

Pedro Ricardo dos Santos Luiz

**Avaliação da aplicação de diferentes
wetting agents em relvados**



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2023

Pedro Ricardo dos Santos Luiz

Avaliação da aplicação de diferentes *wetting agents* em relvados

Mestrado em Hortofruticultura

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Carlos Alberto Correia Guerrero



Universidade do Algarve

Faculdade de Ciências e Tecnologia

2023

Avaliação da aplicação de diferentes *wetting agents* em relvados

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Pedro Luiz

Copyright © Pedro Ricardo dos Santos Luiz 2023

“A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos”

Agradecimentos

Um grande obrigado ao meu orientador Carlos Guerrero, tanto pelo convite para a realização deste ensaio, como por toda ajuda, paciência, orientação e incentivo dado durante a realização da dissertação. Fico-lhe eternamente agradecido pelas portas que este ensaio me abriu.

À Amega Sciences pelo financiamento do ensaio e pela possibilidade de participar neste trabalho.

À administração do campo de golfe de Vale do Lobo pela cedência do *green* para a realização do trabalho e material fornecido.

Aos *greenkeepers* Inácio Coelho, Luís Rebelo e Joaquim Fernandes pela incansável ajuda e disponibilidade durante todo o período do ensaio. Assim como a todos os trabalhadores do campo de golfe de Vale de Lobo.

À minha namorada Ana por estar constantemente a incentivar-me e apoiar-me para terminar a tese.

Ao meu pais, por tudo o que fizeram para que nunca me faltasse nada até aos dias de hoje.

À minha família e amigos, que sempre me acompanharam e me motivaram.

No fundo, um obrigado a todos aos que contribuíram para a conclusão desta etapa tão importante da minha vida!

Em memória da minha sogra,
as memórias ficam
e as saudades também!
Olhe por nós! Que eu olho pela sua filha.

Resumo

A aplicação de *wetting agents* (WA) nos *greens* dos campos de golfe é feita com a intenção de diminuir a hidrofobicidade do solo. Porém, os efeitos são diversos e afetados por vários fatores, tais como as práticas culturais realizadas e pelas condições climáticas. De forma a se perceber os efeitos da aplicação de WA realizou-se um estudo de campo onde foram avaliados, com recurso a metodologias de deteção de proximidade e remota, o teor de humidade do solo, a condutividade elétrica (CE) do solo, a firmeza do *green*, a cor e qualidade do relvado, a dispersão do orvalho e a taxa de infiltração da água. Foram avaliados seis WA em oito tratamentos num *green* com *Agrostis stolonifera*, num campo de golfe no Algarve. Um dos WA foi sujeito a duas frequências de aplicação e um tratamento não teve aplicação de WA. Em agosto promoveu-se um stress hídrico para avaliar o efeito dos WA. Simultaneamente foi aplicado um questionário aos *greenkeepers* portugueses para avaliar o grau de utilização e o conhecimento sobre os WA. Os resultados mostraram que o teor de humidade do solo variou em função da profundidade e do produto utilizado. Dois WA aumentaram ligeiramente a CE (TS e TS*56d). Observou-se que alguns WA são efetivos na dispersão do orvalho durante um período de uma semana. A cor, a firmeza e a qualidade do relvado não foram afetados pela aplicação dos WA. A taxa de infiltração não apresentou diferenças significativas, porém em agosto foi notório o efeito dos tratamentos TS, TS*56d e Q em re-humedecerem o solo. O resultado do questionário demonstrou que os *greenkeepers* conhecem e valorizam os efeitos dos WA. Ainda que todos os inqueridos aplicam WA e monitorizam os efeitos dos WA, a qualidade e quantidade de técnicas de monitorização dos efeitos produzidos pelos WA pode ser melhorada.

Palavras-Chave: dispersão de orvalho, firmeza, *greens*, hidrofobicidade, NDVI, teor de humidade do solo

Abstract

The application of wetting agents (WA) on the greens of golf courses is done with the purpose to reduce soil hydrophobicity. However, the effects are diverse and affected by several factors, such as the cultural practices carried out and the climatic conditions. To understand the effects of the application of WA, a field study, using proximity and remote detection methodologies, was carried out to evaluate the soil water content, the electrical conductivity (EC) of the soil, the firmness of the *green*, the color and quality of the lawn, the dew dispersion, and the water infiltration rate. Six WA were evaluated in eight treatments on a *green* with *Agrostis stolonifera*, on a golf course in the Algarve. One of the WA was subject to two application frequencies and one treatment had no WA application. In August, a water stress was performed to evaluate the effect of WA. Simultaneously, a questionnaire was applied to Portuguese *greenkeepers* to assess the degree of use and knowledge of WA. The results showed that the soil water content varied depending on the depth and the product used. Two WA slightly increased EC (TS and TS*56d). It was observed that some WA are effective in dispersing the dew over a period of one week. The color, firmness and quality of the turf were not affected by the application of WA. The infiltration rate did not present significant differences, but in August the effect of the TS, TS*56d and Q treatments in re-wetting the soil was notorious. The result of the questionnaire showed that *greenkeepers* know and value the effects of WA. Although all respondents apply WA and monitor the effects of WA, however, the quality and quantity of techniques for monitoring the effects produced by WA can be improved.

Keywords: dew dispersion, firmness, greens, hydrophobicity, NDVI, soil water content

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivos.....	2
2	Revisão Bibliográfica.....	3
3	Material e Métodos.....	13
3.1	Ensaio de Campo.....	13
3.1.1	Localização do ensaio.....	13
3.1.2	Caracterização climática do local.....	14
3.1.3	Dados meteorológicos do ano do ensaio.....	15
3.1.4	Wetting Agents usados.....	15
3.1.5	Delineamento Experimental.....	16
3.1.6	Aplicação dos Wetting Agents.....	18
3.1.7	Parâmetros avaliados.....	19
3.1.8	Rega.....	21
3.1.9	Operações de Manutenção.....	22
3.2	Questionário aplicado aos responsáveis pela manutenção dos campos de golfe 24	
3.3	Tratamento Estatístico.....	25
3.3.1	Ensaio de campo.....	25
3.3.2	Questionário aplicado aos <i>greenkeepers</i>	25
4	Resultados e discussão.....	27
4.1	Humidade do solo.....	27
4.1.1	Profundidade até 7,5 cm.....	27
4.1.2	Profundidade até 12 cm.....	34
4.2	Condutividade elétrica.....	41
4.2.1	Profundidade até 7,5 cm.....	41
4.3	Firmeza do relvado.....	43

4.4	Cor da relva.....	45
4.5	Infiltração.....	47
4.6	Normalized Difference Vegetation Index.....	49
4.7	Dispersão de orvalho	52
4.8	Consulta sobre a utilização de <i>wetting agent</i> pelos <i>greenkeepers</i>	57
4.8.1	Programa de aplicação de WA	58
4.8.2	Frequência de aplicação de WA	60
4.8.3	Uso de diferentes WA.....	60
4.8.4	Wetting Agent utilizados	65
4.8.5	Importância dos efeitos dos Wetting Agents.....	66
4.8.6	Efeitos obtidos da aplicação de WA em campo	70
4.8.7	Técnicas de monitorização utilizadas	72
4.8.8	Despesas com WA nos <i>greens</i>	74
5	Conclusões e sugestões para ensaios futuros.....	76
5.1	Conclusões	76
5.2	Sugestões para ensaios futuros	78
6	Bibliografia.....	79
7	Anexos.....	85

Índice de Figuras

Figura 2.1. Perfil de um green construído segundo as regras USGA. Adaptado de USGA (2018b)	4
Figura 2.2. Exemplificação da criação de uma zona hidrofóbica. Adaptado de: Karnok et al. (2004).....	7
Figura 2.3. Exemplificação do resultado da aplicação do wetting agent num solo hidrofóbico. Adaptado de: Stacey (2018).....	9
Figura 2.4. Efeito da aplicação do wetting agent numa zona hidrofóbica do solo. Adaptado de: Karnok et al. (2004).....	9
Figura 3.1. A) Localização do antigo green 8 do Ocean Golf Course em Vale do Lobo; B) Aspeto geral do green	13
Figura 3.2. A) Marcação dos talhões; B) Processo de marcação dos talhões finalizados, iniciou-se a remoção das cordas auxiliares da marcação	17
Figura 3.3. Distribuição do WA a aplicar em cada talhão.....	17
Figura 3.4. A) Medição da humidade do solo com o auxílio de uma sonda TDR; B) Medição da infiltração da água do solo; C) Registo da cor da relva, através da escala de cores; D) Levantamento do drone para a recolha de imagens nas diferentes bandas.....	21
Figura 4.1. A) NDVI a 13 de agosto; B) NDVI a 19 de agosto; A) NDVI a 3 de setembro	50
Figura 4.2. A) SI* a 10 de julho; B) SI* a 10 de outubro.....	54
Figura 4.3. SI* a 9 de setembro	55

Índice de Gráficos

Gráfico 3.1. Normal climática da temperatura do ar, Faro. Fonte: IPMA, 2023a.....	14
Gráfico 3.2. Normal climática da precipitação, Faro. Fonte: IPMA, 2023b	14
Gráfico 3.3- Evolução da temperatura e da humidade do ar junto ao antigo green 8 do Ocean Golf Course	15
Gráfico 4.1. Variação do teor de humidade do solo a 7,5 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$;*** = $p < 0,001$).....	27
Gráfico 4.2. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 14 a 21 de maio (* = $p < 0,05$).....	28
Gráfico 4.3. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 28 de maio a 4 junho (* = $p < 0,05$).....	29
Gráfico 4.4. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 11 a 18 de junho (* = $p < 0,05$).....	30
Gráfico 4.5. Diferenças na humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 25 de junho a 2 julho (* = $p < 0,05$)	30
Gráfico 4.6. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 9 a 16 de julho (* = $p < 0,05$).....	31
Gráfico 4.7. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante as semanas de 31 de agosto a 3 de setembro (* = $p < 0,05$).....	32
Gráfico 4.8. Variação do teor da humidade do solo a 12 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$)	34
Gráfico 4.9. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 28 de maio a 4 de junho (* = $p < 0,05$).....	35
Gráfico 4.10. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 11 a 18 de junho (* = $p < 0,05$).....	36
Gráfico 4.11. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 25 junho a 2 de julho (* = $p < 0,05$).....	36
Gráfico 4.12. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 23 junho a 30 de julho (* = $p < 0,05$).....	37
Gráfico 4.13. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 22 a 28 de outubro (* = $p < 0,05$)	38
Gráfico 4.14. Variação da CE da solução do solo a 7,5 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$)	41

Gráfico 4.15. Diferença no valor da condutividade elétrica solo a 7,5 cm, entre o TS*56d e restantes tratamentos, de 14 de maio a 16 de julho (* = $p < 0,05$)	42
Gráfico 4.16. Diferença no valor da condutividade elétrica solo a 7,5 cm, entre o TS e os restantes tratamentos, de 14 de maio a 16 de julho (* = $p < 0,05$)	42
Gráfico 4.17. Variação da firmeza do relvado do green, durante o período de ensaio - valores mais altos revelam um green mais firme	43
Gráfico 4.18. Valor médio da cor por tratamento, no período do ensaio. Cada cor possui um número, 1 = relva de baixa qualidade e 8 = relva de excelente qualidade	45
Gráfico 4.19. Velocidade da água a infiltrar-se no solo, na segunda semana após a aplicação mensal da aplicação dos wetting agents	47
Gráfico 4.20. Variação do NDVI, ao longo do período do ensaio. Valores perto de 1, simbolizam vegetação verde densa, já valor próximo de 0 indica que não existe vegetação ou é muito pouco densa e/ou está clorótica	49
Gráfico 4.21. Distribuição geográfica dos campos de golfe representados pelos greenkeepers inquiridos	57
Gráfico 4.22. A) Início do programa de aplicação de WA no Algarve; B) Conclusão do programa de aplicação de WA no Algarve.....	58
Gráfico 4.23. A) Início do programa de aplicação de WA nas restantes regiões do país; B) Conclusão do programa de aplicação de WA nas restantes regiões do país	59
Gráfico 4.24. Frequência de aplicação de WA no Algarve e nas restantes áreas do país	60
Gráfico 4.25. A) Percentagem dos greenkeepers que recorrem a somente um ou a diferentes WA nos campos de golfe do Algarve; B) Razões para a utilização de diferentes WA nos campos de golfe do Algarve	61
Gráfico 4.26. Frequência relativa das áreas onde se aplica WA nos campos de golfe da região do Algarve	62
Gráfico 4.27. A) Percentagem dos greenkeepers que recorrem a somente um ou a mais do que um WA nos campos de golfe das restantes regiões do país; B) Razões para a utilização de diferentes WA nos campos de golfe das restantes regiões do país	63
Gráfico 4.28. Percentagem relativa das áreas onde se aplica WA nos campos de golfe das restantes regiões do país	64
Gráfico 4.29. WA utilizados pelos <i>greenkeepers</i> na região do Algarve e nas restantes regiões do país	65

Gráfico 4.30. Importância dada pelos greenkeepers da região do Algarve aos diferentes efeitos dos WA	66
Gráfico 4.31. Outros efeitos conhecidos dos WA pelos greenkeepers do Algarve.....	67
Gráfico 4.32. Importância dada pelos greenkeepers das restantes regiões do país aos diferentes efeitos dos WA.....	69
Gráfico 4.33. Outros efeitos conhecidos dos WA pelos greenkeepers das restantes regiões do país.....	70
Gráfico 4.34. A) Principais efeitos obtidos da aplicação de WA nos campos de golfe do Algarve; B) Principais efeitos obtidos da aplicação de WA nos campos de golfe das restantes regiões do país	71
Gráfico 4.35. Classes das despesas em WA nos greens por campos de golfe no Algarve e nas restantes regiões do país	75

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Divisão das estratégias de mitigação usadas em campos de golfe	8
Tabela 3.1- WA utilizados nos ensaios e a sua substância ativa	16
Tabela 3.2- Concentração recomendada pelo fabricante para a aplicação dos WA.....	16
Tabela 3.3. Quantidades necessárias de WA e de água, para a criação da solução, a aplicar em cada talhão	18
Tabela 3.4. Datas da aplicação dos WA	19
Tabela 4.1. Avaliação da dispersão do orvalho, pelo cálculo $\sqrt{(\text{Blue}+\text{Red})}$. Valores elevados representam a presença de orvalho, valores mais baixos simbolizam a dispersão do orvalho	52
Tabela 4.2. Técnicas de monitorização utilizadas pelos greenkeepers no Algarve.....	72
Tabela 4.3. Técnicas de monitorização utilizadas pelos greenkeepers das restantes regiões do país.....	74

Abreviaturas

ANOVA – Análise de variância

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CE – Condutividade Elétrica

DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

ET - Evapotranspiração

EUA – Estados Unidos da América

FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations

FPG – Federação Portuguesa de golfe

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LDS – Localized dry Spots

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

PTM - Precision turfgrass management

SI – Salinity Index

TDR - Time Domain Reflectometry

USGA - United States Golf Association

WDPT - Water Drop Penetration Time

WA – Wetting Agent

1 Introdução

O golfe chegou a Portugal em 1890 através de uma colónia inglesa situada no Porto, que criou o Oporto Niblicks Club (Castanho, 2014). Daí em diante o número de campos de golfe cresceu, existindo, nos dias de hoje, um total de 90 campos de golfe no nosso país (Almeida & Velosa, 2021).

Atualmente, o golfe assume grande importância na economia turística nacional (Almeida & Velosa, 2021). Estima-se que em 2018, o golfe possa ter gerado um impacto direto e indireto na criação de riqueza na economia nacional, de 1,9 mil milhões de euros e na criação/manutenção de aproximadamente 16600 postos de trabalho (Federação Portuguesa do Golfe, 2020). A região do país que mais contribui para este impacto é o Algarve, contribuindo para a receita turística gerada anualmente com mais de 500 M€, trazendo à região mais de 350 mil turistas, muitos deles na época baixa (Federação Portuguesa do Golfe, 2020).

Além dos impactos económicos, os campos de golfe também causam um impacto positivo no ambiente, pois ocupam vastas áreas que permite a conservação da vida de muitos animais, restaurar áreas degradadas e melhorar a qualidade do ar (Sewell, 2019).

Para todo este sucesso é necessário que o campo de golfe se encontre em perfeitas condições, particularmente, o *green*. A qualidade do *green* é vista como o fator que os jogadores mais importância dão dentro de um campo de golfe (Syngenta, 2014). Esta qualidade é obtida através de uma manutenção bem planeada.

Contudo, existem problemas que dificultam a obtenção de um relvado de excelência, um deles é a repelência da água no solo. Este é um problema comum em *greens* que possuem uma zona radicular à base de areia (Karnok & Beall, 1995). Quando esta repelência existe, são formadas zonas hidrofóbicas, que resultam numa não adsorção, nem retenção da água do solo. Estas zonas levam a relva a uma situação de stress, conduzindo ao desenvolvimento de manchas secas localizadas, cuja designação em inglês é *localized dry spots* (LDS) (Leinauer *et al.*, 2007). As LDS são manchas secas no relvado, em que a zona radicular se encontra hidrofóbica.

Uma forma de tratar as zonas hidrofóbicas, é através do uso de agentes molhantes, conhecidos vulgarmente por *wetting agents* (WA). Contudo, o efeito dos WA, apresenta

uma grande variabilidade de resultados de região para região, sendo necessário o seu estudo de acordo com as condições edáficas e climáticas locais.

1.1 Objetivos

Um dos objetivos deste trabalho foi o de avaliar diferentes WA comercializados em Portugal, nomeadamente, na região mais importante para o golfe, o Algarve. Através da avaliação dos diferentes WA, conforme as práticas de manutenção normalmente usadas, com o clima típico da região, num *green* construído segundo as regras da USGA, é possível perceber o desempenho dos produtos testados e assim retirar ilações para um uso mais eficiente dos mesmos e entender o que estes produtos podem oferecer aos *greenkeepers*.

Assim, este trabalho teve como principal objetivo avaliar a aplicação de diferentes WA, perante uma situação de rega “normal” e em situação de stress hídrico induzido, em alguns parâmetros, tais como:

- Teor de humidade do solo;
- Velocidade de infiltração da água;
- Qualidade da relva;
- Firmeza do *green*;
- Dispersão do orvalho.

Além do mais, entender a forma como os *greenkeepers* programam as aplicações dos WA; as vantagens que procuram/obtem da aplicação de WA; e a forma como monitorizam o efeito dos WA, são algumas questões para as quais não existe qualquer informação sobre a realidade nacional e para a qual podem ditar o sucesso ou fracasso da utilização dos WA. Desta forma, pretende-se complementar este estudo com o conhecimento da realidade nacional sobre utilização de WA em *greens* nos campos de golfe, através da aplicação de um questionário aos responsáveis pela manutenção de campos de golfe.

2 Revisão Bibliográfica

Num campo de golfe existem diferentes zonas de jogo, sendo estas, os *greens*, *tees*, *fairways* e *roughs*. Cada uma destas zonas tem as suas especificidades e exigências de manutenção.

Pode dizer-se que, de todas as áreas de jogo de um campo de golfe, os *greens* são as mais importantes, apesar de só representarem cerca de 2% do campo de golfe (Witteveen & Bavier, 2012; Schindele & McManus, 2018).

Um *green* corretamente construído, associado a uma boa manutenção, permite a obtenção de um *green* de qualidade (Schindele & McManus, 2018). As regras de construção mais usadas, nos últimos 60 anos, são as da United States Golf Association (USGA) (USGA, 2018b). São regras bastante exigentes e competentes, revistas periodicamente (Nascimento, 2014).

Sucintamente, um *green* deve ser construído segundo as seguintes regras (USGA, 2018b):

- I. Retirar a terra original da zona do *green* até uma profundidade entre os 40 a 50 cm.
- II. A camada drenante deve assentar numa camada de solo compactada e estável para evitar deformações.
- III. Instalação do sistema de drenagem. As valas do sistema de drenagem devem ter um espaçamento de 5 m e serem colocadas em espinha; cada vala deve ter uma largura de 15 cm e 20 cm de profundidade. Os tubos perfurados, que são colocados dentro da vala de drenagem, devem ter um diâmetro mínimo de 100 mm e com uma inclinação constante de 0,5 °. Posteriormente são cobertas por gravilha com características específicas.
 - a. Por vezes, pode ser necessário a instalação de uma camada intermédia, se a gravilha e a zona radicular não satisfizerem os requisitos de construção de *greens* da USGA.
- IV. Instalação de uma camada drenante, de 10 cm, com gravilha.
- V. Construção da zona radicular; esta deve ter 30 cm de espessura e ser composta por 80 a 90% de areia e 10 a 20 % de matéria orgânica. A areia a utilizar tem características muito específicas, de forma geral esta deve ser lavada, dura, de origem siliciosa, com forma sub-angular e pH neutro.

Na construção do *green* é fundamental a utilização de areia de qualidade, pois permite uma rápida drenagem, menos propício à compactação e aumenta o arejamento do solo (Obear *et al.*, 2017). A drenagem ideal de um *green* é de 150 mm/h (USGA, 2018b). A camada de gravilha abaixo da zona radicular, permite criar o princípio do “lençol” freático suspenso, fenómeno que possibilita a retenção de água após a rega (Prettyman & McCoy, 2003), criando uma camada saturada em parte da zona radicular.

Na Figura 2.1, é possível ver um perfil de um *green* construído segundo as regras da USGA.

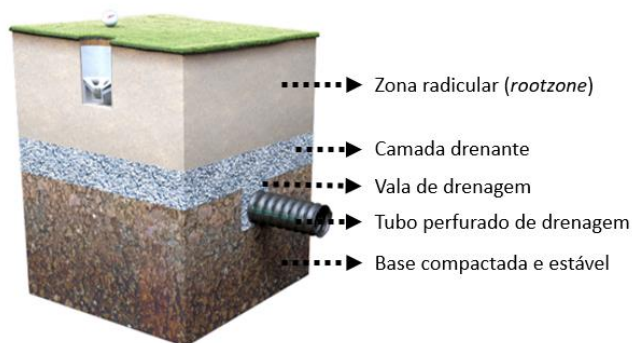


Figura 2.1. Perfil de um *green* construído segundo as regras USGA. Adaptado de USGA (2018b)

Atualmente a *Agrostis stolonifera* é umas das espécies de relvas mais utilizadas em *greens*, em zonas temperadas (Macbryde, 2006). Segundo um questionário, realizado por Almeida & Velosa (2021), as espécies de relvas mais usadas em Portugal nos *greens*, são as de metabolismo C3, nomeadamente a *A. stolonifera*.

A *A. stolonifera* é vulgarmente conhecida por *creeping bentgrass* e pertence à família das *Poaceae*. É uma espécie originária da Europa e encontra-se disseminada por quase todas as regiões de clima frio e temperado, desde há muitos anos. As relvas originárias deste tipo de regiões, possuem um metabolismo de plantas C3. Estas plantas não possuem mecanismos para reduzir a fotorrespiração, pois ao contrário das plantas de metabolismo C4, estas não têm a capacidade de armazenar CO₂ no interior das células, o que permite diminuir a condutância estomática e assim ajudar durante condições de stress hídrico (Leakey *et al.*, 2009).

As principais características que levam à utilização da *A. stolonifera* num *green* é sua elevada resistência a baixos cortes e mesmo assim ser capaz de formar um “tapete” denso de folha fina com elevado valor estético e funcional (Turgeon, 2004).

A nível botânico, a *A. stolonifera* é uma espécie perene, robusta, de rápido crescimento, possui um porte rasteiro a semi-prostado e sua folha é muito fina (Bond *et al.*, 2007). A coloração da folha pode variar entre verde-amarelado a verde-escuro. O comprimento médio do sistema radicular é de 8 a 15 cm (Belchior, 2007). A sua inflorescência é em espiguetas e em Portugal ocorre entre os meses de maio e setembro. A polinização ocorre pela ação do vento (anemófila) (Grime *et al.*, 2007). As sementes são de reduzida dimensão, com 1000 sementes a pesarem entre 0,06 a 0,09 g; a maioria das sementes perde a viabilidade após 18 meses (Bond *et al.*, 2007).

A temperatura ótima de desenvolvimento vegetativo é entre os 15 e 25 °C e para o desenvolvimento das raízes o melhor intervalo de temperatura está compreendido entre os 10 e 18 °C. As temperaturas elevadas são bastante prejudiciais à *A. stolonifera*, sendo que as altas temperaturas do solo são as que causam maiores consequências ao desenvolvimento da planta (Dernoeden, 2012).

Em Portugal, a *A. stolonifera*, tem um desenvolvimento mais acentuado na primavera; já no verão é quando a espécie apresenta maiores problemas de desenvolvimento radicular, podendo ficar com uma cor mais acastanhada e mais suscetível ao tráfego, insetos e doenças (Belchior, 2007).

Esta espécie prefere locais com uma boa exposição solar ao invés de locais sombreados. O ensombramento de um *green*, pode levar a que uma das principais infestantes de um *green*, *annual bluegrass* (*Poa annua*), apresente um desenvolvimento mais rápido. A *P. annua* é fotossinteticamente mais ativa num local sombreado do que a *A. stolonifera*, levando ao rápido desenvolvimento da mesma (Dernoeden, 2012). A *Poa annua* é difícil de eliminar de um *green*, pois independentemente da altura de corte, esta produz um elevado número de sementes. A presença desta espécie no *green*, torna-o mais lento, menos uniforme e altera-lhe a cor, o que diminui a qualidade do mesmo (Belchior, 2007).

A nível dos solos, possui uma grande tolerância a diferentes tipos de solos, com uma textura fina, férteis, com um pH de 5,5 a 6,5 e com boa capacidade de retenção de água (Beard, 1973).

Nos últimos anos, tem sido realizado um trabalho intenso de melhoramento de plantas. As novas variedades procuram ter uma maior resistência ao calor, uma cor mais escura, serem mais resistentes a doenças, mais competitiva contra a *P. annua*, entre outras características (Seed Research of Oregon, 2021).

A manutenção, assume-se como um ponto fulcral para o sucesso de um campo de golfe. É uma tarefa árdua e de grande responsabilidade, requer uma boa organização de trabalho. Manter um campo de golfe com 18 buracos equivale à manutenção, aproximadamente, de 70 campos de futebol (Barden, 2018). Os *greens* são a zona que mais se joga dentro de um campo de golfe, cerca de 40 % das tacadas são dadas dentro do *green* (Witteveen & Bavier, 2012). Devido a ser a zona em que mais se joga num campo de golfe, também é a zona que necessita de uma maior manutenção para apresentar um relvado de maior qualidade.

Por norma os *greens* são cortados 6 a 7 vezes por semana, a uma altura de corte compreendida entre 2,5 e os 4 mm (Barenbrug, 2021). O *green* é cortado de manhã cedo, com o auxílio de máquinas manuais (*walk behind*) e/ou máquinas montadas com três unidades de corte (*triplex*) (Dernoeden, 2012). Nesta operação é necessário que a altura e frequência de corte sejam respeitadas para evitar situações de stresses (Schindele & McManus, 2018).

A rega é fundamental e assume-se como uma prática indispensável no nosso país, normalmente é realizada de madrugada por aspersão, através de *pop-up* rotativos. A dotação da mesma depende da evapotranspiração, da topografia, da profundidade radicular, entre outros fatores. O coeficiente cultural (*Kc*) pode assumir valores entre 0,7 e 1.

Em relação à fertilização do *green*, não existem “receitas” de fertilização perfeitas, sendo que estas têm de ser ponderadas, com base na análise do solo, da água de rega e das folhas. Assim, anualmente, dever-se-á aplicar entre 5 a 20 g/m² de azoto, 10 a 15 g/m² de fósforo e 30 a 50 g/m² de potássio (Barenbrug, 2021).

A nível das principais doenças, em Portugal, que atacam os *greens* que utilizam a *A. stolonifera* são: *brown patch* (*Rhizoctonia solani*); *dollar spot* (*Clarireedia homoeocarpa*); *pink snow mold* (*Microdochium nivale*).

Para o sucesso de uma boa manutenção do *green* é necessário a presença constante do *greenkeeper* e/ou *superintendente* (responsável da manutenção) no campo de golfe para uma detecção e controlo dos possíveis problemas que possam ocorrer, como a compactação, a formação de *black layer* (acumulação de *thatch*), as doenças, o escarpamento, os problemas no sistema de rega, os pontos secos localizados (*localized dry spots* (LDS)), repelência da água no solo, entre outros.

Na comunidade do golfe, a repelência da água no solo é problema comum, principalmente nos *greens* construídos em areia (*greens* tipo USGA) (Wilkinson & Miller, 1978; Zontek & Kostka, 2012). Os solos arenosos são mais propícios a este acontecimento, pois a areia, comparativamente com argila, é uma partícula de grandes dimensões, mas com pequena área de superfície específica (Wallis & Horne, 1992); (Song *et al.*, 2019). É um problema que acaba por ser reconhecido facilmente, quando se encontra num estágio avançado, pois leva à morte da relva, formando os LDS.

