBxTKteGdaJ1PTzs00g. Consultado em 24 de Junho de 2012.
- Rainbird. Site disponível: <http://www.rainbird.pt/>. Consultado em 28 de Dezembro de 2011.
- Turismo de Portugal. Site disponível:
http://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=8&sqi=2&ved=0CF0QFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.turismodeportugal.pt%2FPortugu%25C3%25AAs%2FAreasAtividade%2FProdutoseDestinos%2FDocuments%2FDoc2_CaracterizacaoGolfePortugal.pdf&ei=EIo_UNmpGuTF0QX_34HYDQ&usg=AFQjCNHZetjsxYAszvkvOuMHosS3aOwPAA&sig2=8AoZxT7fRr93Bur_pQzY6g. Consultado em 29 de Junho de 2012.

ANEXOS

ANEXO I - ANÁLISES DE SOLO



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F3 P.B. Campo Golfe (15cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	219/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H2O)	4,7	Ácido
M.Org. (%)	5,3	Alto
P2O5 (ug.g-1)	12	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	118	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	218	
Mg (ug.g-1)	62	Muito Alto
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Niquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F3 P.B. Campo Golfe (30cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	220/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	4,5	Muito Ácido
M.Org. (%)	6,0	Alto
P2O ₅ (ug.g-1)	13	Muito Baixo
K ₂ O (ug.g-1)	76	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH ₄ (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	184	
Mg (ug.g-1)	58	Muito Alto
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O₅: Método colorimétrico

K₂O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F8 P.B. C.Golfe (15 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	221/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	4,7	Ácido
M.Org. (%)	4,3	Alto
P2O ₅ (ug.g-1)	6	Muito Baixo
K ₂ O (ug.g-1)	100	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH ₄ (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	128	
Mg (ug.g-1)	46	Médio
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O₅: Método colorimétrico

K₂O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Data entrega

Contribuinte nº

Custo

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F8 P.B. C.Golfe (30 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	222/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	4,8	Ácido
M.Org. (%)	3,5	Médio
P2O5 (ug.g-1)	2	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	73	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	130	
Mg (ug.g-1)	43	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F12 P.A. C. Golfe (15 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	223/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H2O)	4,5	Muito Ácido
M.Org. (%)	5,3	Alto
P2O5 (ug.g-1)	4	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	135	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	159	
Mg (ug.g-1)	51	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug,g-1)		
Cádmio (ug,g-1)		
Crómio (ug,g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F12 P.A. C. Golfe (30 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	224/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	4,5	Muito Ácido
M.Org. (%)	3,8	Médio
P2O5 (ug.g-1)	2	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	97	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	117	
Mg (ug.g-1)	43	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F13 P.A. C.Golfe (15 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	225/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	6,1	Pouco Ácido
M.Org. (%)	2,7	Médio
P ₂ O ₅ (ug.g-1)	65	Médio
K ₂ O (ug.g-1)	142	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH ₄ (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	23	
Mg (ug.g-1)	76	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P₂O₅: Método colorimétrico

K₂O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F13 P.A. C.Golfe (30 cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	226/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H ₂ O)	6,0	Pouco Ácido
M.Org. (%)	3,2	Médio
P ₂ O ₅ (ug.g-1)	41	Baixo
K ₂ O (ug.g-1)	153	Alto

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH ₄ (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	53	
Mg (ug.g-1)	77	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P₂O₅: Método colorimétrico

K₂O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H₂O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F16 P.A. Zona Ensaio (15 C)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	227/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Medianamente Pesada	
pH (H2O)	4,6	Ácido
M.Org. (%)	4,0	Médio
P2O5 (ug.g-1)	6	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	96	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	128	
Mg (ug.g-1)	47	Médio
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F16 P.A. Zona Ensaio (30 C)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	228/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Medianamente Pesada	
pH (H2O)	4,4	Muito Ácido
M.Org. (%)	3,1	Médio
P2O5 (ug.g-1)	2	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	102	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	155	
Mg (ug.g-1)	94	Médio
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F16 P.A. C.Golfe (15 Cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	229/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H2O)	4,9	Ácido
M.Org. (%)	7,1	Muito Alto
P2O5 (ug.g-1)	9	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	60	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	565	
Mg (ug.g-1)	76	Baixo
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt



Laboratório de Solos

INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO

Escola Superior Agrária

Serviços Analíticos



FICHA INFORMATIVA DE AMOSTRA DE TERRA

Informação Sobre a Origem da Amostra de Terra

Data de Colheita	
Referência	F16 P.A. C.Golfe (30 Cm)
Propriedade	Pedro Lima
Lugar	
Freguesia	
Concelho	
Profundidade (cm)	
Cultura a realizar	
Produção esperada	
Área do campo:	
Última Cultura	

Informação do Laboratório

Data de Recepção	30-12-2011
nº Laboratório	230/2011

Análise	Resultado	Observação
Textura	Mediana	
pH (H2O)	5,0	Ácido
M.Org. (%)	7,9	Muito Alto
P2O5 (ug.g-1)	3	Muito Baixo
K2O (ug.g-1)	71	Médio

B (ug.g-1)		
Cond.Eléct.(mS.cm-1)		
% N Total		
N(min)ug.g-1		
N.NH4 (ug.g-1)		
Ca (ug.g-1)	447	
Mg (ug.g-1)	76	Alto
Na (ug.g-1)		
Cu (ug.g-1)		
Zn (ug.g-1)		
Fe (ug.g-1)		

Bases de troca

Níquel (ug.g-1)		
Cádmio (ug.g-1)		
Crómio (ug.g-1)		

Textura: Método Manual

pH: Extracto em água

Matéria orgânica: Colorimétrico

P2O5: Método colorimétrico

K2O: Fotometria de chama

% N Total : Kjeldahl

Ca e Mg: Extrato em acetato de amónio e Absorção atómica

Azoto Mineral (Nmin)ppm: Extracto H2O 1/5 e electrodo de iões selectivo

Telefone

Contribuinte nº

Custo

Data entrega

O responsável

4990-712 Refóios do Lima - PONTE DE LIMA - tel 258909740 - fax 258909779 - Emai: esapl@esa.ipvc.pt