A repelência da água no solo é criada devido ao aparecimento de compostos orgânicos hidrofóbicos (zona apolar) revestirem as partículas do solo, como é possível observar na Figura 2.2 (Doerr *et al.*, 2000). Estes compostos orgânicos podem ser provenientes da decomposição de matéria orgânica, da atividade microbiana ou compostos libertados pelas raízes (Leinauer *et al.*, 2007). Wessolek *et al.* (2009) concluiu que a composição da matéria orgânica pode exercer um papel mais importante na formação de solos hidrofóbicos, do que a quantidade existente. Longos períodos de tempo quente e seco são mais propícios à formação de zonas hidrofóbicas no solo (Oostindie *et al.*, 2013).

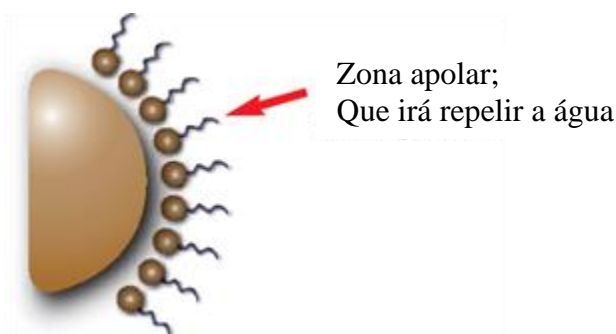


Figura 2.2. Exemplificação da criação de uma zona hidrofóbica. Adaptado de: Karnok *et al.* (2004)

Hallett (2008), propôs a divisão das estratégias de mitigação de solos hidrofóbicos em três grupos: física, química e biológica. Cada estratégia de mitigação pode ter uma abordagem direta ou indireta; uma estratégia de mitigação direta procura reduzir a entrada

de substâncias hidrofóbicas no solo ou aumentar a sua decomposição, os dois efeitos podem ser observados em simultâneo; uma estratégia de mitigação indireta visa a gestão dos solos hidrofóbicos, através do tratamento dos seus sintomas (Müller & Deurer, 2011).

Para a resolução de zonas hidrofóbicas em campos de golfe são utilizadas diferentes estratégias de mitigação, algumas são efeito de práticas comuns realizadas no campo de golfe, outras são efetuadas especificamente para o combate a zonas hidrofóbicas. A Tabela 2.1 mostra as principais práticas de mitigação utilizadas no golfe segundo Bear (2002) divididas por Müller & Deurer (2011).

Tabela 2.1. Divisão das estratégias de mitigação usadas em campos de golfe

Exemplos de Estratégias de mitigação	Divisão das Estratégias
Manutenção da humidade correta do solo	Mitigação Física direta
Operações de aerificação e descompactação	Mitigação Física indireta
Wetting Agents	Mitigação Química indireta

Níveis muito baixo de humidade no solo são propícios à ocorrência de zonas hidrofóbicas; níveis muito altos de humidade no solo, impedem a ocorrência de solos hidrofóbicos (Cisar *et al.*, 2000). Logo a manutenção adequada da humidade no solo, apresenta importantes vantagens, tanto do ponto de vista económico como ambiental, permitindo ainda evitar zonas hidrofóbicas. As operações de aerificação e descompactação (*coring, slicing, hollow coring*) encontram-se inseridas no plano de manutenção dos campos de golfe, com o objetivo de diminuir o *tatch* (manta morta), diminuindo a acumulação de matéria orgânica excessiva, descompactar o solo, que, por conseguinte, permitem uma melhor infiltração da água no perfil do solo (Beard, 2002; Panina, 2010)

O uso de WA é a estratégia mais comum e que melhor resultado apresenta (Bauer, 2017; Shaddox & Unruh, 2020). Em 2013, num inquérito realizado pela USGA nos EUA, 90% dos superintendentes reportaram usar WA no seu programa de manutenção. Em Portugal, o uso de WA, é igualmente uma prática recorrente, e em 2021, 100% dos campos do Algarve inqueridos, revelaram utilizar WA (Almeida & Velosa, 2021).

Os WA são surfactantes, desenhados para conseguir humedecer o solo em zonas hidrofóbicas, garantindo uma humidade uniforme no solo (Zontek & Kostka, 2012). A Figura 2.3 representa o resultado desejado da aplicação de WA.

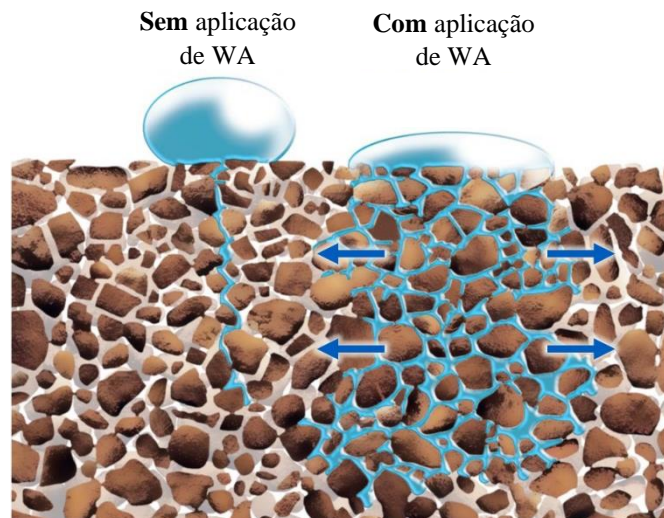


Figura 2.3. Exemplificação do resultado da aplicação do wetting agent num solo hidrofóbico. Adaptado de: Stacey (2018)

O efeito dos WA é alcançado devido a conterem moléculas anfipáticas, ou seja, moléculas que apresentam característica hidrofílicas (polares) e hidrofóbicas (apolares), que possibilitam a formação de ligações entre as áreas hidrofóbicas e as moléculas de água no solo (Song *et al.*, 2019). A Figura 2.4 demonstra o efeito causado pelo WA. As aplicações dos WA têm de ser repetidas, durante o verão, para que o efeito do WA não seja perdido e tenha uma ação preventiva (Chang *et al.*, 2020; Müller & Deurer, 2011).

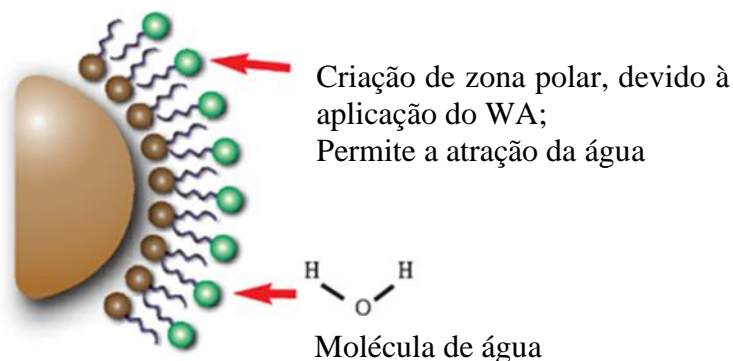


Figura 2.4. Efeito da aplicação do wetting agent numa zona hidrofóbica do solo. Adaptado de: Karnok *et al.* (2004)

Existe uma grande variabilidade de WA no mercado. Para sistematizar a variabilidade de WA, Zontek & Kostka (2012) propuseram um sistema de classificação de WA, baseado na ação e/ou interação de diferentes classes químicas de surfactantes com água e o solo, que se divide em quatro grupos: aniônicos (*Anionic and Blends with Anionics*), não iônicos (*Nonionic Surfactants*), catiónicos (*Cationic Surfactants*) e de nova química (*New*

Chemistries). Os grupos químicos *Anionic* e o *Nonionic* são os mais comuns na produção de WA, contudo o grupo *Nonionic* é mais utilizado (Song, 2017). Na indústria dos WA tem-se verificado um grande desenvolvimento na química dos WA, visando o aumento da eficácia dos produtos, reduzir a toxicidade e diminuir os custos (Müller & Deurer, 2011).

Pode recorrer-se ao uso dos WA para uma ampla gama de finalidades, como melhorar a retenção de água no solo, promover uma distribuição uniforme da água na zona radicular, reduzir a formação de orvalho e a diminuição da incidência de *dollar spot* (Song, 2017).

Tendo em conta algumas finalidades dos WA, como a melhor distribuição e retenção de água, é possível dizer que os WA melhoram a eficiência de utilização da água (Soldar *et al.*, 2010). Este efeito pode ter particular importância no Algarve, devido aos problemas hídricos da região, que com o impacto das alterações climáticas tendem a agravar ((APA & DGADR, 2020).

Contudo o efeito de diferentes WA é muito inconstante, este pode variar conforme as condições ambientais, de manutenção, do nível hidrofóbico dos solos, das taxas de aplicação, da espécie da relva, da formulação química do WA e ainda por outras razões (Panina, 2010; USGA, 2018). Por estas razões, muitos dos estudos para avaliar a eficiência de WA, resultam em conclusões distintas (Song, 2017). Alguns estudos são aqui enunciados, para um melhor entendimento dos resultados obtidos da aplicação de diversos WA:

No estado de Michigan nos EUA, (Laskowski *et al.*, 2018) compararam o efeito de dois WA (Revolution e Aquatrols), na resposta da relva a condições de stress hídrico, encharcamento e de pisoteio. Foi possível concluir que a qualidade da relva melhorou quando se recorria ao uso de WA, quando comparado com o controlo em condições de défice hídrico, excesso de água e em situações de tráfego. Quando existia um excesso de humidade no solo, os talhões tratados com WA, registaram uma diminuição da humidade no solo. Já em situações de stress hídrico os talhões tratados com os WA, registaram um aumento da humidade no solo.

Num outro ensaio realizado com diferentes WA (Revolution, OARS, PBS 150) na universidade de Guelph, no Canadá, os WA conseguiram melhorar a infiltração da água no *green*, no entanto, a nível da qualidade e da cor da relva não existiram diferenças

significativas; já a humidade do solo a 12 cm foi inferior nos talhões tratados com WA durante os períodos mais quentes do ensaio (Lyons *et al.*, 2019).

Noutro estudo realizado num relvado de *creeping bentgrass*, com uma zona radicular constituída por areia, foi possível concluir, através de um ensaio realizado por Thoms *et al.* (2021), na Universidade de Iowa, que os WA testados (TriCure, Revolution, 1Solution, Hydration A-Plus) aumentavam a firmeza do *green* à exceção do Hydration A-Plus. A nível da cor, humidade do solo e percentagem de área coberta do solo, não existiram diferenças.

Num ensaio de campo de dois anos, na Universidade de Missouri, na Columbia, EUA, foi demonstrado que o desempenho dos WA pode variar substancialmente, devido às suas diferenças químicas. Nos dois anos, apesar das condições climáticas terem sido diferentes, WA como Cascade Plus, pHAcid, Oars, Tournamente-Ready, mantiveram um nível de humidade do solo superior em comparação com o controlo, enquanto o Hydro-Wet e Matador não mostraram efeito sobre a retenção de água no solo. A humidade do solo foi negativamente correlacionada com o desenvolvimento de LDS, e positivamente correlacionado com a gravidade do *dollar spot*. À exceção do Tournamente-Ready e do pHAcid, todos os outros WA reduziram a repulsão de água de nível severo para moderado, mostrando a eficácia dos WA na mitigação da hidrofobicidade do solo (Song *et al.*, 2019).

Charles (2014) estudou a influência de 6 WA em diferentes regimes de rega [50 %, 75 % e 100 % da evapotranspiração (ET)] num *green* de *A. stolonifera*. Foi possível perceber que a qualidade e a cor da relva diminuíram significativamente quando a rega foi realizada a menos de 75 % da ET. As parcelas regadas com 50 % da ET tinham mais LDS do que qualquer outras parcelas. Da mesma forma, as parcelas de controlo tiveram mais LDS do que todos os tratamentos com diferentes WA, independentemente da dotação de rega. A nível do teor da humidade do solo, a diferentes profundidades, os WA não afetaram este parâmetro, mas melhoraram a uniformidade da humidade na zona radicular em todas as dotações de rega. Os tratamentos com WA só afetaram a firmeza do *green* quando a rega foi realizada a 50 % da ET, levando à diminuição da mesma.

Shaddox & Unruh (2020), realizaram um ensaio em 2018 em Jay e Ft. Lauderdale, na Flórida, USA. Em Jay o ensaio teve a duração de 6 meses, de junho a novembro e em Ft. Lauderdale, durou um ano, de janeiro a dezembro. Foram testados 7 Wa (Aqua-Aid, Fleet,

Lesco Wet, Hydro-90, Revolution, Symphony, Magnus) em *greens*, em que a espécie de relva utilizada era a '*TifEagle*', uma bermuda híbrida (*Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis*). Foi possível concluir que os WA não aumentaram a firmeza, nem o teor de humidade do solo durante todo o período do ensaio, quer em Jay ou Ft. Lauderdale. Pelo contrário, em Jay, nos meses de outubro e novembro existiu uma diminuição da firmeza do *green* no tratamento Symphony, comparativamente com o controlo. Já em Ft. Lauderdale, o teor de humidade no solo diminuiu com a utilização de alguns WA nos meses de fevereiro, setembro, novembro e dezembro, comparativamente com o controlo.

3 Material e Métodos

Para avaliação dos WA foi realizado um ensaio de campo, num *green* cedido por um campo de golfe da região.

Foi também aplicado um questionário aos responsáveis da manutenção de campos de golfe para avaliação da utilização e da importância dos WA nos programas de manutenção de campos de golfe. Este inquérito foi realizado a nível nacional.

3.1 Ensaio de Campo

3.1.1 Localização do ensaio

O ensaio em campo decorreu num *green*, pertencente ao Ocean Golf Club em Vale do Lobo, Almancil, freguesia de Loulé (37° 3'34.83"N 8° 3'50.18"W). O Ocean Golf Club é composto por dois campos originalmente de 9 buracos, inaugurados em 1968 e 1972, desenhados por Sir Henry Cotton. É um campo do género Parkland, envolvido por uma mancha de pinheiros mansos em terrenos ligeiramente ondulados, que se estende até à costa algarvia.

O *green*, cedido pelos responsáveis do campo de golfe de Vale do Lobo para a realização do ensaio, foi construído segundo as normas USGA e tem uma área de, aproximadamente, 320 m². Encontra-se rodeado por pinheiros mansos a sul, norte e este. A Figura 3.1A e B apresentam a localização e o aspeto geral do *green*. Atualmente é um *green* desativado, do antigo buraco 8, funcionando como viveiro. A espécie utilizada é a *Agrostis stolonifera*, variedade “T-1”, da Jacklin Seeds.



Figura 3.1. A) Localização do antigo *green* 8 do Ocean Golf Course em Vale do Lobo; B) Aspeto geral do *green*

3.1.2 Caracterização climática do local

Segundo a classificação climática de Koppen-Geiger, o local do ensaio tem um clima temperado (Csa), em que os Verões são quentes e secos, e os invernos amenos (Kottek *et al.*, 2006). A normal climática de Faro, realizada com os dados da estação meteorológica do Aeroporto de Faro (37°1'N; 7°58' W), possibilita uma melhor caracterização do clima local.

O Gráfico 3.1, demonstra que nos meses de Verão a temperatura média é entre os 25 e 30 °C; e no Inverno a temperatura média é de 12 e 15 °C.

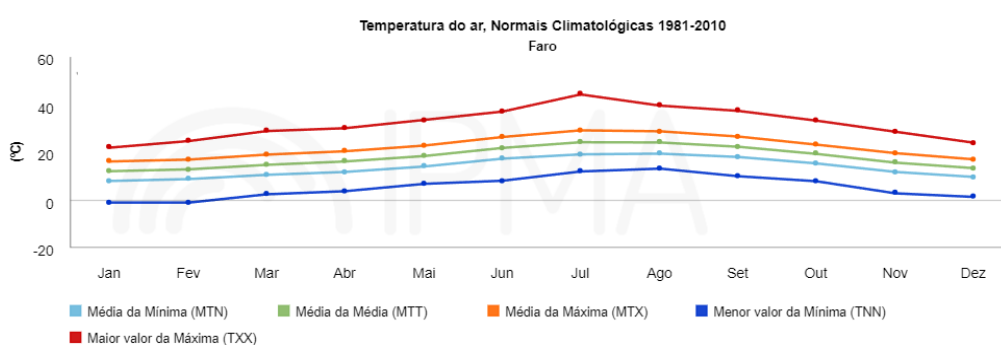


Gráfico 3.1. Normal climática da temperatura do ar, Faro. Fonte: IPMA, 2023a

No Gráfico 3.2 é possível ver a distribuição da precipitação ao longo do ano. Nos meses de Verão a precipitação é praticamente nula; já nos meses de Outono/Inverno é quando se regista maior precipitação.

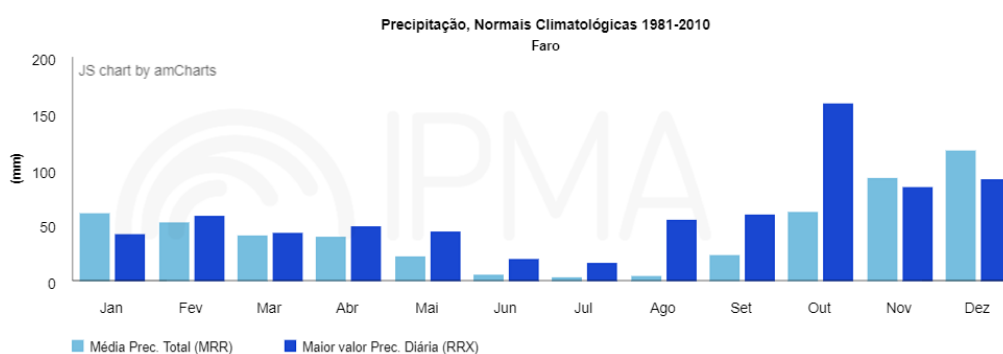


Gráfico 3.2. Normal climática da precipitação, Faro. Fonte: IPMA, 2023b

3.1.3 Dados meteorológicos do ano do ensaio

Os dados meteorológicos do local do ensaio em campo, foram obtidos a partir de uma estação meteorológica pertencente à empresa InfraLobo, que se encontra a, aproximadamente, 200 metros do *green*. Desta forma foi possível ter um registo preciso dos dados climáticos, nomeadamente, da temperatura, da humidade relativa do ar, da precipitação e da evapotranspiração. A evolução da temperatura do ar e da humidade relativa ao longo do ensaio estão apresentadas no Gráfico 3.3.

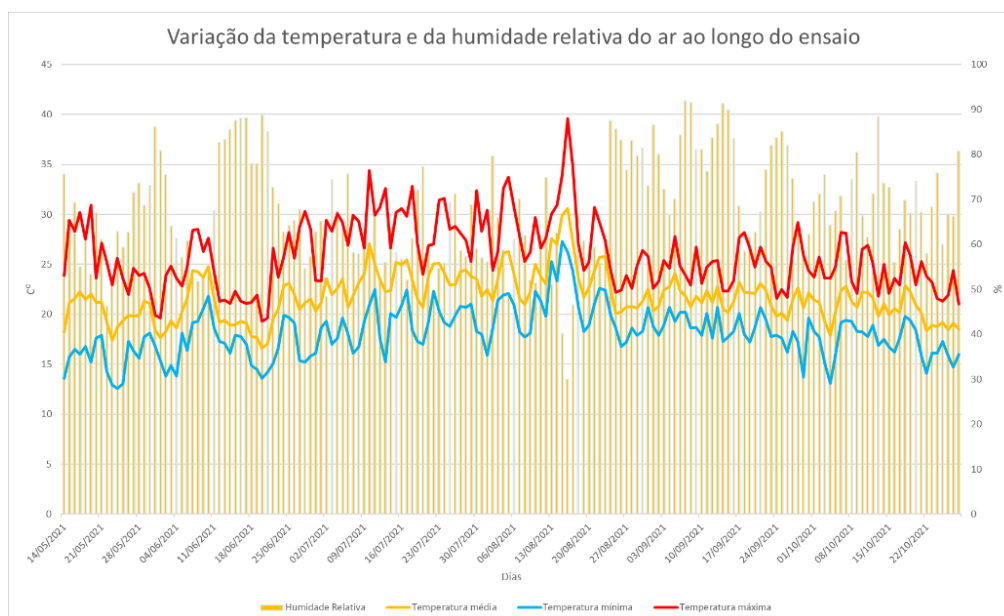


Gráfico 3.3- Evolução da temperatura e da humidade do ar junto ao antigo *green* 8 do Ocean Golf Course

3.1.4 Wetting Agents usados

No ensaio foram avaliados seis WA, fornecidos pela empresa ICL-SF (Everris), Amega Sciences. Os seis WA, encontram-se disponíveis no mercado, de forma a serem utilizados pelos *greenkeepers* na manutenção dos relvados dos *greens*, em particular.

Os WA avaliados diferem entre si no que diz respeito à marca, grupo químico, substâncias ativas, e, conseqüentemente, nos benefícios proporcionados. Uma vez que não se pretende divulgar as marcas comerciais, apresentam-se os diferentes produtos pelas siglas adotadas, e as suas substâncias ativas, como se pode observar na Tabela 3.1.

Tabela 3.1- WA utilizados nos ensaios e a sua substância ativa

Wetting Agent	Substância ativa	Concentração
TS	Éter metil dipropileno glicol 3-butoxiopropan-2-ol	5-10% 3-5%
R	Poloxamer (Polietileno-polipropilenoglicol)	50-100%
Q	Etoxil-propoxil Terpeno	20-30%
O	2,5-Furandiona, dihidro-3-(tetrapropenil)-, produtos de reação com trietanolamina	5-10%
H	Álcool etoxilado	1-10%
	Docusato de sódio	1-3%
	Bronopol	<1%
	Ácido acético	<1%
TSg	*	*
* não se encontra disponível o acesso à composição		

A quantidade de WA aplicada, foi determinada tendo por base os valores tabelados recomendados pelos fabricantes, à exceção do WA TS que foi testado em diferentes concentrações do produto aplicado, tal como a frequência de aplicação. A Tabela 3.2 apresenta as quantidades aplicadas, recomendadas pelo fabricante.

Tabela 3.2- Concentração recomendada pelo fabricante para a aplicação dos WA

Wetting Agent	Aplicação inicial (l/ha ⁻¹ ou Kg/ ha ⁻¹)	Aplicações mensais seguintes (l/ha ⁻¹ ou Kg/ ha ⁻¹)	Volume de água (l/ha ⁻¹)
TS	25	10	800
R	19	19	800
Q	20	20	800
O	16	16	800
H	20	20	800
TSg	20 g/m ²	20 g/m ²	n/a
TS*56d	25	25	800

*A aplicação é de dois em dois meses.

3.1.5 Delineamento Experimental

O ensaio teve a duração de 6 meses, com início a 14 de maio e a terminar a 28 de outubro de 2021. No total, foram avaliados 8 tratamentos com 5 repetições cada, em que um foi o controlo (C), no qual, não foi aplicado qualquer WA. Nos outros tratamentos aplicaram-

se os WA anteriormente mencionados, sendo que o TS foi aplicado em dois tratamentos com frequência de aplicação distinta.

Para a realização do ensaio, o *green* foi dividido em 40 talhões, com 4 m² cada. A marcação e a divisão dos talhões foram realizadas com o auxílio de uma fita métrica e fios do nylon, que possibilitaram o correto dimensionamento dos talhões; os vértices dos talhões foram assinalados com tinta branca apropriada para aplicação em relvados. A Figura 3.2 apresenta a instalação do ensaio experimental. Mensalmente, os talhões foram remarcados, pois a frequência de corte do *green* acabava por retirar a tinta branca a assinalar os vértices dos talhões.



Figura 3.2. A) Marcação dos talhões; B) Processo de marcação dos talhões finalizados, iniciou-se a remoção das cordas auxiliares da marcação

A distribuição dos tratamentos a aplicar por cada talhão foi determinada por blocos causalizados, sendo possível observar a mesma na Figura 3.3.

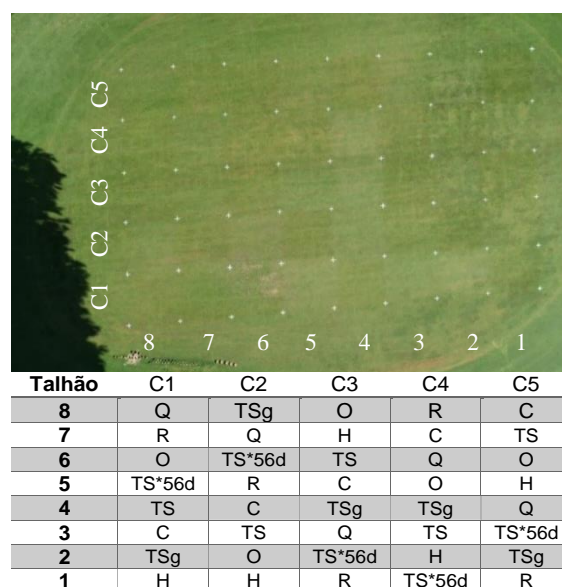


Figura 3.3. Distribuição do WA a aplicar em cada talhão

3.1.6 Aplicação dos Wetting Agents

Tendo por base os valores recomendados pelos fabricantes, as quantidades de WA aplicadas em cada talhão foi calculada em função da área dos talhões. A Tabela 3.3 mostra a quantidade de WA aplicada e a respetiva quantidade de água para os diferentes WA. As aplicações foram mensais, seguindo o adotado nos programas de aplicação de WA em *greens* de campos de golfe. Um dos tratamentos teve a aplicação de dois em dois meses.

De uma forma geral, cada talhão teve de levar 320 mL de água, mais a respetiva quantidade de WA, à exceção do WA TSg, que foi aplicado manualmente da forma mais homogénea possível. Porém para otimizar as pulverizações e garantir que a solução era a mais homogénea possível, prepararam-se 3 litros de solução para cada tratamento com WA, para a pulverização das 5 repetições (talhões de 4 m² cada). Para a aplicação dos WA líquidos recorreu-se a um pulverizador elétrico (Pitchmark-GREENKEEPER'S BOOM), com uma barra com 3 bicos (com débito de 2,75 L/min) e uma largura de trabalho de 2 metros. Para garantir a quantidade correta da solução a aplicar por talhão, realizou-se um teste ao pulverizador para verificar o seu débito. Após a verificação, foi possível calcular o tempo necessário de funcionamento do pulverizador em cada talhão. Desta forma, para que o pulverizador debitasse os 320 mL de solução em cada talhão, foi calculado um tempo (duração) de 7 segundos. Optou-se por realizar uma pulverização cruzada, para assegurar a homogeneidade da aplicação, assim uma passagem teve a duração de 3 e outra de 4 segundos. Antes de iniciar-se nova pulverização, o depósito do pulverizador era lavado, tal como todo o sistema de pulverização.

Tabela 3.3. Quantidades necessárias de WA e de água, para a criação da solução, a aplicar em cada talhão

Wetting Agent	Aplicação inicial (mL/ 4 m ² ou g/ 4 m ²)	Aplicações mensais seguintes (mL/ 4 m ² ou g/ 4 m ²)	Volume de água (mL/4 m ²)	Aplicação Inicial em 3 L de água (mL)	Aplicações mensais em 3 L de água (mL)
TS	10	4	320	93,75	37,5
R	7,6	7,6	320	71,03	71,03
Q	8	8	320	75	75
O	6,4	6,4	320	60	60
H	8	8	320	75	75
TSg	80 g/ 4 m ²	80 g/ 4 m ²	n/a	-	-
TS*56d	10	10	320	93,5	93,75

*A aplicação é de dois em dois meses.

Durante o período do ensaio, a frequência de aplicação dos WA foi de 28 em 28 dias à exceção do TS*56d, que foi de 56 em 56 dias. Na Tabela 3.4 é possível ver as datas da aplicação.

Tabela 3.4. Datas da aplicação dos WA

Datas de aplicação	WA de aplicação de 28 em 28 dias	WA de Aplicação de 56 em 56 dias
14 de maio	X	X
11 de junho	X	
9 de julho	X	X
06 de agosto	X	
3 de setembro	X	X
1 de outubro	X	

3.1.7 Parâmetros avaliados

Para a avaliação dos efeitos da aplicação dos WA foram analisados e registrados, os seguintes parâmetros:

Foi utilizada uma sonda de humidade TDR (Field Scout, TDR 350) para determinar o teor volumétrico da humidade do solo (% V/V), a condutividade elétrica da solução do solo (mS/cm) e a temperatura do solo (°C). As medições foram realizadas a diferentes profundidades (7,5; 12 e 20 cm). As leituras por talhão foram efetuadas no centro do mesmo, semanalmente, perto do meio-dia, período em que o *green* se encontrava completamente exposto ao sol (Figura 3.4A).

Foi avaliada a taxa de infiltração da água no solo através da utilização de um infiltrómetro de dois anéis (Turf Tech Infiltrometer), que possibilitou avaliar o efeito dos WA sob a hidrofobicidade do solo (Figura 3.4B). Para a realização da medição era necessário que o solo fosse previamente saturado, e só depois, foi possível realizar a medição, cronometrando-se cinco minutos, sendo depois registado os milímetros infiltrados nesse período. O valor obtido nos 5 minutos foi extrapolado para uma hora. Uma vez que é uma medição demorada, optou-se por realizar somente em três repetições de cada tratamento. A medição foi realizada mensalmente, uma semana após a aplicação dos WA.

Para avaliação da qualidade da relva, ou a boa aparência visual do relvado, recorreu-se ao uso de uma escala de cores (Leaf Color Chart-UCCE), onde a cor 1 corresponde a

relva mais clara e a cor 8, a relva mais escura; as leituras foram realizadas a cada 15 dias (Figura 3.4C). A realização da leitura da cor era executada à sombra.

A qualidade do relvado também foi medida, semanalmente, com o auxílio de uma câmara multiespectral montada num drone (DJI P4 Multispectral). O plano de voo era previamente programado no programa de voo (DJI GSPRO). Foram colhidas imagens da área do ensaio, nas diferentes bandas (Azul, Verde, Vermelho, *Red-edge* e infravermelho próximo), já com o *green* exposto ao sol (Figura 3.4D). Estas imagens possibilitaram a construção do índice de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Kriegler *et al.*, 1969).

Para a avaliação da dispersão do orvalho, também se recorreu à mesma câmara multiespectral montada num drone (DJI P4 Multispectral), contudo as imagens eram recolhidas entre as 6:30 e 7:30 h da manhã, com o *green* ainda à sombra e com orvalho matinal. A periodicidade da recolha destas imagens foi entre 1 a 3 por mês. As imagens possibilitaram a construção do índice de vegetação *Salinity Index* adaptado (SI*), construído com base no índice de vegetação *Salinity Index* de Douaoui *et al.*, (2006). O uso do SI* para a avaliação da presença do orvalho, deve-se ao facto de na ausência de água sobre a relva, a quantidade de luz nas bandas do azul e do vermelho absorvidas pela clorofila (a e b) sejam maiores, com a respetiva menor reflectância nestas bandas (Taiz & Zeiger, 2002). O orvalho forma uma película de água que reflete o azul, em especial, e dificulta a absorção por parte da clorofila da luz naqueles dois comprimentos de onda. A interação dos espetros da luz permite realizar a seguinte leitura dos valores do índice: valores mais elevados do SI*, significam uma menor dispersão do orvalho, já valores mais baixos do SI*, significam uma maior dispersão do orvalho.

A construção dos ortofotomapas e o cálculo dos índices de vegetação foram efetuados através do Pix4DFields Version 1.10.1 (PIX4D). O voo do drone esteve dependente das condições climáticas existentes, e da disponibilidade do operador, por vezes, não sendo possível voar sempre que desejado.



Figura 3.4. A) Medição da humidade do solo com o auxílio de uma sonda TDR; B) Medição da infiltração da água do solo; C) Registo da cor da relva, através da escala de cores; D) Levantamento do drone para a recolha de imagens nas diferentes bandas

Para perceber a influência dos WA na firmeza do *green*, a cada 15 dias, foi avaliado a compactação com um penetrómetro (Turf-Tec Soil Penetrometer). A leitura do penetrómetro foi realizada no centro de cada talhão. Em que uma leitura de: “0” indica que não existe compactação; “50%” indica que o solo tem um balanço de 50% de partículas sólidas e 50% de ar; “100%” indica que existe uma grande compactação, em que não existem espaços porosos, semelhante a uma superfície de cimento (Turf-Tec International, 2021).

No início e no fim do ensaio realizou-se uma análise do teor de matéria orgânica existente no solo pelo método de Walkley-Black (FAO, 2020).

Existiu um acompanhamento atento e cuidado para a identificação das LDS, situação que não se verificou no decurso de todo o ensaio.

3.1.8 Rega

A rega foi realizada de madrugada (como é habitualmente nos campos de golfe em Portugal); o sistema de rega do *green* é composto por 4 aspersores Rain Bird 700 Serie de forma automatizada através de um programador. O raio de alcance dos aspersores está compreendido entre os 17,4 a 24,1 m e o débito varia entre 3,7 a 9,9 m³/h.

Antes de se iniciar o ensaio, a 12 de maio, e ao longo do ensaio, a 20 de maio, foram colocados pluviómetros na área do ensaio, para monitorizar e verificar se a rega era uniforme e corretamente distribuída. Condição que foi sempre verificada.

A dotação da rega foi realizada de acordo com os valores da evapotranspiração, à exceção do mês de agosto onde a dotação foi de, aproximadamente, 65 % do valor da

evapotranspiração. Esta redução na dotação de rega teve o intuito de criar stress hídrico no relvado para ver qual o efeito do WA, nestas circunstâncias.

3.1.9 Operações de Manutenção

As operações de manutenção do *green* foram idênticas às adotadas nos outros *greens* do campo de golfe. O planeamento das práticas de manutenção foi realizado pelo *greenkeeper* responsável e executadas pelos funcionários de manutenção do campo de golfe. Posteriormente, as operações de manutenção foram comunicadas e registadas. Desta forma, a manutenção foi executada e mantida de igual forma a qualquer outro *green* do campo de golfe de Vale do Lobo.

3.1.9.1 Cortes da relva no *green*

O corte do *green* foi realizado diariamente, exceto ao domingo, entre as 7:00 h e as 9:00 h com o auxílio de máquinas triplex montadas com 11 lâminas helicoidais (marca John Deere), a uma altura de corte de 3,5 mm.

3.1.9.2 Fertilização

Foram realizadas adubações foliares (Vitanica SI 5-3-7, CompoExpert), mensalmente, com recurso a um pulverizador montado (John Deere (ProGator). Também foram realizadas adubações foliares de micronutrientes (Vitanica RZ, 0,55 %, B, 0,6 %, Fe, 0,45 % Mn, 0,025 % Mo, 0,40 % Zn, da CompoExpert), com recurso de um pulverizador elétrico (Pitchmark-GREENKEEPER'S BOOM) com o débito de 2,75 L/min. As quantidades e concentrações das aplicações foram da responsabilidade do responsável de manutenção do campo de golfe e igual ao preconizado para o resto do campo.

3.1.9.3 Ocorrência de pragas e doenças

A monitorização das pragas e doenças foi realizada diariamente pelo *greenkeeper* e semanalmente pelo responsável do ensaio de campo. Durante o período do ensaio existiu a necessidade de executar um tratamento preventivo, no dia 23 de setembro, ao *dollar spot* (*Clarireedia homoeocarpa*). O fungicida aplicado foi à base de 25,17% (p/p) de propiconazol, com uma dose de aplicação de 0,5 L por hectare. Para a aplicação utilizou-se o pulverizador montado da marca e modelo referido no sub-capítulo anterior.

3.1.9.4 Outras práticas de manutenção

A 16 de setembro de 2021 foi realizada a prática de manutenção de descompactação e renovação, designada em inglês de *hollow coring* com posterior *topdressing* com areia. Estas, são duas práticas de descompactação do relvado, que pode ser realizada com uma frequência de uma a duas vezes por ano. Tem como objetivo descompactar os *greens* e promover o arejamento dos mesmos, diminuindo a concentração e a acumulação de matéria orgânica.

3.2 Questionário aplicado aos responsáveis pela manutenção dos campos de golfe

Foi aplicado um questionário aos responsáveis dos campos de golfe a nível nacional, com o objetivo de se obter uma visão do panorama nacional sobre o uso dos WA ao nível destas estruturas desportivas.

Desta forma, foi elaborada uma lista de 19 perguntas, que procuravam avaliar o programa de aplicação, quais as vantagens que obtêm ou que procuram obter, e como procuram monitorizar o impacto dos WA nos *greens* dos campos de golfe de que são responsáveis pela manutenção. O tipo de pergunta variou entre resposta curta, escolha múltipla e de ordenação. O público-alvo deste questionário foram os responsáveis pela manutenção dos campos de golfe.

Após a elaboração da lista de perguntas, as mesmas foram transcritas para a plataforma de criação de questionários, *Google Forms*. Antes de se proceder à divulgação do questionário, testou-se o mesmo junto de 2 *greenkeepers*. A hipótese de enviar para profissionais do meio, possibilitou tornar as perguntas mais claras para o público-alvo. O questionário encontra-se disponível no Anexo I.

A preferência pela realização do questionário em modo digital, deve-se à facilidade da sua divulgação e do tratamento dos dados. Este foi divulgado através do endereço eletrónico, dos *greenkeepers* contactados, fornecidos pela Associação Portuguesa de *Greenkeepers* (APG). A APG tem associados em praticamente todos os campos de golfe existentes no país, incluindo ilhas, o que facilitou a divulgação do questionário. Alguns *greenkeepers* são responsáveis por mais do que um campo de golfe.

3.3 Tratamento Estatístico

Os dados relativos à estação meteorológica foram transformados para um ficheiro *Excel*, para posterior tratamento.

Para a análise estatística dos dados obtidos do ensaio e do questionário aplicado aos *greenkeepers* recorreu-se ao programa IBM SPSS (versão 28).

3.3.1 Ensaio de campo

Conforme a necessidade existente, foram adotadas diferentes técnicas de análise estatística.

Nas comparações gerais dos valores do NDVI de duas datas diferentes recorreu-se à distribuição do *t-student*, onde os pressupostos homogeneidade de variância e normalidade foram verificados. Já para a avaliação da aplicação dos diferentes WA no teor de humidade do solo, na CE, na firmeza, na cor da relva, no NDVI e na dispersão do orvalho foram utilizadas a ANOVA a 1 factor quando os pressupostos da normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificados e/ou a Welch ANOVA quando o pressuposto da homogeneidade de variâncias não foi verificado, uma vez que após a tentativa de transformação das variáveis [ex.: $\log(x)$] o pressuposto não era verificado. Nestas condições a Welch ANOVA era o teste mais indicado para a análise pretendida (Field, 2009; Liu, 2015). Como a avaliação da aplicação dos diferentes WA na infiltração não verificou os pressupostos da homogeneidade de variância e da normalidade, recorreu-se ao teste não paramétrico Kruskal-Wallis (Field, 2009).

Em qualquer dos testes o nível de significância considerado foi de 0,05.

O teste de distribuição ANOVA foi complementado com o teste Duncan (Post-Hoc) para verificar as diferenças entre os grupos/tratamentos. Já o Post-Hoc utilizado na Welch ANOVA foi o Games Howell (Field, 2009).

Recorreu-se à correlação de *Person*, para analisar a interação entre o índice SI* e a reflectância do comprimento de onda de 440 a 485 nm (Azul).

3.3.2 Questionário aplicado aos *greenkeepers*

Os resultados do questionário aplicado pelo Google *Forms* foram convertidos para um ficheiro *Excel*. As respostas obtidas foram analisadas maioritariamente de forma qualitativa, à exceção da comparação das despesas em WA da região do Algarve com as

restantes regiões do país, tal como a duração do programa de aplicação de WA, onde se recorreu à distribuição do *t-student*. O nível de significância utilizado foi de 0,05.

4 Resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes ao teor de humidade do solo e a da condutividade elétrica da solução do solo medidos a 7,5 e 12 cm de profundidade; a firmeza do relvado; a cor da relva; a taxa de infiltração de água através do perfil radicular do relvado; a qualidade do relvado, determinado com a ajuda de um índice de vegetação (NDVI); a dispersão do orvalho, determinada com a adaptação de um outro índice de vegetação (SI*); e os resultados obtidos da aplicação de um questionário aos *greenkeepers* dos campos de golfe de Portugal, relativo à utilização de *wetting agents* nas práticas de manutenção daqueles espaços desportivos.

4.1 Humidade do solo

4.1.1 Profundidade até 7,5 cm

O Gráfico 4.1 apresenta o teor da humidade do solo a 7,5 cm de profundidade, resultante da aplicação dos diversos WA, durante o período do ensaio. As barras verticais, a cinzento mais escuro e mais claro, representam o momento da aplicação dos produtos – todos eram aplicados de 28 em 28 dias, com exceção de um dos tratamentos, o TS*56d, que foi aplicado de 56 em 56 dias – barras de cor cinzento-escuro.

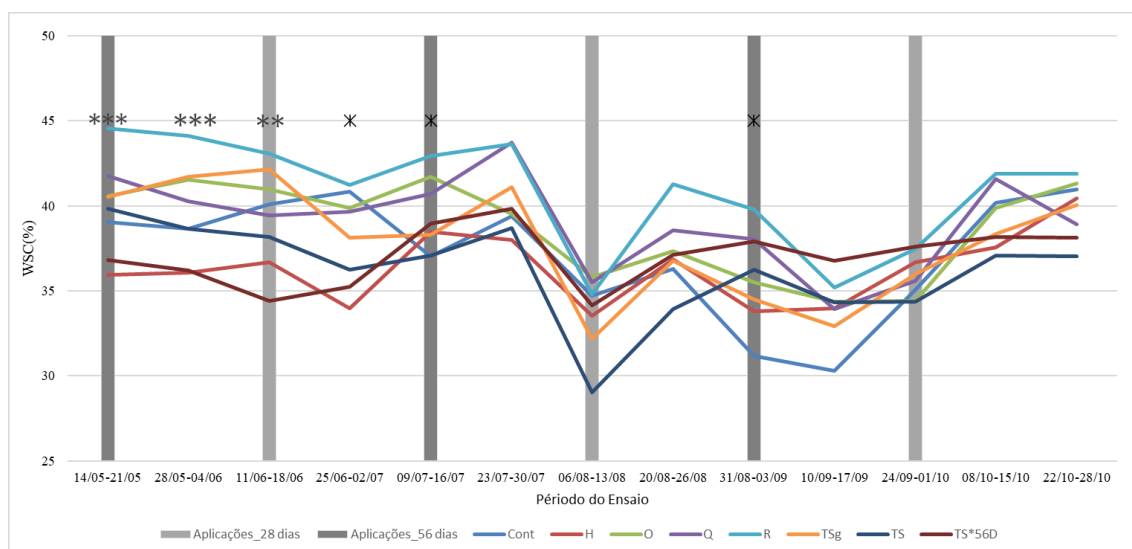


Gráfico 4.1. Variação do teor de humidade do solo a 7,5 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$)

Através do Gráfico 4.1, é possível ver que a humidade do solo sofreu bastantes oscilações durante o período do ensaio, oscilando entre um mínimo de 29 e um máximo de 44 %. O

período onde se registou menores valores de humidade do solo, coincidem com o período onde se realizou um corte na rega e durante o período temporal mais quente do ensaio – temperaturas do ar mais elevadas – (Gráfico 3.3). O teor de humidade do solo, durante o ensaio, foi um parâmetro que esteve, por várias vezes, mais alto do que o desejado. Supomos que a razão desta ocorrência resultou do sombreamento causado pelas árvores, localizadas a sul, a este e a norte do *green*.

Entre 14 de maio a 16 de julho e de 31 de agosto a 3 de setembro, foi verificada a existência de diferenças significativas entre tratamentos ($p < 0,05$). Um maior número de amostragens onde se verificaram diferenças significativas foi observado no período inicial do ensaio. Nas restantes datas existiram oscilações entre tratamentos, contudo não foi verificada a existência de diferenças significativas.

Os Gráficos 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 apresentam as diferenças entre tratamentos, onde é possível ver quais os tratamentos que apresentaram diferenças significativas, nas respetivas datas.

Após a primeira aplicação de WA (Gráfico 4.2), verificou-se um menor valor do teor de humidade do solo do tratamento “controlo” em relação a quase todos os WA, à exceção do H e do TS*56d. Contudo, só se verificaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para o R, tendo-se verificado um aumento no teor de humidade do solo de 5,6 % com a utilização deste WA. Com o tratamento R também se verificou diferença significativa ($p < 0,05$) para o H, verificando-se um aumento de 8,6 %.

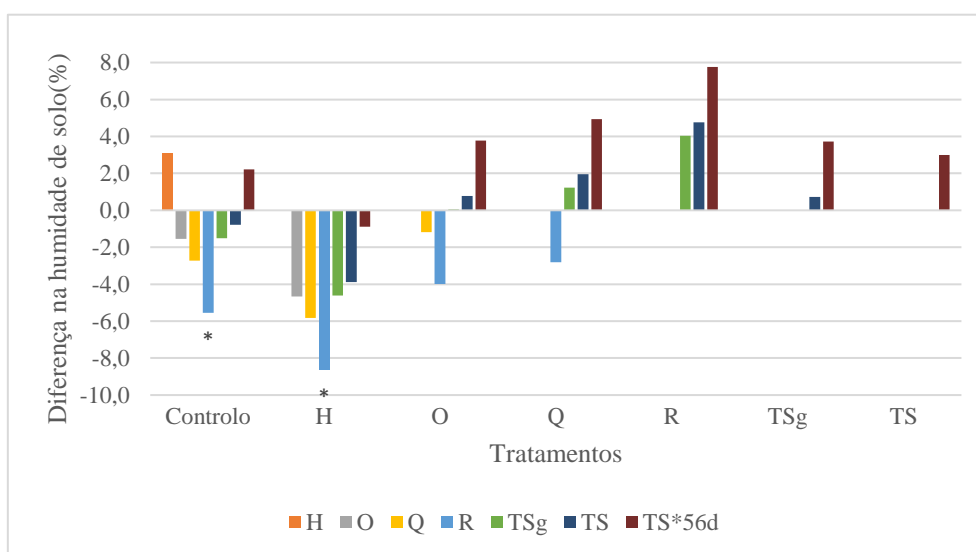


Gráfico 4.2. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 14 a 21 de maio (* = $p < 0,05$)

Na semana de 28 de maio a 4 de junho (Gráfico 4.3), o controlo apresentou um teor de humidade do solo inferior, comparativamente a cinco dos tratamentos, tal como tinha ocorrido na semana anterior. Os tratamentos H e TS*56d a apresentaram valores inferiores ao controlo. Porém, o único tratamento a apresentar diferenças significativas ($p < 0,05$) para o controlo, foi novamente o R, apresentando um aumento do teor de humidade do solo em relação ao controlo de, aproximadamente, 5,5 %. Em relação aos restantes WA, o tratamento R apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) para os tratamentos O e TS.

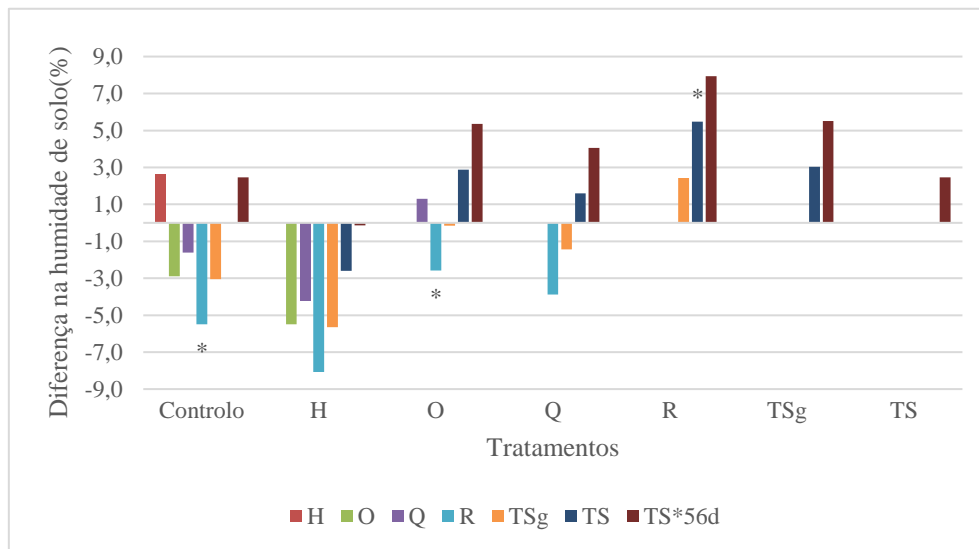


Gráfico 4.3. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 28 de maio a 4 junho (* = $p < 0,05$)

De 11 a 18 de junho (Gráfico 4.4) não existiram diferenças significativas em relação ao controlo. O tratamento R apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao tratamento TS*56d.

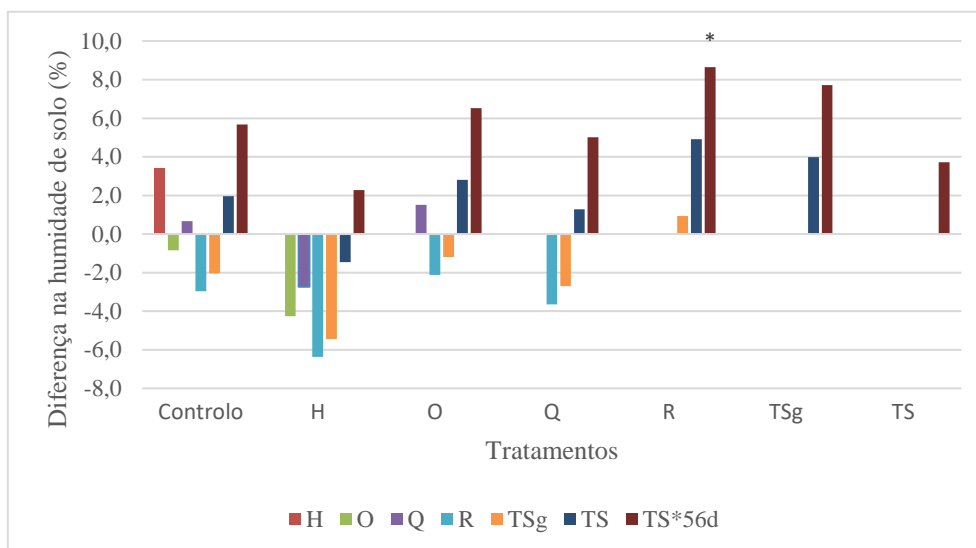


Gráfico 4.4. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 11 a 18 de junho (* = $p < 0,05$)

Ao contrário do que ocorreu nas semanas anteriores, entre 25 junho a 2 de julho (Gráfico 4.5), o teor de humidade do solo do controlo apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao tratamento H, apresentando um aumento de 6,9 %. Apesar de não serem significativas, também se verificou um aumento no teor de humidade do solo para todos os tratamentos, à exceção do tratamento R. Tal como nas outras datas, o tratamento H também manifestou a tendência de diminuição do teor de humidade do solo.

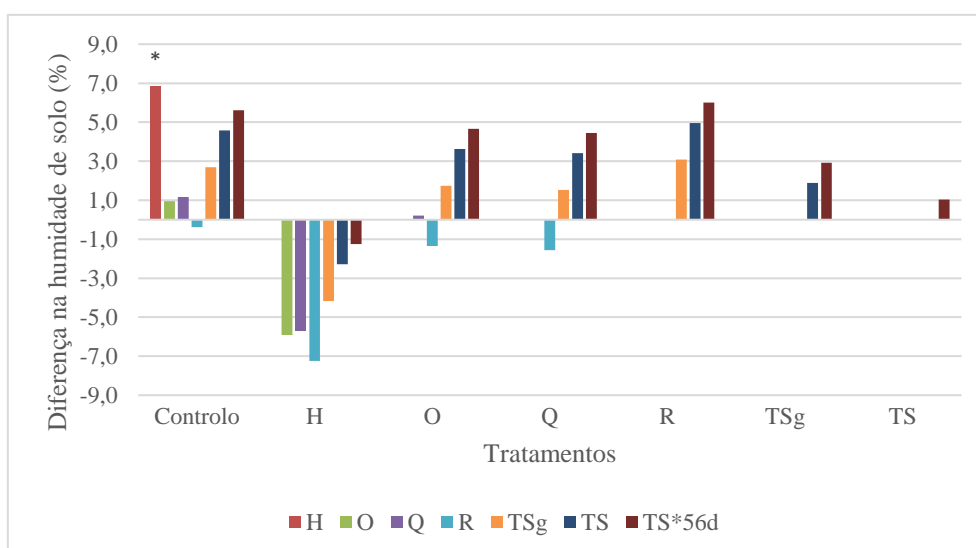


Gráfico 4.5. Diferenças na humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 25 de junho a 2 de julho (* = $p < 0,05$)

O teor de humidade do solo, de 9 a 16 de julho (Gráfico 4.6), ainda que não tenha apresentado diferenças significativas em relação ao controlo, todos os outros tratamentos apresentaram um teor de humidade do solo maior do que onde não foi aplicado WA, sendo que em alguns tratamentos a diferença foi de 4 a 6 %. O tratamento R apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao TS, tendo registado um valor superior do teor de humidade do solo de 5,9 %.

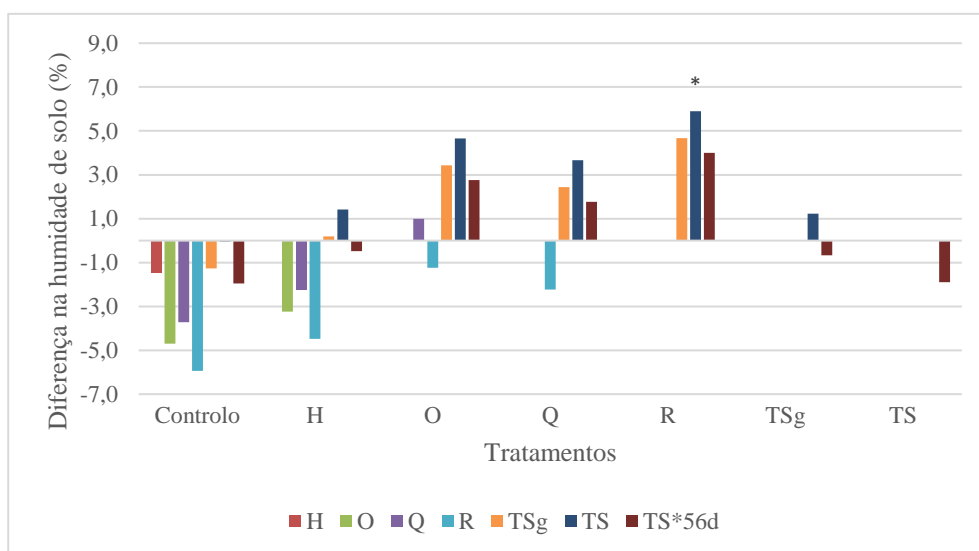


Gráfico 4.6. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante a semana de 9 a 16 de julho (* = $p < 0,05$)

Durante parte do período, onde existiu uma redução da quantidade da dotação de água aplicada, foi o período onde se registou maior diferença no teor de humidade do solo do controlo para outros WA (Gráfico 4.7). No entanto, somente o tratamento R, apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), tendo registado um aumento do teor de humidade do solo de 8,6 %.

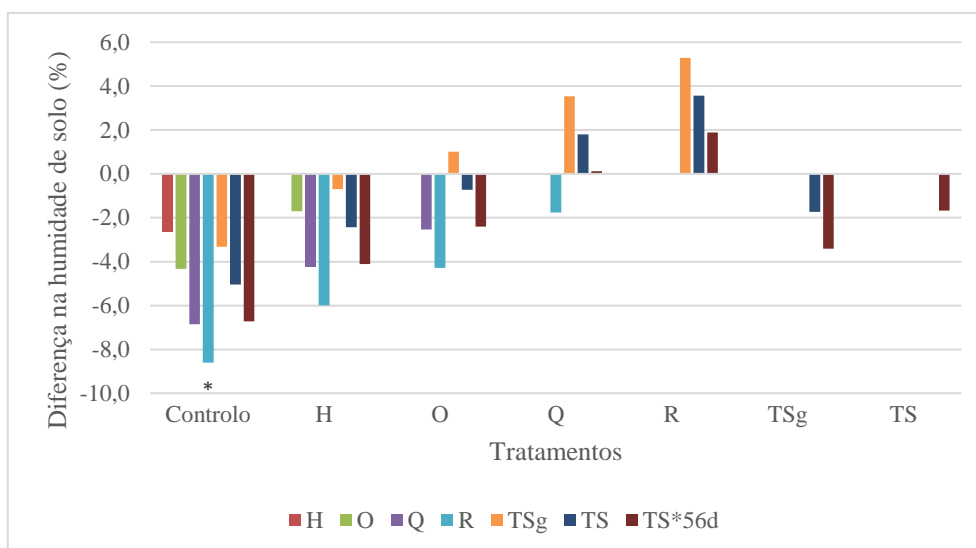


Gráfico 4.7. Diferenças no teor de humidade de solo a 7,5 cm, entre tratamentos, durante as semanas de 31 de agosto a 3 de setembro (* = $p < 0,05$)

De uma forma geral, o único WA que demonstrou ser capaz de aumentar significativamente a humidade do solo até aos 7,5 cm de profundidade em relação ao controlo, foi o R. Além do mais, mostrou um aumento do teor de humidade do solo comparativamente com outros WA, como o H, O e TS. O período em que se reduziu a dotação de água de rega acabou por, conseqüentemente, ter sido o período onde se registou uma diminuição do teor de humidade do solo, verificando-se a maior diferença em relação ao controlo - de 31 de agosto a 3 de setembro. Esse período coincidiu com o período onde se registaram as temperaturas do ar mais elevadas. Indo de acordo com Laskowski *et al.*, (2018), que no uso do mesmo WA (R), e perante a diminuição da dotação da rega, o WA foi capaz de aumentar o teor de humidade do solo em relação ao controlo. Contudo, perante uma situação de uma dotação normal da água aplicada, o WA diminui o teor de humidade do solo, situação não verificada no ensaio realizado em Vale do Lobo. O facto do WA aplicado no campo de golfe, em anos anteriores ser o R, pode ter influenciado o efeito causado pelo WA. Laskowski *et al.* (2018) também avança a hipótese do efeito dos WA se prolongar a longo prazo. O aumento verificado, pode ter especial interesse no Algarve, para uma economia de água, uma vez que é um recurso cada vez mais escasso.

Um dos WA, o H, diminui os valores do teor de humidade do solo comparativamente com o controlo. Ao longo do ensaio, apesar de não terem sido obtidas diferenças

significativas, o H, na maioria das vezes, obteve valores inferiores de humidade comparativamente ao controlo e a outros WA. A diminuição da humidade do solo causada pelos WA, também foi verificada por Soldat *et al.* (2010), que em algumas datas do ensaio, os WA testados induziram teores de humidade do solo inferiores comparativamente com o controlo. O facto do H ser capaz de diminuir o teor de humidade do solo, comprova que os WA não são todos iguais e têm diferentes aplicações e como tal têm de ser usados conforme os objetivos previamente definidos pelos *greenkeepers* (Jiang *et al.*, 2022).

A maioria dos WA testados não evidenciou diferenças significativas em relação ao controlo, o que evidencia a importância da escolha do WA mais adequado conforme as necessidades e objetivos dos *greenkeepers*.

Relativamente ao TS, que foi testado com diferentes frequências de aplicação e concentrações, não foram observadas diferenças significativas entre esses tratamentos (TS contra TS*56d).

A continuidade deste ensaio teria sido importante para aferir a influência dos WA ao nível da humidade do solo até 7,5cm de profundidade, uma vez que não foram evidenciados fenómenos de hidrofobicidade no solo, algo que pode condicionar o comportamento dos WA (Bauer *et al.*, 2017). Além do mais, a presença de *thatch* em *greens* faz com que o teor de humidade se altere mais devagar e cause um aumento do teor de humidade do solo em comparação com outros talhões; alguns autores referem que o *thatch* pode ser o causador do aumento da humidade do solo (Karnok *et al.*, 2004), demonstrando que mais estudos e a continuidade do ensaio poderiam ter sido importantes. O uso de uma sonda de humidade com um menor erro associado, poderia ser benéfico para uma maior precisão e rigor dos resultados apresentados, pois a sonda usada tem um erro associado de $\pm 3,0\%$, se a $CE < 2$ mS/cm (condição verificado no ensaio).

4.1.2 Profundidade até 12 cm

O Gráfico 4.8 apresenta o teor de humidade do solo registada até à profundidade de 12 cm, ao longo do período do ensaio.

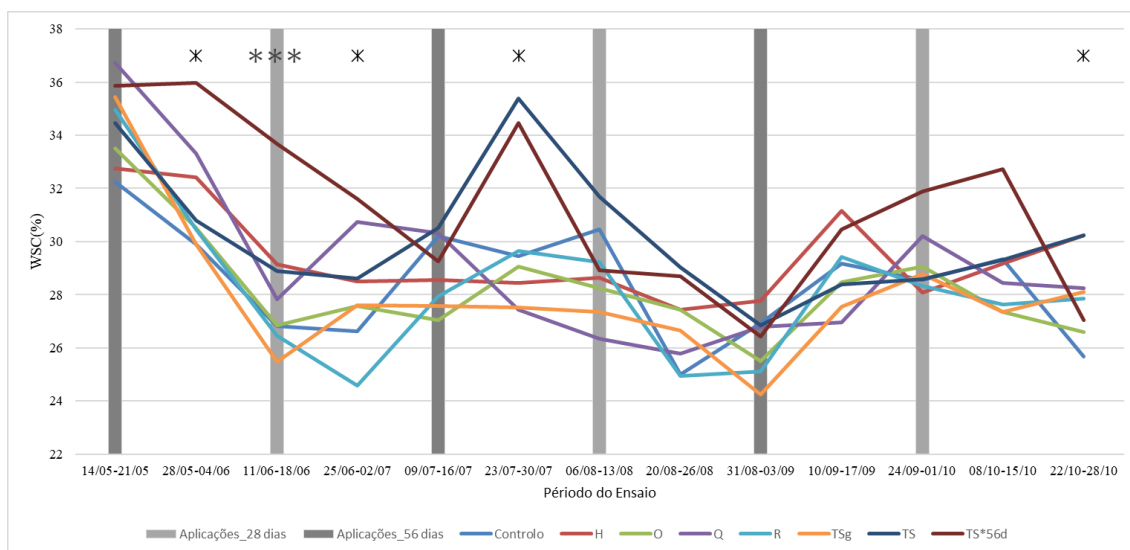


Gráfico 4.8. Variação do teor da humidade do solo a 12 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$)

O teor de humidade do solo até aos 12 cm de profundidade, variou entre valores mínimos de 24 e máximo de 37 %. Estes valores de humidade do solo são inferiores aos verificados até aos 7,5 cm de profundidade. Tal como a uma profundidade de 7,5 cm, o período onde se registaram os menores valores de humidade do solo, foi durante o mês de agosto.

De notar o menor número de datas, tal como a existência de diferentes datas com diferenças significativas entre tratamentos, em comparação com o registado a 7,5 cm de profundidade. Este fato sugere a existência de diferenças entre WA na capacidade de atuação em função da profundidade e da sua interação com a composição, compactação e estrutura do solo. No entanto, no ensaio de Vale do Lobo, uma vez que foram feitas medições em dois intervalos de profundidade (0-7,5 cm e 0-12 cm), é difícil de afirmar, com precisão, qual a profundidade de atuação do WA.

Os períodos de 28 de maio a 2 de julho, de 23 a 30 de julho e de 22 a 28 outubro, foram verificadas a existência de diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$). Assim como a 7,5 cm de profundidade, existiriam mais datas com diferenças significativas no início do ensaio. Nas restantes datas, existiram oscilações entre os tratamentos, porém não se verificaram diferenças significativas.

Os Gráficos 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 apresentam as diferenças entre tratamentos, onde é possível ver quais os tratamentos que apresentaram diferenças significativas, nas respectivas datas.

Na semana de 28 a 4 de maio (Gráfico 4.9), o tratamento TS*56d apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao controlo, tendo apresentado um teor de humidade do solo superior em 6 %. Ao contrário do que aconteceu na mesma data, mas a 7,5 cm de profundidade, o tratamento R não apresentou diferenças significativas.

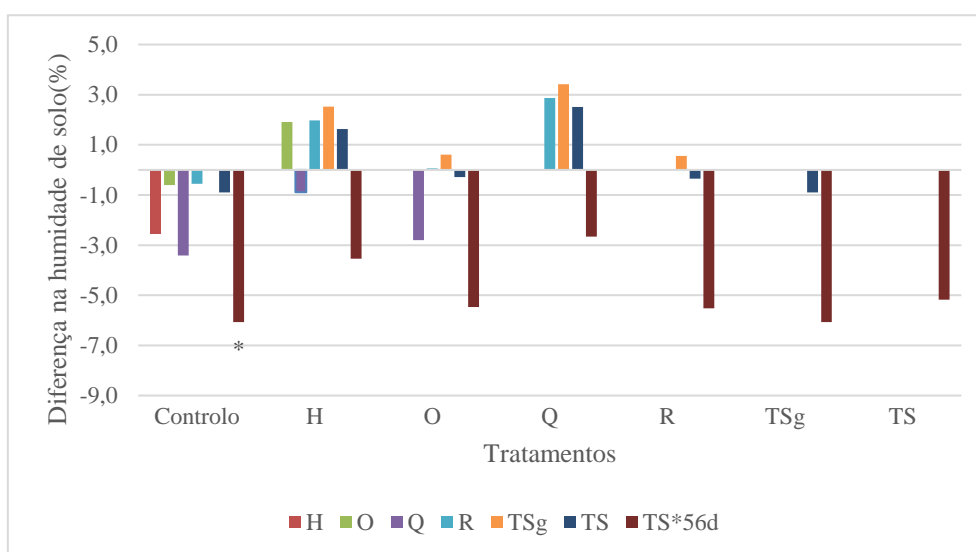


Gráfico 4.9. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 28 de maio a 4 de junho (* = $p < 0,05$)

De 11 a 18 de junho (Gráfico 4.10), o tratamento TS*56d continuou a apresentar diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação ao controlo e ainda para os tratamentos O, R e TSg. Nesta semana, a sua aplicação, já tinha sido realizada há mais de um mês. Na mesma data, mas aos 7,5 cm de profundidade, o tratamento R tinha apresentado diferenças significativas para o TS*56d.

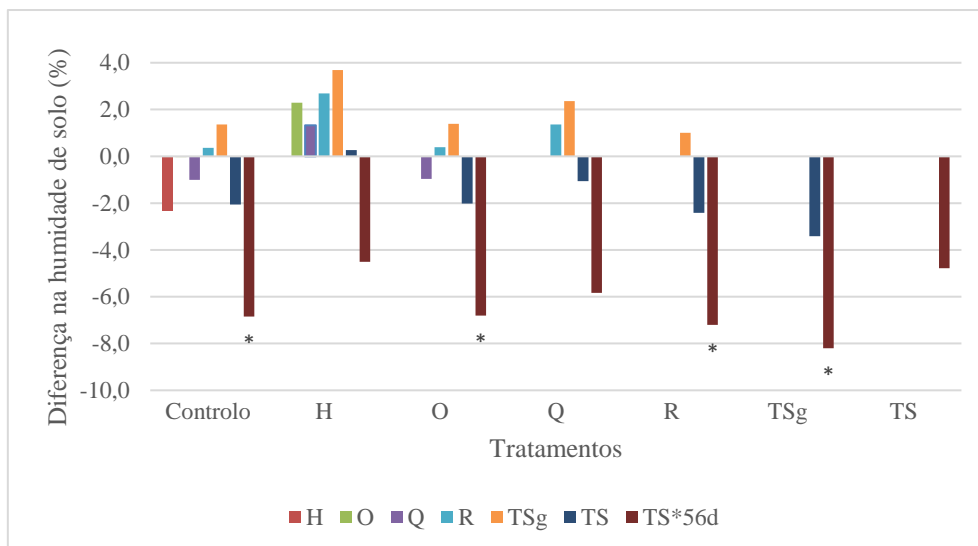


Gráfico 4.10. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 11 a 18 de junho (* = $p < 0,05$)

Entre 25 de junho e 2 de julho, aos 12 cm de profundidade (Gráfico 4.11), contrariamente ao que aconteceu aos 7,5 cm de profundidade, nenhum WA foi capaz de diminuir significativamente o teor de humidade do solo. Pelo contrário, apesar de já ter passado mais de um mês e meio da sua aplicação, o tratamento TS*56d, continuou a demonstrar capacidade de aumentar significativamente ($p < 0,05$) a humidade do solo em relação ao controlo e para com o tratamento R. O tratamento Q apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) para o R.

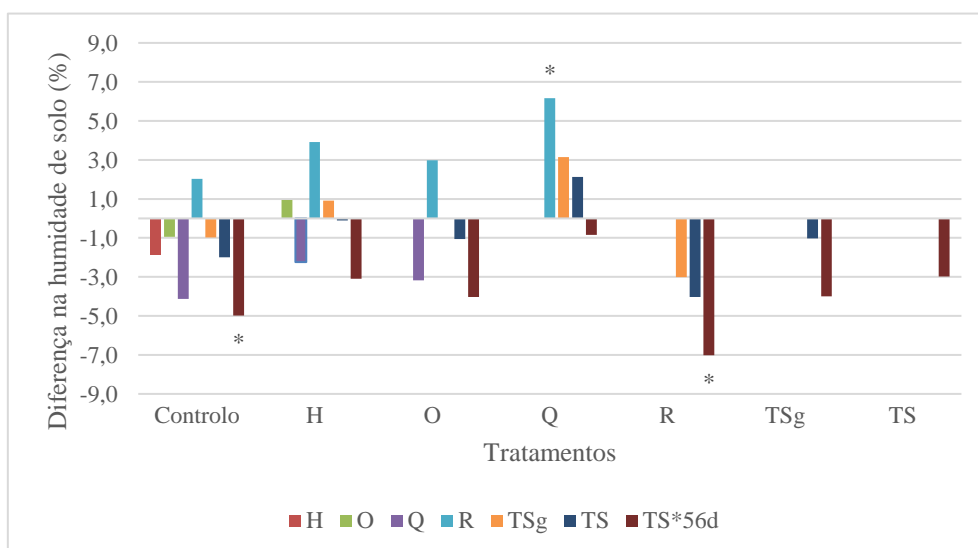


Gráfico 4.11. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 25 junho a 2 de julho (* = $p < 0,05$)

Após 15 a 21 dias da terceira aplicação (segunda aplicação para o tratamento TS*56d), na semana de 23 a 30 de julho (Gráfico 4.12), o tratamento TS apresentou um teor de humidade do solo significativamente maior ($p < 0,05$) que o controlo e que todos os outros WA, à exceção do tratamento TS*56d. Por sua vez, o tratamento TS*56d, apresentou um teor de humidade do solo significativamente maior ($p < 0,05$) que os tratamentos H, O, Q e TSg. De salientar, a grande diferença entre o teor de humidade do solo destes dois tratamentos, comparativamente com os outros WA e o controlo, apresentada no Gráfico 4.8. Este período coincide com um dos períodos mais quentes do ensaio (Gráfico 3.3).

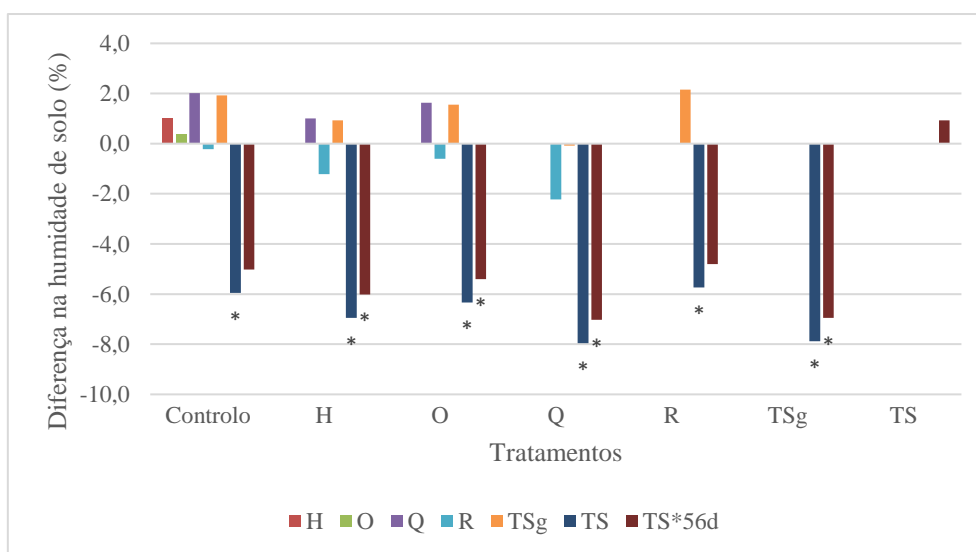


Gráfico 4.12. Diferenças no teor de humidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 23 junho a 30 de julho (* = $p < 0,05$)

No último período de medições do ensaio (Gráfico 4.13), o tratamento TS voltou a mostrar diferenças significativas ($p < 0,05$) para o controlo e para o tratamento O, tendo apresentado valores superiores no teor de humidade do solo. O tratamento H apresentou um comportamento semelhante ao tratamento TS e apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$) para os tratamentos O e o controlo.

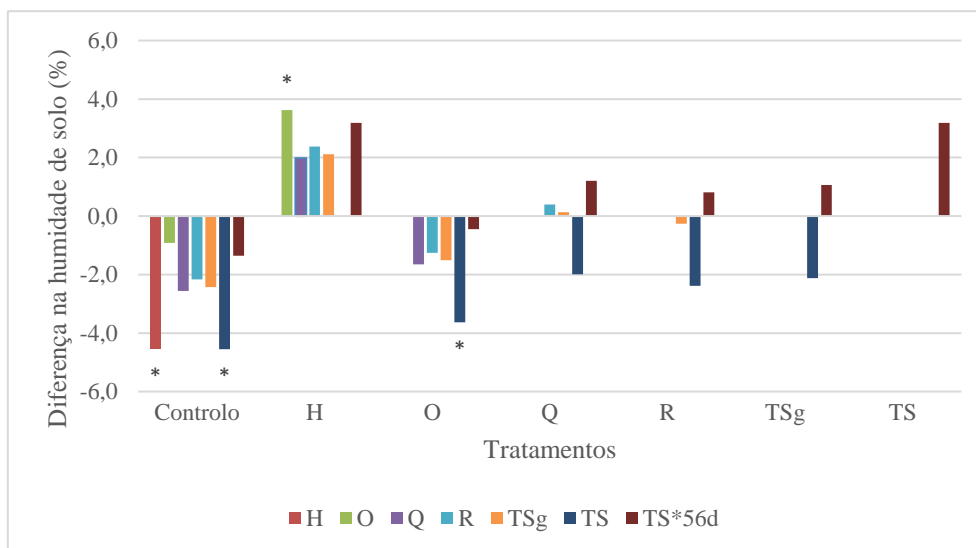


Gráfico 4.13. Diferenças no teor de umidade de solo a 12 cm, entre tratamentos, durante a semana de 22 a 28 de outubro (* = $p < 0,05$)

Aos 12 cm de profundidade, existiram três tratamentos (H, TS e TS*56d) com capacidade de aumentar o teor de umidade do solo em comparação com o controlo. Estes resultados estão em concordância com Song *et al.*, (2019), que dos seis WA testados, quatro foram capazes de aumentar significativamente o teor de umidade do solo. Contudo diferem dos resultados obtidos por Lyons *et al.*, (2019), que aos 12 cm de profundidade os WA foram capazes de diminuir significativamente o teor de umidade do solo.

Aos 12 cm de profundidade nenhum WA foi capaz de diminuir de forma significativa o teor de umidade do solo, ao contrário do que aconteceu aos 7,5 cm de profundidade. De notar que o tratamento H, foi capaz de aumentar significativamente a umidade do solo aos 12 cm de profundidade, ao contrário do que aconteceu aos 7,5 cm de profundidade (Gráfico 4.5). Contudo, estas comparações ocorreram em condições díspares, além da profundidade, sucederam em datas e épocas do ano distintas. Todos estes fatores podem influenciar o comportamento do WA (Zontek & Kostka, 2012; Schwab, 2020). Além do mais, o H é um WA idealizado para ser aplicado em vasos, algo que pode comprometer a sua aplicação em campo.

Bauer *et al.*, (2017), nos 13 WA testados não obteve diferenças significativas em dois anos de ensaio. Apesar de serem WA diferentes, à exceção do R, a situação foi bastante semelhante à obtida em Vale do Lobo. Pois, dos 6 WA testados, apenas 2 WA (H e

TS/TS*56d) alteram o teor de humidade do solo e mesmo assim, na grande maioria das medições do teor de humidade do solo, não se verificaram diferenças significativas nos tratamentos com WA em relação ao controlo. O mesmo já tinha ocorrido até aos 7,5 cm de profundidade.

Durante o primeiro mês, seria de esperar que os tratamentos TS e TS*56d, tivessem um comportamento semelhante, uma vez que a concentração inicial aplicada era a mesma, contudo ao analisar as datas onde existiriam diferenças significativas (Gráficos 4.9 e 4.10), o mesmo não foi verificado. Somente o TS*56d apresentou diferenças significativas para o controlo e para outros tratamentos. Desta forma, estes resultados podem sugerir que existia alguma diferença inicial não identificada, no solo dos talhões onde se aplicaram o TS ou o TS*56d. No entanto, após uma análise dos dados, é possível afirmar que essa diferença se tenha extinguido. Uma vez que o TS*56d, ao longo do ensaio, não evidenciou um comportamento tão distinto do TS, inclusive de 23 a 30 de julho, o comportamento foi bastante semelhante. Somente nas datas próximas da aplicação do WA no tratamento TS*56d, é que era possível notar uma alteração da atuação do WA, contudo algo normal devido à sua aplicação só ser realizada de 56 em 56 dias.

Tendo em conta estes resultados, a possível causa para as diferenças durante o primeiro mês de ensaio, podem encontrar-se relacionadas com uma elevada percentagem de matéria orgânica existente nos talhões TS*56d (possível início de formação de *black layer*). Pois em áreas onde se verifique a acumulação de matéria orgânica, uma vez tratadas com WA, secam significativamente mais devagar que as áreas não tratadas, desta forma podem apresentar uma maior percentagem de água que os talhões não tratados (Karnok *et al.*, 2004). Logo, com o aumento da temperatura, a matéria orgânica do solo poderá ter sofrido um processo de mineralização, levando à diminuição da potencial formação de *black layer*. Assim, é presumível que tenha existido uma menor capacidade do tratamento TS*56d em proporcionar uma maior retenção de água no solo. O facto de ter sido realizada uma análise geral à percentagem de matéria orgânica no início e no fim do ensaio, impede de afirmar quais os talhões com maior ou menor percentagem de matéria orgânica, no entanto é possível verificar uma diminuição da percentagem de matéria orgânica do início do ensaio (0,88%) para o fim do ensaio (0,79%).

Ao analisar o comportamento geral dos dois tratamentos, TS e TS*56d, não foram observadas diferenças significativas entre os dois tratamentos, e, inclusive, de 23 a 30 de

julho, a ação do WA foi bastante semelhante. Lyons *et al.*, (2019) obteve resultados semelhantes, no teste a vários WA, onde dois deles também foram testados com diferentes frequências de aplicação (28 em 28 dias ou de 56 em 56 dias), mas com a mesma concentração, o que lhe permitiu concluir que alteração da frequência de aplicação não resulta em diferenças significativas no teor de humidade do solo. Contudo, relata a perda do efeito do WA com uma frequência de aplicação de 56 em 56 dias, ao nível da diminuição da hidrofobicidade. Apesar de não terem existido diferenças significativas, esta perda de efeito também foi notada neste ensaio, mesmo com o aumento da concentração do produto aplicado.

O facto do tratamento R não ter apresentado diferenças significativas a 12 cm de profundidade, ao contrário do que tinha acontecido aos 7,5 cm de profundidade, pode evidenciar que a capacidade de atuação no teor de humidade do solo deste WA diminui com a profundidade. Aamlid *et al.* (2009), evidenciou que o *wetting agent* R, no ensaio realizado na Noruega, tinha uma capacidade de atuação dos 6 aos 10 cm, na zona de maior ocorrência de raízes. Uma vez que neste ensaio não foi possível medir em intervalos de profundidade mais curtos e mais precisos, não é possível corroborar Aamlid *et al.* (2009).

Relativamente ao *wetting agent* TS, provavelmente este terá uma capacidade de atuação na humidade do solo a uma profundidade maior que 7,5 cm de profundidade, uma vez que até aos 7,5 cm não foram observadas diferenças significativas, mas até aos 12 cm de profundidade já foram. Este resultado evidencia, mais uma vez, a influência da profundidade no comportamento dos WA. Shaddox & Unruh (2020), afirma que até aos 3,8 cm de profundidade, independentemente da composição química dos WA, estes não apresentam qualquer efeito na humidade do solo e caso apresente só a diminui, não apresentando capacidade de aumentar o teor de água no solo.

4.2 Condutividade elétrica

4.2.1 Profundidade até 7,5 cm

O Gráfico 4.14 apresenta a evolução da condutividade elétrica da solução do solo, a 7,5 cm de profundidade, com a aplicação dos WA durante o período do ensaio.

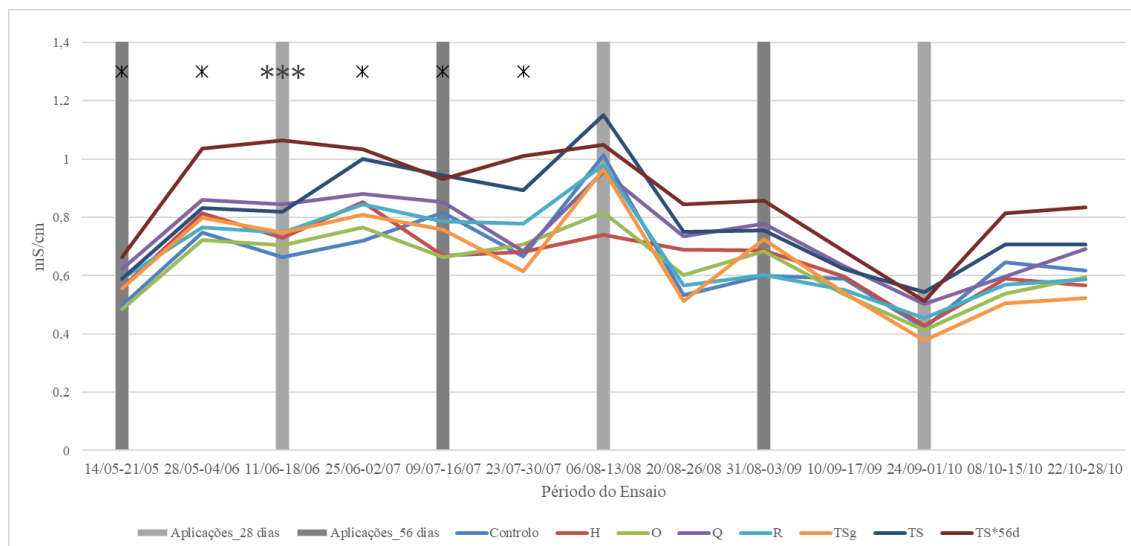


Gráfico 4.14. Variação da CE da solução do solo a 7,5 cm de profundidade, durante o período de ensaio (* = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$)

A CE aos 7,5 cm de profundidade, variou entre valor mínimo de 0,31 e máximo de 1,15 mS/cm. Segundo Gross (2018), o valor da CE do solo deve ser mantido abaixo dos 3 mS/cm. No ensaio, nenhum dos tratamentos registou valores perto do valor limite. O pico da acumulação de sais, de 6 de agosto a 13 de agosto, coincidiu com a diminuição da humidade do solo a 7,5 cm de profundidade (Gráfico 4.1). De notar que o tratamento TS*56d registou, durante quase todo o período do ensaio, os maiores valores de CE do solo.

Os Gráficos 4.15 e 4.16 apresentam as datas onde foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,05$) dos tratamentos em relação ao TS e TS*56d, uma vez que foram os únicos tratamentos a apresentar diferenças significativas para com outros tratamentos.

O tratamento TS*56d (Gráfico 4.15) evidenciou diferenças significativas ($p < 0,05$), durante o período de 14 de maio a 16 de julho, para com o controlo, e os tratamentos H, O e R. A maior diferença registada, foi na data de 11 a 18 de junho, para com o controlo, tendo apresentado uma CE superior em 0,4 mS/cm.



Gráfico 4.15. Diferença no valor da condutividade elétrica solo a 7,5 cm, entre o TS*56d e restantes tratamentos, de 14 de maio a 16 de julho (* = $p < 0,05$)

Já o tratamento TS (Gráfico 4.16) só apresentou diferenças significativas ($p < 0,05$), nas datas de 25 de junho a 16 de julho. Na semana de 25 de junho a 2 de julho, evidenciou diferenças significativas somente para o controlo. Porém de 9 a 16 de julho, observaram-se diferenças significativas para os tratamentos H e O. A maior diferença registada, foi na data de 25 de junho a 2 de julho, para com o controlo, tendo apresentado uma CE superior em 0,28 mS/cm.

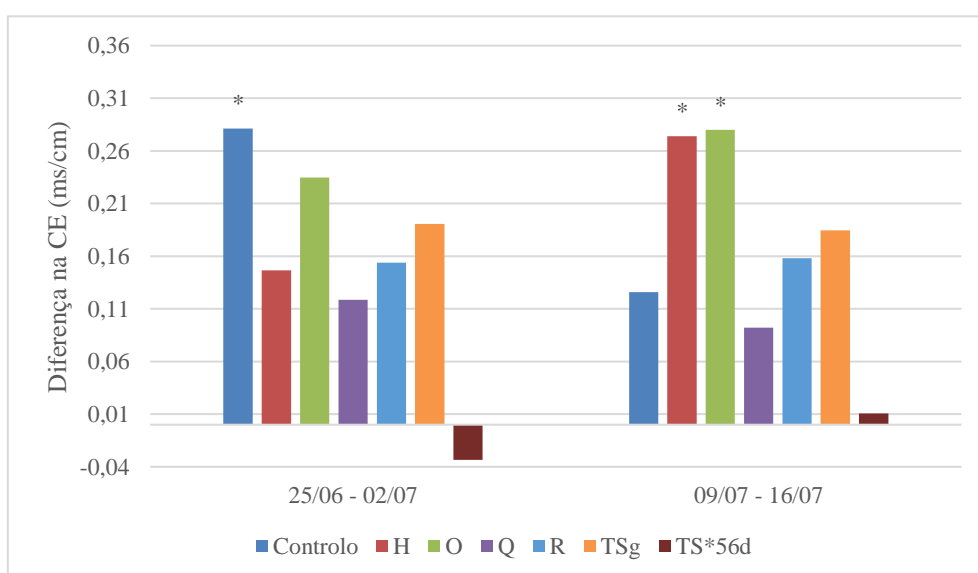


Gráfico 4.16. Diferença no valor da condutividade elétrica solo a 7,5 cm, entre o TS e os restantes tratamentos, de 14 de maio a 16 de julho (* = $p < 0,05$)

O facto de o tratamento TS*56d ter apresentado mais e maiores diferenças, para o controlo e para outros tratamentos, era expectável devido a ser o tratamento com maior concentração de produto aplicado.

Contudo, o facto de apenas o wetting agent TS (tanto o tratamento TS e TS*56d), ter sido o único a apresentar diferenças significativas para o controlo e para outros WA, demonstra que é um WA cuja composição propicia o aumento da CE do solo. Porém, o aumento da CE não é considerado preocupante, pois os máximos registados da CE do solo foram sempre muito inferiores ao recomendado de 3 mS/cm (Gross, 2018). Além do mais a espécie de relva existente no *green*, *A. stolonifera*, encontra-se classificada como uma espécie moderadamente sensível, ou seja, tolera uma CE do solo de 3 a 6 mS/cm (Harivandi *et al.*, 1992).

4.3 Firmeza do relvado

O Gráfico 4.17 apresenta a variação da firmeza do relvado durante o período do ensaio. A firmeza do relvado, variou entre um mínimo de 41 % e um máximo de 57 %. A altura em que o *green* apresentou valores de firmeza mais elevados, 13 de agosto, coincidiu com o período de redução da dotação da água aplicada. As firmezas médias de cada tratamento, durante todo o período do ensaio, variaram entre 47,5 e 49,4 %. Segundo a classificação da Turf-Tec International, os valores de firmeza encontram-se dentro dos valores ideais para um *green*, nomeadamente, entre 45 e 55 % (Turf-Tec International, 2021).

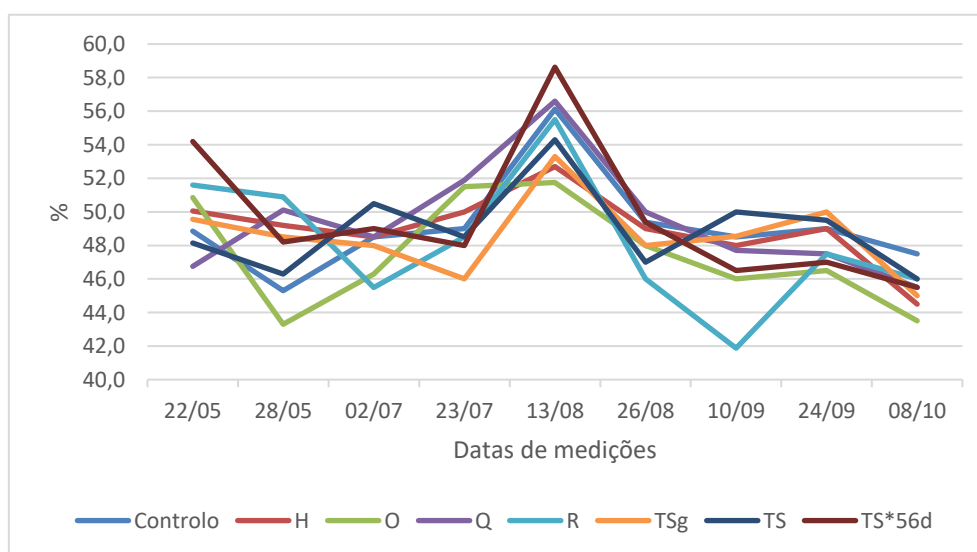


Gráfico 4.17. Variação da firmeza do relvado do *green*, durante o período de ensaio - valores mais altos revelam um *green* mais firme

Durante todo o período do ensaio não se verificaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre tratamentos. Corroborando Shaddox & Unruh, (2020), que apesar de em algumas datas os WA terem diminuindo significativamente a firmeza do *green*, na maioria dos dados recolhidos, não foram observadas diferenças significativas em relação à firmeza do *green*, o que lhes levou a concluir que os WA não influenciam aquele parâmetro. Já, Bauer *et al.* (2017), no primeiro ano de ensaio não obtiveram diferenças significativas na firmeza dos *greens*, contudo no segundo ano, três WA foram capazes de aumentar a firmeza do *green*, enquanto outros três atuaram inversamente; uma das razões atribuída para a diferenças dos resultados obtidos de um ano para outro, foi a variação da espessura do *thatch*.

Apesar de alguns tratamentos, como o R a 7,5 cm e o TS, TS*56d e H a 12 cm de profundidade, terem demonstrado a capacidade de aumentar o teor de humidade do solo em relação ao controlo, não foi o suficiente para causar diferenças significativas relativamente à firmeza do *green*. Linde *et al.* (2011) referem que a correlação da firmeza do *green* com o teor de humidade do solo é impactada por fatores, tais como, a variedade da relva, o vigor, o *thatch*, o *mat*, a textura e a densidade aparente do solo.

4.4 Cor da relva

O Gráfico 4.18 apresenta a média da cor da relva para todo o ensaio. A preferência de apresentar os valores médios de todo o período do ensaio, deve-se ao facto dos valores serem atribuídos por uma escala de cores, o que leva à pouca diferença entre as datas de amostragem. De facto, a leitura da escala de cores para a avaliação da qualidade da relva revelou-se difícil, muito devido à subjetividade da cor da relva em comparação com às cores da escala.

Durante o ensaio não se observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) na cor da relva, tal como é possível ver no Gráfico 4.18. O valor médio mais baixo de cor, foi registado pelo controlo (6,26), enquanto o mais alto com o tratamento R (6,52). Estes resultados estão em concordância com Lyons *et al.* (2019), que não obteve diferenças significativas na qualidade da relva. Bauer *et al.* (2017), num outro estudo realizado, obteve como principal conclusão que a influência dos WA na qualidade da relva é praticamente nula. Song *et al.* (2019), demonstrou que nenhum WA teve a capacidade de aumentar a qualidade da relva, até pelo contrário, três dos seis WA testados diminuiram a qualidade da mesma, a causa dessa diminuição encontra-se relacionada com a severidade das LDS e/ou doenças.

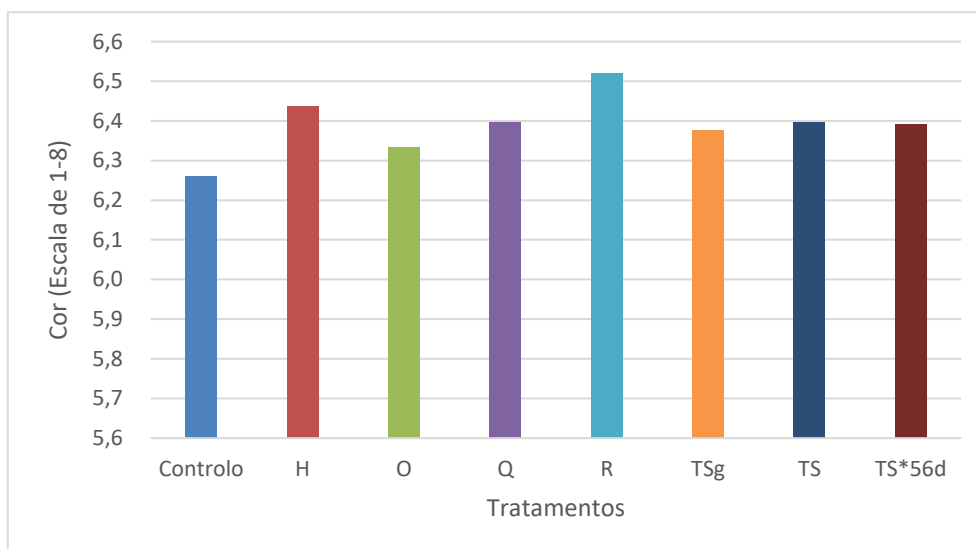


Gráfico 4.18. Valor médio da cor por tratamento, no período do ensaio. Cada cor possui um número, 1 = relva de baixa qualidade e 8 = relva de excelente qualidade

Possivelmente, diferenças significativas na qualidade da relva só seriam visíveis em condições de stress hídrico mais severas. Sarvis *et al.* (2008) e Aamlid & Pettersen,

(2022) comprovam que em condições de déficit hídrico, os WA são capazes de melhorar a qualidade da relva.

4.5 Infiltração

O Gráfico 4.19 apresenta a velocidade de infiltração da água. A velocidade média de infiltração do *green* (média de todos os tratamentos) foi de 155,5 mm/h, encontrando-se perto do mínimo aceitável (150 mm/h) para *greens* tipo USGA (USGA, 2018b). Um *green* novo pode apresentar uma velocidade de infiltração acima dos 300 mm/h. A diminuição da velocidade de infiltração ao longo dos anos em *greens* tipo USGA é habitual, muito devido à realização de *topdressing* e à normal compactação provocado pelo pisoteio, que acaba por levar à diminuição dos espaços porosos e a um aumento da porosidade capilar (Gaussoin *et al.*, 2006).

A velocidade de infiltração do *green* em diferentes tratamentos, exceto a 13 de agosto, rondou entre valor médio mínimo de 72 a máximo de 200 mm/h. A 13 de agosto o valor médio mínimo registado foi de 60 mm/h e o máximo de 584 mm/h.

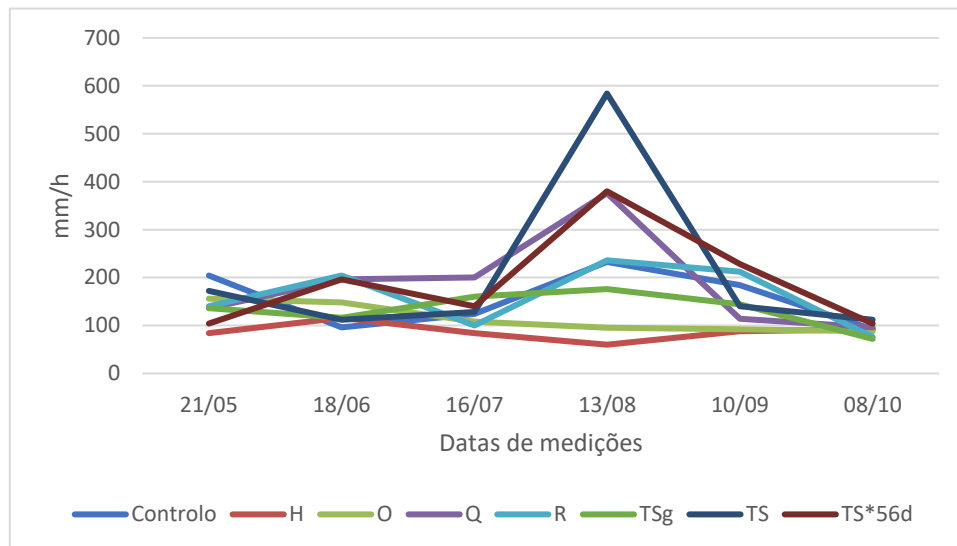


Gráfico 4.19. Velocidade da água a infiltrar-se no solo, na segunda semana após a aplicação mensal da aplicação dos wetting agents

Em todas as medições realizadas não foram obtidas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre tratamentos. Schwab (2020) obteve resultados semelhantes. No entanto, a maioria dos estudos apresenta resultados bastantes diferentes. Feng *et al.* (2002), Song *et al.* (2014), Xiong & Anderson (2020) em ensaios em condições de laboratório, com utilização de areia hidrofóbica (areia tratada com octadecilamina ($C_{18}H_{39}N$)), e diferentes WA testados (um deles o R), foram capazes de aumentar significativamente a infiltração da água do solo em relação ao controlo. Em ensaios em que se utilizou a técnica *water drop penetration times* (WDPT) para avaliar a capacidade dos WA em diminuir a

hidrofobicidade dos solos, os WA demonstraram ser capazes de diminuir a hidrofobicidade do solo, sendo que alguns dos WA foram usados neste trabalho, foram o O e o R (Thompson, 2010; Lyons *et al.* 2019).

A ausência de diferenças significativas pode demonstrar que a hidrofobicidade existente no *green* foi baixa ou nula e por essas razões os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, tal como aconteceu com Schwab (2020), a ausência de diferenças significativas pode estar relacionada com outros fatores, tais como: a possibilidade de algumas zonas não se encontrarem bem saturadas, comprometendo os resultados; o baixo número de medições realizadas, devido ao elevado tempo de amostragem e dimensão do ensaio; o equipamento de amostragem não ser o mais recomendado, pois o uso de infiltrómetro de maior diâmetro ou um infiltrómetro de tensão poderia levar a resultados mais apurados.

O uso do infiltrómetro para avaliação da hidrofobicidade revelou não ser a técnica mais apropriada para o fim desejado, quer devido ao elevado tempo de amostragem ou à dificuldade existente em garantir a uniformidade das condições de amostragem (encharcamento prévio). A técnica WDPT poderia ter sido usada ao invés do teste da infiltração, pois demonstra ser uma técnica mais simples, rápida e com fiabilidade dos resultados obtidos (DeBan, 1981).

Contudo, apesar de não se terem verificado diferenças significativas a 13 agosto, em tratamentos como o TS, TS*56d e Q, foi verificado um aumento na taxa de infiltração em relação à última data de amostragem de, aproximadamente, 356, 171 e 88 %, respetivamente. Esta data coincide com o período mais seco do *green* a 7,5 cm de profundidade (Gráfico 4.1) e com a altura onde se registaram as temperaturas do ar mais altas (Gráfico 3.3). Desta forma estes resultados podem sugerir que estes WA potenciam uma maior capacidade de re-humedecimento (*rewetability*) do solo. A capacidade dos WA em re-humedecerem os solos foi testada por Song *et al.* (2014) em laboratório, onde, com areia hidrofóbica tratada com WA, foi colocada num forno a 55 °C e, posteriormente, a infiltração foi testada. Este processo foi repetido 3 vezes; foi notório que a capacidade dos WA em re-humedecerem era diferente de WA para WA, tal como a quantidade de vezes que os WA aguentavam o processo.

4.6 Normalized Difference Vegetation Index

A variação do NDVI ao longo do período do ensaio está apresentada no Gráfico 4.20. Os valores mais baixos de NDVI, foram registados após o mês de agosto, a 3 de setembro, com o NDVI a atingir o valor de 0,67. Enquanto os valores mais altos de NDVI, 0,84 foram registados a 24 de outubro. Contudo, os valores foram sempre superiores a 0,6, o que demonstra o bom estado do relvado.

Uma vez que os valores médios de NDVI não desceram abaixo de 0,6 (o valor limite aceitável), demonstrou que a redução hídrica efetuada poderia ter sido maior, de forma a causar um maior impacto. Contudo o facto de não terem sido capturadas imagens de forma contínua, impediu a correta avaliação do impacto da diminuição da dotação hídrica aplicada, nomeadamente, no espaço temporal entre 19 de agosto e 3 de setembro. Este período tinha sido especialmente importante, pois permitiria aferir a influência da diminuição da dotação de rega. O facto de se verificar uma descida dos valores médios de NDVI, de 19 de agosto para 3 de setembro, é sugestivo da perda de qualidade do relvado. Ao realizar um Teste-T, de todos os valores da área do ensaio, do dia 19 de agosto e do dia 3 de setembro, verifica-se uma diferença significativa ($p < 0,001$), o que comprova a diminuição da qualidade do *green*. Enquanto do dia 13 para 19 de agosto, o Teste-T não foi significativo ($p > 0,05$). Demonstrado que existiu uma perda geral de qualidade do relvado ao longo do mês de agosto.

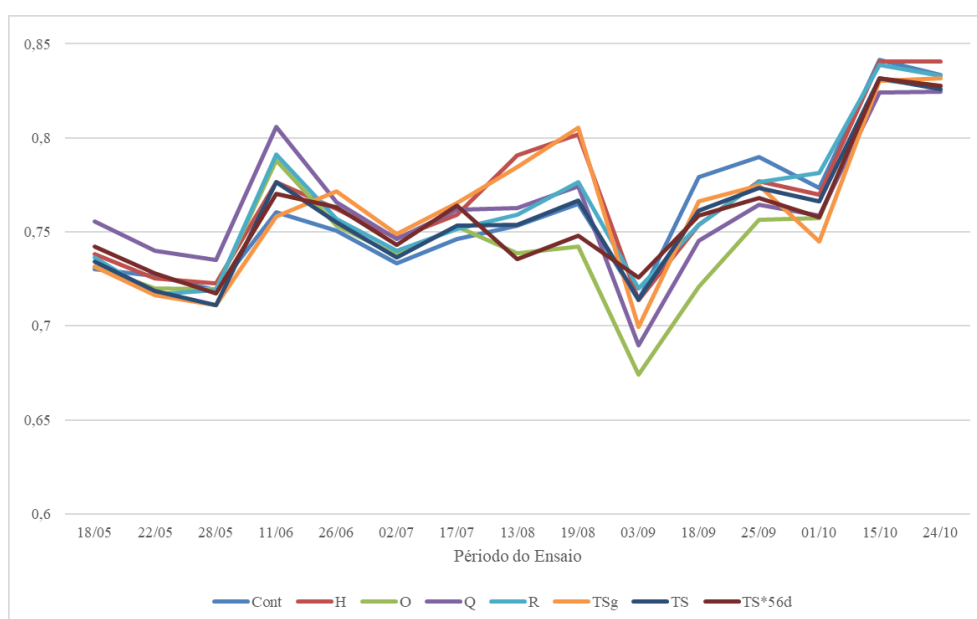
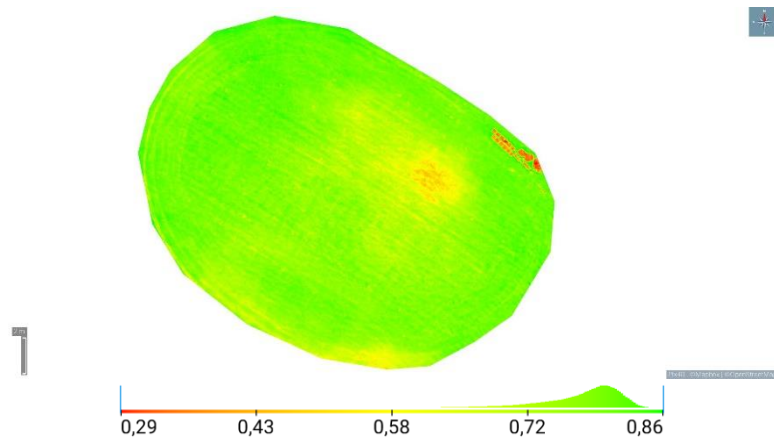


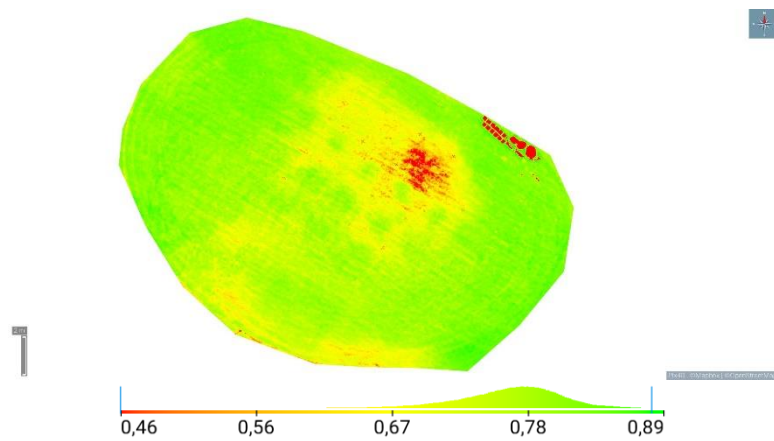
Gráfico 4.20. Variação do NDVI, ao longo do período do ensaio. Valores perto de 1, simbolizam vegetação verde densa, já valor próximo de 0 indica que não existe vegetação ou é muito pouco densa e/ou está clorótica

A Figura 4.1, apresenta os mapas de NDVI das datas de 13 e 19 de agosto e de 3 de setembro.

A)



B)



C)

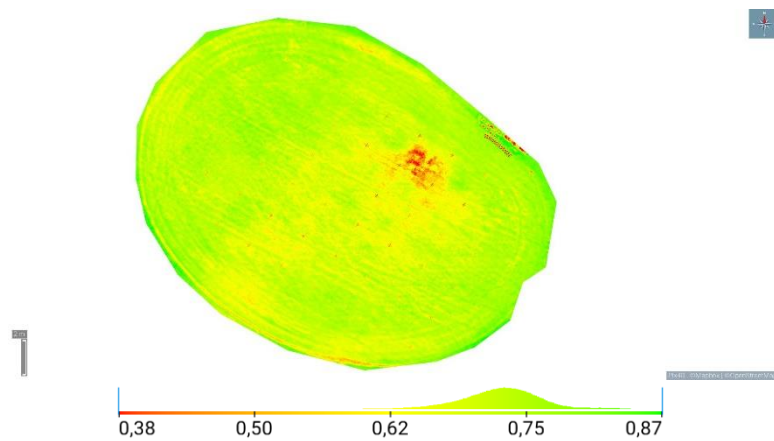


Figura 4.1. A) NDVI a 13 de agosto; B) NDVI a 19 de agosto; A) NDVI a 3 de setembro

Através da Figura 4.1, foi possível observar a evolução da diminuição da qualidade do *green*, associada à diminuição dos valores de NDVI. A 13 de agosto, existe a cor verde-escuro de forma predominante, associado a valores de NDVI mais alto. Já a 18 de agosto, verificou-se a perda da predominância da cor verde-escuro, começando a evidenciar-se cores de amarelo. No dia 3 de setembro, o amarelo, já é a cor predominante das imagens de NDVI, associado a uma menor qualidade do *green*.

A melhoria da qualidade do *green* de 3 a 18 de setembro, foi potenciado pela diminuição das altas temperaturas e pelo *coring* realizado a 13 de setembro, com o posterior, *topdressing*. Esta técnica permite um melhor desenvolvimento da planta, através da diminuição do *thatch* e arejamento do solo. De notar ainda, que a qualidade do *green* continuou a aumentar até ao fim do ensaio. O aumento da qualidade do *green* coincidiu com a diminuição das temperaturas e aumento da humidade relativa no local do ensaio (Gráfico 3.3). Sendo a *A. stolinefera* uma espécie C3, esta apresenta um melhor desenvolvimento vegetativo com temperatura do ar mais baixa, em torno dos 15 a 25 °C. Como tal, as condições para o desenvolvimento vegetativo da *A. stolinefera* estavam reunidas, resultando num aumento do NDVI.

Apesar das alterações na qualidade do relvado, não existiram alterações significativas ($p > 0,05$) do NDVI entre tratamentos. Lyons *et al.* (2019), também não obteve diferenças significativas nas leituras de NDVI em relação ao controlo. Tal como Xiang *et al.* (2021), num ensaio realizado em *bermudagrass* em *farways*, não verificaram diferenças significativas no NDVI em talhões tratados com WA, comparativamente com talhões não tratados.

Os resultados obtidos no NDVI estão em harmonia com os resultados obtidos pela avaliação da qualidade do *green*, através da cor. Assim como a cor do *green*, só seria possível verificar alterações significativas no NDVI caso existissem maiores condições de *stress*, tal como comprovaram Laskowski *et al.* (2018), que verificaram alterações significativas no NDVI em condições de *stress* hídrico ou de rega excessiva.

4.7 Dispersão de orvalho

A avaliação da dispersão do orvalho foi realizada através do cálculo da reflectância das bandas do azul e do vermelho, resultado da adaptação do índice de vegetação SI, de acordo com a equação $SI^* = \sqrt{Blue + Red}$. A correlação do índice SI* com a reflectância do verde apresentou um $R^2 = 0,848$, sendo estatisticamente significativa ($p < 0,01$) e considerada forte. Uma vez que não foi possível validar o índice com a medição da quantidade de orvalho presente na relva, a existência de uma forte correlação entre o SI* e reflectância do verde, comprova que valores mais altos de SI*, encontram-se ligados a uma maior quantidade de orvalho presente no relvado, aumentando a reflectância nos comprimentos de onda nas bandas do azul e do vermelho.

A Tabela 4.1, apresenta as datas onde foram realizados voos com o objetivo de avaliar a dispersão de orvalho.

Tabela 4.1. Avaliação da dispersão do orvalho, pelo cálculo $\sqrt{(Blue+Red)}$. Valores elevados representam a presença de orvalho, valores mais baixos simbolizam a dispersão do orvalho

	13/06	02/07	10/07	07/08	13/08	08/09	02/10	08/10	15/10
ANOVA	***	NS	***	**	NS	*	***	*	NS
<i>Cont</i>	0,191 a	0,111	0,174 a	0,180 a	0,183	0,153 a	0,156 a	0,129 ab	0,156
<i>H</i>	0,165 b	0,109	0,153 b	0,160 b	0,176	0,149 ab	0,130 c	0,126 ab	0,159
<i>O</i>	0,164 bc	0,11	0,156 b	0,164 b	0,179	0,148 ab	0,139 bc	0,126 ab	0,155
<i>Q</i>	0,166 b	0,11	0,157 b	0,161 b	0,178	0,143 abc	0,137 bc	0,129 ab	0,156
<i>R</i>	0,170 b	0,11	0,159 b	0,161 b	0,177	0,146 abc	0,133 c	0,135 a	0,156
<i>TSg</i>	0,171 b	0,106	0,168 a	0,172 ab	0,172	0,140 c	0,146 ab	0,123 b	0,156
<i>TS</i>	0,158 c	0,109	0,152 b	0,166 b	0,173	0,140 c	0,130 c	0,122 b	0,157
<i>TS*56d</i>	0,188 a	0,109	0,144 c	0,179 a	0,186	0,136 cd	0,150 a	0,135 a	0,16

NS= Não significativo; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$. Letras iguais não apresentam diferença significativa entre si, pelo teste de Duncan.

Em 6 das 9 datas verificaram-se diferenças significativas para o controlo ($p < 0,05$), o que demonstrou a capacidade dos WA em dispersar o orvalho. A destreza do WA em dispersar o orvalho advém da capacidade que os mesmos têm em diminuir a tensão superficial, facilitando a dispersão do orvalho ou de água de proveniente da rega/chuva (Karnok *et al.*, 2004).

Nas datas de 13 de junho, de 10 de julho, de 7 de agosto e de 2 de outubro as diferenças foram de bastante ($p < 0,01$) a muito significativas ($p < 0,001$). Estas datas têm em comum

a proximidade da captura de imagens, uma vez que a amostragem foi realizada um a dois dias após a aplicação dos WA.

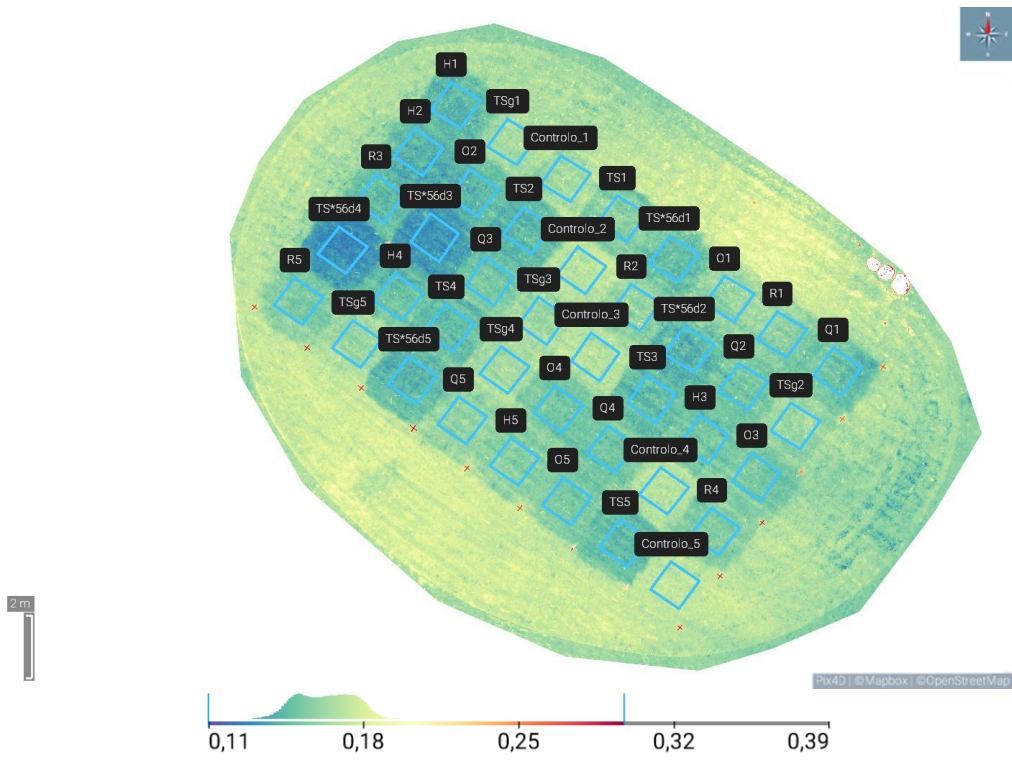
A 13 junho, 7 de agosto e 2 de outubro o tratamento TS*56d não apresentou diferenças significativas para o controlo. Este facto resultou de a aplicação daquele tratamento não ter sido realizada devido à sua frequência de aplicação ter sido de 56 em 56 dias. Pelo contrário a 10 de julho (Figura 4.2A), um dia após a segunda aplicação do tratamento TS*56d, o tratamento apresentou a maior capacidade de dispersão de orvalho nessa data. Desta forma é notória a influência da concentração do WA na capacidade de dispersão do orvalho, pelo menos para o tratamento TS*56d.

Outro WA que não demonstrou diferenças significativas para o controlo a 10 de julho, 7 agosto e a 2 de outubro, foi o TSg. Este WA foi aplicado no estado sólido e a sua dissolução deverá ter retardo os seus efeitos. O TSg só apresentou resultados dois dias após a sua aplicação, pois no voo realizado a 13 de junho, observaram-se diferenças significativas para o controlo.

A Figura 4.2 apresenta as imagens obtidas através do índice SI* nas datas de amostragem de 10 de julho e de 2 de outubro. Os talhões mais azulados representam maior dispersão do orvalho, enquanto talhões mais verdes, representam menor ou ausência da dispersão.

Na Figura 4.2 observa-se que, a 10 de julho, apenas o controlo e o tratamento TSg não dispersaram o orvalho, enquanto a 2 de outubro, além dos tratamentos mencionados, os talhões com o tratamento TS*56d também não dispersaram o orvalho.

A) Imagem SI* - 2021 - 07 - 10



B) Imagem SI* - 2021 - 10 - 02

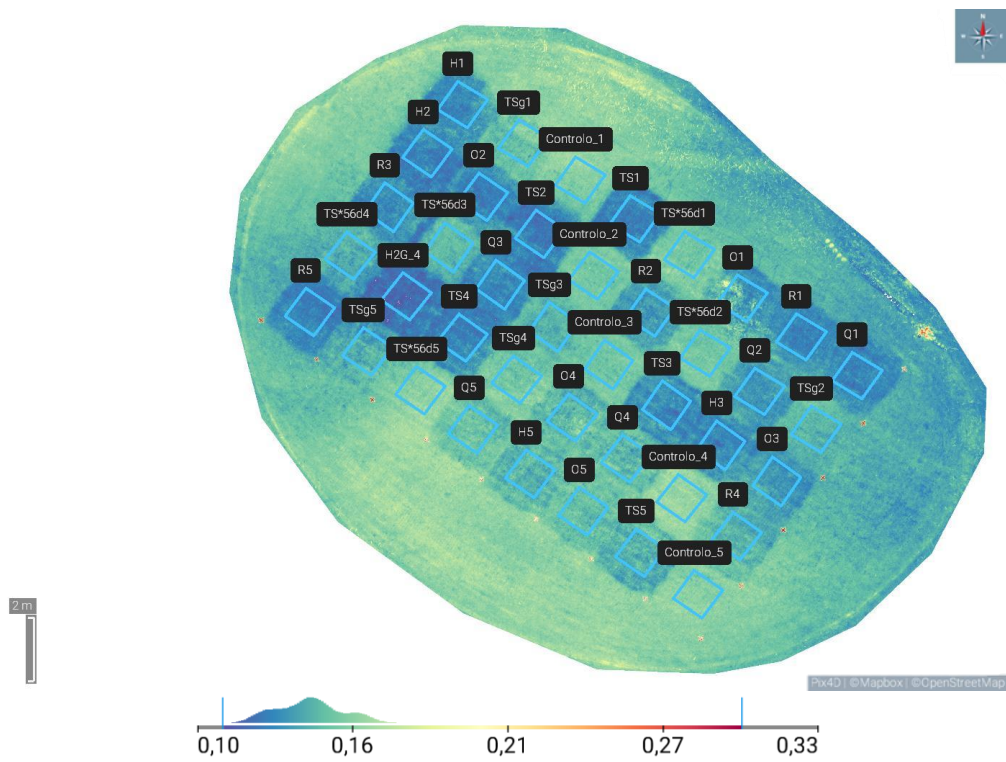


Figura 4.2. A) SI* a 10 de julho; B) SI* a 10 de outubro

A quantificação da duração da dispersão causada pelos WA foi difícil de se realizar, devido à falta de continuidade da captura de imagens. No entanto pelos resultados obtidos, foi possível estimar que o efeito tenha a duração de pelo menos uma semana, tendo em consideração os mapas do SI* de 9 de setembro (5 dias após a quinta aplicação) (Figura 4.3) e as diferenças entre alguns WA obtidas a 8 de outubro (7 dias após a sexta aplicação). A Figura 4.3 ilustra as diferenças existentes na capacidade de dispersar orvalho entre tratamentos.

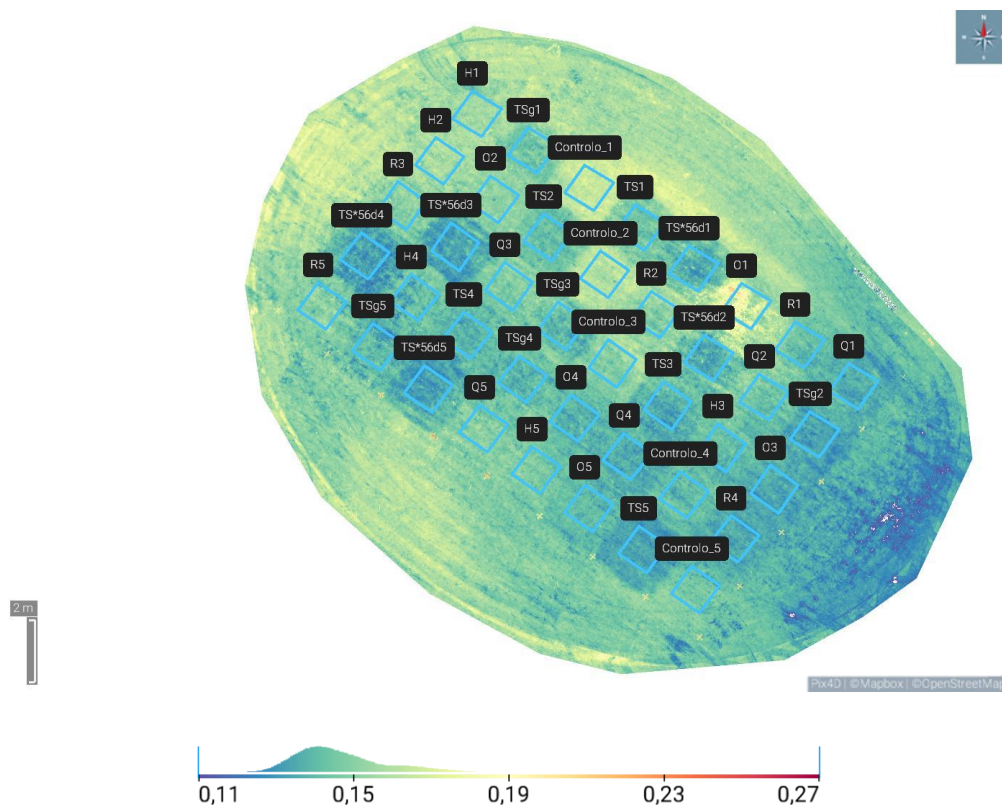


Figura 4.3. SI* a 9 de setembro

A continuidade do efeito varia de WA para WA, onde os WA como o TSg e TS, parecem ter uma maior duração do efeito de dispersão. Throssell (2005), num dos ensaios realizado na Flórida (USA), relata que todos os WA usados no ensaio tiveram a capacidade de dispersar o orvalho, contudo só alguns tiveram a capacidade de prolongar o efeito até sete dias. Tais resultados foram semelhantes aos obtidos neste ensaio. A duração do efeito da dispersão do orvalho, poderá encontrar-se relacionada com o número de regas realizadas, bem como a precipitação registada, pois a capacidade do WA em dispersar o orvalho só

é possível enquanto este ainda está presente nas folhas do relvado, logo ao existir uma maior lavagem do tecido vegetal, o efeito da dispersão do orvalho poderá ser menor.

4.8 Consulta sobre a utilização de *wetting agent* pelos *greenkeepers*

Na consulta efetuada sobre a utilização de *wetting agent* pelos *greenkeepers*, 27 responsáveis de manutenção responderam ao inquérito enviado, representando um universo de 40 campos de golfe nacionais (cerca de 53% dos campos de golfe considerados). Os resultados são descritos neste capítulo.

O Gráfico 4.21 apresenta a frequência absoluta da distribuição geográfica dos campos de golfe representados pelos *greenkeepers* inquiridos.

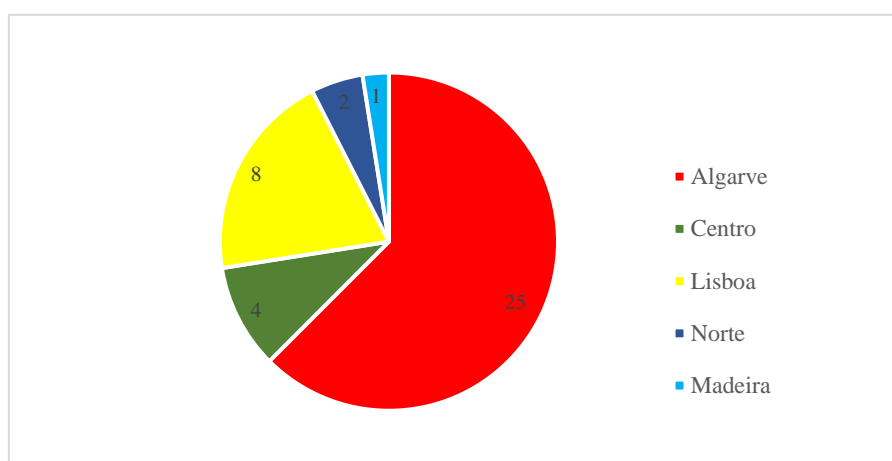


Gráfico 4.21. Distribuição geográfica dos campos de golfe representados pelos *greenkeepers* inquiridos

A zona do país onde se obtiveram mais respostas foi o Algarve, com um total de 17, equivalente a 25 campos de golfe. A segunda região com mais respostas foi Lisboa, com um total de 6, representado 8 campos de golfe. Foram obtidas 4 respostas da região centro, onde cada resposta representa um campo de golfe. Ainda foram obtidas respostas de 2 campos de golfe do Norte do país e de um campo de golfe da ilha da Madeira, todos representados pelo mesmo *greenkeeper*.

O número de respostas ficou aquém do desejado, contudo aceitável, pois quando comparado com o inquérito realizado por Almeida & Velosa (2021), relativamente à eficiência hídrica nos campos de golfe em Portugal, foram obtidas respostas de 76 % das instalações de golfe consideradas.

Todos os *greenkeepers* inquiridos revelaram utilizar WA no campo de golfe. Esta informação está de acordo com a bibliografia existente, que demonstra que a aplicação de WA é considerada uma prática comum na manutenção de campos de golfe, tanto a

nível nacional como internacional (Fidanza *et al.*, 2020; Xiong & Anderson, 2020; Almeida & Velosa, 2021). Contudo num inquérito realizado por Almeida & Velosa (2021) os campos de golfe da região Centro e Norte, revelaram que nem todos recorrem ao uso de WA: na região centro 75 % usam WA, enquanto na região norte, apenas 42,5 % usam. Resultados semelhantes poderiam ter sido obtidos, caso um maior número de campos destas regiões tivesse respondido ao questionário.

Optou-se por analisar os resultados referentes ao Algarve, em separado, das restantes regiões do país (Lisboa, Centro, Norte e Madeira), devido a ser a região com maior importância para a indústria do golfe. Além disso, foi a região de onde se obtiveram um maior número de respostas - 17 respostas - contra 10 respostas das restantes áreas do país. Contudo, a diferença do número de resposta, também se deve ao número de campos existentes em cada região.

4.8.1 Programa de aplicação de WA

A frequência relativa do mês em que se inicia a aplicação de WA no Algarve está apresentada no Gráfico 4.22A. O Gráfico 4.22B apresenta a frequência relativa do mês de conclusão do programa de aplicação de WA no Algarve. Observou-se que igual percentagem de campos de golfe (41 %) iniciam o programa de aplicação de WA em março e abril, respetivamente, sendo que 18 % inicia mais tarde, em maio. Da mesma forma, observou-se que igual percentagem de campos de golfe termina o programa nos meses de setembro e de outubro (47 %), sendo que 6 % termina o programa já em novembro.

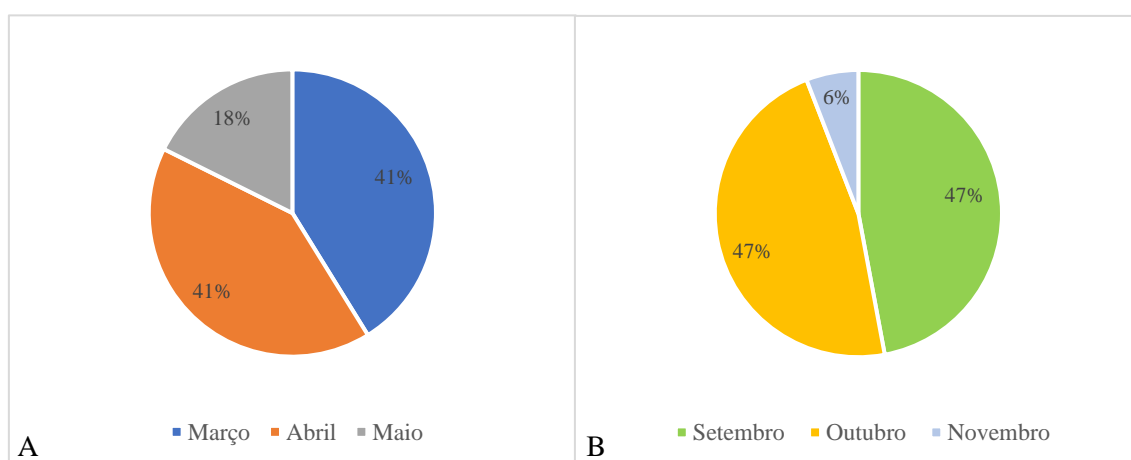


Gráfico 4.22. A) Início do programa de aplicação de WA no Algarve; B) Conclusão do programa de aplicação de WA no Algarve

A duração média do programa de WA no Algarve é de 209 dias, iniciando-se maioritariamente em março/abril (41%) e terminando em setembro/outubro (47%). O programa é dirigido, principalmente, aos meses de verão, sendo estes os meses mais propícios à ocorrência de fenómenos de hidrofobicidade e, conseqüentemente, ao aparecimento de LDS.

A frequência relativa dos meses em que se inicia a aplicação de WA nas restantes regiões do país está apresentada no Gráfico 4.23A; a conclusão do programa nas restantes regiões do país está apresentada no Gráfico 4.23B. Cerca de 40 % dos campos iniciam o programa de WA em março e os restantes em abril. Quanto à conclusão do programa, 50 % termina em setembro; 20 % termina em agosto e os restantes 30 % terminam em outubro.

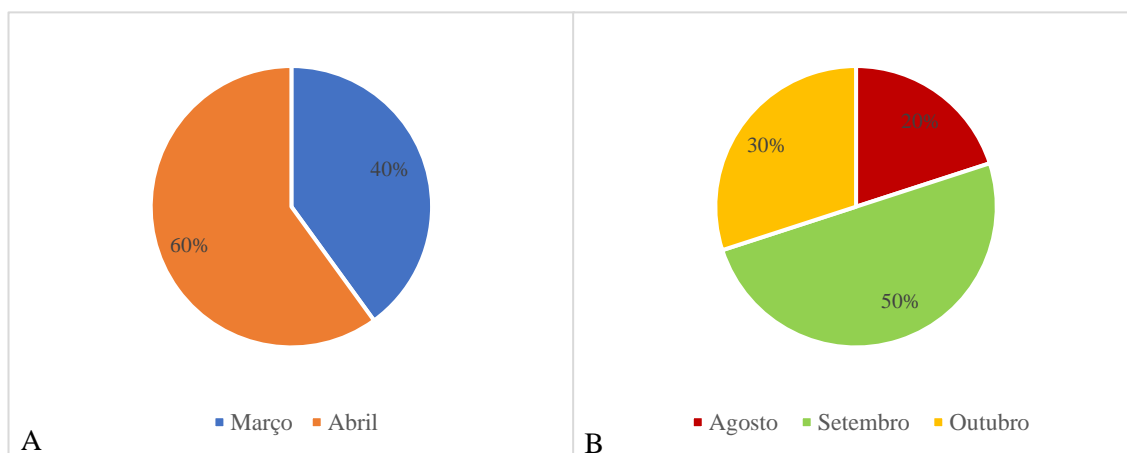


Gráfico 4.23. A) Início do programa de aplicação de WA nas restantes regiões do país; B) Conclusão do programa de aplicação de WA nas restantes regiões do país

No que diz respeito às outras regiões do país, a duração média do programa WA é de 198 dias, iniciando-se principalmente em abril (60 %) e finalizando-se em setembro (50 %). O programa de aplicação de WA, comparativamente à região do Algarve, é 10 dias mais pequeno. Apesar da diferença não ser significativa ($p > 0,05$), o encurtamento do programa, pode ser justificado devido às condições propícias ao aparecimento de zonas hidrofóbicas ocorrerem por um menor período. Segundo Karnok & Tucker (1999), as zonas hidrofóbicas tendem a ser mais severas durante o verão e praticamente insignificantes durante o inverno. Logo, quanto mais a norte de Portugal se situar o campo de golfe, o verão será mais curto e a pluviosidade maior, assim os fenómenos de hidrofobicidade têm uma menor probabilidade de ocorrência e durante um menor período. O oposto acontece no Algarve, com verões mais longos e mais secos, maior é a

probabilidade de ocorrência de hidrofobicidade, logo existe uma maior necessidade de programas de aplicação de WA com maior duração temporal.

4.8.2 Frequência de aplicação de WA

O Gráfico 4.24 mostra a frequência relativa da periodicidade da aplicação de WA, tanto no Algarve como nas restantes regiões do país.

A frequência de aplicação mensal é a mais praticada pelos *greenkeepers* inquiridos, tanto no Algarve como nas restantes regiões do país. Esta informação mostra que os *greenkeepers* seguem as recomendações dos fabricantes de WA, pois a grande maioria recomenda que sejam aplicados de 28 em 28 dias. Todos os WA testados no Ensaio de campo realizado em Vale do Lobo, tinham a recomendação de aplicação de 28 em 28 dias. Além disso, uma menor frequência de aplicação acarreta mais custos e uma maior logística.

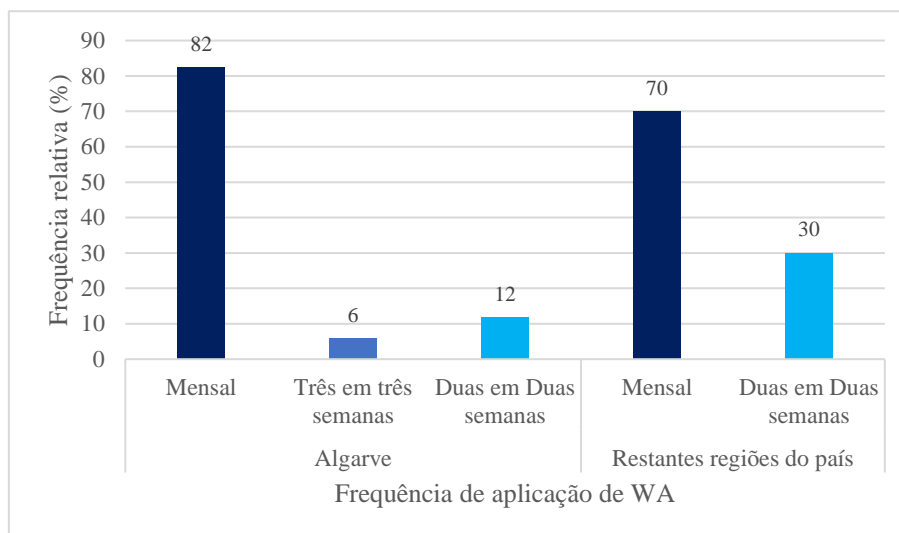


Gráfico 4.24. Frequência de aplicação de WA no Algarve e nas restantes áreas do país

4.8.3 Uso de diferentes WA

4.8.3.1 Algarve

A percentagem de *greenkeepers* que recorre somente a um ou a diferentes WA nos campos de golfe na região do Algarve é apresentada no gráfico 4.25A. No Gráfico 4.25B apresentam-se os motivos/razões de usarem diferentes WA no campo de golfe.

A percentagem de *greenkeepers* da região do Algarve que utiliza só um WA (47 %), é bastante semelhante, aos que utilizam diferentes WA (53 %). Os *greenkeepers* do Algarve

recorrem ao uso de diferentes WA por duas razões: para aplicar em outras áreas do campo (exemplo: *tees*; *farway*; *roughs*) (56 %) ou em emergências (44 %).

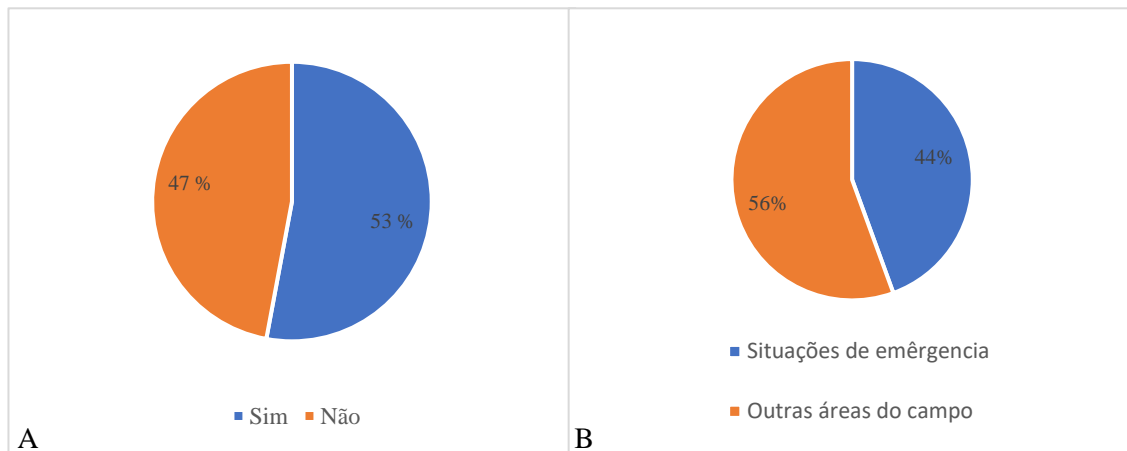


Gráfico 4.25. A) Percentagem dos *greenkeepers* que recorrem a somente um ou a diferentes WA nos campos de golfe do Algarve; B) Razões para a utilização de diferentes WA nos campos de golfe do Algarve

Existem WA que são idealizados para serem utilizados em emergências, em caso de aparecimento de LDS. Estes WA promovem a diminuição da incidência das LDS. Nestas situações é realizada uma aplicação localizada, contudo a aplicação de WA não impede a perda inicial de qualidade do relvado, além disso, existe a tendência de um maior aparecimento de LDS, sendo sempre preferível realizar um tratamento preventivo a um curativo (Jacobs & Barden, 2018).

A aplicação de WA também pode ser direcionada a diferentes áreas de jogo, com o mesmo fim da aplicação de WA a *greens*. O Gráfico 4.26 apresenta a frequência relativa da aplicação de WA pelas diferentes áreas de acordo com as respostas dos *greenkeepers* do Algarve.

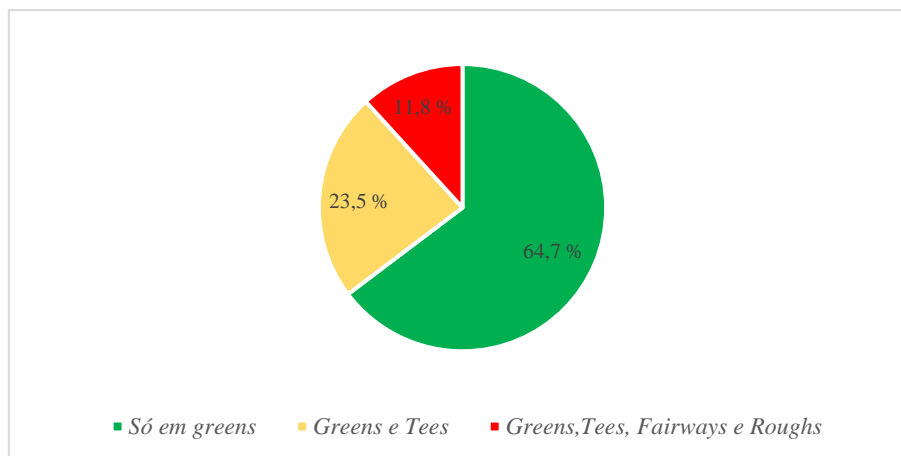


Gráfico 4.26. Frequência relativa das áreas onde se aplica WA nos campos de golfe da região do Algarve

No Algarve, 65 % dos inquiridos referem que a aplicação de WA é realizada, principalmente, em *greens*. A preferência da aplicação somente em greens, pode ser explicada pelo facto de ser uma prática dispendiosa e porque é a zona de jogo que mais importância se atribui relativamente à qualidade, em detrimento de outras áreas (Syngenta, 2014). A segunda área de jogo onde é mais comum aplicar-se WA é a dos *tees* (24 %), a aplicação em todas áreas de jogo é a hipótese menos realizada (12 %). O facto do *tee*, ter normalmente solo arenoso como base, leva a que os fenómenos de hidrofobicidade possam ocorrer mais facilmente, comparativamente aos *fairways* e *roughs*. As restantes áreas de jogo acabam por ser menos pulverizadas com estes produtos, devido aos elevados custos associados.

4.8.3.2 Restantes regiões do país

O Gráfico 4.27A, apresenta a percentagem de *greenkeepers* que recorre somente a um ou a diferentes WA nos campos de golfe das restantes regiões do país. As razões pelas quais os *greenkeepers* recorrem a diferentes WA são apresentadas no Gráfico 4.27B.

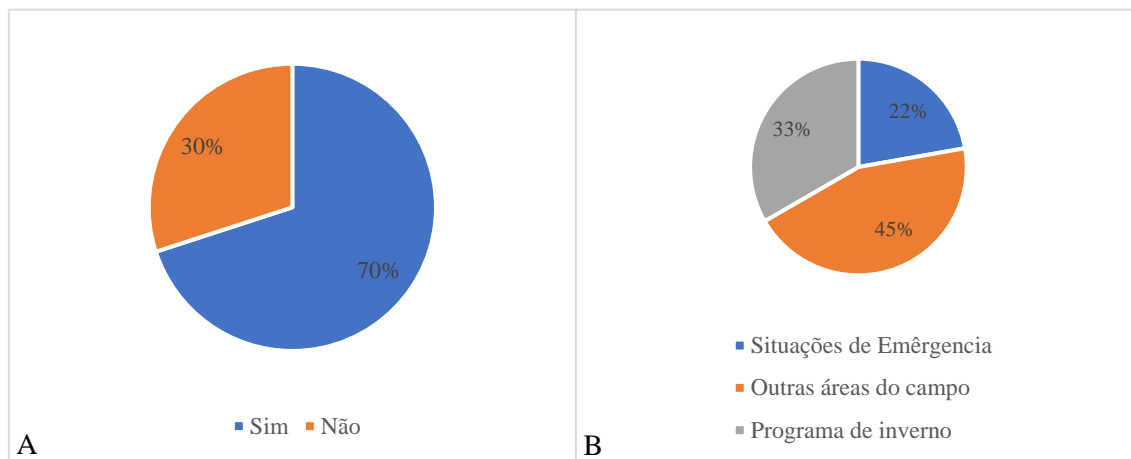


Gráfico 4.27. A) Percentagem dos *greenkeepers* que recorrem a somente um ou a mais do que um WA nos campos de golfe das restantes regiões do país; B) Razões para a utilização de diferentes WA nos campos de golfe das restantes regiões do país

A grande maioria dos *greenkeepers* das restantes regiões do país (70 %) revelaram utilizar mais do que um WA no seu campo de golfe; somente 30 % revelam usar um WA no seu campo de golfe. As três razões mencionadas que levam ao uso de diferentes WA são: outras áreas do campo (45 %), programa de inverno (33 %), situações de emergência (22 %). Comparativamente aos *greenkeepers* do Algarve, aparece uma nova razão, o programa de inverno.

A aplicação do programa de inverno pode explicar o aumento do número de *greenkeepers* que recorrem ao uso de mais do que um WA, quando comparado com a região do Algarve. A utilização de WA durante o inverno, procura aumentar a distribuição de água no solo (infiltração e distribuição), reduzir danos provocados pelo inverno, aumentar a recuperação na primavera e aumentar a firmeza do solo. Contudo, o conhecimento em torno dos principais benefícios causados por aplicações durante o inverno, ainda são escassos (Bauer & Horgan, 2016; Bauer, 2017).

No Gráfico 4.28 estão apresentadas as áreas de jogo pulverizadas pelos *greenkeepers* das restantes regiões do país.

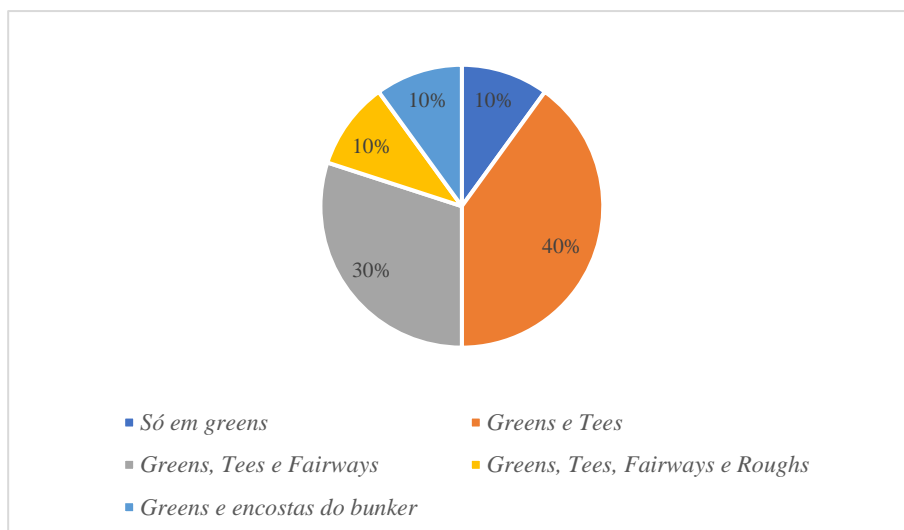


Gráfico 4.28. Percentagem relativa das áreas onde se aplica WA nos campos de golfe das restantes regiões do país

Ao contrário da região do Algarve, os *greenkeepers* das restantes regiões do país, demonstram uma maior valorização à aplicação de WA em outras áreas de jogo, principalmente nos *tees* e nos *fairways*, pois só 10 % aplicam WA somente em *greens*, enquanto *greens e tees* são cerca de 40 % e em *greens, tees e fairways* são cerca de 30 %. A razão pela qual pode existir uma maior pulverização de outras áreas de jogo, a norte do Algarve, pode justificar-se pelo facto de utilizarem-se mais relvas de espécie C3 em *tees*, *fairways* ou *roughs*, principalmente nas regiões centro e norte do país, do que espécies C4 (Almeida & Velosa, 2021). Como é conhecido, as plantas C4 são mais eficientes no uso da água do que as plantas C3 (Rawson *et al.*, 1977). Contudo, e tal como no Algarve, a segunda área onde mais se aplicam WA são os *tees*. Os *roughs* são novamente as áreas menos pulverizadas com WA. Um dos *greenkeepers* inqueridos revelou aplicar WA nas encostas dos bunkers, essencialmente para criar uma maior coesão entre as partículas de areia, o que impede que aquela seja dispersa facilmente (Karnok *et al.*, 2004).

4.8.4 Wetting Agent utilizados

Os WA mais utilizados, segundo os *greenkeepers* inquiridos, estão apresentados no Gráfico 4.29 em frequência absoluta.

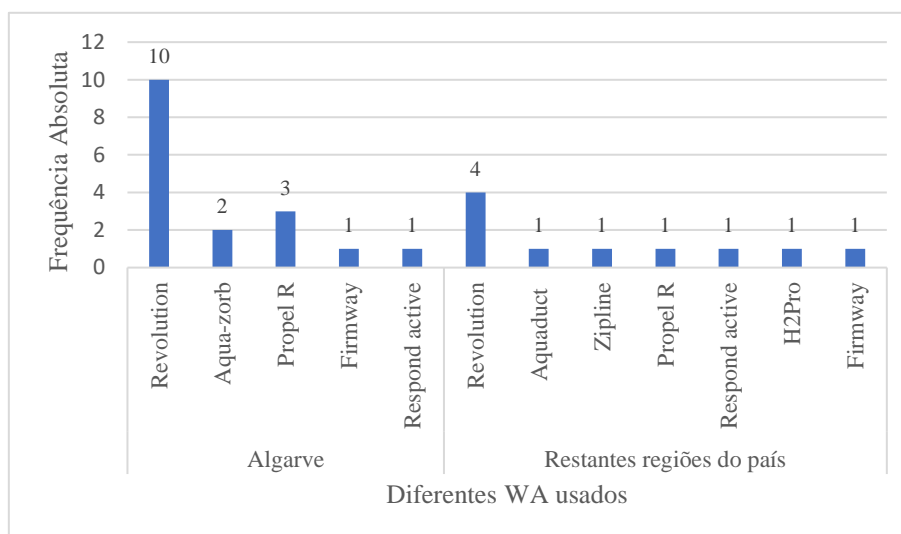


Gráfico 4.29. WA utilizados pelos *greenkeepers* na região do Algarve e nas restantes regiões do país

Todos os WA utilizados são *nonionic*, corroborando Song (2017), que afirma que a grande maioria dos WA usados na indústria do golfe, pertencem aquele grupo (*nonionic*). O WA mais utilizado a nível nacional é o “*Revolution*” (um dos WA usados no teste). O “*Revolution*” encontra-se no mercado desde 2004, sendo um WA amplamente utilizado em ensaios de comparação com outros WA (Zontek & Kostka, 2012). A maior heterogeneidade nas restantes regiões do país, é justificada pela junção de diferentes regiões. Muitas vezes, além dos resultados que cada WA pode proporcionar, a escolha do WA a usar pode ser influenciada pelo preço do produto, *marketing* e técnicos revendedores (Jacobs & Barden, 2018).

Já WA usados nas diferentes áreas de jogo, na região do Algarve, diferem do WA usado em *greens*, somente um *greenkeeper* do Algarve revelou usar o mesmo WA no *green* e noutra área de jogo. O que revela que existe preferência de WA para *greens* e outras preferências de WA para outras áreas de jogo. Porém, nas restantes regiões do país, 45 % dos *greenkeepers*, revelaram usar o mesmo WA dos *greens* nas restantes áreas onde aplicam WA. Os restantes usam diferentes WA para diferentes áreas de jogo. Esta é uma decisão da responsabilidade do *greenkeeper*, porém, estes resultados podem demonstrar que a decisão é influenciada pelas práticas de manutenção utilizadas de região para região.

4.8.5 Importância dos efeitos dos Wetting Agents

4.8.5.1 Algarve

A importância dada aos diferentes efeitos dos WA, foi avaliada por uma escala de 1 a 7, onde 1 era o menos importante e 7 o mais importante. O Gráfico 4.30 mostra a avaliação fornecida pelos *greenkeepers* do Algarve.

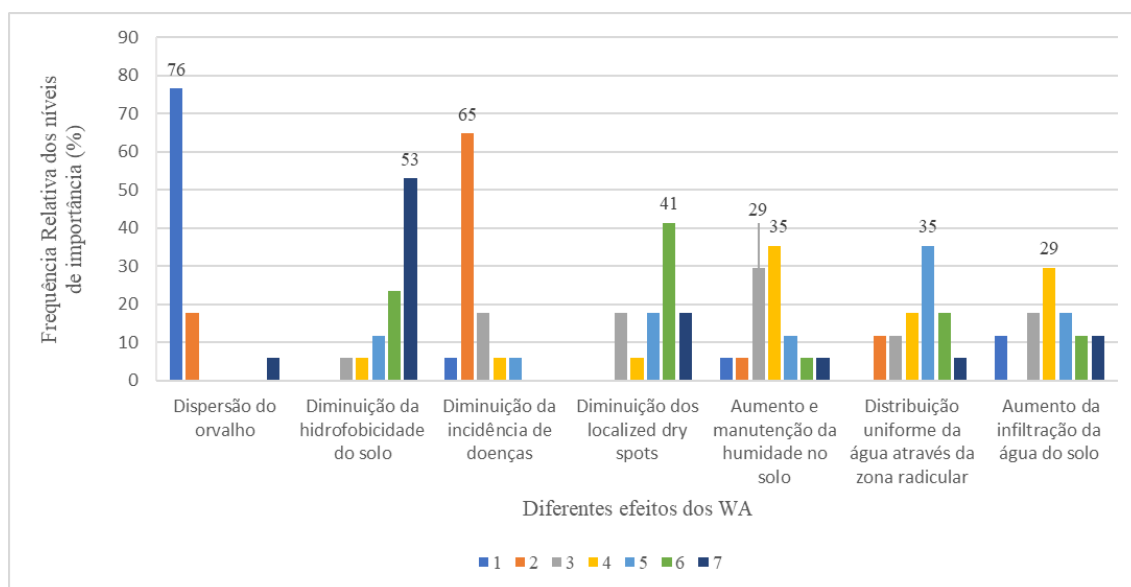


Gráfico 4.30. Importância dada pelos *greenkeepers* da região do Algarve aos diferentes efeitos dos WA

Tendo em conta o Gráfico 4.30, os efeitos dos WA foram ordenados por ordem crescente de importância:

(1) Dispersão do orvalho > (2) Diminuição da incidência de doenças > (3) Aumento e manutenção da humidade do solo > (4) Aumento da infiltração da água do solo/Aumento e manutenção da humidade do solo > (5) Distribuição uniforme da água através da zona radicular > (6) Diminuição dos LDS > (7) Diminuição da hidrofobicidade do solo.

De ressaltar que os efeitos de importância 3, 4 e 5, são os que tiveram uma avaliação mais heterogénea, algo expectável, pois são temas que se encontram bastante relacionados entre si. Os efeitos considerados mais importantes (≥ 4), são efeitos que se encontram relacionados com a interação água/solo. A diminuição da hidrofobicidade do solo, foi considerado o efeito mais importante, o que demonstra o conhecimento e a preocupação dos *greenkeepers* em torno do efeito e da importância dos WA.

A dispersão do orvalho, foi considerado o efeito menos importante, tal como a diminuição da incidência de doenças, o que pode ser justificado por estes efeitos encontrarem-se correlacionados. Fungos como *Rhizoctonia solani* e a *Sclerotinia homoeocarpa* podem desenvolver-se rapidamente quando se verifica uma grande quantidade de orvalho (Daniels, 2020). A *Sclerotinia homoeocarpa*, uma das doenças mais comuns em relvados de campos de golfe, tende a desenvolver-se facilmente, quando o relvado está molhado por mais de 12 horas, e quando as restantes condições ao seu desenvolvimento se verificarem (Workman & Waltz, 2011).

Quando questionados se conheciam mais algum efeito que fosse proporcionado pelos WA, Gráfico 4.31, a maioria dos *greenkeepers* responderam que não conheciam mais nenhum efeito (79 %), porém 21 % dos *greenkeepers* enumeraram dois: a diminuição da firmeza do *green* e o aumento da eficiência dos fitofármacos.

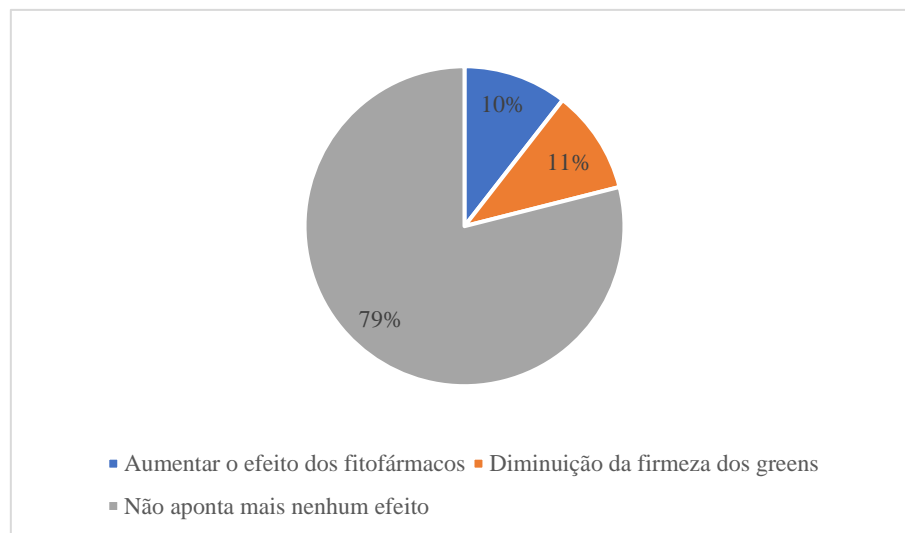


Gráfico 4.31. Outros efeitos conhecidos dos WA pelos *greenkeepers* do Algarve

A diminuição da firmeza dos *greens* é um tema que gera preocupação aos *greenkeepers* no que toca à utilização de WA em *greens*. A razão desta preocupação, deve-se ao relacionamento da firmeza do *green* com a humidade do solo, contudo além da humidade do solo, existem outros fatores que influenciam a firmeza do *green*, tais como a variedade da relva, presença e espessura do *tatch*, *mat*, textura do solo, aparas de relva e a densidade do solo (Linde *et al.*, 2011). Ao comparar com outros trabalhos realizados, observaram-se situações onde não se registaram alterações na firmeza do *green* e situações em que existiram alterações nesse parâmetro, em relação ao controlo (Charles, 2014; Bauer *et al.*,

2017; Thoms *et al.*, 2021). No ensaio desenvolvido, no âmbito desta dissertação de mestrado, em Vale do Lobo, como foi demonstrado no capítulo 4.3, nenhum dos WA testados registou diferenças significativas ($p > 0,05$), em relação ao controlo.

Outro dos efeitos apontados pelos *greenkeepers*, foi o aumento da eficácia dos fitofármacos, mais especificamente fungicidas. Um dos casos mais conhecidos é o tratamento para o *Fairy Ring* (Ou & Latin, 2018). Nesta situação, a combinação do WA no tanque-de-mistura ou aplicado posteriormente ao fungicida, permite uma maior eficácia da diminuição dos sintomas da doença, algo esperado, pois, o *Fairy Ring* cria uma zona hidrofóbica, logo os WA ajudam na resolução desse problema (Fidanza *et al.*, 2007). Para outras doenças, a bibliografia ainda é limitada, contudo demonstra não existir grandes evidências do aumento da eficácia, da combinação de WA com fitofármacos para outras doenças (McDonald *et al.*, 2006; Ou & Latin, 2018).

Os resultados da avaliação dos efeitos dos WA indicam que os *greenkeepers* do Algarve preferem WA direcionados, principalmente, para interação água/solo e que desconhecem/ou não dão importância ao efeito da dispersão de orvalho proporcionado pelos WA. Num futuro inquérito, um maior cuidado nas perguntas relativas à dispersão do orvalho será benéfico, para entender o conhecimento detido pelos *greenkeepers* nesta área.

4.8.5.2 Restantes regiões do país

A preferência dos efeitos para os *greenkeepers* das restantes regiões do país é apresentada no Gráfico 4.32.

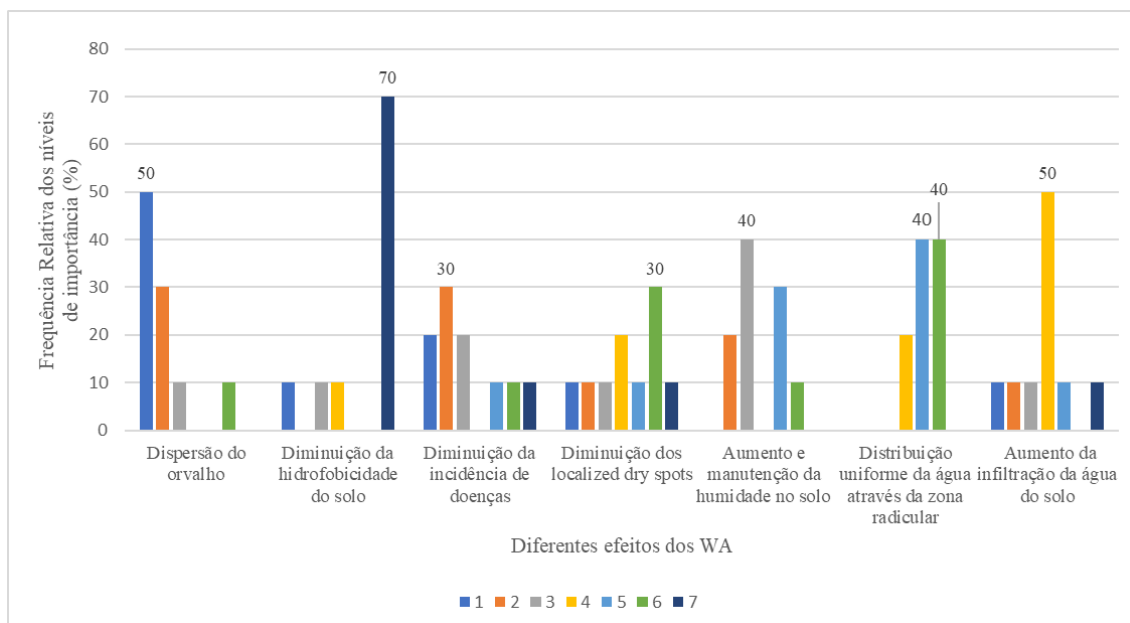


Gráfico 4.32. Importância dada pelos *greenkeepers* das restantes regiões do país aos diferentes efeitos dos WA

Os efeitos dos WA foram ordenados por ordem crescente de importância, tendo em conta o Gráfico 4.32:

(1) Dispersão do orvalho > (2) Diminuição da incidência de doenças > (3) Aumento e manutenção da humidade do solo > (4) Aumento da infiltração da água do solo > (5) Distribuição uniforme da água através da zona radicular > (6) Distribuição uniforme da água através da zona radicular/ Diminuição dos LDS > (7) Diminuição da hidrofobicidade do solo.

Os resultados foram bastante idênticos aos observados pelos *greenkeepers* do Algarve, tendo apenas registado alterações em dois efeitos: aumento e manutenção da humidade do solo (descida de um nível de importância) e distribuição uniforme da água através da zona radicular (subida de um nível de importância). No entanto, estes são uns dos efeitos que obtiveram uma votação bastante heterogénea no Algarve, o que pode levar a estas diferenças, contudo a descida do nível de importância, aumento e manutenção de humidade, pode ser explicada pela maior disponibilidade de recursos hídricos existente a norte do país em relação ao Algarve, o que pode levar a uma menor preocupação com este efeito. Tal como no Algarve, é dada uma menor importância à dispersão do orvalho e diminuição da incidência de doenças.

Porém, estes resultados demonstram que os interesses dos efeitos dos WA, ao longo do país, são bastante idênticos.

O Gráfico 4.33 apresenta as respostas dos *greenkeepers* das restantes regiões do país quando questionados sobre a existência de outros efeitos que conhecessem.

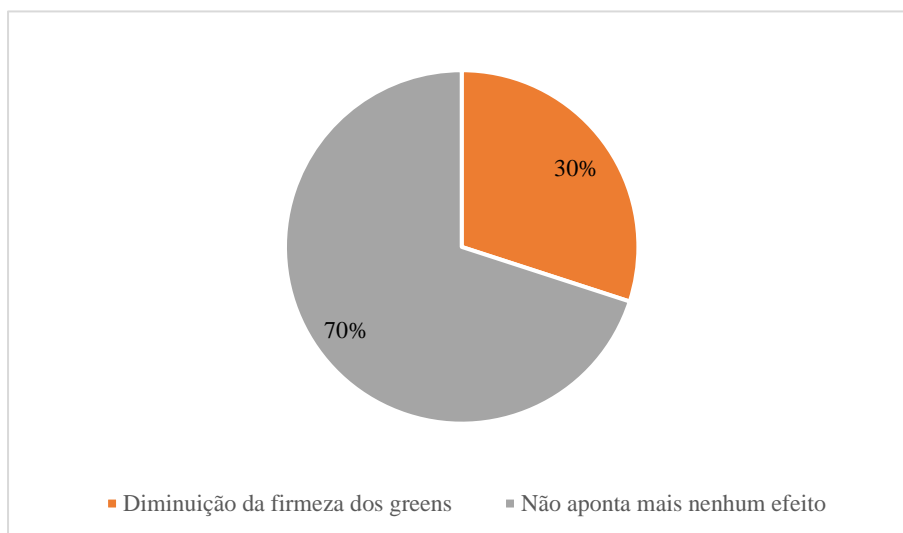


Gráfico 4.33. Outros efeitos conhecidos dos WA pelos *greenkeepers* das restantes regiões do país

Nas restantes regiões do país, foi apontado somente um efeito conhecido, além dos demais mencionados: a diminuição da firmeza dos *greens*. Ao contrário dos *greenkeepers* do Algarve, não foi mencionado o aumento da eficácia dos fitofármacos. O que demonstra, mais uma vez, que as práticas realizadas numa região podem influenciar a decisão de outros *greenkeepers* da mesma região. A diminuição da firmeza, uma vez mais, continua a ser uma das preocupações. A realização de um estudo no centro e/ou norte do país poderia ajudar a entender melhor a influência dos WA na firmeza do *green* nas condições específicas de cada região.

4.8.6 Efeitos obtidos da aplicação de WA em campo

Após se saber quais os efeitos que os *greenkeepers* consideraram mais importantes, torna-se essencial, para complemento do estudo, saber quais são os efeitos que os *greenkeepers*, conseguem obter das suas aplicações de WA em campo.

Após uma análise das respostas facultadas, estas foram agrupadas em três grupos: a) melhoramento do aspeto do relvado, b) redução das LDS e c) eficiência do uso da água (melhor infiltração e distribuição no solo).

Os principais efeitos obtidos nos campos de golfe do Algarve, estão apresentados no Gráfico 4.34A e nas restantes regiões do país no 4.34B.

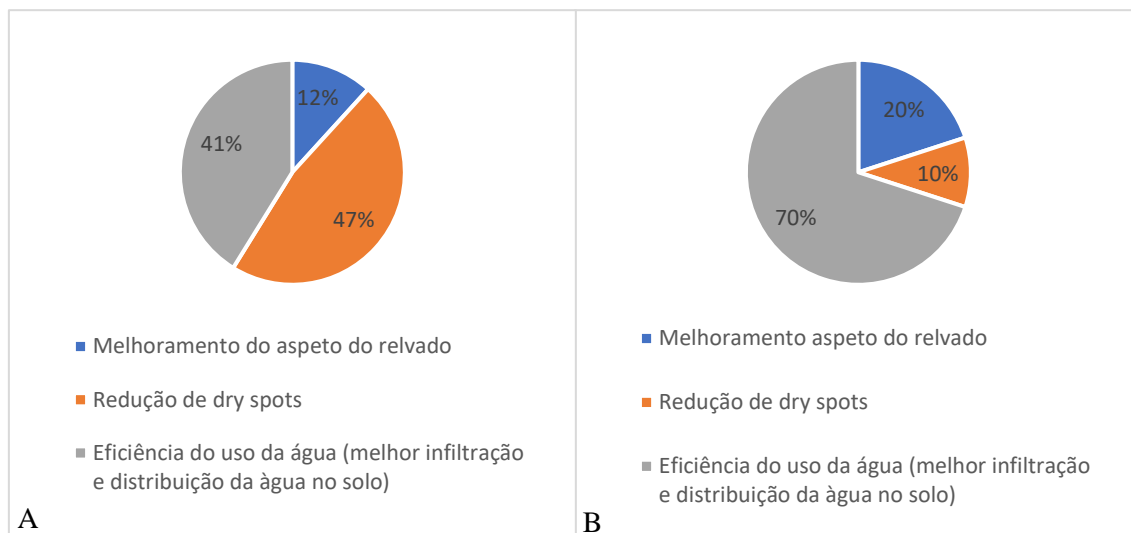


Gráfico 4.34. A) Principais efeitos obtidos da aplicação de WA nos campos de golfe do Algarve; B) Principais efeitos obtidos da aplicação de WA nos campos de golfe das restantes regiões do país

Os dois principais efeitos mencionados pelos *greenkeepers* dos campos de golfe do Algarve, são a redução dos LDS (47 %) e o aumento da eficiência do uso da água (41 %), seguindo-se do melhor aspeto do relvado (12 %). Já nas restantes regiões do país, o principal efeito é o aumento da eficiência do uso da água (70 %), seguindo-se do melhor aspeto do relvado (20 %) e redução de LDS (10 %). Os efeitos obtidos, tanto no Algarve, como nas restantes regiões do país, vão de acordo aos efeitos que os *greenkeepers* mais importância deram (≥ 4). Os resultados obtidos estão de acordo com o estudo realizado por Karnok *et al.* (2004), que de 600 *greenkeepers* entrevistados nos EUA, as três principais razões de utilização de WA, são o alívio dos LDS (42 %), o auxílio na gestão da água (32 %) e o melhoramento da drenagem da água no solo (11 %).

4.8.7 Técnicas de monitorização utilizadas

O conhecimento da eficácia dos WA aplicados é essencial para a otimização e desenvolvimento dos programas de WA. Desta forma, as respostas das técnicas de monitorização usadas no Algarve estão apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Técnicas de monitorização utilizadas pelos *greenkeepers* no Algarve

Número de técnicas usadas	%	Técnicas de monitorização	%
Uma técnica de monitorização	35	Através do aspeto visual da relva	100
Duas técnicas de monitorização	59	Através do aspeto visual da relva e Índices de Vegetação	30,0
		Através do aspeto visual da relva e retirar amostras de relva.	10,0
		Através do aspeto visual da relva e Sondas de humidade	60
Três técnicas de monitorização	6	Através do aspeto visual da relva, Sondas de humidade e índices de Vegetação	100

A técnica de monitorização mais comum é a realização de um *check-up* ao aspeto visual da relva. Algo exetável, devido à monitorização constante do *greenkeeper* responsável em campo, que permite a deteção das LDS. Contudo recorrer apenas a esta técnica de monitorização é altamente limitante, pois inviabiliza uma deteção precoce de zonas hidrofóbicas; impede uma correta gestão da humidade do solo, não permitindo uma poupança dos recursos hídricos; impossibilita aferir se existe uma melhoria da qualidade do relvado; e impede uma deteção rápida de zonas em stress.

A maioria dos *greenkeepers* recorre ao uso de duas técnicas de monitorização (59 %), o que demonstra o reconhecimento da limitação do *check-up* ao aspeto visual do relvado. O uso de mais do que uma técnica, permite uma melhor monitorização dos efeitos dos WA, como é no caso das duas técnicas mais usadas em conjunto: *check-up* ao aspeto visual da relva e o uso de sondas de humidade (60 %). O uso destas duas técnicas possibilita uma maior abrangência na monitorização, além da vantagem do *check-up* ao aspeto visual da relva, o que permite uma deteção de zonas hidrofóbicas; possibilita uma melhor gestão da humidade do solo e assim a possibilidade de economizar água. Contudo impossibilita aferir se existe uma melhoria da qualidade do relvado e a deteção de zonas em stress, por vezes pode ser demorada. Porém, o uso de duas técnicas como, os índices de vegetação e o *check-up* ao aspeto visual da relva, permite aferir se existe uma melhoria

da qualidade do relvado e uma deteção rápida de zonas stress. O uso das três técnicas de monitorização, aspeto visual da relva, sondas de humidade e índices de vegetação, é altamente vantajoso para os *greenkeepers*, já que permite uma maior abrangência na monitorização dos efeitos do WA, porém é a opção menos usada.

Os *greenkeepers* inqueridos do Algarve demonstram recorrer a tecnologias para monotonizar o efeito dos WA (65 %), contudo 35 % dos *greenkeepers* recorrem somente ao aspeto visual, o que torna a monitorização limitada. O facto de 59 % dos inqueridos recorrerem a apenas a duas técnicas de monitorização, demonstra que ainda existe capacidade de melhorar a monitorização dos efeitos do WA com o uso de novas tecnologias. Segundo Carlson *et al.* (2022), a razão existente na literatura para a pouca adoção das *Precision turfgrass management* (PTM) é a carência de conhecimento entre os *greenkeepers* e a falta de quantificação dos benefícios causados. As PTM, através da combinação de métodos e tecnologias, possibilitam dotar os *greenkeepers* de ferramentas que permitem aumentar a resiliência do campo de golfe, nas mais diversas áreas, como no controlo das fertilizações, na gestão da rega, na aplicação de fitofármacos e nas operações culturais realizadas (Carlson *et al.*, 2022).

Nenhum dos *greenkeepers* inqueridos admitiu usar um penetrómetro, nem mesmo aqueles que mencionaram a redução da firmeza do relvado como um dos efeitos provocados pelos WA. Esta técnica permitiria aferir se existe um aumento ou diminuição da firmeza do *green*. De facto, a deteção deste efeito resulta somente do conhecimento tácito dos *greenkeepers*, através do simples caminhar sobre o *green*.

A Tabela 4.3 demonstra as técnicas de amostragem utilizadas pelos *greenkeepers* das restantes regiões do país.

Tabela 4.3. Técnicas de monitorização utilizadas pelos *greenkeepers* das restantes regiões do país

Número de técnicas usadas	%	Técnicas de monitorização	%
Uma técnica de monitorização	20	Através do aspeto visual da relva	100
Duas técnicas de monitorização	70	Através do aspeto visual da relva e Índices de Vegetação	14,3
		Através do aspeto visual da relva e Infiltrómetro.	14,3
		Através do aspeto visual da relva e Sondas de humidade	71,4
Três técnicas de monitorização	10	Através do aspeto visual da relva, Sondas de humidade e índices de Vegetação	100

Tal como no Algarve, a técnica de monitorização mais comum é a realização de um *check-up* ao aspeto visual da relva. Somente 20 % dos *greenkeepers* recorrem unicamente a esta técnica, sendo que grande maioria recorre a duas técnicas de monitorização (70 %). As duas técnicas mais comuns de se utilizarem em conjunto é o *check-up* ao aspeto visual da relva e a utilização de sondas de humidade, tal como no Algarve. Os índices de vegetação também são utilizados, mas por menos *greenkeepers*. Contudo, surge uma técnica de monitorização que anteriormente não fora usada, o infiltrómetro, este tem como única função medir a velocidade de infiltração da água no solo e desta forma entender o nível de hidrofobicidade. Esta técnica é, contudo, demorada. Mais uma vez, a utilização de três técnicas de monitorização, *check-up* ao aspeto visual da relva, sondas de humidade e índices de vegetação é opção menos utilizada.

A capacidade de melhorar a monitorização dos efeitos dos WA, é idêntica ao do Algarve, pois só 10 % alia a sua capacidade de monitorizar o relvado com mais do que uma tecnologia. Em resumo, o panorama de monitorização de WA a nível nacional é idêntico.

4.8.8 Despesas com WA nos greens

As despesas médias com a utilização de WA nos *greens* por campo de golfe no Algarve são, em média, de 4.136,80 euros e nas restantes regiões do país é de 4.358,70 euros por ano, não apresentando diferenças significativas ($p > 0,05$). Este resultado é expetável, pois não existiram diferenças significativas na duração média dos programas de WA.

O Gráfico 4.35 apresenta as classes dos valores gastos em WA na região do Algarve e nas restantes regiões do país.

Na região do Algarve é notória uma maior heterogeneidade nos valores gastos. A razão desta heterogeneidade pode ter diversas razões, tais como: o preço dos WA, a duração do programa de WA, a área de *greens* a pulverizar e o orçamento disponível para a manutenção dos campos.

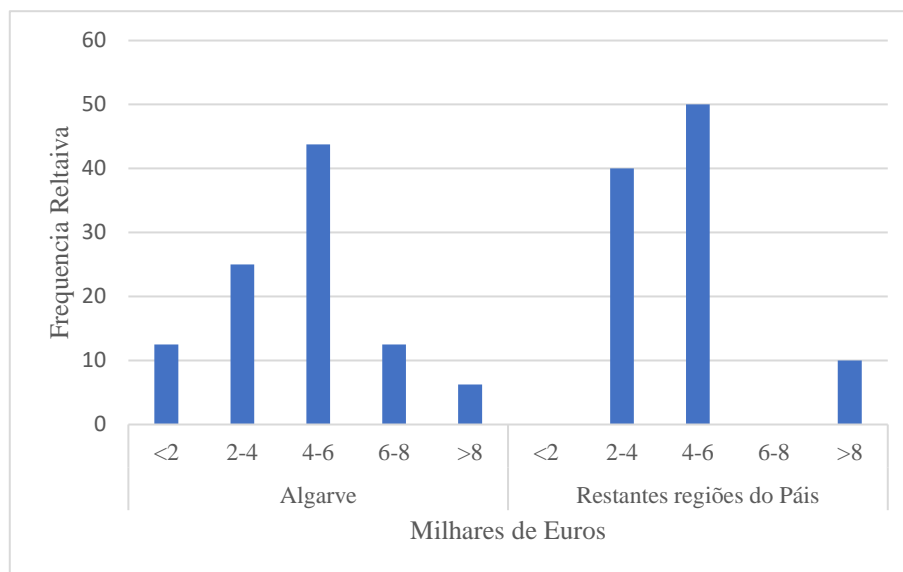


Gráfico 4.35. Classes das despesas em WA nos greens por campos de golfe no Algarve e nas restantes regiões do país

O orçamento disponível pode ser a principal causa desta heterogeneidade, uma vez que a realidade financeira dos campos de golfe do Algarve foi bastante afetada pelo COVID-19, dado que este questionário se realizou em 2022, meses após o término das principais restrições COVID-19. Jorge (2021) realizou uma entrevista a Luís Correia da Silva, presidente do Conselho Nacional da Indústria do Golfe, onde, Luís Silva estimou que as quebras brutas no setor nacional do golfe teriam sido em torno dos 70 % até 2021, sendo a região do Algarve mais afetada, muito devido à grande dependência de jogadores estrangeiros, que ronda os 90 % dos jogadores de golfe no Algarve; o ano de 2022 era apontado como o ano de recuperação.

5 Conclusões e sugestões para ensaios futuros

5.1 Conclusões

Os *wetting agents* demonstram ser capazes de influenciar o teor de humidade do solo, a condutividade elétrica e a dispersão de orvalho. Porém não foram capazes de influenciar a cor do relvado, a firmeza, a infiltração e o NDVI.

No que diz respeito à capacidade de influenciar o teor de humidade do solo, os resultados obtidos sugerem que esta influência varia conforme os *wetting agents* aplicados, tal como a profundidade de atuação. O *wetting agent* R demonstrou aumentar o teor de humidade do solo de forma mais consistente até aos 7,5 cm de profundidade. Já o *wetting agent* TS foi o que demonstrou aumentar a humidade do solo dos 7,5 ao 12 cm de profundidade por múltiplas vezes. O único *wetting agent*, que diminuiu a humidade do solo foi o H aos 7,5 cm de profundidade, porém também demonstrou a capacidade de aumentar a humidade do solo dos 7,5 aos 12 cm de profundidade. A grande maioria dos *wetting agents* não apresentou a capacidade de influenciar significativamente o teor de humidade do solo nas diferentes datas de amostragem. A diminuição da dotação hídrica aplicada não foi capaz de causar o stress hídrico necessário para avaliar o comportamento dos *wetting agents* nestas situações. No entanto foi possível, em datas como 31 de agosto a 3 de setembro, verificar que todos os WA foram capazes de aumentar a humidade do solo, apesar de somente o R ter apresentado diferenças significativas. O aumento da frequência de aplicação, conjugada com o aumento da concentração do tratamento TS*56d não apresentou diferenças significativas em comparação com tratamento TS. No entanto, é sugestiva a perda do efeito do aumento do teor de humidade do solo na aproximação das datas de aplicação do tratamento TS*56d.

A condutividade elétrica, apesar de ter aumentado significativamente perante a aplicação do *wetting agent* TS, tanto no tratamento de 28 em 28 dias, quer no de 56 em 56 dias não é alarmante.

Todos os *wetting agents* usados neste ensaio foram capazes de dispersar o orvalho. A duração do efeito, em *wetting agents* como o TS e o TSg foi de aproximadamente de uma semana. No entanto existe diferenças entre a aplicação do *wetting agent* no estado sólido vs estado líquido. O efeito da aplicação dos *wetting agents* no estado líquido é imediato, enquanto em estado sólido demora pelo menos dois dias. A concentração do produto

aplicado aumenta a capacidade de dispersão do orvalho no *wetting agent* TS, no entanto não foi possível perceber se o efeito é perlongado.

O facto de não se ter verificado diferenças significativas na capacidade dos *wetting agents* em influenciarem a cor, firmeza e NDVI do relvado é principalmente explicado pela ausência de um stress hídrico severo.

A infiltração não apresentou diferenças significativas muito devido à técnica de amostragem escolhida, porém a ausência de zonas hidrofóbicas também pode influenciar os resultados obtidos. Mesmo assim a 13 de agosto foi perceptível que existem tratamentos como o TS, TS*56d e o Q que aprestaram uma capacidade elevada de re-humedecerem o solo.

Assim, nas condições de manutenção e climáticas de *greens* no Algarve, os *wetting agents* demonstram ser uma ferramenta de auxílio na gestão hídrica dos campos de golfe, com potencial para a poupança de água, sem causar a perda da qualidade do *green* ou alterações na firmeza. A capacidade de dispersão do orvalho até uma semana, demonstrada por alguns *wetting agents*, expressa um grande potencial para a diminuição da incidência de doenças. Durante essa semana não seria necessário o alojamento de recursos humanos para a escovagem do orvalho do topo do relvado. Porém para que todos estes efeitos sejam obtidos é necessária uma monitorização de perto, e o uso e escolha adequada do *wetting agent*, pois nem todos produzem o mesmo efeito.

Em relação ao questionário aplicado, salta à vista que apesar de existirem algumas diferenças, os *greenkeepers* do Algarve e das restantes regiões do país adotam preferências e práticas bastante semelhantes e que reconhecem as vantagens da aplicação de *wetting agents*.

O efeito mais importante da aplicação dos *wetting agents* a nível nacional é a diminuição da hidrofobicidade do solo. Em campo, o principal efeito obtido é a maior eficiência do uso da água, este efeito encontra-se bastante relacionado com a diminuição da hidrofobicidade do solo.

Um outro efeito apontado pelos *greenkeepers* portugueses é a diminuição da firmeza do *green*. No entanto, neste ensaio foi comprovado que os *wetting agents* não provocam a diminuição da firmeza do *green*. Aliás, apesar deste efeito ter sido mencionado por alguns

greenkeepers, tanto no Algarve como no resto do país, nenhum deles revelou usar técnicas de monitorização para validarem esse facto.

Ao nível das técnicas de monitorização dos efeitos dos *wetting agents*, ainda existe uma grande margem de melhoria na quantidade e qualidade de técnicas usadas. A adoção de novas e melhores técnicas de monitorização permitiria aumentar a capacidade de avaliar, não só os efeitos dos *wetting agents*, como também outros aspetos relativos à qualidade do *green*.

5.2 Sugestões para ensaios futuros

A repetição do ensaio seria uma mais-valia para a validação dos dados obtidos. Nessa repetição, o stress hídrico deverá ser mais severo para uma melhor análise do efeito dos WA nesse período. Essa repetição também permitirá aferir a influência dos WA em diferentes condições meteorológicas. Já no que diz respeito às técnicas de amostragem, recomenda-se o uso do WDPT em substituição do infiltrómetro para um maior rigor dos dados obtidos, todas as outras técnicas seriam as mesmas. Aconselha-se também uma maior periodicidade da colheita de imagens para a realização dos índices de vegetação, se possível semanalmente.

A realização deste estudo, despertou a curiosidade de outros temas que merecem ser investigados em futuros ensaios, nomeadamente, a avaliação do efeito dos WA num programa de inverno e o efeito dos WA na diminuição da incidência/severidade de doenças.

No que diz respeito à aplicação de futuros questionários, deverão ser adotadas medidas que permitam uma maior percentagem de respostas de *greenkeepers* de outras regiões do país que não o Algarve. Essas medidas podem passar por: a aplicação do questionário nas jornadas técnicas da APG, colaboração de outras entidades na divulgação do questionário (ex: Federação Portuguesa de Golfe). Num futuro questionário sobre *wetting agents* deverá tentar entender-se o conhecimento possuído pelos *greenkeepers* em torno da dispersão de orvalho e da diminuição da incidência de doenças através do uso de *wetting agents*.

6 Bibliografia

- Aamlid, T. S., Larsbo, M., & Jarvis, N. (2009). Effects of surfactant use and peat amendment on leaching of fungicides and nitrate from golf greens. *Biologia*, 64(3), 419–423. <https://doi.org/10.2478/s11756-009-0094-7>
- Aamlid, T. S., & Pettersen, T. (2022). Benefits of a soil surfactant on putting greens under dry and wet conditions. *International Turfgrass Society Research Journal*, 14(1), 157–168. <https://doi.org/10.1002/its2.75>
- Agência Portuguesa do Ambiente, & Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. (2020). *Bases do Plano Regional de Eficiência Hídrica REGIÃO DO ALGARVE Volume I - Memória descritiva*.
- Ali Harivandi, M., Butler, J. D., & Wu, L. (1992). Salinity and Turfgrass Culture. Em *Turfgrass* (Vol. 32, pp. 207–229). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronmonogr32.c6>
- Almeida, A., & Velosa, V. (2021). *Análise da eficiência hídrica nos campos de golfe em Portugal*. www.turismodeportugal.pt
- Barden, A. (2018). *Golf course maintenance is no small task*.
- Barenbrug. (2021). *Bentgrass Establishment & Management Guide*.
- Bauer, S. A. M. (2017). Managing sports turf using wetting agents: a case for full-field applications. *SportsTurf*, 33(12), 8–10. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=edb&AN=126713592&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Bauer, S., & Horgan, B. (2016). Wetting agents influence on surface firmness and winter injury of putting greens. *Hole Notes-The official publication of the MGCSA Vol. 50, No. 3*, 42–50.
- Bauer, S. J., Cavanaugh, M. J., & Horgan, B. P. (2017). Wetting Agent Influence on Putting Green Surface Firmness. *International Turfgrass Society Research Journal*, 13(1), 624–628. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/itsrj2016.06.0490>
- Beard, J. (1973). *Turfgrass Science and Culture*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Beard, J. (2002). *Turf Management for Golf Courses* (Secon). United States Golf Association.
- Belchior, A. (2007). *Estudo dos factores associados à ocorrência de pragas e doenças de golfe* [Master]. Instituto Politécnico de Beja- Escola superior Agrária de Beja.
- Bond, W., Davies, G., & Turner, R. (2007). *The biology and non-chemical control of Creeping Bent (Agrostis stolonifera L.)*.
- Carlson, M. G., Gaussoin, R. E., & Puntel, L. A. (2022). A review of precision management for golf course turfgrass. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 8(2). <https://doi.org/10.1002/cft2.20183>

- Castanho, R. (2014). *Processos de Avaliação e Monitorização do Impacte Ambiental de um Campo de Golfe - Bases para a Definição de Medidas de Monitorização e Mitigação para o Campo “Guadiana Golf” em Badajoz, Espanha* [Master]. Instituto Politécnico de Portalegre-Escola Superior Agrária de Elvas.
- Chang, B., Wherley, B., Aitkenhead-Peterson, J., Ojeda, N., Fontanier, C., & Dwyer, P. (2020). Effect of Wetting Agent on Nutrient and Water Retention and Runoff from Simulated Urban Lawns. *HortScience*, 55(7), 1005–1013. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14982-20>
- Charles, E. (2014). WETTING AGENT PROGRAM AND IRRIGATION EFFECTS ON PUTTING GREEN PERFORMANCE. *Golfdom*, 70(3), 25. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=edb&AN=95027893&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Cisar, J. L., Williams, K. E., Vivas, H. E., & Haydu, J. J. (2000). The occurrence and alleviation by surfactants of soil-water repellency on sand-based turfgrass systems. *Journal of Hydrology*, 231–232, 352–358. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00207-9](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00207-9)
- Daniels, J. (2020). *Displacing Dew Decreases Disease Development*.
- DeBan, L. (1981). *Water Repellent Soils: A state-of-the-art* (2.^a ed., Vol. 46). United States Department of Agriculture, General Technical Report PSW.
- Dernoeden, P. H. (2012). *Creeping Bentgrass Management* (2^o). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12132>
- Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. P. D. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51(1–4), 33–65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8)
- Douaoui, A. E. K., Nicolas, H., & Walter, C. (2006). Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*, 134(1–2), 217–230. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2005.10.009>
- Food and Agriculture Organization of United Nations. (2020). *Standard operating procedure for soil organic carbon Walkley-Black method Titration and colorimetric method*.
- Federação Portuguesa do Golfe. (2020). *Anuário da Federação Portuguesa de Golfe - Estudo de impacte Macroeconómico do Golfe em Portugal no ano de 2018*.
- Feng, G. L., Letey, J., & Wu, L. (2002). The Influence of Two Surfactants on Infiltration into a Water-Repellent Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 66(2), 361–367. <https://doi.org/10.2136/sssaj2002.3610>
- Fidanza, M., Kostka, S., & Bigelow, C. (2020). Communication of soil water repellency causes, problems, and solutions of intensively managed amenity turf from 2000 to 2020. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 68(4), 306–312. <https://doi.org/10.2478/johh-2020-0032>

- Fidanza, M., Wong, F., Kostka, S., & McDonald, S. (2007). Use of a Soil Surfactant with Fungicides for Control of Fairy Ring Disease in Turfgrass. *Journal of Astm International*, 4. <https://doi.org/10.1520/JAI100892>
- Field, A. P. (2009). *Discovering statistics using SPSS: (and sex and drugs and rock «n» roll)* (Third edition). SAGE Publications.
- Grime, J., Hodgson, J., & Hunt R. (2007). *Comparative Plant Ecology A Functional Approach to common British Species* (Second edition). Castlepoint Press.
- Gross, P. (2018). It's never too early to start checking salinity on greens . *USGA- Green Section Record*, 1–2.
- Hallett, P. (2008). A brief overview of the causes, impacts and amelioration of soil water repellency - A review. *Soil and Water Research*, 3, S21–S29. <https://doi.org/10.17221/1198-SWR>
- IPMA, (2023b). *Normais Climatológicas – 1981 – 2010 – Precipitação – Faro*. Consultado em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/>
- IPMA, (2023a). *Normais Climatológicas – 1981 – 2010 – Temperatura – Faro*. Consultado em: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/>
- Jacobs, P., & Barden, A. (2018). Factors to Consider When Developing a Wetting Agent Program. *USGA-Green Section Record Vol. 56 (9)*.
- Jiang, M., Fleetwood, M., Anderson, S., & Xiong, X. (2022). Wetting Agent Effects on Plant Available Water for Hydrophobic USGA Root Zones. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 27(1), 1–9. <https://doi.org/10.19081/ARTOAJ.2022.27.556360>
- Jorge, V. (2021). «Desde novembro de 2019 que os campos de golfe não têm receitas». *Publituris*, 6–9.
- Karnok, K. J., & Beall, M. L. (1995). Localized dry spots caused by hydrophobic soils: What have we learned? *Golf Course Management*, 1–3.
- Karnok, K. J., & Tucker, K. A. (1999). *Dry spots return with summer*.
- Karnok, K. J., Xia, K., & Tucker, K. A. (2004). Wetting agents: What are they, and how do they work? A better understanding of how wetting agents work will lead to their more effective use on the golf course. *Golf Course Management*, 72, 84–86.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., & Richardson, W. (1969). Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. *Remote sensing of environment*, VI, 97.
- Laskowski, K., Frank, K., & Merewitz, E. (2018). Surfactant Effects on Creeping Bentgrass and Annual Bluegrass Exposed to Different Irrigation and Traffic Stress

- Treatments. *Agronomy Journal*, 110(1), 193–199.
<https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0261>
- Leakey, A. D. B., Ainsworth, E. A., Bernacchi, C. J., Rogers, A., Long, S. P., & Ort, D. R. (2009). Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2859–2876.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erp096>
- Leinauer, B., Karcher, D., Barrick, T., Ikemura, Y., Hubble, H., & Makk, J. (2007). Water Repellency Varies with Depth and Season in Sandy Rootzones Treated With Ten Wetting Agents. *Applied Turfgrass Science*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1094/ATS-2007-0221-01-RS>
- Linde, D. T., Stowell, L. J., Gelernter, W., & McAuliffe, K. (2011). Monitoring and Managing Putting Green Firmness on Golf Courses. *Applied Turfgrass Science*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1094/ATS-2011-0126-01-RS>
- Liu, H. (2015). *Comparing Welch's ANOVA, a Kruskal-Wallis test and traditional ANOVA in case of Heterogeneity of Variance* [Master of Science Degrees in Biostatistics, Virginia Commonwealth University].
<https://scholarscompass.vcu.edu/etd/3985>
- Lyons, E., Watson, J., & Husiny, J. (2019). *Assessing various wetting agents on golf putting greens comprised of calcareous and siliceous sand-based rootzones*.
- Macbryde, B. (2006). *White Paper: Perspective on Creeping Bentgrass, Agrostis stolonifera L.*
- McDonald, S. J., Dernoeden, P. H., & Bigelow, C. A. (2006). Dollar Spot and Gray Leaf Spot Severity as Influenced by Irrigation, Chlorothalonil, Paclobutrazol, and a Wetting Agent. *Crop Science*, 46(6), 2675–2684.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2135/cropsci2005.12.0495>
- Müller, K., & Deurer, M. (2011). Review of the remediation strategies for soil water repellency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 208–221.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.008>
- Nascimento, F. (2014). *Projecto do campo de golfe da feitoria Fenícia- Concelho de Silves- Memória descritiva e justificativa*.
- Obear, G. R., Pedersen, M., & Kreuser, W. C. (2017). Genesis of clay lamellae in golf course soils of Mississippi, USA. *CATENA*, 150, 62–70.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.10.019>
- Oostindie, K., Dekker, L. W., Wesseling, J. G., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2013). Development of actual water repellency in a grass-covered dune sand during a dehydration experiment. *Geoderma*, 204–205, 23–30.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.006>
- Ou, L., & Latin, R. (2018). Influence of Management Practices on Distribution of Fungicides in Golf Course Turf. *Agronomy Journal*, 110(6), 2523–2533.
<https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0115>

- Panina, L. v. (2010). Localized dry spots on golf greens in a moderately continental climate, and its prevention and control. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(3), 253–260. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.02.002>
- Prettyman, G. W., & McCoy, E. L. (2003). Profile Layering, Root Zone Permeability, and Slope Affect on Soil Water Content during Putting Green Drainage. *Crop Science*, 43(3), 985–994. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.9850>
- Rawson, H. M., Begg, J. E., & Woodward, R. G. (1977). The Effect of Atmospheric Humidity on Photosynthesis, Transpiration and Water Use Efficiency of Leaves of Several Plant Species. *Planta*, 134(1), 5–10. <http://www.jstor.org/stable/23372407>
- Sarvis, W. G., Liu, H., McCarty, L. B., & Toler, J. E. (2008). Wetting Agents Provide Ways to Manage Summer Stress of Bentgrass in the Transition Zone. *Golfdom*, 64(5), 74–76. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=edb&AN=32114945&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Schindele, B., & McManus, E. (2018). *The Minnesota Golf Course Reference Handbook of Management Practices*.
- Schwab, R. (2020). *Improving water conservation on golf courses through wetting agents and unmown roughs* [Master]. University of Minnesota.
- Seed Research of Oregon. (2021). *007 Creeping Bentgrass*.
- Sewell, L. (2019). Golf Course Land Positive Effects on the Environment. *Seattle Journal of Environmental Law*, 9(1).
- Shaddox, T. W., & Unruh, J. B. (2020). Do Wetting Agents Influence Golf Ball Roll Distance? *HortTechnology*, 30(3), 404–410. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04576-20>
- Zontek, S. J., & Kostka, S. J. (2012). Understanding the different wetting agent chemistries. *USGA Green Sec. Rec*, 50, 1–6.
- Soldat, D. J., Lowery, B., & Kussow, W. R. (2010). Surfactants Increase Uniformity of Soil Water Content and Reduce Water Repellency on Sand-Based Golf Putting Greens. *Soil Science*, 175(3), 111–117. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e3181d6fa02>
- Song, E. (2017). *Soil wetting agents influences on soil hydrophobicity: The effects and mechanisms*. University of Missouri.
- Song, E., Pan, X., Kremer, R. J., Goyne, K. W., Anderson, S. H., & Xiong, X. (2019). Influence of Repeated Application of Wetting Agents on Soil Water Repellency and Microbial Community. *Sustainability*, 11(16), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su11164505>
- Song, E., Schneider, J. G., Anderson, S. H., Goyne, K. W., & Xiong, X. (2014). Wetting Agent Influence on Water Infiltration into Hydrophobic Sand: I. Rewettability. *Agronomy Journal*, 106(5), 1873–1878. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0152>

- Stacey, S. (2018). Managing soil moisture with *H2Pro™ TriSmart*. Consultado em: <https://icl-sf.com/global-en/news/managing-soil-moisture-with-h2pro-trismart/>
- Syngenta. (2014). *Growing Golf in the UK*.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology* (3rd ed). Sinauer Associates.
- Thompson, T. D. (2010). *Remediation of soil hydrophobicity on a coastal USGA sand-based golf green* [Master]. Faculty of California Polytechnic State University.
- Thoms, A., Pease, B., & Lindsey, A. (2021). Wetting Agents on Golf Course Surfaces. *Iowa State University Research and Demonstration Farms Progress Reports 4*.
- Throssell, C. (2005). *Wetting Agent study - GCSAA-USGA wetting agent evaluation*.
- Turf-Tec International. (2021). *Turf-Tec Penetrometer Instructions*. www.turf-tec.com
- Turgeon, A. (2004). *Turfgrass Management* (Seventh edition). Prentice Hall.
- United States Golf Association. (2018a). Understanding Wetting Agents. *USGA Green Section Record* , 56(09).
- United States Golf Association. (2018b). *USGA recommendations for a method of putting green construction*.
- Wallis, M. G., & Horne, D. J. (1992). Soil Water Repellency. Em B. A. Stewart (Ed.), *Advances in Soil Science: Volume 20* (Vol. 20, pp. 91–146). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2930-8_2
- Wessolek, G., Stoffregen, H., & Täumer, K. (2009). Persistency of flow patterns in a water repellent sandy soil – Conclusions of TDR readings and a time-delayed double tracer experiment. *Journal of Hydrology*, 375(3–4), 524–535. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2009.07.003>
- Wilkinson, J. F., & Miller, R. H. (1978). Investigation and Treatment of Localized Dry Spots on Sand Golf Greens. *Agronomy Journal*, 70(2), 299–304. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000020020x>
- Witteveen, G., & Bavier, M. (2012). *Practical Golf Course Maintenance: The Magic of Greenkeeping* (Third). John Wiley & Sons.
- Workman, J. B., & Waltz, C. (2011). Dollar Spot 101. *Golfdom*, 67(10), 29–31. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=edb&AN=66419267&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Xiang, M., Schiavon, M., Orłinski, P., Forconi, A., & Baird, J. H. (2021). Identification of wetting agents for water conservation on deficit-irrigated hybrid bermudagrass fairways. *Agronomy Journal*, 113(5), 3846–3856. <https://doi.org/10.1002/agj2.20450>
- Xiong, X., & Anderson, S. H. (2020). *Wetting agents: Differences and implications for best use*.

7 Anexos

Questionário aplicado aos *greenkeepers*

Perguntas gerais

- Idade:
- Sexo:
- Nome do Campo de golfe do qual é responsável:
- Aplica Wetting Agents?

Sim Não

Se não

- Qual a razão de não aplicar Wetting agents?

- Custo
- Baixa eficácia dos Wetting Agents
- Uso de outras técnicas
- Não se justifica o uso
- Outro:

Se sim

- Qual o nome comercial do Wetting agents que aplica? (indique o nome do que aplicou no último ano)

R:

- Quando inicia o programa de aplicação de wetting agent (indique o mês)?

R:

- Quando acaba o programa de aplicação de wetting agent (indique o mês)?

R:

- Qual a frequência de aplicação do Wetting Agent?

R

- Utiliza mais de um produto comercial no seu campo de golfe?

R:

- Durante o ano, realiza mais do que um programa?

Sim Não

- Se respondeu "Sim" na alínea anterior, indique qual o Wetting Agent que usa e em que datas realiza a aplicação.

R:

- Qual o efeito que considera mais importante da aplicação dos Wetting agents? (ordene da maior para a menor importância, 1 – menos importante; 7 – mais importante)

- Dispersão do orvalho
- Diminuição da hidrofobicidade do solo
- Diminuição da incidência de doenças
- Diminuição de dry spot
- Aumento da humidade no solo
- Distribuição uniforme da água na zona radicular
- Aumento da infiltração da água do solo

- Aponta mais algum efeito?

- Sim Não Outro: Qual?

- Como avalia eficácia da aplicação dos Wetting Agents?

- Através do aspeto visual da relva
- Sondas de humidade
- Infiltrómetro
- Índices de Vegetação
- Outro: Qual?

- Qual o efeito que obtém do programa de aplicação de Wetting agents no seu *green*?

R:

- O custo do programa de wetting agent que pratica compensa os efeitos produzidos?

- Sim Não Talvez

- Só aplica o programa de wetting agent nos *greens*?

- Sim Não Que outras áreas?

- Qual o custo anual aproximado do programa de wetting agent que utiliza no seu campo de golfe? (valor aproximado em Euros)

R:
