



A FITOMONITORIZAÇÃO COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DA REGA DEFICITÁRIA NA VINHA

Rui Pedro Argel Rocha Cruz

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Viticultura e Enologia

Orientador: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes

Presidente - Doutor Jorge Manuel Rodrigues Ricardo da Silva, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais - Doutor José Manuel Couto Silvestre, Investigador Auxiliar do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

-Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;



Lisboa, 2013

Agradecimentos

À minha Mãe e ao meu Pai, por terem acreditado sempre em mim, pelo carinho e sacrifício ao longo destes anos e por serem um exemplo a seguir.

Ao Irmão pela grande amizade e respeito.

À Telma, pela compreensão, pelo carinho, companheirismo e pela paciência todos os dias.

Este espaço é dedicado àqueles que deram a sua contribuição e que sem a sua colaboração não teria sido possível realizar esta dissertação. A todos eles deixo aqui o meu agradecimento sincero.

Ao Prof. Carlos Lopes, que orientou o meu trabalho, por todo o apoio prestado não só durante a tese, mas no meu percurso no ISA, por ter acreditado que seria capaz de levar a cabo este projecto e pela disponibilidade mostrada sempre que foi necessário.

Agradeço ao Eng. Ricardo Egipto, a imensa ajuda tanto no trabalho de campo como na análise de dados.

À equipa do ITQB, Miguel Costa, Olfa Zarrouk, Ivan Garcia e Prof. Manuela Chaves, pelo apoio demonstrado durante a minha passagem pelo ITQB.

À Herdade do Esporão, em concreto ao Eng. Rui Flores e ao Eng. Amândio por todo o auxílio técnico e disponibilidade prestado no local do ensaio.

Congratulo os meus amigos em particular, André Palma, Diogo Borges, João Graça e Rui Monteiro, pois sem esta equipa de trabalho acredito que não teria sido possível a realização desta tese e do excelente trabalho de campo efectuado.

Um sincero obrigado a todos aqueles que não mencionei mas de que certa forma me têm ajudado nesta minha caminhada nos últimos anos.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

BBCH - *Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry* – escala fenológica

C - Cachos

E – Ponto Cardeal Este

F - Folhas

GPRS - *General packet radio service*

IRGA – *Infrared Gas Analyser*

L₂D – Nervura Lateral Direita

L₂E – Nervura Lateral Esquerda

LWD – *Leaf Wetness Duration*

MXDT – *Maximum Trunk Diameter*

MNDT – *Minimum Trunk Diameter*

MDS – *Maximum Daily Shrinkage*

NCF – Número de Camada de Folhas

FS – Fluxo de Seiva

gs – Condutância Estomática

PAR - *Photosynthetically Active Radiation*

PRD – *Partial Rootzone Drying*

RDI – *Regulated Deficit Irrigation*

SDI – *Sustainable Deficit Irrigation*

T - Temperatura

VPD – *Vapour Pressure Deficit*

W – Ponto Cardeal Oeste

Ψ_{Base} – Potencial Hídrico de Base

Ψ_{Stem} – Potencial Hídrico do Ramo

$\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ – Potencial Hídrico Foliar Diário

ET_c - Índice Evapotranspiração Cultural

Índice

Resumo	I
Abstract	II
Introdução.....	1
Revisão bibliográfica.....	2
1.-Fitomonitorização	2
1.1.Fitomonitorização na avaliação de risco de doenças	3
1.2-Fitomonitorização na gestão de rega	3
1.2.1 - Rega	3
1.2.1.1- Rega deficitária	4
1.2.1.2- Gestão de Rega Deficitária	6
1.2.1.2.1 - Indicadores Ambientais	7
1.2.1.2.2 – Indicadores Fisiológicos	7
1.2.1.3 - Fito - sensores	10
a) Sensores de recolha contínua	11
b) Equipamento de recolha pontual	12
1.3 - Casta	12
1.3.1 - Touriga Nacional	12
2 - Material e Métodos	14
2.1 - Caracterização da Parcela de Ensaio	14
2.1.1 - Clima	14
2.1.2 - Solo das parcelas	15
2.1.3 - Local Ensaio	15
2.1.4 - Delineamento experimental	15
2.2 - Fitomonitorização	16
2.2.1 - Instalação dos Sensores de Recolha de Dados Continua	16
2.2.2 - Caracterização dos sensores	18
2.2.2.1 - Dendrómetros -	18
2.2.2.2 - Sensor de Temperatura -	18
2.2.2.3 - Sensor de fluxo de seiva -	19
2.2.2.4 - Sensor de folha molhada –	19
2.2.2.5 - Sensor de humidade do solo –	19
2.2.3 - Medições da Actividade Fisiológica	21
2.2.3.1 - Estados Fenológicos	21
2.2.3.2 - Potencial Hídrico	21

2.2.3.3 - Trocas gasosas.....	22
2.2.4 – Medições da Caracterização do Coberto	22
2.2.4.1 - Caracterização da Densidade do Coberto.....	22
2.2.4.2 - Área Foliar	23
2.2.4.3 - Números de camadas de folhas	23
2.2.4.4 - Evolução na maturação.....	23
2.2.4.5 - Vindima.....	24
2.2.4.6. – Tratamento de Resultados	24
3. Resultados e Discussão	24
3.1. Caracterização do Coberto Vegetal	25
3.2. Dados do Fito-monitor	26
3.2.1. Teor de Humidade Volúmica.....	26
3.2.2- Temperatura das Folhas.....	28
3.2.2.1 Exemplo de Ciclo Diário de Temperatura da Folha	29
3.2.3 - Temperatura dos Bagos	30
3.2.3.1 - Exemplo de ciclo Diário de Temperaturas dos Bagos	32
3.2.4 – Fluxo de Seiva	33
3.2.4.1 - Exemplo de ciclo Diário do Fluxo de Seiva.....	34
3.2.5 - Diâmetro do tronco	35
3.2.5.1 - Exemplo de ciclo diário do Diâmetro do Tronco	36
3.2.6. Análise de um Ciclo de Rega	38
3.2.6.1. Fluxo de seiva	38
3.2.6.2. Temperatura das Folhas.....	40
3.2.6.3. Temperatura dos Bagos.	42
3.2.6.4. Humidade Volúmica do Solo.....	44
3.2.7. Possibilidade de utilização dos dados dos fito-sensores para potenciais estimadores da atividade fisiológica.....	45
3.2.7.1. Potenciais estimadores do Potencial Hídrico Foliar de Base.	45
3.2.7.2. Potenciais estimadores do Potencial Hídrico Foliar Mínimo	47
3.2.7.3. Potenciais estimadores da Condutância Estomática (gs).....	49
4. Conclusões.....	51
4.2. Perspetivas futuras	52
5. Referências Bibliográficas.....	53
I) Anexos	57
i) Anexo - I	57
ii) Anexo II	61

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela resumo das possíveis medições de stresse hídrico - (Loveys,1998)	8
Tabela 2 -- Delineamento experimental- RDI - Regulated Deficit Irrigation; SDI - Sustainable Deficit Irrigation	16
Tabela 3 - Identificação e localização das ilhas de sensores	16
Tabela 4 - Localização e unidades de medição dos sensores	20
Tabela 5 - Caracterização das ilhas de sensores (Regulated Deficit Irrigation e Sustainable Deficit Irrigation) nos parâmetros caracterizadores da densidade do Coberto Vegetal.....	25
Tabela 6 - Lista de Variáveis utilizadas nas correlações.....	45
Tabela 7 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e o Ψ_{Base} (variável dependente) e respectiva significância (Sig).....	46
Tabela 8 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e o $\Psi_{Foliar\ Diário}$ (variável dependente) e respectiva significância (Sig).....	49
Tabela 9 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e a Condutância Estomática (variável dependente) e respectiva significância (Sig) nos momentos após e antes da rega.....	50
Tabela 10 - Tabela de correlações para os parâmetros MDS, MXDT, MNDT, VPD, Sap Flow, Temperatura média da folha e Temperatura média do bago para a modalidade SDI – ilha#603	57
Tabela 11 - Tabela de correlações para os parâmetros MDS, MXDT, MNDT, VPD, Sap Flow, Temperatura média da folha e Temperatura média do bago para a modalidade RDI – ilha#601	57
Tabela 12 - tabela de correlações entre sensores e condutância estomática (gs)	58
Tabela 13 - Tabela de correlações entre os sensores e o $\Psi_{Foliar\ Diário}$ para os momentos antes e pós rega	59
Tabela 14 - Tabela de correlações entre os sensores e o Ψ_{Base}	60
Tabela 15 – Calendário de Regas durante o período de ensaio (mm)	61

Índices de figuras

Figura 1- exemplo de estação de fitomonitorização - I-FARM.....	2
Figura 2- Exemplo de um gráfico do software de suporte de dados para o projecto INNOVINE, por Agriciência	11
Figura 3 - Caracterização climática do local de ensaio	14
Figura 4 - Parcelas de estudo, TN-Touriga Nacional, AR-Aragonês – fonte: Google Maps.....	15
Figura 5- localização das ilhas de sensores 1-#601;2-#603;3-#602;4-#604.....	16
Figura 6- Ilha de sensores - foto do autor	17
Figura 7- Dendrômetro - foto do autor.....	18
Figura 8- sensor de temperatura do bago e da folha- foto do autor.....	18
Figura 9- sensor de SapFlow, sonda tipo Granier - manual Ecomatik.....	19
Figura 10- sensor de folha molhada - foto do autor.....	19
Figura 11- sensor de humidade do solo - foto do autor	19
Figura 12 - Representação gráfica da instalação dos sensores - figura do autor	20
Figura 13 – (H) – altura da sebe, (e) – espessura da sebe	22
Figura 14 - face superior de uma folha de videira	23

Figura 15 - Sensor de Humidade Volúmica a 20 cm, 40cm e 60cm - ilha #603 – SDI – setas a preto indicam início de ciclo de rega.....	26
Figura 16 - Sensor de Humidade Volúmica a 20 cm, 40cm e 60cm - ilha #601 – RDI – setas a preto indicam início de ciclo de rega.....	27
Figura 17 – Sensor de temperatura na folha em comparação à temperatura ambiente na modalidade RDI – ilha #601	28
Figura 18 - Sensor de temperatura na folha em comparação à temperatura ambiente na modalidade SDI – ilha #603	29
Figura 19 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas na folha na modalidade SDI. Ilha #603 – 16/07/2013.....	29
Figura 20- Exemplo de ciclo diário de temperaturas na folha na modalidade RDI. Ilha #601 – dia 16/07/2013	29
Figura 21 - Sensor de temperatura dos bagos em comparação à temperatura ambiente na modalidade RDI – ilha #601	30
Figura 22 - Sensor de temperatura nos bagos em comparação à temperatura ambiente na modalidade SDI – ilha #603	31
Figura 23 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas dos bagos na modalidade RDI em comparação á temperatura ambiente. Ilha #601	32
Figura 24 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas do bago na modalidade SDI em comparação á temperatura ambiente. Ilha #603	32
Figura 25 - Dados do sensor de Sap Flow em L/h na modalidade RDI – ilha#601.....	33
Figura 26 - Dados do sensor de Sap Flow em L/h na modalidade SDI – ilha#603.....	33
Figura 27 - Exemplo de ciclo diário Fluxo de Seiva L/h na modalidade RDI. Ilha #601.....	34
Figura 28 - Exemplo de ciclo diário Fluxo de Seiva L/h na modalidade SDI. Ilha #603.....	34
Figura 29 - Dados do sensor de diâmetro do tronco na modalidade RDI – ilha #601 – setas a preto indicam períodos de ajustamento do sensor	35
Figura 30- Dados do sensor de diâmetro do tronco na modalidade SDI – ilha #603 – setas a preto indicam períodos de ajustamento do sensor	36
Figura 31 - Ciclo diário da evolução do Diâmetro do Tronco na modalidade SDI – ilha #603	36
Figura 32 - Ciclo diário da evolução do Diâmetro do Tronco na modalidade RDI – ilha #601	37
Figura 33 - Percurso de Fluxo de Seiva em comparação dos valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 19/08/2013 – circulo a preto indica o período de aumento do FS após fecho dos estomas.....	39
Figura 34 - Percurso de Fluxo de Seiva em comparação dos valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 14/08/2013 – circulo a preto indica o período de fecho dos estomas.....	39
Figura 35- Percurso de Temperaturas da Folha em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 14/08/2013 – zona a sombreado indica a gama de temperaturas consideradas por Teixeira & Ricardo (1983) como ótimas para a fotossíntese	40
Figura 36 - Percurso Temperatura da Folha em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 19/08/2013 - zona a sombreado indica a gama de temperaturas consideradas por Teixeira & Ricardo (1983) como ótimas para a fotossíntese	41
Figura 37 – Percurso de Temperatura do Bago em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática (gs) no dia 14/08/2013 - – linha a preto indica a temperatura a partir da qual a literatura indica uma redução da síntese de antocianinas - (Downey et al., 2006).....	42

Figura 38 - Percurso Temperatura do Bago em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 19/08/2013 – linha a preto indica a temperatura q partir da qual a literatura indica uma redução da síntese de antocianinas - , Downey et al., (2006).....	43
Figura 39 – Percurso da Taxa de Depleção de Água no Solo em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 14/08/2013	44
Figura 40 - Percurso Taxa de Depleção de Água no Solo em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 19/08/2013	44
Figura 41 – Análise de regressão entre o Integral Diário de ΔT (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar de Base (variável dependente)	46
Figura 42 – Análise de regressão entre Taxa de Depleção de Água no (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar de Base (variável dependente)	46
Figura 43 - Relação entre a Temperatura da Folha (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar Diário (variável dependente) após e antes da rega.	48

Resumo

O presente trabalho é integrado no projeto Europeu INNOVINE que conta com a colaboração de diversas áreas científicas e visa apresentar resultados de um ensaio na região vitícola do Alentejo (Reguengos) onde foi estudada a utilização de fito-sensores para gestão de duas modalidades de rega deficitária, RDI – *Regulated Deficit Irrigation* e SDI – *Sustainable Deficit Irrigation*, de modo a compreender alguns parâmetros determinantes na fisiologia da videira em resposta ao stresse hídrico na casta “Touriga Nacional”.

Para ambas as modalidades de rega foram selecionadas uma videira que fosse representativa da modalidade onde se procedeu à instalação dos sensores de fitomonitorização (fluxo de seiva, temperatura da folha e do bago e diâmetro do tronco).

As temperaturas das folhas oscilaram entre 7,7°C e 52,1°C em ambas as modalidades. Observou-se ainda que a temperatura máxima atingida em ambas as modalidades de rega foi nas folhas mais expostas no lado *Poente* da sebe.

A temperatura dos bagos tanto para a modalidade RDI como para a modalidade SDI oscilaram entre 9º e 50,1°C

Como possíveis estimadores de parâmetros fisiológicos, aquando da análise de um único período de rega, obtiveram-se coeficientes de correlação elevados para a temperatura da folha ($R^2=0.77$) e de humidade no solo ($R^2=0.93$) em relação ao Ψ_{Base} . Como potenciais estimadores do Ψ_{Foliar} Diário a temperatura da folha apresentou coeficientes de determinação de $R^2=0.46$ após rega e $R^2=0.56$ antes da rega. Em relação à condutância estomática nenhum dos sensores se revelou significativamente robusto na sua estimação.

Palavras chave – Fitomonitorização, Rega Deficitária, Dendrómetro, Sap Flow, Temperatura.

Abstract

The following thesis is included in the European project INNOVINE, which includes the collaboration of several scientific areas, with the purpose of presenting results of an essay in the Alentejo (Reguengos) wine region. This essay consists on the use of phytomonitorization as a tool to monitor two types of deficit irrigation, RDI – Regulated Deficit Irrigation and SDI – Sustainable Deficit Irrigation, with the purpose of understanding some determining physiological parameters of a vineyard in response to water stress, using the variety “Touriga Nacional”.

For both types of deficit irrigation a representative vine was selected on which the following phytomonitoring sensors were installed (sap flow, leaf and berry temperature and trunk diameter).

Leaf temperatures ranged from 7.7 °C to 52.1 °C in both modalities. It was also observed that the maximum temperature registered in both modalities was the leaves more exposed on the west side of the canopy. Berry temperature in RDI and SDI ranged between 9 °C and 50.1 °C. These maximums were both noticed in the most exposed cluster in the west side of the canopy.

As possible estimators for physiological parameters, when analyzing a single irrigation period, we obtained high determination coefficients for the leaf temperature ($R^2=0.77$) and for the soil humidity ($R^2=0.93$) when related with the Ψ_{PD} . As possible estimators of Ψ_{Leaf} parameters we obtained determination coefficients of $R^2=0.46$ after irrigation and $R^2=0.56$ before irrigation, both for the leaf temperature. About the stomatal conductance parameter, none of the installed sensors were able to predict with relative significance it's values.

Key words – Phytomonitoring, Deficit Irrigation, Dendrometer, Sap Flux, Temperature.

Introdução

A importância do estudo e compreensão dos impactos das alterações climáticas na agricultura são especialmente evidentes na viticultura (Jones & Davies, 2000). As condições climáticas médias de uma determinada região determinam o sucesso de uma determinada cultivar bem como a tipicidade dos vinhos que nela se produzem, enquanto a variabilidade inter-anual determina as diferenças qualitativas entre os anos (Jones & Hellman, 2003)

A diminuição dos recursos hídricos disponíveis induzirá a uma maior disputa pelos mesmos, entre produtores, empresas ou até mesmo países, principalmente em regiões onde já exista escassez de água e temperaturas elevadas, como é exemplo, regiões abrangidas pelo clima mediterrânico. Estas regiões caracterizam-se por verões longos, quentes e secos, invernos chuvosos, outonos e primaveras parcialmente húmidos (Katerji, *et al.*, 1994).

Tradicionalmente a vinha em Portugal, era considerada uma cultura de sequeiro, contudo nos últimos anos ao planear a instalação de uma vinha já não se coloca de lado a hipótese de instalar sistema de rega, pois mesmo em zonas onde não seja necessário regar todos os anos, esta é sempre necessária nos primeiros anos da videira. No entanto, devido à escassez de água, este é cada vez mais um bem a preservar, para isso é necessário fazer uma melhor gestão do uso da água, para que todas as culturas sejam mais eficientes. Esta melhoria da eficiência pode ser obtida através de novas tecnologias, novos métodos e modelos para que se torne possível praticar uma agricultura sustentável e assim fazer um uso eficiente da água.

A observação e estudo dos sistemas agrícolas é uma forma de sabermos e conseguirmos interpretar o comportamento da cultura em função dos fatores ambientais a que poderá estar sujeita. Assim através da fitomonitorização é possível ter noção da resposta da planta em tempo real, agindo assim com a melhor solução encontrada.

A fitomonitorização ajuda a compreender e a melhorar a resposta da videira ao clima onde esta inserida, permitindo, com a utilização de modelos ambientais, entender quais as alterações a que estará sujeita no futuro.

Este trabalho está inserido no âmbito do projecto europeu INNOVINE – *Innovation Vineyard*, e corresponde ao pacote de tarefas WP5 – Implementação de sistemas de suporte à decisão no âmbito de uma viticultura sustentável.

Revisão bibliográfica

1.-Fitomonitorização

Por definição a fitomonitorização é um sistema de informação para a gestão de culturas. Sistema este que pode gerar um conjunto de valores relativos à cultura em estudo, sendo assim utilizados pelo produtor num controlo diário da mesma. O sistema permite a deteção precoce de perturbações inesperadas nas plantas baseando-se numa variedade de indicadores de distúrbio fisiológico, permitindo assim um ajuste das operações culturais consoante a resposta da planta, diminuindo o risco de deterioração da mesma. (PHYTECH,2013)

A implementação do sistema de Fitomonitorização permite uma monitorização precisa da cultura, tornando possível a utilização de modelos de previsão do comportamento da planta, que nos ajudam a interpretar quais as alterações que vão ocorrer, em termos fisiológicos devido a alterações como a temperatura do ar, a precipitação ou rega. (PHYTECH, 2013)

O objetivo e o propósito da fitomonitorização é obter uma «resposta funcional» da planta, que possa ser considerada como uma imagem do seu comportamento fisiológico face às frequentes modificações naturais ou artificiais do meio ambiente. Muitos cientistas consideram a fitomonitorização como uma nova base de metodologia para a fisiologia vegetal aplicada (Ton *et al.*, 2001)

A fitomonitorização (Fig.1) foi proposta como uma ferramenta sensível e direta que permite monitorizar remotamente e em tempo real as condições da cultura em estudo permitindo conhecer o estado hídrico da planta, otimizando o uso de água na rega, na deteção de risco de pragas e doenças com vista a maximizar a produtividade (Ton & Kleiman 1989; 1990; Ton,1997; Kopyt *et al.*,2001)

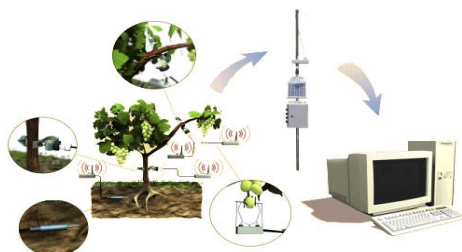


Figura 1- exemplo de estação de fitomonitorização
- I-FARM

1.1. Fitomonitorização na avaliação de risco de doenças

Na deteção de doenças destaca-se a utilização de sensores do tipo Folha Húmida, os quais simulam uma folha no centro do coberto vegetal, estimando a humidade do coberto e conseqüentemente conseguindo identificar se as condições são ou não favoráveis ao aparecimento de fungos oportunistas (Phytech, 2010).

O Período de Humectação (LWD) é um dos parâmetros agrometeorológicos mais importantes na influência da epidemiologia de doenças nas plantas. Em geral a presença de humidade na superfície da planta fornece ao agente patológico a «água livre» necessária para este germinar e infetar os tecidos foliares. Este parâmetro é assim utilizado em diversos sistemas de alerta de doenças (Huber & Gillespie, 1992) que servem para a otimização das aplicações de produtos fitofarmacêuticos (Gillespie *et al.*, 1993) e para a elaboração de análises de risco de uma dada doença quando associado a um modelo de previsão.

1.2- Fitomonitorização na gestão de rega

1.2.1 - Rega

No seguimento de todas as alterações do clima, a agricultura tem que inovar e adotar estratégias de maior controlo da planta e do ambiente envolvente, para assim conseguir monitorizar com maior rigor a resposta da planta às alterações climáticas que estão a ocorrer. As alterações do clima levam a que, por parte dos agricultores exista um ajustar das técnicas culturais de forma a atenuar o impacto das alterações climáticas.

O agricultor pode recorrer a cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas, e intensificar algumas técnicas culturais, tal como a rega (Hoogenboom *et al.*, 1995). Podendo esta ser alterada, quer na frequência, quer na quantidade de água fornecida. Contudo, as medidas de adaptação terão que assegurar que os períodos de stresse exagerados sejam evitados, nomeadamente o stresse hídrico e térmico (Pinto e Brandão, 2002).

O ciclo vegetativo da videira é fortemente influenciado pelo clima e pelas disponibilidades hídricas do solo (Caló *et al.*, 1996). Dependendo da intensidade do

stresse hídrico e o período do ciclo biológico em que ocorre, poderão observar-se paragens de crescimento dos sarmentos (Smart & Coombe, 1983; Mathews *et al.*, 1988) ou uma elevada senescência das folhas basais (Lopes *et al.*, 2001), a qual aumenta o risco de escaldão dos bagos (Kliewer *et al.*, 1983; Smart & Robinson, 1991). O desenvolvimento da área foliar é particularmente afectado pelo stresse hídrico dada a grande sensibilidade do crescimento vegetativo à secura (Schultz & Matthews, 1985). Quando se verificam condições de stresse hídrico no início do desenvolvimento vegetativo, para além da redução do tamanho das folhas, pode verificar-se um decréscimo das taxas de crescimento dos sarmentos principais e do número de lançamentos laterais ou 'netas' (Williams & Matthews, 1990).

Com a rega podemos favorecer as taxas de crescimento dos sarmentos (Bravdo & Naor, 1993;) e induzir aumentos na área foliar (Carbonneau, 1979). Contudo, dotações de rega exageradas dão origem a sebes demasiado densas podendo, devido à diminuição dos níveis de radiação captada e do arejamento da sebe afetar de forma negativa a qualidade da, provocando uma maturação heterogénea e um aumento da susceptibilidade a pragas e doenças (Santos, 2006) A gestão e programação da rega deverá conseguir o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Matthews *et al.*, 1987).

1.2.1.1- Rega deficitária

A rega deficitária tem como objectivo a manutenção de uma boa alimentação hídrica conjugada com condições de stresse moderado em períodos críticos do ciclo biológico com vista a maximizar a qualidade do produto final sem afectar a perenidade da videira. No âmbito da rega deficitária podemos encontrar diferentes maneiras de implementar esta técnica, como a estratégia de rega *Partial Rootzone Drying* (PRD) e *Regulated Deficit Irrigation* (RDI).

A estratégia de rega PRD consiste numa metodologia de rega onde a água aplicada alternadamente a cada metade do sistema radicular, o que origina zonas húmidas e secas no solo. A dessecação desta zona no perfil de solo leva à produção de sinais químicos nas raízes da planta que induzem a parte aérea da mesma a uma redução da condutância estomática e do crescimento vegetativo. Em contraste a zona humedecida, devido ao econstante fornecimento de água, permite a manutenção de um estado hídrico favorável. A estratégia PRD tem assim como objectivo limitar o crescimento vegetativo, manter o rendimento e qualidade do produto final e aumentar a eficiência do

uso da água. esta estratégia requer uma boa monitorização do teor de água no solo para uma correcta aplicação da alternância entre zona seca e húmida(Dry *et al* ,2001).

A noção de rega deficitária controlada (RDI) surgiu com os primeiros trabalhos realizados por Chalmers *et al.* (1984) e os quais fundamentam a utilização de estratégias de redução da quantidade de água fornecida às culturas em função dos estados fenológicos em que o stresse hídrico controlado não afectará a quantidade e a qualidade da produção final. Hargreaves e Samani (1982) afirmam que a RDI poderá proporcionar um retorno económico por unidade de superfície, igual ou superior à prática da rega em que a óptica de gestão assenta na maximização produtiva, traduzindo-se numa eficiência do uso da água.

Na estratégia RDI, a introdução de stresse hídrico controlado em determinadas fases do ciclo fenológico da cultura, garante a satisfação plena das necessidades hídricas da cultura nas restantes fases do ciclo, sem que ocorram quebras na produtividade e qualidade na colheita (Fabeiro *et al.*, 2001; Fabeiro *et al.*, 2002; Fabeiro *et al.*, 2003a e 2003b; López Urrea *et al.*, 2002, 2003; Martín de Santa Olalla *et al.*, 2004). No caso da vinha, Dry & Lovers (1998) estipulam que é entre a fase do vingamento e o pintor que se atingem melhores resultados no controlo do vigor dado que um stresse hídrico moderado após este período pouco efeito tem no crescimento dos sarmentos (Naor *et al.*,1993; Poni *et al.*, 1994). Entre a fase de floração e vingamento, deve-se manter a planta com um baixo stresse hídrico, ainda que este reduza o número e tamanho das uvas. Entre o vingamento e o pintor diminuem-se as dotações de rega, relativamente à quantidade de água fornecida durante a floração e o vingamento, de modo a diminuir o crescimento vegetativo melhorando as condições de sanidade do coberto (Jacckson & Lombard,1993). Após o pintor submete-se a planta a um stresse hídrico moderado, diminuindo ainda mais as doses de rega, com a finalidade de aumentar o teor em pigmentos e compostos aromáticos nas uvas (Possingham,2000). Este sistema permite também reduzir os custos de trabalho e materiais inerentes à exploração, como a aplicação de produtos fitofarmacêuticos e operações culturais (Hamman Jr. & Dami, 2000).

1.2.1.2- **Gestão de Rega Deficitária**

A utilização das estratégias de rega deficitária exige um controlo preciso da quantidade de água e da época de aplicação da água, sem o qual podem ocorrer perdas no rendimento e a ocorrência de escaldão nas folhas e nos cachos em episódios de vagas de calor.

A criação de um défice hídrico através da utilização da RDI (Regulated Deficit Irrigation), torna-se mais fácil de obter com o acumular de experiência. Esta técnica requer uma observação visual constante do estado da vinha, uma monitorização da humidade do solo e o registo constante das suas variações, para que se possa assim compreender quais as alturas ideais para regar ou parar a rega.

Para pôr em prática a a Rega Deficitária é necessário conhecer alguns aspectos inerentes à vinha e à parcela, tais como (Bravdo, 2005):

- O estado hídrico do solo (que será influenciado pela quantidade de precipitação).
- A profundidade e a estrutura radicular, que indica a profundidade do solo à qual a água da rega terá de chegar para ser eficazmente utilizada pela planta.
- A taxa de infiltração da água no solo a uma dada profundidade, e a sua capacidade de retenção.
- A qualidade e quantidade do produto final, em particular as características que asseguram a qualidade do vinho.
- Conhecimentos agronómicos sobre a casta e o porta-enxerto são de extrema importância.
- Cada caso é um caso, não há receitas para esta técnica cultural.

Independentemente da localização das vinhas e das suas características, a decisão de qual a altura ideal para efetuar a rega, pode ser determinada de variadas maneiras. Comumente recorre-se a utilização de sondas de humidade do solo (p.ex. sondas capacitivas) para determinar a quantidade atual ou relativa de água no solo a uma determinada profundidade ou, se conhecida, na zona radicular das videiras. A nível da planta podem ser utilizadas ferramentas como a câmara de pressão, que mede o estado hídrico da planta, ou o IRGA (Infrared Gas Analyser) que mede a fotossíntese e a transpiração das folhas entre outras (Inês,2010).

A utilização de alguns destes equipamentos requer a presença física do operador no campo constantemente e a realização de várias medições com os equipamentos ao longo do dia, para a obtenção de curvas diárias de resposta da planta ao stresse hídrico,

além dos gastos inerentes em material e de o procedimento utilizado pela câmara de pressão ser um método destrutivo de análise. Por outro lado a escolha da fitomonitorização para a obtenção de respostas da planta ao stresse, dispensa a permanência do técnico a tempo inteiro no campo, embora seja essencial manter um controlo visual do aspeto da vinha, evita a utilização de métodos destrutivos na avaliação do seu estado hídrico e permite a recolha contínua de informação em intervalos de tempo pré-estabelecidos. Estas novas ferramentas têm como desvantagem o elevado investimento inicial em equipamento e a falta de conhecimento técnico de algum dos seus constituintes.

1.2.1.2.1 - Indicadores Ambientais

A energia solar, temperatura e disponibilidades hídricas do solo (água) são três fatores ambientais preponderantes nas taxas fotossintéticas, e conseqüentemente no crescimento e desenvolvimento vegetal (Champagnol, 1984).

Segundo Champagnol (1984), existem inúmeros fatores como a humidade relativa do ar, o vento, a taxa de transpiração e o potencial hídrico da folha, que influenciam o estado hídrico em que a planta se encontra, pois são os indicadores ambientais e fisiológicos que alteram a presença de água na planta.

1.2.1.2.2 – Indicadores Fisiológicos

O estado hídrico da planta resulta da diferença entre a absorção de água e a transpiração, em consequência do movimento da água através de um gradiente decrescente do potencial hídrico desde o solo, através da planta até à atmosfera (Begg & Turner, 1976)

O potencial hídrico é o parâmetro geralmente usado na medição do estado hídrico da planta e representa um indicador da sua actividade fisiológica (Lopes *et al.*, 1998). O potencial hídrico foliar (Ψ_f) é determinado pelo potencial hídrico sentido na rizosfera, potencial do solo (Ψ_s), evapotranspiração real e instantânea e resistência ao movimento de água no *continuum*. O Ψ_f é tanto mais negativo quanto maior for o stresse hídrico sentido (Smart, 1974; McCarthy *et al.*, 1992).

O Ψ_{Base} (Potencial Hídrico Foliar de Base), medido antes do amanhecer, é um robusto indicador do estado hídrico do solo e fornece uma estimativa do potencial hídrico do volume de solo explorado pelas raízes, constituindo assim um indicador mais

correcto das disponibilidades hídricas do que os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ diurnos, visto que eles dependem, quer das alterações ambientes (Nagarajah,1989), quer do comportamento estomático (Lopes *et al.*,1998).

A videira responde à carência de água com o fecho dos estomas, reduzindo assim a transpiração, resistindo a períodos de secura. O estado hídrico da planta varia consoante a fase do ciclo vegetativo, com a hora do dia e com a disponibilidade de água no solo (McCarthy *et al.*,1992). A abertura dos estomas aumenta a captação de dióxido de carbono necessário para a fotossíntese, mas leva ao mesmo tempo a uma inevitável perda de água. Por outro lado, o fecho dos estomas reduz a fotossíntese e transpiração. Em condições de stresse hídrico é necessário maximizar a relação entre a fotossíntese e a transpiração, ou seja, a eficiência de utilização da água. A evolução diária da eficiência de utilização da água mostra um comportamento decrescente desde as primeiras horas da manhã, prolongando-se por todo o dia. A eficiência do uso da água depende do genótipo e das condições atmosféricas, sendo encontrados os valores mais elevados a uma temperatura média, a baixas necessidades evaporativas da atmosfera e a uma baixa intensidade luminosa (Düring & Klingenmeyer, 1987).

A Fotossíntese é influenciada pela temperatura ambiente, a produtividade fotossintética diminui quando a temperatura ótima é ultrapassada, se esta estiver com valores extremos pode implicar danos irreversíveis no sistema fotossintético.

Na tabela 1 retirada de um relatório conjunto entre a *CSIRO* e a *Grape and Wine Research and Development Corporation* elaborado por Loveys (1998) pode ser encontrado um resumo dos tipos de medições efectuadas e comentários sobre as vantagens e as desvantagens de cada uma. A ênfase tem sido dado para o desenvolvimento de técnicas que possam ser facilmente empregues, relativamente baratas, com material robusto e que não necessitem de um elevado nível de formação do operador.

Tabela 1 - Tabela resumo das possíveis medições de stresse hídrico - (Loveys,1998)

Dendrometry	<ul style="list-style-type: none"> • Reliable measurements can be made over a long period of time • Data can be logged • Data interpretation is difficult but attempts have been made to automate data analysis and decision making • Vines show different responses at different times of the season, again complicating data analysis • Rain events significantly disrupt the daily patterns of stem diameter changes
-------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Constraints may be imposed due to the cost of equipment and the ability to measure relatively few vines • Instrumentation can be made robust and reliable and capable of extended periods of measurement. With some more development dendrometry could be a useful tool applicable to grapevines in Australia
Canopy temperature	<ul style="list-style-type: none"> • Measurement of canopy temperature can readily differentiate vines on the basis of their irrigation status • Thermal imaging techniques demonstrate errors that can be introduced by non-vine components • High leaf to leaf variability eliminated by multiple measurements made from moving vehicle with cheap infrared thermometers • Large areas of vineyard can be measured in a short period of time • Canopy conductance index (I_g), calculated from measurements of canopy temperature and temperature of reference surfaces is a good indicator of vine response to irrigation treatment Further development of this methodology is required but it shows a significant promise as a cheap, reliable method for large scale use.
Midday stem water potential(ψ_{stem})	<ul style="list-style-type: none"> • Closely correlated with ψ_L but less error due to reduced leaf to leaf variability may mean fewer measurements required • Advantages offset by time required for placement of bags <p>Some advantages over ψ_L but subject to the same basic constraints</p>
Midday leaf water potential (ψ_L)	<ul style="list-style-type: none"> • A well-established method for assessment of plant water status, however the relationship between measured ψ_L and physiological function may not be so well established • Guidelines for the interpretation of ψ_L data have been developed • Equipment is robust and mobile so measurements throughout a vineyard are possible • A high level of spatial variation may require multiple measurements to reduce error • Interaction between stomatal function and ψ_L may lead to incorrect data interpretation • New loggable equipment may make this measurement more attractive, although then subject to the constraint of few measured vines • Easily measured with reliable equipment by relatively unskilled personnel. Variability may require many measurements for reliable data. Skill required in data interpretation, especially with regard to varietal differences.

	New equipment needs development but shows promise.
Sap flow	<ul style="list-style-type: none"> • Provides knowledge of the performance of the whole vine • Installations stable for extended periods without attention • Some uncertainty regarding the accuracy of absolute sap flow rates but capable of producing reliable long term relative numbers • Number of vines that can be measured may be limited by cost • A robust reliable technique capable of further development for commercial use
Stomatal conductance	<ul style="list-style-type: none"> • A sensitive measure of vine performance but subject to rapid change in response to ambient conditions. Data interpretation may be difficult without specialized knowledge • High level of temporal and spatial variability requiring multiple measurements • Equipment not very robust under sustained field use. A useful research tool but not yet developed for routine commercial use
Pre-dawn leaf water potential (ψ_{pd})	<p>A sensitive measure of soil/plant water status capable of detecting differences on a daily basis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Easily measured but must be done before sunrise. • Eliminates short-term variability due to stomatal responses • Data interpretation may be compromised by discontinuities in soil moisture as the indicated ψ_{pd} will reflect the wettest soil. The most sensitive measure of water potential for detecting irrigation status. Capable of continuous measurement with new equipment

1.2.1.3 - Fito - sensores

Existem vários tipos de sensores de fitomonitorização, em que a recolha de dados é executada de forma contínua ou pontual. Na recolha de dados contínua, a transmissão de dados, tal como o nome indica, é regular e de forma contínua. Os dados recolhidos são transmitidos, para um computador e incorporados em base de dados, que através de um software próprio, tem a capacidade de analisar os dados de cada um

dos sensores. Nos sensores de recolha pontual os dados são recolhidos de forma esporádica, de acordo com as necessidades.

No âmbito do projecto Europeu INNOVINE, o software que está a ser utilizado foi desenvolvido pela empresa Agriciência. Este software permite uma monitorização em tempo real dos sensores instalados nas parcelas em estudo possibilitando a sua visualização gráfica em qualquer computador desde que ligado à internet (Fig.2).

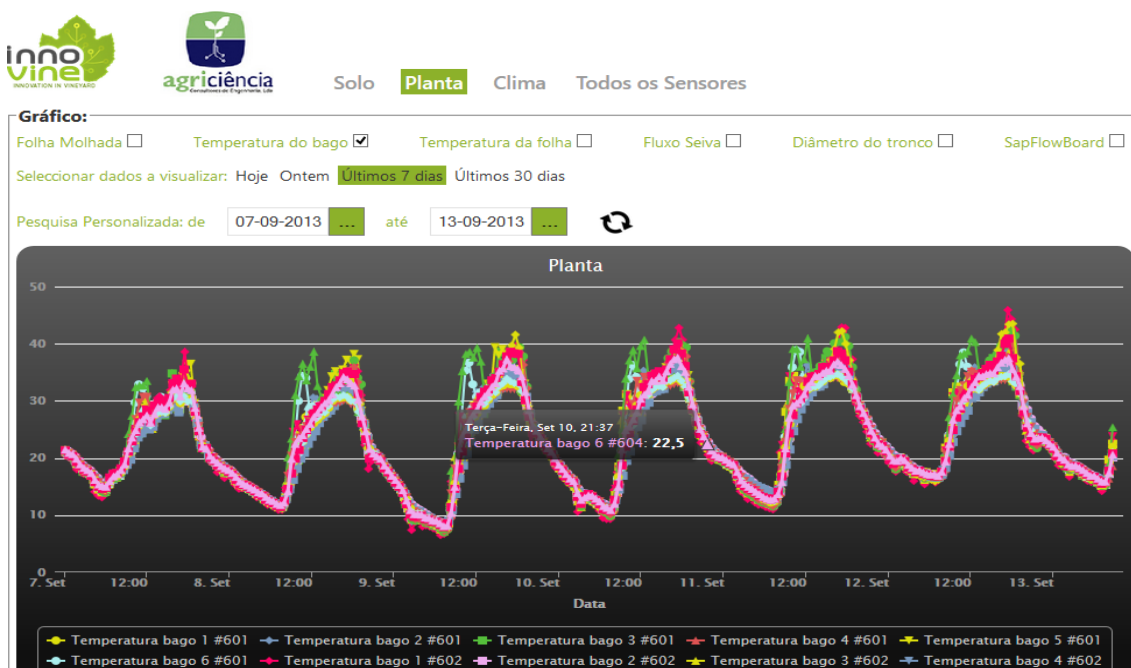


Figura 2- Exemplo de um gráfico do software de suporte de dados para o projecto INNOVINE, por Agriciência

a) Sensores de recolha contínua

- Sensor de humidade do solo - Determina a humidade do solo a uma profundidade pré-definida;
- Dendrómetros – Permite determinar as variações do diâmetro do tronco e do bago, mostrando as variações de perdas de água por parte da planta;
- Sensor de temperatura - Este sensor mede a temperatura da folha e do bago de forma contínua;
- Sap Flow – Com os dados recolhidos deste sensor é possível determinar os fluxos de seiva que existem entre raiz e parte aérea da videira, através duma

sonda do tipo *Granier*, que estima o fluxo de seiva a partir da diferença de temperatura entre agulhas.

- Folha Molhada – Este simula uma folha no centro do coberto vegetal, determinando a humidade do mesmo, ajudando na identificação de condições favoráveis ou não ao aparecimento de fungos.

b) Equipamento de recolha pontual

- Câmara de pressão “Scholander” – estima a capacidade da planta para a captação de água, e em que se utiliza um gás neutro para exercer pressão. Quanto menor for a quantidade de água livre na planta, maior será a pressão necessária para a fazer sair. Determinando assim se a planta está ou não em stress hídrico (Deloire *et al.*,2003);
- IRGA (Infrared Gas Analyser) - Este aparelho é constituído por um analisador de CO₂ e o vapor de água através de infravermelhos, A câmara que analisa a folha possui dois sensores que permitem a medição da temperatura do ar e da folha no seu interior, e um sensor PAR (Photosynthetically Active Radiation);
- “Sunfleck Ceptometer” – este sensor utilizado na medição da radiação fotossinteticamente activa no coberto da planta, no comprimento de onda entre os 400 e os 700 nm é constituído por uma vara com 63 receptores de PAR.

1.3 - Casta

1.3.1 - Touriga Nacional

A casta “Touriga Nacional” foi, em tempos, a casta dominante na região do Dão e a responsável quase exclusiva pela fama dos vinhos da região vitivinícola do Dão. É hoje, uma das mais utilizadas no Douro e tida como uma das mais nobres castas tintas portuguesas. A sua fama tem vindo a espalhá-la por quase por todas as regiões vitícolas portuguesas, do extremo Norte até ao Algarve, e está mesmo a aguçar a curiosidade de viticultores estrangeiros (Ghira, 2004).

A “Touriga Nacional” antes de alcançar o estatuto actual de grande casta nacional, teve uma fase de declínio no período pós-filoxera, diminuindo drasticamente a sua presença na região do Dão de onde é originária. De acordo com o cadastro de 1986 representava apenas 5%, o mesmo acontecia na região do Douro (IVV, 2010).

A casta “Touriga Nacional” adapta-se a todos os tipos de solo, embora o *terroir* onde a casta exprime as suas melhores características tenha que apresentar elevada insolação e temperaturas elevadas, o que proporciona um comportamento satisfatório com a maioria dos porta-enxertos mais utilizados. É uma casta de alto vigor e com vegetação de porte retombante. Em contrapartida esta casta é resistente ao míldio e ao oídio e pouco afectada pela podridão dos cachos (IVV, 2010).

Segundo o mesmo autor, em termos de vinificação esta casta dá origem a vinhos complexos e de qualidade muito elevada, com uma grande intensidade das componentes da cor e aroma, redondos e macios lembrando frutos silvestres maduros, apresentando também uma elevada capacidade para o envelhecimento, em particular em madeira.

Até há pouco tempo era considerada a nobre estrela do lote que compõe o Vinho do Porto e os tintos do Douro. Hoje, a Touriga Nacional é celebrada em diversas outras regiões portuguesas e está na base de vinhos de qualidade no Dão, Estremadura, Ribatejo, Beiras, Alentejo, Bairrada, Península de Setúbal e até no Algarve.

2 - Material e Métodos

2.1 - Caracterização da Parcela de Ensaio

O ensaio foi conduzido numa importante região vitivinícola nacional, a região do Alentejo, na Herdade do Esporão em Reguengos de Monsaraz (Fig.4). A parcela de estudo tem um compasso de plantação de 3m x 1.5m originado uma densidade de 2222 plantas por hectare, com uma orientação espacial da sebe Norte-Sul. As videiras do ensaio seguem o sistema de condução de monopiano vertical ascendente, com uma carga de poda média de 8 talões e 16 olhos por videira e enxertadas no porta-enxerto 1103-P. As linhas do ensaio foram divididas consoante a modalidade de rega estabelecida, SDI – 80% ET_c (utilizado pela Herdade do Esporão) e RDI – 50% da água aplicada na modalidade SDI. Nos ciclos de rega o débito dos gotejadores era de 2.2 L/h.

2.1.1 - Clima

As zonas vitivinícolas do Alentejo situam-se na faixa Ibero-Mediterrânea, onde se observam características climáticas mediterrânicas e de acentuada continentalidade. O clima da região é caracterizado por Primaveras e Verões excessivamente quentes e secos (fig.3). Os valores relativos à insolação são muito elevados, particularmente no trimestre que antecede as vindimas, contribuindo para a perfeita maturação das uvas e qualidade dos vinhos. São de facto condições marcadamente favoráveis à síntese e acumulação dos açúcares. A insolação anual é de aproximadamente 3000 horas, (Vale *et al.*, 1996).

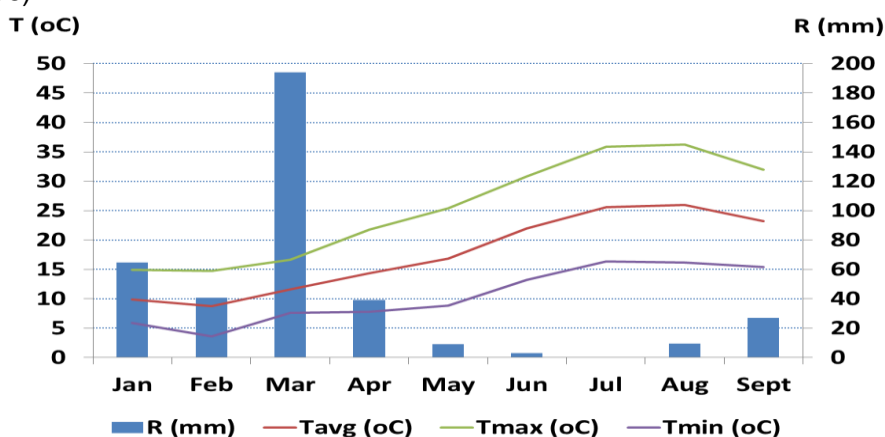


Figura 3 - Caracterização climática do local de ensaio para 2013

2.1.2 - Solo das parcelas

As amostras de solo revelam que a Touriga Nacional assenta em solo franco-arenoso, alcalino, com pH 7,6 e baixo teor em matéria orgânica.

2.1.3 - Local Ensaio

- Reguengos Monsaraz, Herdade do Esporão, lat. 38.394987, long. - 7.547607.

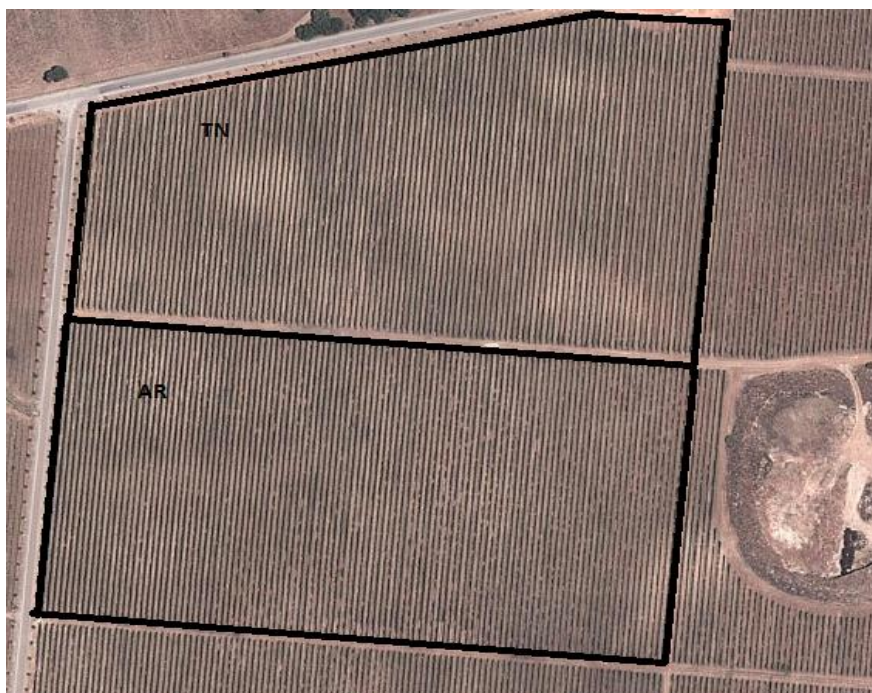


Figura 4 - Parcelas de estudo, TN-Touriga Nacional, AR-Aragonês – fonte: Google Maps

2.1.4 - Delineamento experimental

. O delineamento experimental é constituído por uma distribuição em blocos causalizados com quatro repetições e duas modalidades: SDI – 80% ETc (334mm aplicados semanalmente de meados de Junho a final de Agosto) e RDI – 50% da água aplicada na modalidade SDI (160mm). Nos ciclos de rega o débito dos gotejadores era de 2.2 L/h (Tab.2) Foram consideradas as linhas 6 (RDI) e 17 (SDI) como as mais representativas da parcela e as videiras 9 e 18 (Tab.3) respectivamente para instalação das ilhas de sensores (Fig.5). As linhas do ensaio foram divididas consoante a modalidade de rega estabelecida

(folha molhada) e 1 sensor de fluxo de seiva. Este conjunto de sensores recolhe os dados em intervalos regulares transmitindo através de GPRS para um servidor durante todo o ciclo (fim de floração a vindima). Todas as ilhas estão equipadas de painéis solares com o intuito de serem autosuficientes nos gastos de recursos energéticos. Os dados colhidos por esta ilha de sensores (*tab. 3*), colhidos a cada 30 minutos, serão utilizados no projecto INNOVINE, no estudo da resposta das plantas aos métodos de irrigação deficitária impostos. A instalação das ilhas de sensores foi levada a cabo pela empresa UAVISION no dia 15 Julho do presente ano.

Os dados fornecidos por esta ilha de sensores (*fig.6*), são armazenados informaticamente num servidor disponível online, e por fim analisados através do software desenvolvido pela empresa Agriciência, empresa responsável por esta componente do projecto INNOVINE. Os valores de Temperatura do Ar e de Défice Pressão Vapor da Atmosfera são fornecidos por uma estação meteorológica instalada na Herdade do Esporão com uma cadência horária de recolha de valores, que são posteriormente transferidos para o servidor da Agriciência e adicionados ao software de visualização de dados.



Figura 6- Ilha de sensores - foto do autor

2.2.2 - Caracterização dos sensores

2.2.2.1 - Dendrômetros -

O sensor responsável pelo diâmetro do tronco figura.7, da empresa *EKOMATIK* é composto por uma agulha de tensão que regista os dados recolhidos (μm) e permite observar as variações no diâmetro do tronco permitindo assim avaliar o estado hídrico da planta. O dendrómetro do tronco foi instalado abaixo da vegetação a cerca de 30cm do solo.



Figura 7- Dendrômetro - foto do autor

2.2.2.2 - Sensor de Temperatura -

O sensor de temperatura (fig.8) da empresa *UAVISION* mede a temperatura da folha e do bago em intervalos contínuos ao longo do dia. Esta temperatura pode ser influenciada por variáveis tais como vento, humidade do ar, a cor do corpo, humidade do solo, radiação incidente entre outros. De todos estes fatores a radiação incidente é a responsável pela maior amplitude térmica do corpo. Foram instalados vários sensores tanto no lado nascente como do lado poente para uma maior uniformização dos resultados, instalando 9 termopares por ilha (3 na folha e 6 nos bagos).



Figura 8- sensor de temperatura do bago e da folha- foto do autor

2.2.2.3 - Sensor de fluxo de seiva -

O sensor de fluxo de seiva *EKOMATIK* (fig.9), consiste na inserção de 2 sondas no tronco com um diâmetro de 2 mm, e uma distância de 15 cm entre elas, em que a agulha superior é aquecida a uma potência constante. A diferença de temperaturas entre as sondas é convertida em densidade de fluxo utilizando

a equação proposta por *Granier* (1985,1987), multiplicando-se a densidade de fluxo pela área de xilema no tronco obtém-se então o fluxo de seiva.

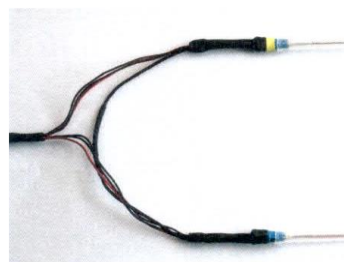


Figura 9- sensor de SapFlow, sonda tipo Granier - manual Ecomatik

2.2.2.4 - Sensor de folha molhada –

Este sensor da empresa *UAVISION* tem como objectivo simular uma folha no centro do coberto vegetal (fig.10), determinando a humidade do coberto, ajudando a identificar se as condições são ou não favoráveis ao aparecimento de pragas ou doenças.



Figura 10- sensor de folha molhada - foto do autor

2.2.2.5 - Sensor de humidade do solo –

Este sensor funciona com tecnologia FDR (*Frequency Domain Reflectometry*), é uma sonda de medição do teor de humidade do solo a várias profundidades (fig.11), neste caso a 20-40-60 cm abaixo do nível do solo e disponibilizado pela empresa *UAVISION*. Tem como objetivo uma monitorização avançada dos campos de rega, permite uma visualização da distribuição ao longo do perfil e serve de apoio a decisões de rega



Figura 11- sensor de humidade do solo - foto do autor

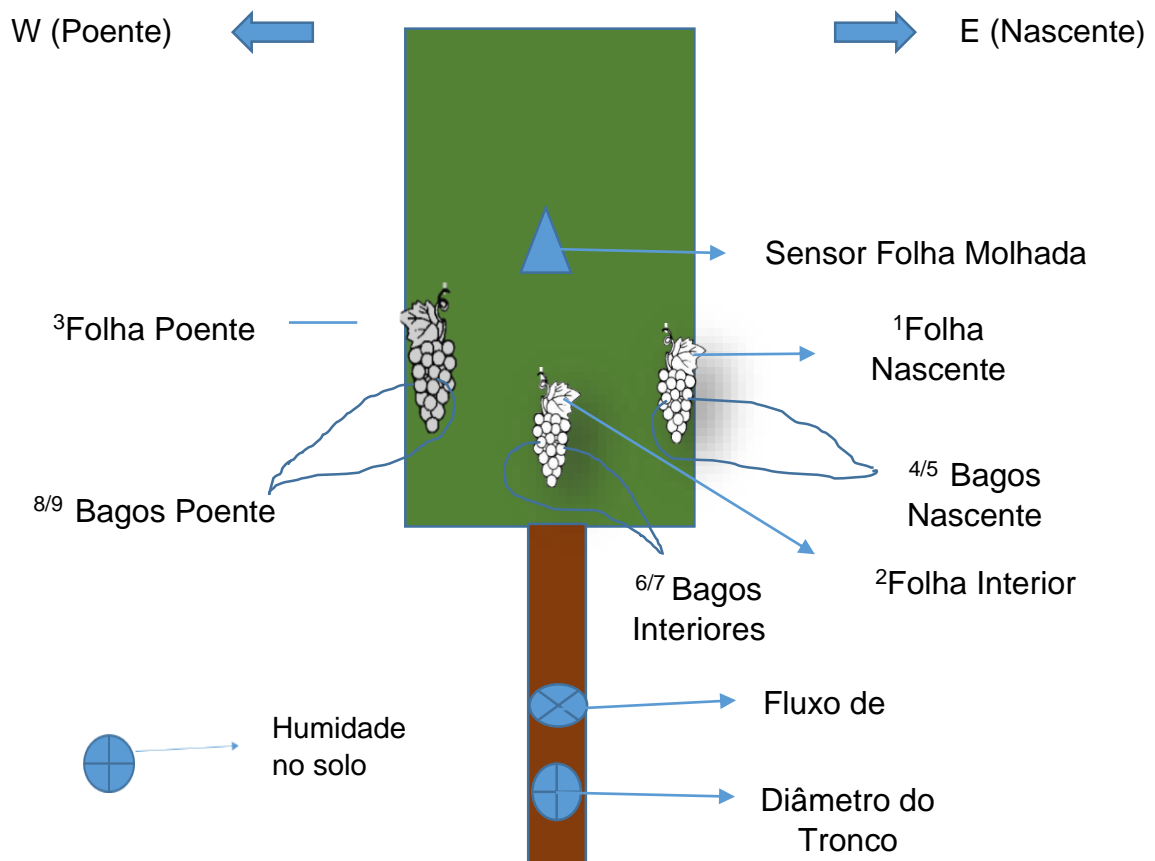


Figura 12 - Representação gráfica da instalação dos sensores - figura do autor

Tabela 4 - Localização e unidades de medição dos sensores

nº	Tipo	Orientação	Unidades	Medida
1	Folha	Nascente	°C	Temperatura
2	Folha	Interior	°C	Temperatura
3	Folha	Poente	°C	Temperatura
4	Bago	Nascente	°C	Temperatura
5	Bago	Nascente	°C	Temperatura
6	Bago	Interior	°C	Temperatura
7	Bago	Interior	°C	Temperatura
8	Bago	Poente	°C	Temperatura
9	Bago	Poente	°C	Temperatura
10	Diâmetro do Tronco			micro m
11	Fluxo de Seiva			ml/min
12	Folha Molhada			%
13	Humidade no Solo			%

2.2.3 - Medições da Actividade Fisiológica

As seguintes medições foram feitas no âmbito do pacote de tarefas WP1 – Efeitos das práticas culturais e do ambiente nas relações da videira e da uva com as alterações climáticas – do projeto INNOVINE, nas quais a minha colaboração foi total com o objetivo de relacionar os dados dos sensores com outros indicadores fisiológicos.

2.2.3.1 - Estados Fenológicos

A observação e o registo dos estados fenológicos são fundamentais em qualquer ensaio, pois permitem o estabelecimento de uma escala de tempo biológico (Carbonneau, 1981).

A evolução da fenologia ao longo do ciclo vegetativo foi feita tendo por base a escala BBCH (Coombe, 1986; Lorenz *et al.*, 1995). Efetuou-se o registo das datas médias, dos principais estados fenológicos, de onde se destaca o abrolhamento (009), floração (601), pintor (809) e data de vindima.

Para a determinação da data de vindima a escala BBCH determina que a evolução fenológica após pintor, é baseada no grau Brix. Para tal recolheu-se 3 bagos, um bago por parte distinta do cacho (superior, lateral e inferior), num total de 3 cachos em cada modalidade de rega (RDI e SDI).

2.2.3.2 - Potencial Hídrico

As medições do potencial hídrico, foram realizadas pelo método da câmara de pressão de acordo com o descrito por Scholander *et al.*, (1965), no qual se estima a capacidade das células para a captação de água livre, e em que se utiliza um gás neutro (Azoto) para exercer pressão. Quanto menor for a quantidade de água livre na planta, maior será a pressão necessária para a fazer sair (Deloire *et al.*, 2003).

As medições do potencial hídrico efetuaram-se todas as semanas e dividiram-se em três medições, o Ψ_{Base} antes do amanhecer (4h), um ciclo de $\Psi_{Foliar\ Diário}$ de três em três horas (8h, 11h, 14h, 17h, 20h) e um ciclo de Ψ_{Stem} de seis em seis horas (8h, 14h, 20h).

Para o Ψ_{Base} foram retiradas 2 folhas do terço médio superior da sebe, de videiras úteis, nas imediações dos tubos de acesso por cada linha útil em cada casta.

Para o ciclo diário de $\Psi_{Foliar\ Diário}$ foram retiradas 2 folhas do lado de maior incidência solar da sebe consoante a hora do dia. À semelhança do potencial de base as folhas provinham de videiras nas imediações dos tubos de acesso.

No Ψ_{Stem} o procedimento é idêntico ao acima descrito, com a particularidade de que é necessário colocar sacos nas folhas selecionadas e revesti-las de alumínio num período não inferior a 3 horas antes da medição, eliminando assim a radiação incidente na folha e o armazenamento da transpiração da folha.

2.2.3.3 - Trocas gasosas

As trocas gasosas foram determinadas através de um IRGA portátil (Licor 6400,USA), que mede a fotossíntese, condutância estomática, temperatura da folha, concentração interna de CO_2 e radiação PAR entre outros dados. Estes parâmetros são medições instantâneas, armazenadas no dispositivo portátil e de seguida descarregadas para o computador.

As medições foram realizadas nos mesmos momentos em que foram realizados os ciclos de potenciais hídricos foliares, com a mesma periodicidade em 2 folhas do plano de maior incidência da radiação.

2.2.4 – Medições da Caracterização do Coberto

2.2.4.1 - Caracterização da Densidade do Coberto

A dimensão do coberto foi executada através da medição das 10 videiras por linha útil em cada casta. Foi determinado a altura da sebe entre a base da vegetação e o local da despona (H), a da espessura mede-se ao nível dos cachos (e), como mostra a figura 13. As medições da dimensão do coberto foram efetuadas no dia 20 de Agosto.

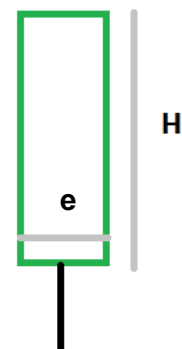


Figura 13 – (H) – altura da sebe, (e) – espessura da sebe

2.2.4.2 - Área Foliar

A área foliar foi calculada de acordo com o método desenvolvido por Lopes e Pinto, (2005), em que por cada lançamento foi registado o número de folhas, o comprimento das nervuras laterais secundárias, (Fig.14) esquerda (L2e) e direita (L2d), da maior e menor folha do sarmento eleito (nervura principal > 3 cm) de modo a obter a área média de uma folha. O mesmo procedimento foi tomado para se calcular a área foliar das netas num sarmento. Para amostragem mediu-se 2 sarmentos em 3 videiras úteis de cada linha útil num total de 24 videiras. Foram efectuadas 4 conjuntos de medições até à paragem do crescimento vegetativo.

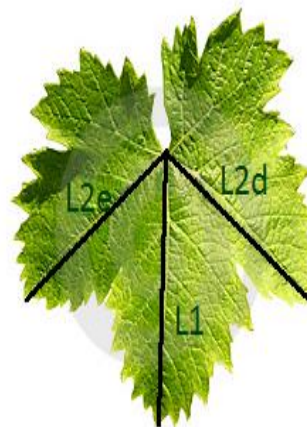


Figura 14 - face superior de uma folha de videira

L1--- nervura principal
L2--- nervura lateral esquerda
L3--- nervura lateral direita

2.2.4.3 - Números de camadas de folhas

. A técnica utilizada consiste na passagem de uma vara fina transversalmente, através do coberto, registando o número de contactos com folhas e cachos. Esta determinação é feita de forma aleatória na zona dos cachos (Lopes, 1994). Em cada inserção foram anotados os contactos com as folhas (F) e com os cachos (C) e registados os buracos (B).

Para a sua determinação foram efetuadas 3 inserções, uma por cada 20 cm, por ilha de sensores, no dia 20 de Agosto.

2.2.4.4 - Evolução na maturação

A evolução da maturação consistiu na recolha de uma amostra, de 240 bagos por bloco, modalidade de rega e por lado da sebe (Este e Oeste). A recolha dos bagos foi feita nos diferentes períodos do ciclo vegetativo descritos no ponto 2.2.4.1. Ao longo deste período foram feitas as seguintes análises: grau provável, acidez total, pH, antocianinas e polifenóis.

As análises, foram realizadas no laboratório das instalações do ITQB (Instituto de Tecnologia Química e Biológica) em Oeiras.

2.2.4.5 - Vindima

A data da vindima foi determinada em função dos índices de maturação observados, das análises efetuadas e das condições atmosféricas, tendo-se realizado a 3 de Setembro. Foram vindimadas as videiras úteis, tendo-se registado o número de cachos e o peso total dos cachos por videira.

2.2.4.6. – Tratamento de Resultados

Os dados apresentados neste trabalho foram colhidos pelos sensores acima referidos e transmitidos via GPRS para um servidor localizado na sede da empresa AGRICIÊNCIA, onde são posteriormente tratados pelo software “*innovine_dashboard*” e disponíveis para consulta em tempo real. Para efeitos de apresentação os dados sazonais e diários, foram processados por software *EXCEL*. De modo a quantificar quais os parâmetros que mais se relacionavam procedeu-se à elaboração de uma matriz de correlação e sua significância (Anexo I).

3. Resultados e Discussão

Devido à grande quantidade de dados obtidos ao longo do ensaio, apenas serão apresentados e discutidos os resultados relativos à Casta Touriga Nacional, nas modalidades RDI e SDI, ilhas #601 e #603 respectivamente. Os dados apresentados não correspondem à totalidade de operações culturais, regas e medições feitas no decorrer do ensaio, devido à tardia instalação dos mesmos, todas as discussões de resultados dirão assim respeito aos dados apresentados.

Os restantes dados estão disponíveis para consulta no âmbito do projeto INNOVINE na plataforma disponibilizada pela empresa Agriciência, no seguinte domínio-

http://agriciencia.servehttp.com/innovine_dashboard/Account/Login?ReturnUrl=%2finnovine_dashboard.

Para a elaboração da discussão dos resultados foram utilizados outros parâmetros de análise colhidos por todos os parceiros do projecto, promovendo assim uma interdisciplinaridade na análise dos mesmos.

Primeiramente será feita uma análise sumária dos dados obtidos pelos sensores na escala temporal (16/07/2013 – 17/09/2013) onde foram preconizadas 12 regas para a modalidade SDI e 7 regas na modalidade RDI, seguidamente será feita uma análise em pormenor dos dados dos sensores durante um ciclo de rega (13/09 a 20/09).

3.1. Caracterização do Coberto Vegetal

Na Tabela 5, podemos observar que tanto a área foliar por folha principal como por neta, são superiores na modalidade SDI, o mesmo acontece com a área foliar total por sarmento. Tal como se pode observar na tabela 5, as sebes dos dois locais de ensaio não apresentaram espessuras diferentes. Relativamente à altura da sebe, verifica-se que no SDI a sebe apresenta uma altura superior à sebe do RDI.

A superfície foliar exposta é uma característica do coberto muito importante, pois esta “parede” de vegetação é a principal responsável pela fotossíntese do coberto.

É devido às folhas expostas e à radiação por elas intercetada que a planta executa a maior parte da fotossíntese (Chaves, 1986). Podemos observar que a modalidade SDI apresenta uma maior superfície foliar exposta comparando com o RDI.

Tabela 5 - Caracterização das ilhas de sensores (Regulated Deficit Irrigation e Sustainable Deficit Irrigation) nos parâmetros caracterizadores da densidade do Coberto Vegetal.

	RDI	SDI
Área Foliar/Folha Principal (cm ²)	163.0	177.8
Área Foliar/Folha Netas (cm ²)	59.3	81.4
Área Foliar Principal total/Sarmento (m ²)	3.3	3.5
Espessura da Sebe (cm)	44,0	42,5
Altura da Sebe (cm)	125	128
% Folhas Netas	30.8	41.1
Área Foliar Total (m ²)	4.84	5.96
NCF	3,0	4,0
%Buracos	0.0	0,0
%Fint	44,4	50,0
%Cext	0,0	0,0

Segundo Smart (1985) o número de camadas de folhas (NCF) da sebe é um dos indicadores mais importantes para conhecermos a densidade e a sombra no coberto.

Smart e Robinson (1991) referem que para um microclima adequado a sebe tem que apresentar um valor máximo de número de camadas de folhas (NCF) de 1.0 e 1.5, e que a percentagem de buracos deve encontrar-se entre 20 a 40%, para uma adequada exposição dos cachos.

Verifica-se que tanto em qualquer das modalidades o número de camada de folhas (NCF), é superior aos valores preconizados por Smart e Robinson (1991) (Tabela 5).

Quer a sebe da modalidade RDI como a da SDI não apresentam qualquer buraco, indicando que se trata de uma sebe muito densa passível de propiciar um microclima desfavorável na zona dos cachos, podendo levar a prováveis problemas na maturação dos cachos e na sanidade da uva (Archer & Strauss,1990). A ausência de “buracos” tem um efeito negativo na maturação, todavia é necessário ter em conta que devido na região onde se situa a parcela uma sebe densa pode ser favorável à protecção dos cachos em caso de vagas de calor, diminuindo, conseqüentemente, os riscos de escaldão.

3.2. Dados do Fito-monitor

3.2.1. Teor de Humidade Volúmica

Nas figuras 15 e 16 estão representados os valores do teor de água no solo (%), ao longo do tempo, na modalidade RDI e SDI respectivamente, onde se podem verificar (setas a preto) os diferentes momentos de rega ao longo do ensaio (Anexo II) e os seus impactos nas diferentes profundidades (20, 40 e 60 cm) analisadas pelo sensor.

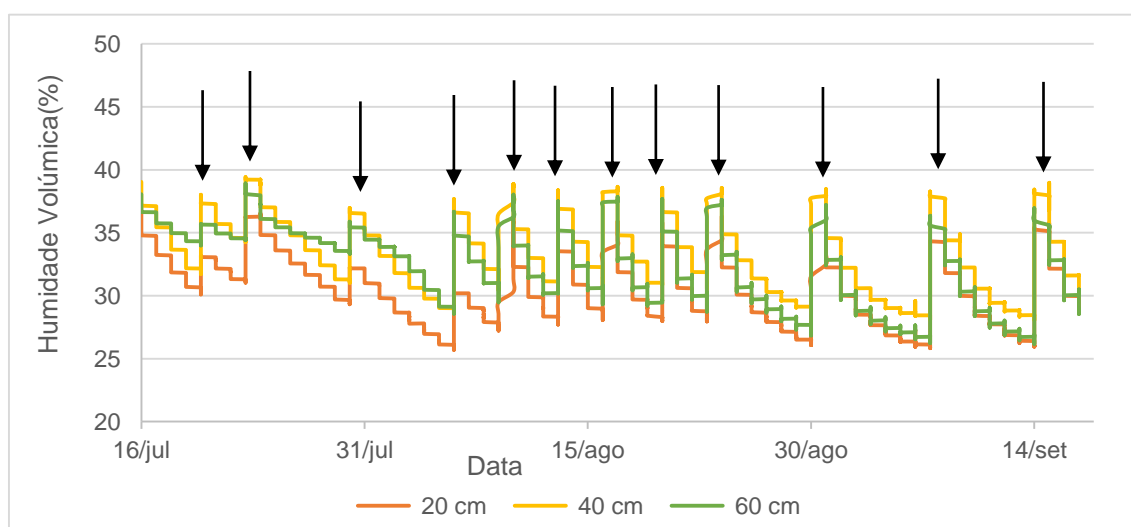


Figura 15 - Sensor de Humidade Volúmica a 20 cm, 40cm e 60cm - ilha #603 – SDI – setas a preto indicam início de ciclo de rega

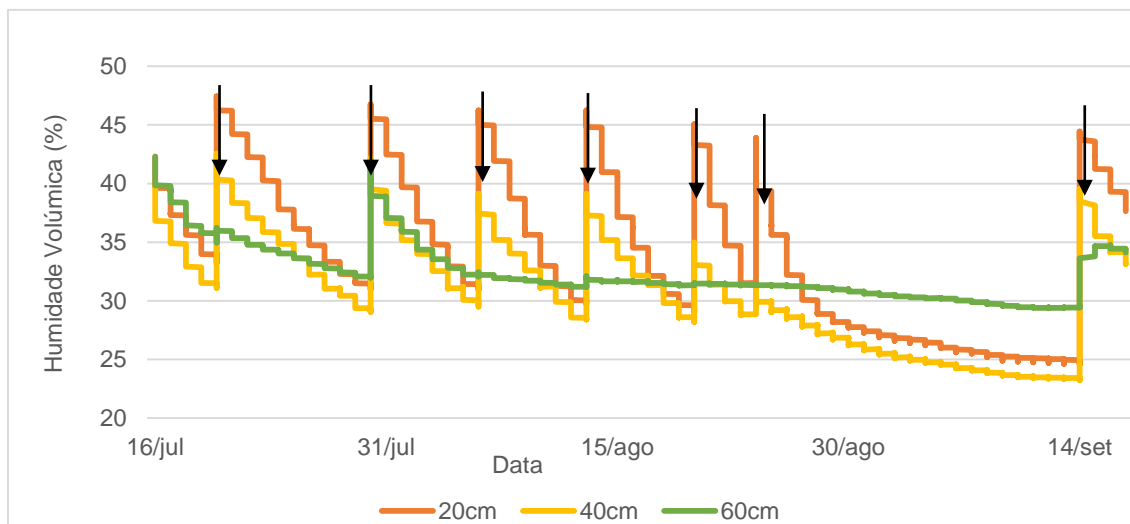


Figura 16 - Sensor de Humidade Volúmica a 20 cm, 40cm e 60cm - ilha #601 – RDI – setas a preto indicam início de ciclo de rega

É possível constatar que o número de regas efetuadas nas duas modalidades (RDI=7,SDI=12) influencia a % do teor de água no solo pois a modalidade com mais regas mantém com maior facilidade um maior teor de humidade do solo nas camadas inferiores (40 e 60 cm), devido ao reduzido tempo entre regas, enquanto a modalidade RDI, com um maior espaçamento temporal entre intervalos de rega, mantém apenas estável o teor de humidade do solo na camada mais profunda (60 cm), embora com valores inferiores de % Humidade Volúmica comparativamente à modalidade SDI, impondo assim um maior stresse à videira.

Podemos observar que em ambas as modalidades existe uma tendência decrescente no teor de humidade no solo, apesar das regas, sendo que esta é mais pronunciada da modalidade RDI. Na figura 15 é possível observar um maior distanciamento entre ciclos de rega, nomeadamente na altura do Pintor – Vindima (30/08), impondo um maior stresse hídrico nas plantas com o intuito de aumentar o teor em pigmentos e compostos aromáticos. Observando os percursos diários dos ciclos de rega, podemos observar que em ambas as modalidades, aquando do início da rega, a primeira camada cujo teor em água aumenta é a dos 20 cm seguida da camada dos 40cm e depois a dos 60 cm. A taxa de infiltração da água no solo é semelhante em ambas as modalidades (Palma, 2013 dados não publicados). Nos percursos diários de rega pode-se verificar diferenças a nível da profundidade atingida nas diferentes modalidades, sendo que na modalidade RDI apenas 2 dos 8 ciclos de rega (20/07 e 30/07) atingiram a camada dos 60 cm, enquanto na modalidade SDI todas as regas se traduziram num aumento do teor de humidade do solo na camada dos 60 cm, originando

assim diferentes níveis de disponibilidade hídrica das plantas, e consequentes diferenças de stresse hídrico nas mesmas.

3.2.2- Temperatura das Folhas

Como podemos observar nas figuras 17 e 18 a temperatura do ar influencia a temperatura da folha, um acréscimo da temperatura da folha está sempre associado a um aumento da temperatura do ar. Quando a temperatura do ar se encontra numa gama de valores entre os 30 e os 35°C, a temperatura da folha apresenta normalmente valores superiores à temperatura ambiente. Comparando as figuras 16 e 17 podemos observar que em ambas as modalidades a temperatura das folhas, nomeadamente a folha Poente, é superior à temperatura ambiente, sendo esta diferença mais visível na modalidade RDI, chegando a atingir um valor máximo de 52,1°C enquanto na modalidade SDI o valor máximo obtido foi de 48°C ambos no dia 20/08/2013 com uma temperatura do ar máxima de 42°C. A diferença das temperaturas das folhas entre modalidades pode ser explicada através dos diferentes teores de água no solo e consequente nível de stresse hídrico.

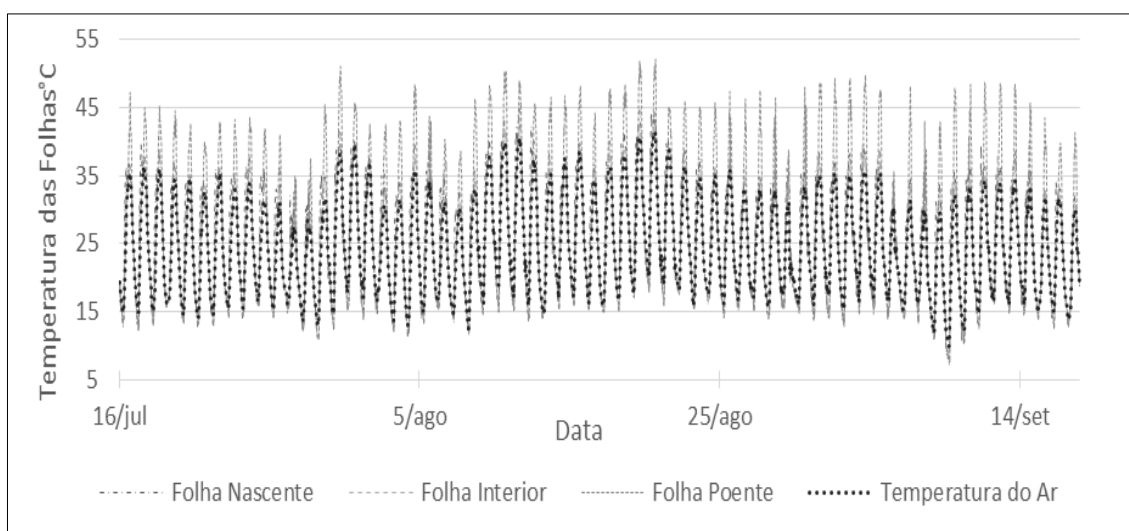


Figura 17 – Sensor de temperatura na folha em comparação à temperatura ambiente na modalidade RDI – ilha #601

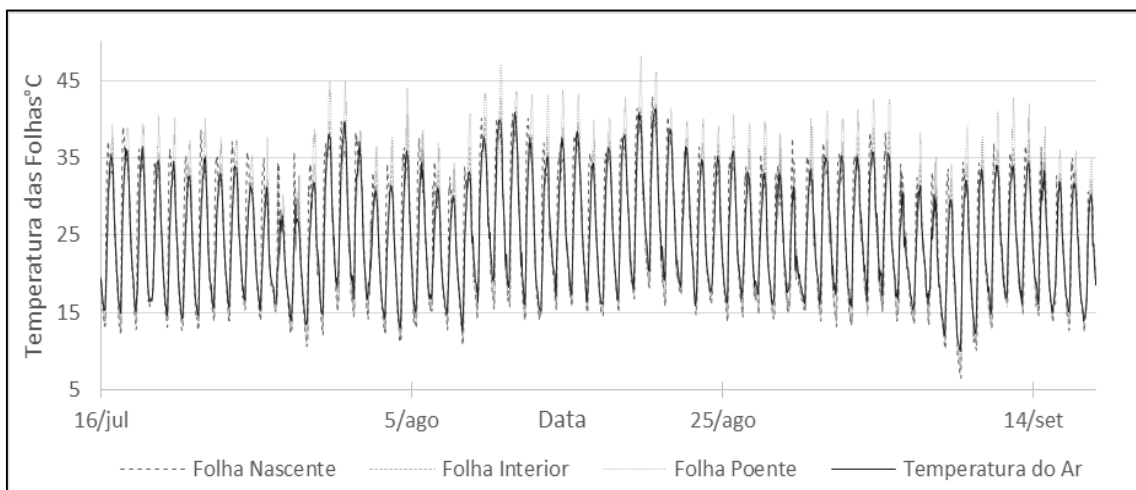


Figura 18 - Sensor de temperatura na folha em comparação à temperatura ambiente na modalidade SDI – ilha #603

3.2.2.1 Exemplo de Ciclo Diário de Temperatura da Folha

Nas figuras 19 e 20 é possível observar a temperatura da folha na modalidade RDI e SDI de forma contínua ao longo de um ciclo diário (16/07/2013).

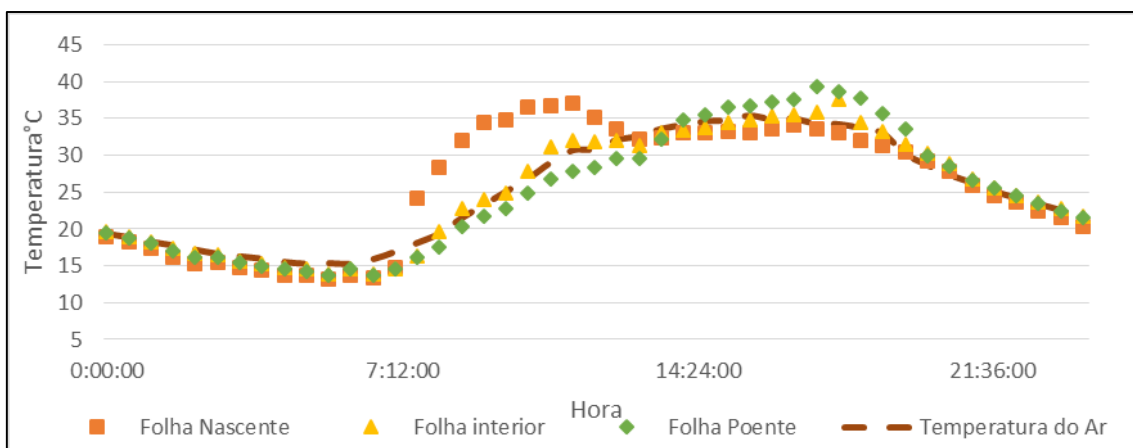


Figura 19 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas na folha na modalidade SDI. Ilha #603 – 16/07/2013

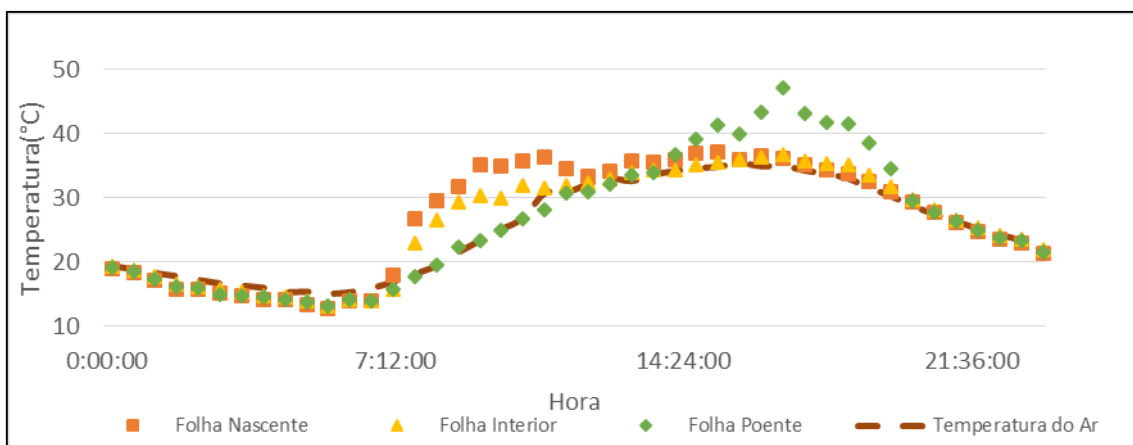


Figura 20- Exemplo de ciclo diário de temperaturas na folha na modalidade RDI. Ilha #601 – dia 16/07/2013

A medição da temperatura hora a hora, permite-nos observar os picos máximos e mínimos das temperaturas diárias e a sua evolução ao longo do dia. A temperatura da folha foi analisada em ambos os lados e no interior da sebe. Como se pode observar nas figuras 19 e 20 a evolução das temperaturas durante o dia alteram-se de acordo com a exposição à radiação solar, sendo que no período da manhã (07h – 14h) a folha *Nascente* é a que apresenta temperaturas mais altas, diminuindo no período da tarde (14h – 20h) devido ao ensombramento da sebe, passando a folha *Poente* a ser a mais exposta, atingindo assim valores mais elevados. A folha que se encontra no interior da sebe como expectável tem um padrão evolutivo e valores similares à temperatura ambiente, podendo ocorrer alguns picos no caso da existência de buracos na sebe. Este ciclo deve-se a uma orientação *Norte-Sul* das linhas do ensaio.

3.2.3 - Temperatura dos Bagos

A medição da temperatura hora a hora, mostra-nos a evolução diária da temperatura, desta forma é possível determinar os picos máximos e mínimos das temperaturas diárias e a sua evolução ao longo do dia. A temperatura dos bagos foi analisada em ambos os lados e no interior da sebe assim como no exterior e interior dos cachos (Fig.21 e 22).

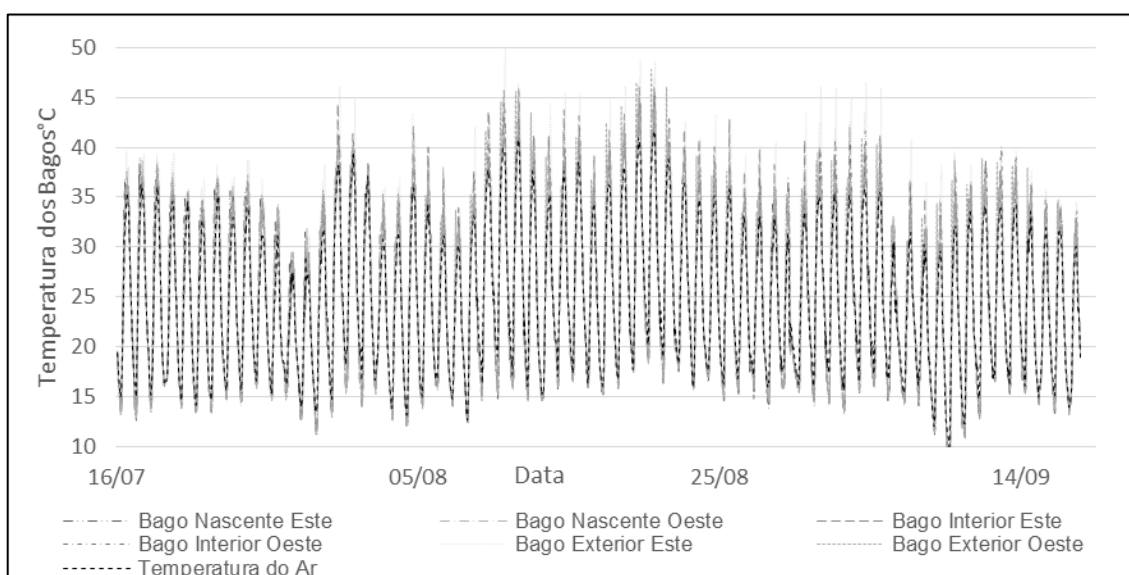


Figura 21 - Sensor de temperatura dos bagos em comparação à temperatura ambiente na modalidade RDI – ilha #601

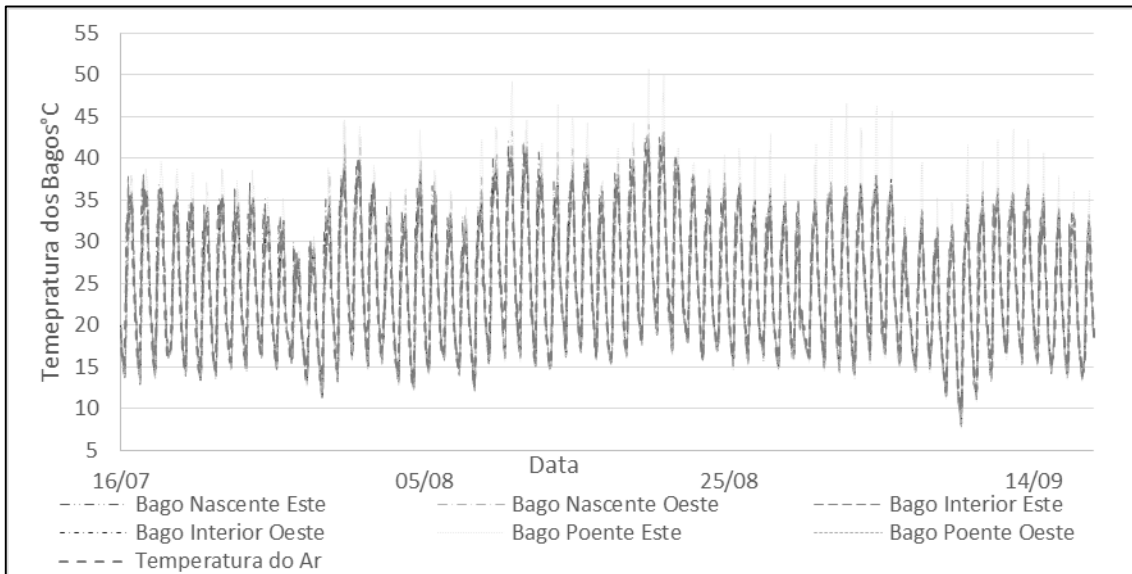


Figura 22 - Sensor de temperatura nos bagos em comparação à temperatura ambiente na modalidade SDI – ilha #603

Em ambas as modalidades a temperatura dos bagos oscilou entre os 50 e os 9°C (Fig.21 e 22) É possível observar que quando o bago atinge temperaturas de 44°C a folha apenas atinge temperaturas na ordem dos 40°C, o que mostra a influência da diferença de cor na temperatura do órgão vegetativo e nas taxas de transpiração dos mesmos, sendo maior na folha do que no bago. A temperatura do bago quando excessiva pode levar a alterações, como o dessecamento do mesmo concentrando os teores de açúcares e de acidez levando a maturações inconstantes, ou mesmo à queda do bago. Segundo Jackson (1997) para temperaturas superiores a 37°C os bagos tornam-se mais susceptíveis às queimaduras solares. Em Ambas as modalidades ocorreram temperaturas superiores a 35°C durante grande parte do período de medição, que levou a queimaduras dos cachos, a sua maioria no lado Poente da sebe, onde se registaram as maiores temperaturas.

3.2.3.1 - Exemplo de ciclo Diário de Temperaturas dos Bagos

Nas figuras 23 e 24 é possível observar a temperatura dos bagos nas modalidades RDI e SDI de forma contínua ao longo de um ciclo diário.

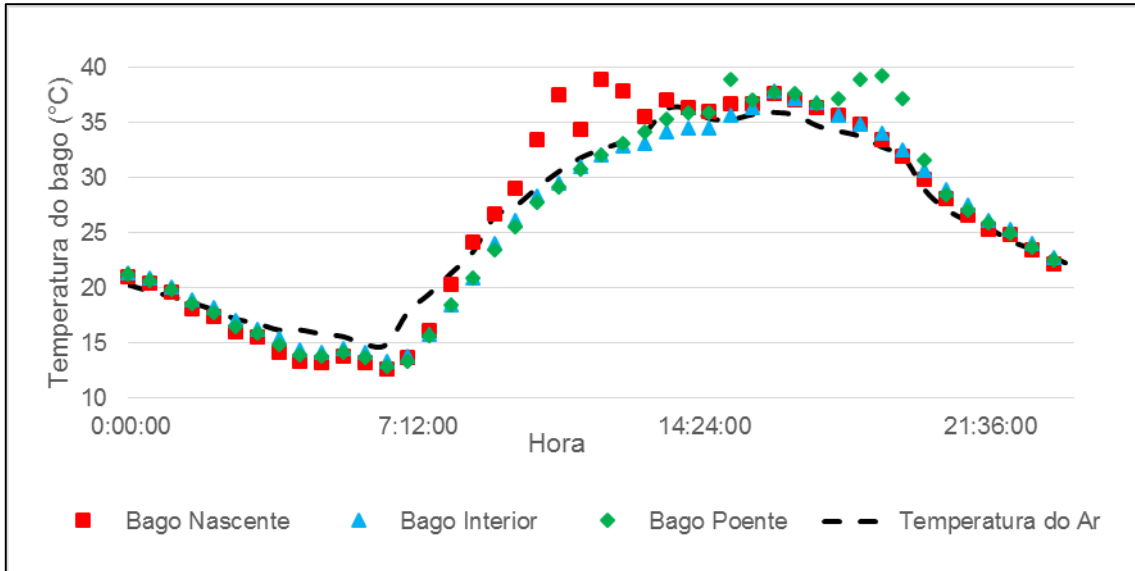


Figura 23 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas dos bagos na modalidade RDI em comparação à temperatura ambiente. Ilha #601

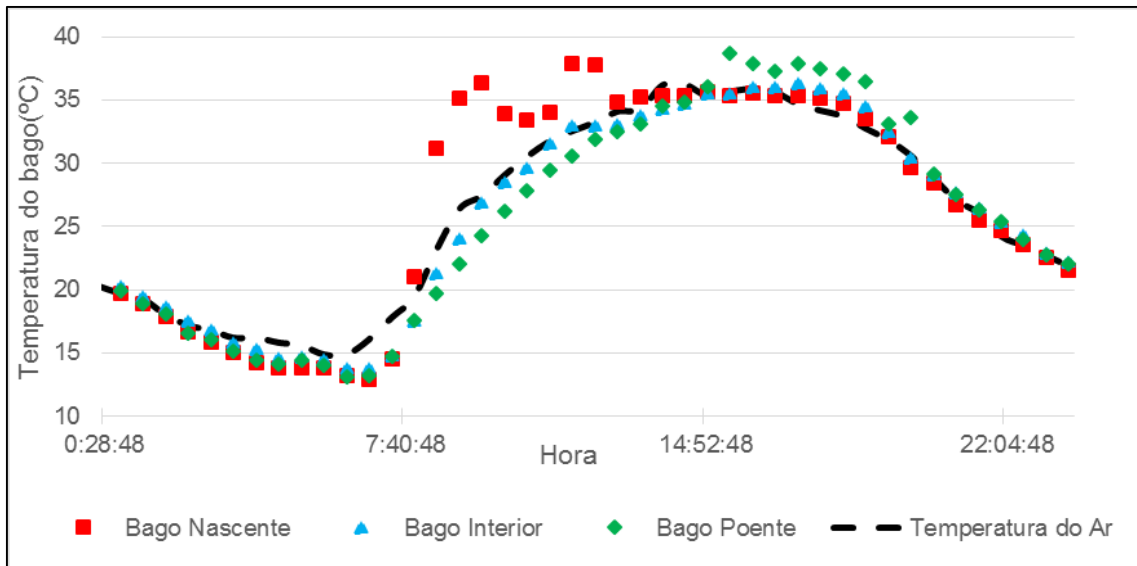


Figura 24 - Exemplo de ciclo diário de temperaturas do bago na modalidade SDI em comparação à temperatura ambiente. Ilha #603

Observando as figuras 23 e 24 podemos constatar que os bagos apresentam um padrão de evolução da temperatura diária muito semelhante à das folhas, onde os cachos expostos a *Nascente* registam temperaturas mais altas de manhã (7h – 14h), enquanto os bagos expostos a *Poente* registam as temperaturas mais altas na parte da tarde (14h – 20h). Os bagos que se localizam no interior da sebe não recebendo incidência da luz directa, acompanham a temperatura do ar, o mesmo acontece nos bagos interiores dos cachos expostos

3.2.4 – Fluxo de Seiva

Nas figuras 25 e 26 estão representados os valores obtidos pelos sensores de fluxo de seiva.

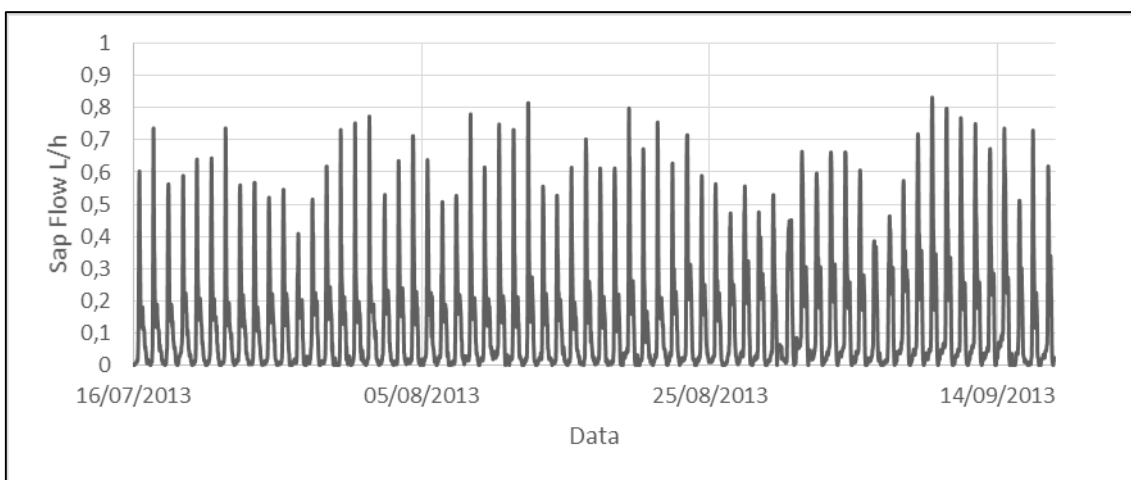


Figura 25 - Dados do sensor de Sap Flow em L/h na modalidade RDI – ilha#601

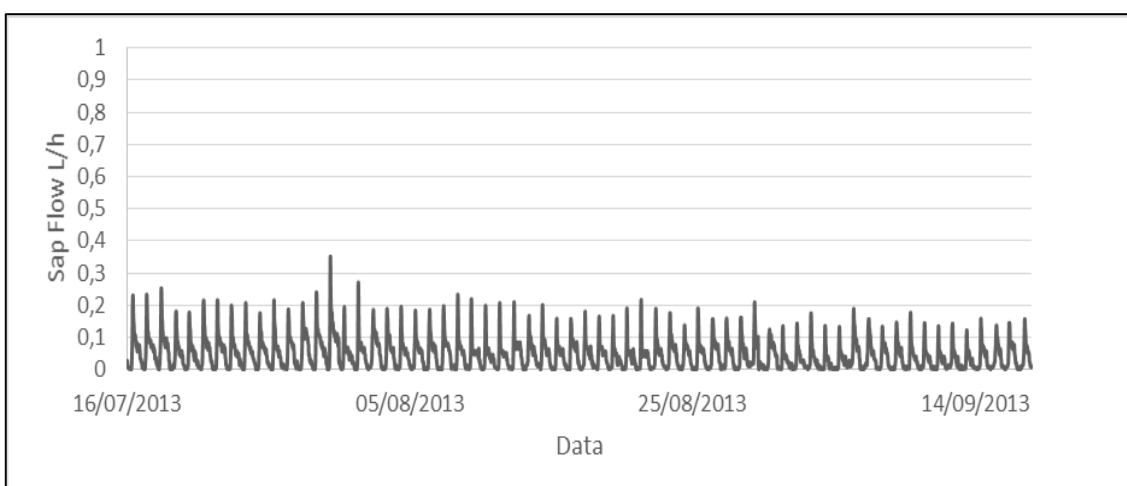


Figura 26 - Dados do sensor de Sap Flow em L/h na modalidade SDI – ilha#603

3.2.4.1 - Exemplo de ciclo Diário do Fluxo de Seiva

Nas figuras 27 e 28 é possível observar o fluxo de seiva nas modalidades RDI e SDI de forma contínua ao longo de um ciclo diário

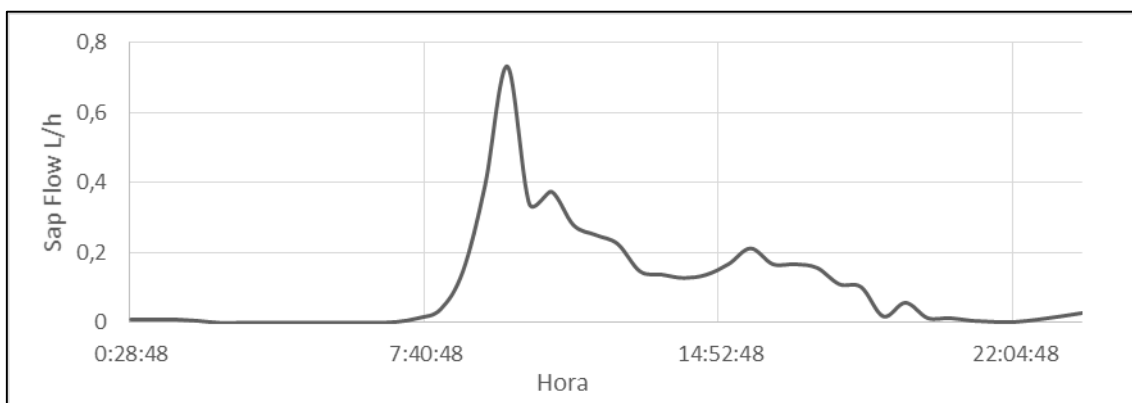


Figura 27 - Exemplo de ciclo diário Fluxo de Seiva L/h na modalidade RDI. Ilha #601

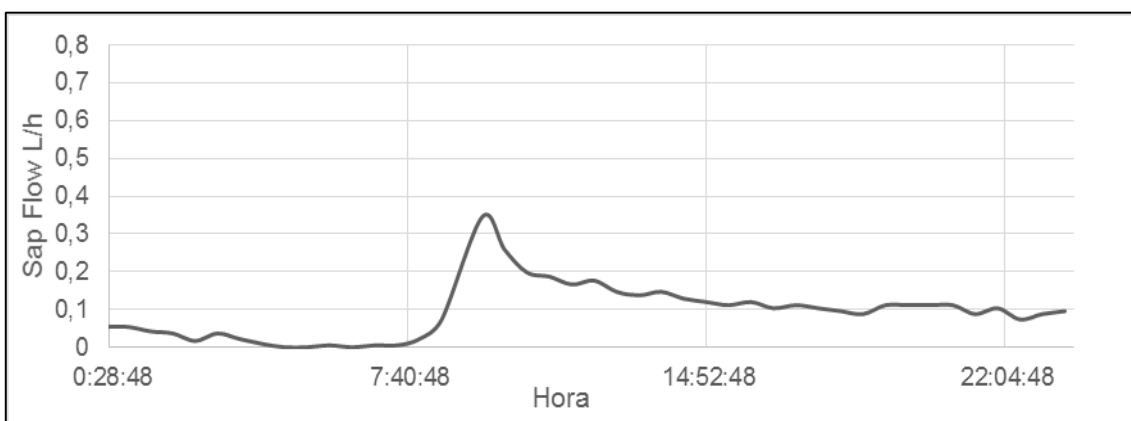


Figura 28 - Exemplo de ciclo diário Fluxo de Seiva L/h na modalidade SDI. Ilha #603

Analisando o percurso diário do fluxo de seiva (FS) podemos observar que este segue um trajeto semelhante ao descrito por Silvestre (2003), atingindo um pico na parte da manhã (07h – 08h) registrando depois valores semelhantes aos descritos pelo mesmo autor, pouco antes do meio-dia solar (12h – 15h), onde de seguida se regista uma redução no fluxo coincidente com o fecho estomático (Silvestre,2003) como medida de resposta da planta ao stresse hídrico. Após este período o FS aumenta gradualmente até ao pôr-do-sol (19h – 20h) onde diminui de seguida devido à falta de energia disponível para a transpiração (Schultze *et al.*,1985). Os fluxos nocturnos podem ter

origem na reconstituição das reservas em água das partes aéreas da planta, reservas que durante o dia, participaram na satisfação da transpiração (Fichtner e Schultze,1990). Nas figuras 27 e 28 podemos constatar que a videira da modalidade RDI evidencia valores mais elevados de transpiração do que a videira da modalidade SDI, embora esteja sujeita a um maior stresse hídrico. Este erro deve-se ao facto de existirem diferentes reservas hídricas no solo das linhas onde foram instalados os sensores, sendo maiores na RDI que na SDI.

3.2.5 - Diâmetro do tronco

Nas figuras 29 e 30 podemos observar a evolução do diâmetro do tronco ao longo do ciclo de estudo, onde é possível observar grandes alterações (setas a preto), referentes a manutenções feitas nos sensores de modo a aumentar a sua sensibilidade, à grande rugosidade do tronco da videira e alterações decorrentes de factores exteriores à planta (vento, rega entre outros).

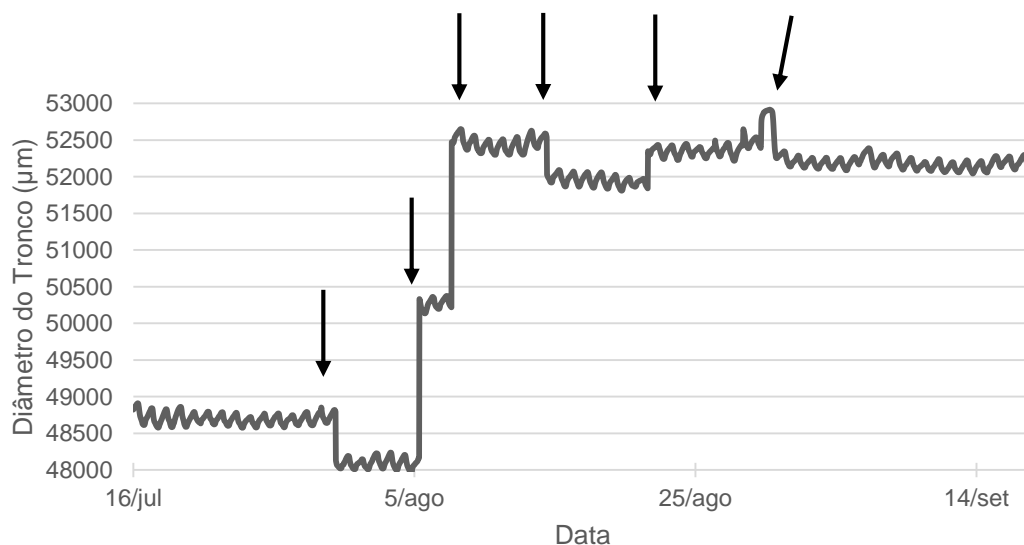


Figura 29 - Dados do sensor de diâmetro do tronco na modalidade RDI – ilha #601 – setas a preto indicam períodos de ajustamento do sensor

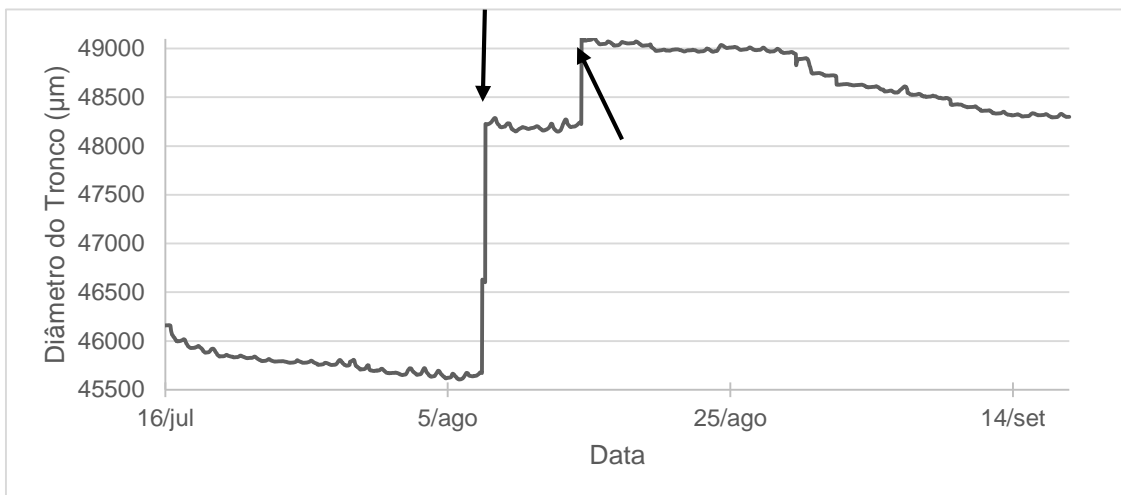


Figura 30- Dados do sensor de diâmetro do tronco na modalidade SDI – ilha #603 – setas a preto indicam períodos de ajustamento do sensor

Comparando as duas modalidades é possível verificar que a sensibilidade às variações do tronco da modalidade RDI foram maiores do que na modalidade SDI, indicando um possível mau contacto do sensor à videira ou um problema relacionado a esta videira que se escolheu para colocar o sensor, podendo não ser tão representativa da modalidade como se esperava. Para as correlações feitas não foram contemplados os períodos de ajuste do sensor.

3.2.5.1 - Exemplo de ciclo diário do Diâmetro do Tronco

Nas figuras 31 e 32 podemos observar a evolução do diâmetro do tronco ao longo do dia.

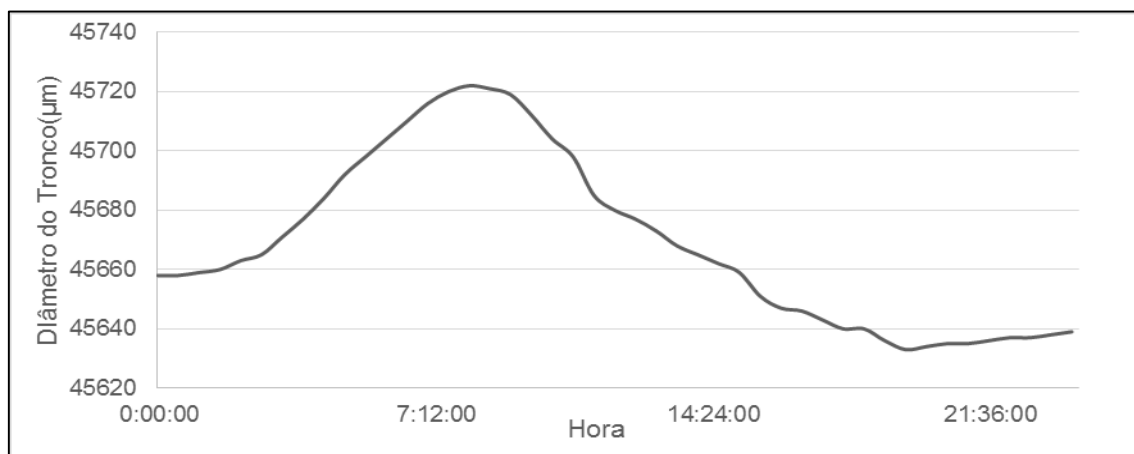


Figura 31 - Ciclo diário da evolução do Diâmetro do Tronco na modalidade SDI – ilha #603

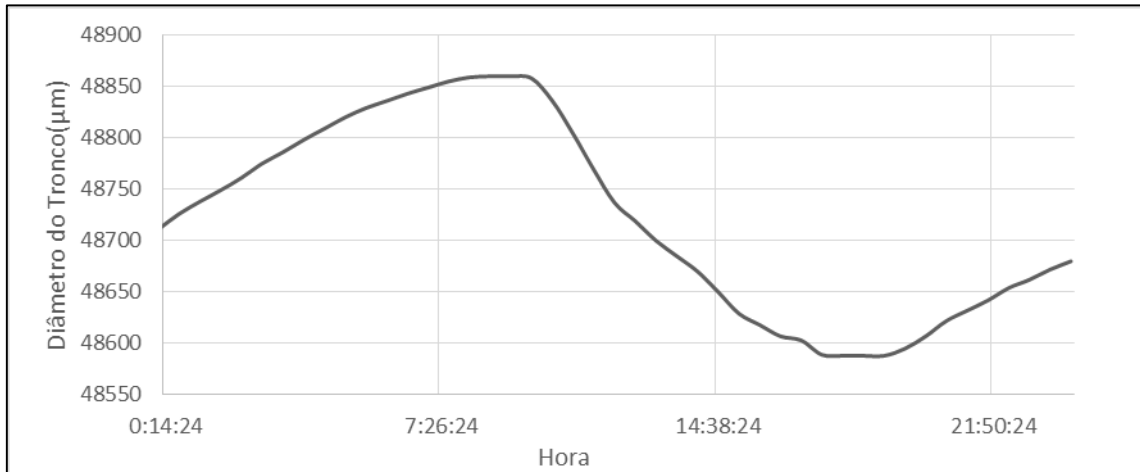


Figura 32 - Ciclo diário da evolução do Diâmetro do Tronco na modalidade RDI – ilha #601

Num estudo efectuado por Myburgh (1996) para determinar os efeitos de uma rega deficitária no diâmetro do tronco, verificou que a variação do diâmetro do tronco oscilou entre 0,00 e 0,01 mm dia⁻¹ para videiras em conforto hídrico, enquanto que as variações do diâmetro do tronco aumentaram de uma forma curvilínea com o aumento do nível de carência hídrica, atingido um máximo de 0,1 mm dia⁻¹. Outro estudo revela que as variações diárias encontram-se entre 0,05 e 0,015 mm dia⁻¹ (Ton *et al.*, 2004). No caso do nosso estudo (Fig.31 e 32), podemos observar que na modalidade SDI as variações do diâmetro do tronco médias registadas foram de 0.045 mm dia⁻¹, enquanto que na modalidade RDI foram de 0.196 mm dia⁻¹.

Embora os valores da modalidade SDI não se encontrem dentro da gama de valores dos encontrados por Myburgh (1996), é importante referir que a modalidade SDI não induz um conforto hídrico na planta mas sim um stresse leve a moderado, justificando assim o não enquadramento dos valores obtidos com os referenciados por Myburgh (1996). Comparando os valores obtidos no nosso estudo na modalidade SDI com os descritos por Ton *et al.* (2004) verifica-mos que estes se encontram dentro da gama de valores, o que reforça o sucesso das medições. Em relação à modalidade RDI os valores são ligeiramente superiores aos reportados por Myburgh (1996) e por Ton *et al.*,(2004), possivelmente devido à severidade do nível de stress hídrico imposto nos diferentes estudos. Apesar da diferença entre os resultados obtidos para a modalidade RDI neste ensaio com os resultados obtidos nos trabalhos acima descritos, o sensor reportou variações médias diárias do diâmetro do tronco superiores às da modalidade SDI, evidenciando uma robustez do dendrómetro na sensibilidade ao nível de stresse hídrico sentido nas videiras (Ton *et al.*,2000).

3.2.6. Análise de um Ciclo de Rega

De modo a compreender melhor o comportamento das variáveis em estudo procedeu-se à análise de um ciclo de rega compreendido entre 13 e 20 de Agosto, onde foram regadas ambas as modalidades. Os resultados apresentados são relativos aos dias imediatamente após e antes da rega. Para o dia 14/08 (dia 1 pós-rega) registou-se um potencial hídrico de base de -0.45 MPa para a modalidade SDI e -0.56 MPa para a modalidade RDI enquanto no dia 19/08 registou-se um valor de potencial hídrico de base de -0.62 para a RDI e -0.47 para a SDI. As modalidades de rega apresentavam nesta altura um valor de FTSW (Fracção Transpirável de Água no Solo) de 60% para o RDI e 77% para o SDI. Refira-se que para este período de 13/09 a 20/09 não são apresentados os dados relativos ao dendrómetro, devido a irregularidade de valores obtidos.

3.2.6.1. Fluxo de seiva

Na figura 33 e 34 estão representados os percursos de fluxo de seiva (FS) no dia imediatamente a seguir à rega (14/08/2013) e no dia imediatamente antes da rega (19/08/2013) respectivamente, para ambas as modalidades (RDI e SDI) em comparação com os valores de potenciais foliares medidos durante o dia (8h,11h,14h,17h e 20h) e os respectivos valores de condutância estomática (gs) simultaneamente com os potenciais foliares.

Em relação ao FS foi possível observar que as videiras onde foram instaladas a ilhas de sensores possuíam diferenças nas quantidades de fluxo (mL/30 min) medidos em virtude da observação de diferentes reservas úteis a nível do solo (maior no RDI do que no SDI). Deste modo para facilitar a demonstração dos comportamentos dos mesmos, estes foram normalizados e transformados em % de fluxo /30 min,

O percurso diário do FS observado é semelhante ao descrito por Silvestre (2003) onde se nota um pico nas primeiras horas do dia. Cabibel *et al.*,(1991) e Braun *et al.*,(2000) verificaram também a existência de um pico matinal no fluxo de seiva nomeadamente em espécies com troncos de diâmetro reduzido e medições próximas da superfície do solo, que pode ser atribuído aos gradientes térmicos naturais no tronco.

Analisando a figura 33, podemos observar que o percurso do fluxo de seiva para as duas modalidades é semelhante, excepto nas horas de maior calor, 12h às 16h (fig.32 delimitada por um círculo a preto) onde se nota uma diminuição do fluxo de seiva na modalidade RDI coincidente com uma diminuição da gs e um aumento do $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$, sugerindo um fecho parcial dos estomas controlando assim as perdas de água por transpiração (Flexas *et al.*,2002).

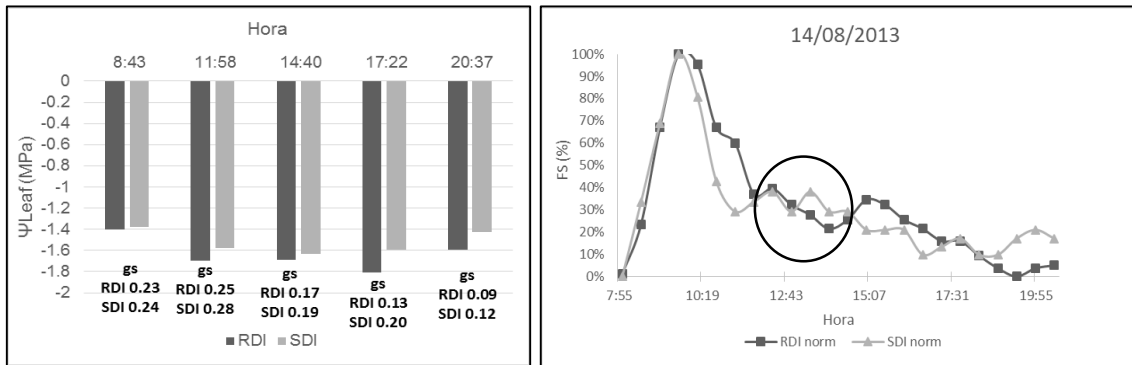


Figura 33 - Percurso de Fluxo de Seiva em comparação dos valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 14/08/2013 – círculo a preto indica o período de fecho dos estomas.

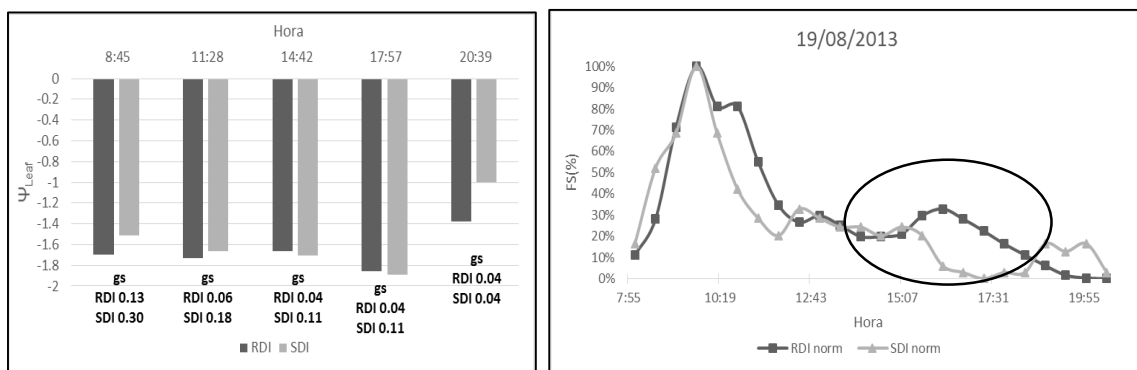


Figura 34 - Percurso de Fluxo de Seiva em comparação dos valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática gs no dia 19/08/2013 – círculo a preto indica o período de aumento do FS após fecho dos estomas

O mesmo comportamento não se observa para a modalidade SDI (Fig.33), pois, como está sujeita a um maior conforto hídrico (potenciais hídricos da folha menos negativos do que os da modalidade RDI), apresenta uma diminuição mais ligeira dos valores de gs, e conseqüente manutenção dos valores de fluxo de seiva para o mesmo período entre as 12h e as 16h.

Após o período de maior regulação estomática (12h – 16h) observa-se um ligeiro aumento dos fluxos de seiva por parte da planta, em ambos os períodos analisados, (Fig.34 círculo a preto) embora não se registasse um aumento da gs no mesmo instante. Este aumento do fluxo de seiva pode ser explicado por um aumento do Déficit de

Pressão Vapor (VPD) e conseqüente aumento da demanda atmosférica, que como referido por Williams & Matthews, 1990, tem uma relação directa com a diminuição do potencial hídrico foliar.

Observando a figura 34 podemos constatar que o percurso do FS para o dia imediatamente antes da rega é idêntico ao descrito acima, apresentando potenciais hídricos foliares e valores de gs inferiores aos registados no dia 14/08, corroborados por uma menor disponibilidade hídrica do solo (Ψ_{base} RDI= -0.69 e Ψ_{base} SDI= -0.47). Comparando os dias 14/08 e 19/08 é possível verificar que no período de maior calor (12h às 16h) o FS da modalidade SDI que se mantinha constante no dia imediatamente a seguir à rega, no dia 19/08 no mesmo período, apresentam uma menor gs e potenciais hídricos semelhantes aos da modalidade RDI, traduzindo-se num maior controlo dos estomas, evidenciando assim um maior controlo sobre as perdas de água por transpiração (Williams & Matthews, 1990)

3.2.6.2. Temperatura das Folhas

Nas figuras 35 e 36 estão representadas as temperaturas medidas nas folhas para o período de rega de 13/08 a 20/08. As temperaturas das folhas são relativas sempre à folha mais exposta da sebe (Nascente de manhã e Poente à tarde). Obtiveram-se os valores máximos para o dia 14/08 (Fig.34) de 46.7°C para a RDI e 43.7°C para a SDI onde a temperatura do ar atingiu os 37.6°C e máximos de 51.9°C para a RDI e 48.0°C para a SDI no dia 19/08 com máximos da temperatura do ar de 40.9°C (Fig.35).

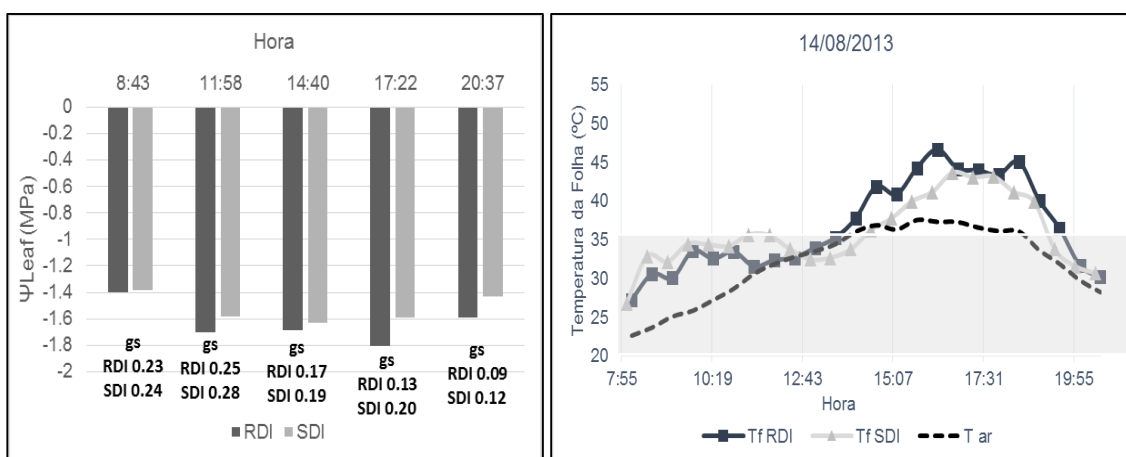


Figura 34- Percurso de Temperaturas da Folha em comparação com os valores de Ψ_{Foliar} Diário e condutância estomática gs no dia 14/08/2013 – zona a sombreado indica a gama de temperaturas consideradas por Teixeira & Ricardo (1983) como ótimas para a fotossíntese

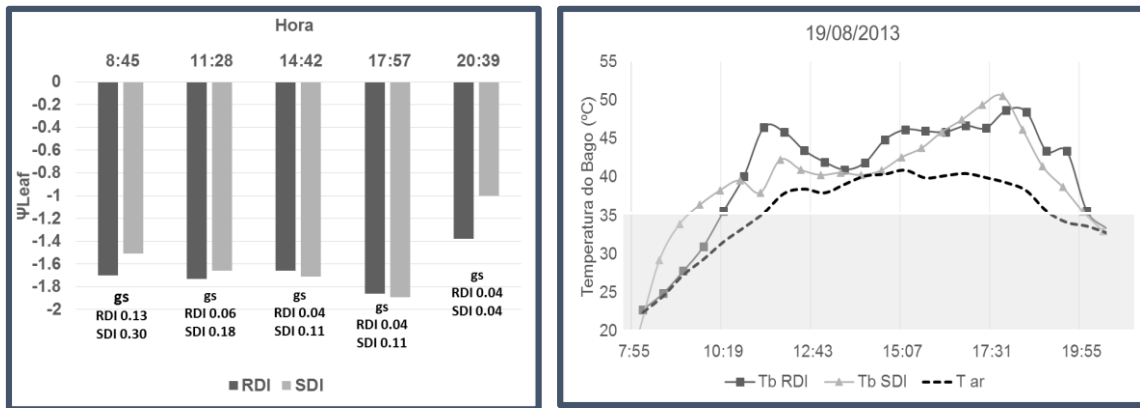


Figura 35 - Percurso Temperatura da Folha em comparação com os valores de Ψ_{Foliar} Diário e condutância estomática g_s no dia 19/08/2013 - zona a sombreado indica a gama de temperaturas consideradas por Teixeira & Ricardo (1983) como ótimas para a fotossíntese

Analisando as figuras 35 e 36 em termos de padrão evolutivo, é possível verificar que o percurso descrito pela temperatura das folhas é idêntico ao da temperatura do ar, atingindo o seu pico por volta da hora de maior calor (entre as 14h e as 17h). Considerando o dia 14/09 como de maior disponibilidade hídrica por parte das videiras é possível constatar que a diferença de temperatura entre as folhas e a temperatura do ar (ΔT) é de 4.5°C para o RDI e 3.8°C para a SDI semelhante ao descrito por Keller (2010) para videiras com reduzido stresse hídrico, que assume um valor médio de ΔT ($T_{Folha} - T_{Ar}$) não superior a 5°C, devido á perda de calor sensível, pela remoção de calor da folha por circulação do ar circundante e á perda de calor latente pela transpiração.

Keller (2010), refere que a indução de um stresse hídrico à videira reduz significativamente a transpiração das folhas, aumentando assim a temperatura das mesmas. Este comportamento pode ser observado na figura 35, verificando-se que no dia de menor disponibilidade hídrica, as folhas das duas modalidades apresentam uma temperatura superior à temperatura do ar, atingindo um ΔT de 7.0°C para a RDI e 4.5°C para a SDI, este facto é ainda corroborado com a evidente diminuição da g_s .

Os sensores de temperatura da folha indicam-nos também que as temperaturas obtidas foram em alguns momentos superiores a 45°C, com excepção para a folha da modalidade SDI no dia 14/08, valor a partir do qual Gamon & Percy, 1989, descrevem como “fatal” para as folhas, levando a uma desnaturação das proteínas das mesmas e à desintegração da parede celular das células constituintes da folha. Este comportamento a nível das folhas não foi visível no ensaio, não tendo ocorrido episódios de escaldão das folhas nem perda das mesmas.

Nas figuras 35 e 36 podemos ainda observar que a maioria dos valores da temperatura das folhas se encontram fora do intervalo, entre os 20°C e os 35°C, descrito por Teixeira & Ricardo (1983) como sendo o intervalo óptimo de fotossíntese para as plantas. Este valor pode variar consoante a espécie e o genótipo (Chaves,1986).

3.2.6.3. Temperatura dos Bagos.

Nas figuras 37 e 38 estão representadas as temperaturas medidas nos bagos para o período de rega de 13/08 a 20/08 relativas ao bago mais exposto (lado Nascente de manhã e lado Poente à tarde). As temperaturas máximas observadas foram de 45°C para ambas as modalidades no dia 14/08 e 49°C na modalidade RDI e 50° na SDI para o dia 19/08. A temperatura é um dos parâmetros mais importantes no que diz respeito à maturação dos bagos.

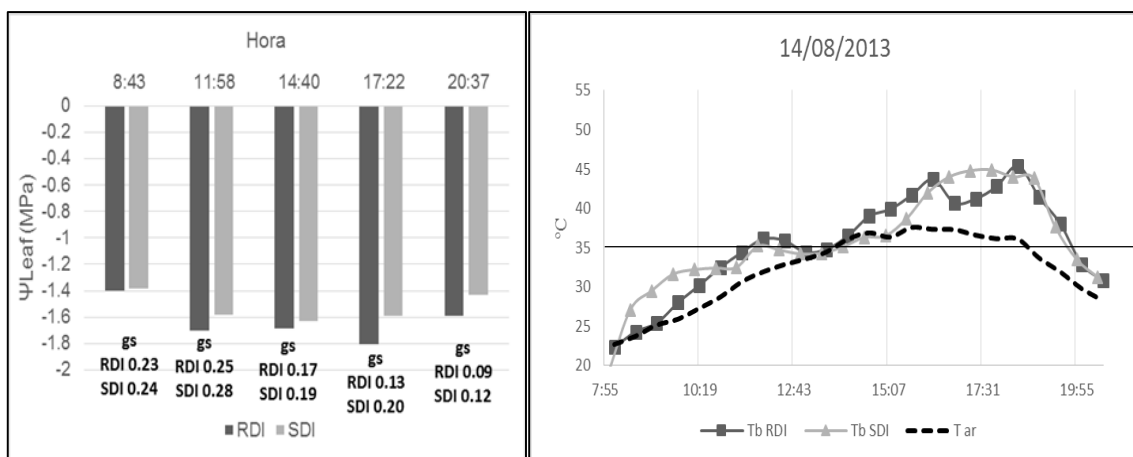


Figura 36 – Percurso de Temperatura do Bago em comparação com os valores de Ψ_{Foliar} Diário e condutância estomática (gs) no dia 14/08/2013 -- linha a preto indica a temperatura a partir da qual a literatura indica uma redução da síntese de antocianinas - (Downey et al., 2006)

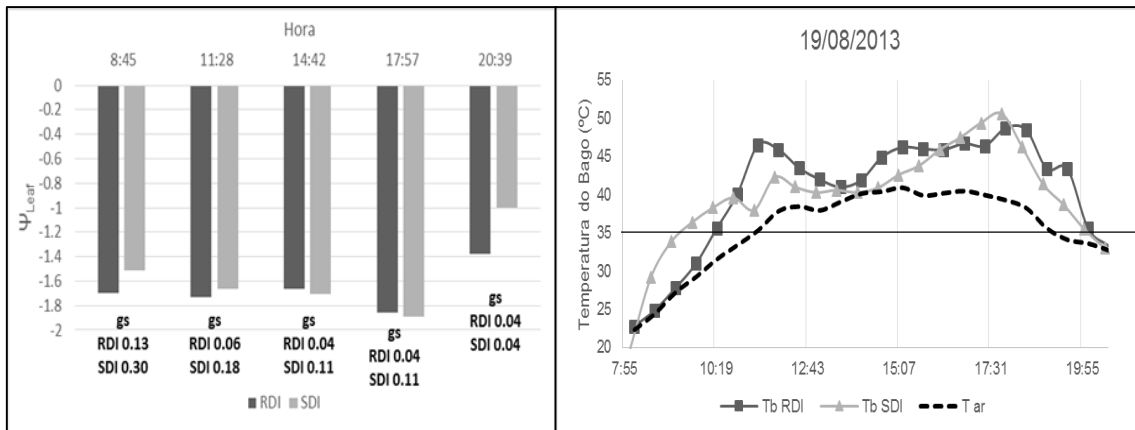


Figura 37 - Percurso Temperatura do Bago em comparação com os valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ e condutância estomática g_s no dia 19/08/2013 – linha a preto indica a temperatura q partir da qual a literatura indica uma redução da síntese de antocianinas - , Downey et al., (2006)

Apesar das altas temperaturas acelerarem a maturação da uva (Keller, 2009). As temperaturas mais elevadas (30°C) podem levar a elevadas concentrações de sólidos solúveis. Keller (2010) refere que níveis de Brix superior a 24-25 °Brix não são devido à fotossíntese e transporte de açúcar a partir das folhas, mas devidos à concentração pela perda de água por evaporação.

Temperaturas de 30 °C e superiores contribuem para a redução da síntese de antocianinas (Buttrose et al., 1971, Spayd et al., 2002 e Tarara et al., 2008), Downey et al., (2006) sugerem que em climas quentes, a temperatura do bago pode, frequentemente, atingir níveis (>35°C) que inibem a formação destas e, podem consequentemente, reduzir a cor da uva.

Analisando as figuras 37 e 38, é possível observar que as temperaturas dos bagos em ambas as modalidades registam valores superiores a 35°C durante alguns períodos do dia, havendo diferenças, entre o dia após e antes da rega. Estas diferenças não se atribuem à diminuição das disponibilidades hídricas das videiras, pois a nível dos bagos a disponibilidade hídrica da planta pouco ou nada afeta a temperatura dos mesmos visto haver uma descontinuidade do xilema entre os bagos e a planta após a época do pintor (Creasy & Lombard, 1993), sendo que o bago depende apenas da circulação do ar exterior para remoção do calor (Coombe, 1986). Assim sendo esta diferença nas temperaturas entre os dias 14/08 e 19/08 deve-se na sua maioria a um aumento da temperatura do ar.

3.2.6.4. Humidade Volúmica do Solo

De modo a facilitar a visualização dos dados do sensor de humidade do solo, foi feita uma integração das diferentes profundidades registadas (20, 40 e 60cm) de modo a perceber o comportamento do perfil do solo no período de 14/08 a 19/08 (Fig.39 e 40). Estes valores foram ainda transformados em Taxa de Depleção de Água no Solo.

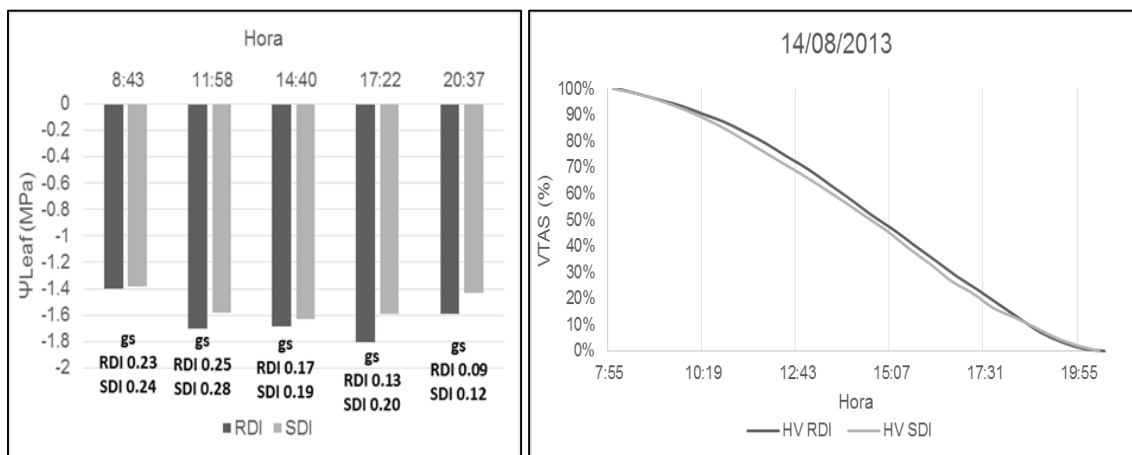


Figura 38 – Percurso da Taxa de Depleção de Água no Solo em comparação com os valores de Ψ_{Foliar} Diário e condutância estomática gs no dia 14/08/2013

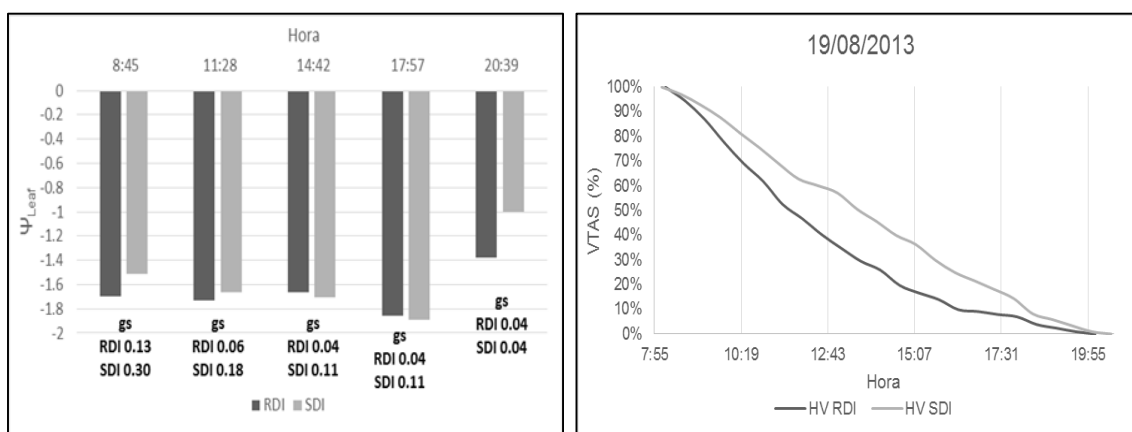


Figura 39 - Percurso Taxa de Depleção de Água no Solo em comparação com os valores de Ψ_{Foliar} Diário e condutância estomática gs no dia 19/08/2013

Analisando a figura 39 é possível observar que imediatamente após a rega a taxa de depleção de água no solo é semelhante nas duas modalidades. Verifica-se uma diminuição desta ao longo do dia acompanhando a diminuição do potencial hídrico foliar. Já na figura 40 é possível verificar uma diferença na taxa de depleção entre as modalidades, sendo esta superior na modalidade RDI. Este resultado não é o expectável

uma vez que a modalidade SDI foi alvo de uma maior dotação de rega e frequência das mesmas, mantendo assim uma maior disponibilidade hídrica no solo, assim sendo seria de esperar que a taxa de depleção de água no solo fosse superior à da modalidade RDI, pois possui maiores taxas de transpiração, característicos por uma maior gs. Uma possível explicação para este facto poderá ser a existência de diferentes reservas hídricas uteis no solo, que comprometem o nível de disponibilidade hídrica da videira, este erro poderá ser confirmado aquando da análise e verificação da sua persistência nos restantes ciclos de rega.

3.2.7. Possibilidade de utilização dos dados dos fito-sensores para potenciais estimadores da atividade fisiológica

Um dos interesses da utilização de fito – sensores na viticultura, é a possibilidade substituição parcial ou total de meios de colheita de dados de presença física obrigatória, referentes a indicadores de stresse hídrico por sensores de recolha de dados continua. Com o objectivo de testar esta possibilidade foram feitas correlações entre os dados dos sensores de fitomonitorização e dados pontuais de potencial hídrico foliar e de trocas gasosas. Os dados utilizados para a construção das relações entre variáveis são referentes ao período de rega entre 13/08 e 20/08, excepto para os valores relativos ao dendrómetro que contemplam todo o período de ensaio. Foi efetuada uma matriz de correlações com as diferentes variáveis para avaliar a sua relação (Tabela 6).

Tabela 6 - Lista de Variáveis utilizadas nas correlações.

Medições Pontuais	Medições Contínuas
Potencial Hídrico Foliar de Base	Fluxo de Seiva
Potencial Hídrico Foliar Diário	Taxa de Depleção de Água no solo
Condutância Estomática	Temperatura das Folhas
Potencial Hídrico do Ramo	Temperatura dos Bagos
	Diâmetro do Tronco

3.2.7.1. Potenciais estimadores do Potencial Hídrico Foliar de Base.

Uma das medidas mais utilizadas na medição do estado hídrico das videiras é o Potencial Hídrico Foliar de Base (Ψ_{Base}). O Ψ_{Base} , medido antes do amanhecer é um bom indicador do estado hídrico do solo, fornecendo uma estimativa do potencial hídrico do

volume de solo explorado pelas raízes, constituindo assim um bom indicador das disponibilidades hídricas (Nagarajah, 1989).

O Ψ_{Base} tem como vantagens o facto de ser uma medida sensível do estado hídrico do solo/planta capaz de detectar diferenças diárias no solo, medido facilmente e elimina a variabilidade de curto prazo devido a respostas estomáticas (Loveys *et al.*, 1998). Apesar das vantagens enumeradas por Loveys (1998), o mesmo autor refere o facto de esta medição ter como desvantagens ter de ser medida antes do nascer do sol, o que dificulta aquando de um elevado número de medições e o facto de a interpretação dos dados obtidos reflectir por vezes descontinuidades na humidade do solo. As figuras 41 e 42 mostram a análise de regressão dos valores das medições pontuais com os diferentes dados obtidos nas estações de fitomonitorização.

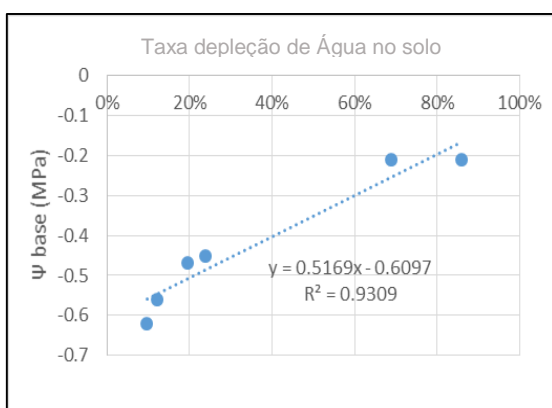


Figura 41 – Análise de regressão entre Taxa de Depleção de Água no (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar de Base (variável

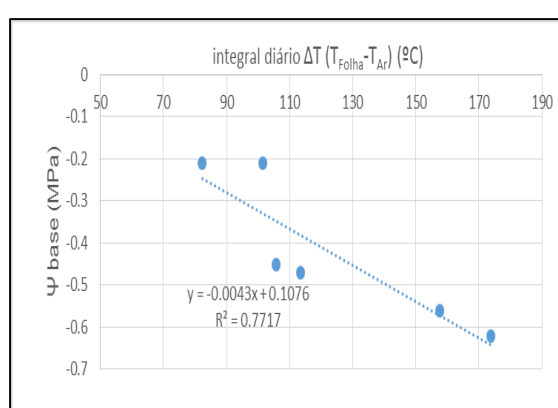


Figura 42 – Análise de regressão entre o Integral Diário de ΔT (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar de Base (variável dependente)

Os resultados da análise apresentam-se na tabela 7:

Tabela 7 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e o Ψ_{Base} (variável dependente) e respectiva significância (Sig)

	FS	Temperatura da Folha	Temperatura do Bago	Taxa de Depleção de Água no solo	ΔT
Ψ_{Base} (R^2)	$R^2=0.18$	$R^2=0.39$	$R^2=0.21$	$R^2= 0.93$	$R^2=0.77$
Sig.	n.s	n.s	n.s	*	*

Nota: Sig – Nível de significância: n.s – não significativo $p>0.05$; * - significativo ao nível de $p<0.05$; R^2 -coeficiente de determinação.

De entre os sensores instalados na vinha, a relação entre os valores resultantes da normalização dos dados (Fig.41) do sensor de Humidade Volúmica (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar de Base (variável dependente), são os que

apresentam uma relação mais robusta com um $R^2= 0.93$, indicando que as medidas contínuas da humidade no solo são um bom estimador do Ψ_{Base} . Outro bom indicador passível de substituir a colheita de valores de Ψ_{Base} , é o valor do integral diário da diferença entre a temperatura da folha e a temperatura do ar (integral diário ΔT – Fig.41). A relação entre o integral diário ΔT (variável independente) e o Ψ_{Base} (variável dependente) ainda que menos explicativa, $R^2=0.77$, do que a anterior permite-nos considerar a hipótese de utilizar o ΔT como potencial estimador dos valores de Ψ_{Base} .

Analisando as restantes variáveis (FS, Temperatura da Folha e Temperatura do Bago), a análise de regressão mostra-nos que estas explicam uma baixa percentagem de variabilidade dos valores de Ψ_{Base} , embora os resultados relativos às temperaturas da folha e do bago reforcem a possibilidade da utilização de sensores de temperatura como possíveis estimadores de valores de Ψ_{Base} . O mesmo não acontece para os dados do sensor de FS que explicam uma baixa percentagem de variabilidade na determinação do Ψ_{Base} .

A possível utilização de sensores de temperatura como potenciais estimadores do estado hídrico da vinha descrita neste trabalho corrobora os dados recolhidos por Costa *et al.*, (2013) no mesmo local de ensaio, com a utilização da termografia como método para avaliar o estado hídrico da vinha. Neste trabalho Costa *et al.*, (2013) compararam a utilização do Índice de Stresse Hídrico da Cultura (CWST - Crop water Stress Index) com a utilização do ΔT ($T_{Folha} - T_{Ar}$), e observaram que ambos os índices permitiam uma similar explicação do potencial hídrico. Assim sendo reforça-se a ideia de que a utilização de sensores de temperatura, são uma ferramenta tecnologicamente viável para a avaliação do estado hídrico da videira, além de que são economicamente mais acessíveis aos produtores comparativamente à termografia ou à medição pontual do potencial hídrico de base.

3.2.7.2. Potenciais estimadores do Potencial Hídrico Foliar Diurno

Um método bastante utilizado para a avaliação do estado hídrico da planta é o Potencial Hídrico Foliar Diurno ($\Psi_{Foliar\ Diurno}$) pois este está mais ligado às variações nas condições climáticas (radiação, temperatura e défice de pressão vapor) do que alterações no estado do solo (Smart, 1974). Ao usar-se o $\Psi_{Foliar\ Diário}$ como indicador de estado hídrico, assume-se que não há regulação osmótica. Contudo é necessário ter em conta que a videira tem capacidade de praticar esta regulação, isto é, capacidade de regular o seu potencial osmótico (During & Loveys, 1987).

Loveys *et al.*, (1998) indica como vantagens da utilização do $\Psi_{\text{Foliar Diurno}}$ o facto do equipamento utilizado nas medições ser robusto e passível de ser transportado pela vinha e o facto de ser um tema bastante documentado com a existência de directrizes para a interpretação dos dados resultantes das medições. Como desvantagens o mesmo autor refere que este método requer múltiplas medições de modo a reduzir a variação espacial para reduzir erros nas leituras e a fraca relação entre as medições e a actividade fisiológica da planta devido à sua autorregulação.

Assim sendo procedeu-se a uma análise de regressão entre os valores obtidos do $\Psi_{\text{Foliar Diurno}}$, nos percursos diários efectuados nos dias respectivamente imediatamente após a rega (14/08) e imediatamente antes da rega (19/08), com os dados dos vários fito-sensores (Fig.43).

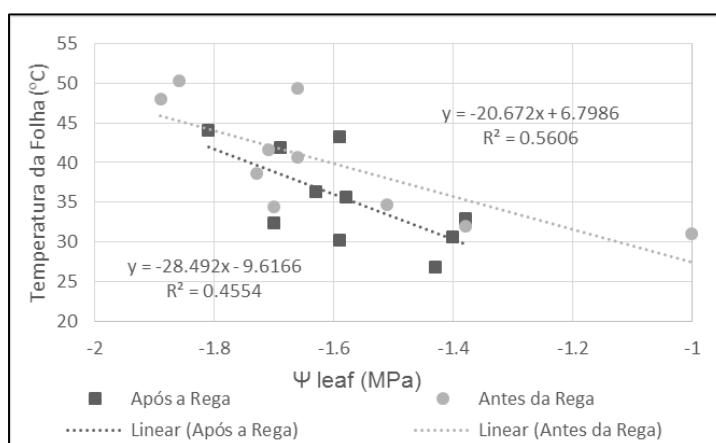


Figura 40 - Relação entre a Temperatura da Folha (variável independente) e o Potencial Hídrico Foliar Diário (variável dependente) após e antes da rega.

De entre as relações observadas, os valores obtidos do sensor de Temperatura da folha são os que explicam em maior percentagem a variabilidade dos valores do $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ quer no dia imediatamente após a rega ($R^2=0.46$) quer no dia imediatamente antes da rega ($R^2=0.56$). Uma possível razão para o facto dos valores de temperatura da folha explicarem em maior percentagem a variabilidade dos valores do $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ no dia imediatamente antes da rega poderá ser devido a um maior controlo estomático, face à baixa disponibilidade hídrica, que regista assim uma maior temperatura da folha e conseqüente diminuição do $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ (Nagarajah, 1989).

Em relação aos restantes sensores, as relações encontradas foram as indicadas na tabela 8:

Tabela 8 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e o $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ (variável dependente) e respectiva significância (Sig)

	FS		Temperatura da Folha		Temperatura do Bago		Taxa de Depleção de Água no solo		ΔT	
	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega
$\Psi_{\text{Foliar Diário}}$ (R ²)	0.12	0.11	0.46	0.56	0.64	0.33	0.03	0.07	0.04	0.45
Sig.	ns	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	*

Nota: Sig – Nível de significância: n.s – não significativo $p > 0.05$; * - significativo ao nível de $p < 0.05$; ** - significativo ao nível de $p < 0.01$; R²- coeficiente de determinação.

Analisando os restantes índices de correlação entre variáveis (FS, Temperatura do Bago, Taxa de Depleção de Água no solo e ΔT), esta mostra-nos que não são significativas na explicação dos valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$, embora os R² relativos às temperaturas do bago e ΔT se mostrem significativos para os dias após a rega e antes da rega respectivamente. A observação destes valores reforçam a possibilidade da utilização de valores de temperatura da folha como possíveis estimadores de valores de $\Psi_{\text{Foliar Diário}}$.

3.2.7.3. Potenciais estimadores da Condutância Estomática (gs)

Neste trabalho não foram encontradas quaisquer relações entre os sensores das ilhas de fitomonitorização e os valores medidos de condutância estomática para os dias imediatamente após e antes da rega. Embora não tenham sido correlações significativas entre as variáveis estudadas neste ensaio, Escalona *et al.*, (2002) obteve uma boa correlação entre a condutância estomática e o fluxo de seiva instantâneo em videiras em vaso, em condições de stresse hídrico. Em relação à temperatura das folhas, Jones (2002), indica que há muito que é reconhecido o uso da temperatura do coberto e das folhas para a determinação das taxas de transpiração da videira em regimes de stresse hídrico, tendo encontrado boas correlações entre a temperatura da folha e a condutância estomática.

Os valores de R^2 encontradas nas regressões entre os dados dos Fito – sensores e a condutância estomática apresentam-se na tabela 9:

Tabela 9 - Análise de regressão entre fito-sensores (variáveis independentes) e a Condutância Estomática (variável dependente) e respectiva significância (Sig) nos momentos após e antes da rega.

	FS		Temperatura da Folha		Temperatura do Bago		Taxa de Depleção de Água no solo		ΔT	
	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega	Após rega	Antes rega
gs (R^2)	0.09	0.03	0.02	0.007	0.06	0.05	0.03	0.27	0.04	0.11
Sig.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Nota: Sig – Nível de significância: n.s – não significativo $p > 0.05$; R^2 - coeficiente de determinação.

A partir da análise de regressão feita entre as variáveis acima apresentadas é possível verificar que nenhuma das variáveis independentes por nós estudadas se mostrou significativa na estimação dos valores de gs, indicando que poderá haver outras variáveis, além das consideradas neste trabalho, que estimem com maior robustez os valores de gs.

O facto das medições de gs serem pontuais e apenas em folhas expostas do coberto, poderá ter contribuído para a fraca relação entre as variáveis.

4. Conclusões

Este trabalho é referente ao primeiro ano do projecto INNOVINE, tendo ainda mais 3 anos para tornar mais robustos os resultados aqui propostos.

A utilização da Fitomonitorização revelou-se um desafio na instalação dos sensores e na compreensão dos valores reportados pelos mesmos, nomeadamente o dendrómetro, que mostrou várias irregularidades nas medições

Verificou – se que as temperaturas das folhas oscilaram entre os 7,7°C e os 52,1°C em ambas as modalidades, tendo-se atingido temperaturas máximas da folha de 52,1°C para o RDI e 48°C para o SDI no dia 20/08/2013. Observou-se ainda que a temperatura máxima foi atingida nas folhas mais expostas no lado *Poente* da sebe em ambas as modalidades.

Relativamente à temperatura dos bagos os valores oscilaram entre os 9º e os 50,1°C, tendo-se atingido uma temperatura máxima de 50,1°C na modalidade RDI e um máximo de 48°C na modalidade SDI no dia 10/08/2013. As temperaturas máximas registadas foram ambas nos bagos mais expostos do cacho no lado *Poente* da sebe.

Comparando os resultados entre as duas modalidades de rega conclui-se que a modalidade RDI induz um maior stresse hídrico nas videiras, caracterizado por potenciais hídricos menores e temperaturas das folhas mais elevadas, quando comparado com a modalidade SDI.

Através das relações entre os dados dos fito-sensores e os índices fisiológicos (potenciais hídricos e condutância estomática) podemos concluir que os sensores com maior possibilidade de fornecerem dados passíveis de serem utilizados como estimadores de parâmetros fisiológicos, são os sensores de temperatura da folha e de humidade no solo cujos dados explicam uma elevada percentagem da variação do Ψ_{Base} , $R^2=0.77$ e $R^2=0.93$ respectivamente. Como potenciais estimadores do Ψ_{Foliar} diário os dados do sensor que se mostraram mais robustos foi os dados do sensor de temperatura da folha, com coeficientes de determinação de $R^2=0.46$ após rega e $R^2=0.56$ antes da rega. Como potencial estimador da g_s nenhum dos sensores utilizados forneceu dados que se mostrassem significativamente robusto na sua determinação, indicando a possibilidade da existência de factores que não os considerados que expliquem com maior robustez as variações da g_s .

Em suma, a utilização de ferramentas de fitomonitorização para gestão de rega deficitária, mostra-se bastante útil na avaliação de respostas fisiológicas da planta, o que permite compreender qual o melhor caminho a seguir no que toca à gestão do uso de água para rega. A fitomonitorização é uma técnica recente, bastante exigente no foro técnico, tanto para a instalação dos equipamentos necessários como para compreensão dos valores daí resultantes. A utilização de ferramentas deste tipo não deve substituir o acompanhamento presencial do técnico no terreno pois a complementaridade de ambas aumenta a robustez das decisões a tomar.

4.2. Perspetivas futuras

Como considerações para os próximos anos do projecto, sugere-se a alteração dos sensores de Diâmetro do Tronco (dendrómetro) e de Temperatura do Bago, pois ambos possuem uma estrutura física muito grande que aumenta a probabilidade de ocorrência de perturbações externas que comprometem a robustez dos valores. Para além disso será também de estudar a relação entre o Défice de Pressão Vapor e a atividade fisiológica da planta.

5. Referências Bibliográficas

- ARCHER, E.; STRAUSS, H. C.; (1990). The effect of vine spacing on some physiological aspects of *vitis vinífera* L.. S. Afr. J. Enol., 11:76-87.
- BEGG, J. E.; TURNER, N. C. 1976 Crop Water Deficits. Adv. Agron. 28, 161-217.
- BRANDÃO, A. (2006). Alterações climáticas na agricultura Portuguesa: instrumentos de análise ,impacto e medidas de adaptação. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia.
- BRAVDO, B. A.; HEPNER, Y. (1987). Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. Acta Horticulturae (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management). Acta Hort. 690, 227–235.
- BRAVDO, B. A (2005). Physiological mechanisms involved in the production of non-hydraulic root signals by partial rootzone drying – a review. Acta Hort. 689, 267–276.
- Caló, A., D. Tomasi, and R. Di Stefano. 1996. Relationship between environmental factors and the dynamics of growth and composition of the grapevine. Proceedings of the Workshop Strategies to Optimize Wine Grape Quality. Acta Horticult. 427:217-231
- CARBONNEAU, A. (1978). Applications de l'étude de la photosynthèse sur différents systèmes de conduite à la sélection de variétés de vigne. Bordeaux. In: Symposium International Amélioration de la Vigne, 2, 1978. Bordeaux. Génétique et Amélioration de la Vigne Paris. France.
- CARBONNEAU, A. Research on criteria and of training systems for the grapevine. Extension to woody perennial plants .Ann. Amelior. Plant., 29:173-85, 1979.
- CATALINA, E. (2002). Influência da rega parcial das raízes no comportamento fisiológico e agronómico da videira (*Vitis vinífera*), casta Castelão. Relatório de fim de curso de Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia.
- CHAMPAGNOL, F. (1984). Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Montpellier. France.
- CHALMERS, DJ, Mitchell PD, Van Heek L (1984). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106, 307–312.
- CHAVES, M. (1986). Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *vitis vinífera* L. Dissertação de doutoramento, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa 220pp.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P.; PEREIRA, J.S. (2003). Understanding plant response to drought – from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30: 239-264.

- COOMBE, B.G. (1986). Influence of temperature on composition and quality of grapes. *Acta Horticulturae*, Davis, n.206, 23-35. (Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management - 1986).
- Costa JM, García-Tejero I, Egito R, Vaz M, Lima RSN, Lopes C, Chaves MM (2013). Comparing diurnal and seasonal response to water availability in two grapevine varieties as monitored by thermal imaging. *Book of Abstracts, 7th EPSO Meeting, Greece, 1-4 September 2013*, pp.227.
- Dry P.R., Loveys B.R., McCarthy M.G. and Stoll M., 2001. Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* 35(3): 129-139.
- DELOIRE, A.; CARBONNEAU, A.; FEDERSPIEL, B.; OJEDA, H., WANG, Z.; COSTANZA, P. (2003). *La Vigne et L'eau. Progrès Agricole et Viticole.* 120, 79-90.
- DÜRING, H.; KLINGENMEYER, W. (1987). Stomatal control of water use efficiency in two *Vitisvinífera* cultivars. In: *Physiologie de la vigne*, 179-184, O.I.V., Paris.
- FICHTNER, K., AND E.D. SCHULZE. 1990. Xylem water flow in tropical vines as measured by a steady state heating method. *Oecologia* 82~355-361
- FLEXAS J, BOTA J, ESCALONA JM, SAMPOL B, MEDRANO H .Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology* 2002;29:461-471.
- GHIRA, C. (2004). Os vinhos da Estremadura. *Enciclopedia dos vinhos de Portugal.* Chaves Ferreira 1ª edição.
- HARGREAVES, G.H. AND Z.A. SAMANI, 1982. "Estimating potential evapotranspiration." *J. Irrig. Drain. Div.*,108(3): 225-230
- HOOGENBOOM, G.; TSUJI, G. Y.; JONES, J. W.; SINGH, U.; GODWIN, D. C.; PICKERING, N. B.; CURRY, R. B. (1995). Decision Support System to Study Climate Change Impacts on Crop Production. In *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*, C.
- Huber L, and Gillespie T J. Modeling Leaf Wetness in Relation to Plant Disease Epidemiology *Annual Review of Phytopathology* .Vol. 30: 553-577 (Volume publication date September 1992)
- INÊS, D. (2011).A fitomonitorização coo ferramenta para o estudo do impacto das alterações climáticas em viticultura. Relatório para a obtenção do grau Mestre em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia. 06/05/2010)
- IVV. (2010). Descrição da casta "Touriga Nacional" e " Aragonês". Disponível em: <http://www.ivv.minagricultura.pt/np4/np4/362.html>. Acedido: 2 de Agosto de 2013.
- JACKSON, D. I.; CHERRY, N. J. (1988). Prediction of a district's grape-ripening capacity using a latitude-temperature index (LTI). *American Journal of Enology and Viticulture*.

- JACKSON, D.I.; LOMBARD, P.B. (1997). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44, 409–430.
- JONES, G.V.; DAVIES, G.E. (2000) *Ecological economics—an introduction*, Blackwell Science, Oxford, vi+266pp. linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800902000101
- JONES, G.V., Hellman, E., 2003: Site Assessment: in “Oregon Viticulture” (ed.: E. Hellman). 5th Edition, Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, 44–50.
- KLIEWER, W. M. (1983). Berry composition of *Vitis vinifera* cultivars as influenced by photo and nycto-temperatures during maturation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.
- KATERJI, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Karam, F. and Mastrorilli, M., 1994. Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. *Agric. Water Manage.* 26: 81-91
- KELLER M, *The Science of Grapevines - anatomy and physiology*. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v.16, p.56-69, 2010.
- KLIEWER, W. M.; TORRES, R. E. (1983). Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration. *Am. J. Enol. Vitic.* 23 (2), 71-77.
- LOPES, C. (2001). Influencia dos sistemas de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinífera* L.) Relatório de Doutoramento Engenharia Agrónómica. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- LOPES, C.; PACHECO, C.; VICENTE-PAULO, J.; RODRIGUES, M^a. L. (2005). Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo. Actas Évora.
- LOVEYS B.R. - Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying - *Australian Journal of Grape and Wine Research* Volume 4, Issue 3, pages 140–148, October 1998
- MATTHEWS M.A., ANDERSON M.M. and SCHULTZ H.R., 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*. 26:147-160.
- MCCARTHY M. G., 1993. Deficit irrigation experiment bearing results. *The Australian Grapegrower and Winemaker*. 359: 75-77.
- MYBURGH, P.A. Response of *Vitis vinifera* L. cv. Barlinka/Ramsey to soil water depletion levels with particular reference to trunk growth parameters. *South African Journal for Enology and Viticulture*, v. 17, n.1, p.3-14, 1996.

- NAOR A., BRAVDO B. and HEPNER Y., 1993. Effect of post-veraison irrigation level on Sauvignon blanc yield, juice quality and water relations. S. Afr. J. Enol. Vitis. 14:19-25.
- NAGARAJAH, S., 1989. Physiological responses of grapevines to water stress. Acta Hort. 290,249-256.
- PHYTECH. (2010). Descrição de sensores. [Http://www.phytech.com/products_new.html](http://www.phytech.com/products_new.html).
Acedido: 29/10/2013
- PINTO, P. A.; BRANDÃO, A. P. (2002). Agriculture. In Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures - SIAM Project, F.D. Santos, K. Forbes e R. Moita. Gradiva, Lisboa, Portugal.
- SANTOS, T. (2006). Influência da rega da videira (*Vitis vinífera L.*) nas relações hídricas, crescimento, quantidade e qualidade da produção. Relatório de fim de curso de Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia.
- SCHULTZ, H. R. (1985). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. Australian Journal of Grape and Wine Research.
- SILVESTRE, J. (2003). Evapotranspiração e funcionamento hídrico em *Vitis vinífera L.* Relatório de Doutoramento em Engenharia Agronómica, Instituto Superior de Agronomia.
- SMART, R. E; COOMBE (1983). Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review, Am. J. Enol. Vitic.
- SMART, R. E. (1988). Shoot spacing and canopy light microclimate. Am. J. Enol. Vitic., 39 (4): 325-33.
- SMART, R. E.; ROBINSON, M. (1991). Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management Wintitles, Adelaide.
- Ton Y., 1997. Phytomonitoring system. IV International congress on new agricultural technologies. Puerto Vallarta. Jalisco. Mexico: 89-95.
- Ton Y., Nilov N. and Kopyt M., 2001. Phytomonitoring: the new information technology for improving crop production. Acta Horticulture. 562: 257-262.
- Ton Y., Kopyt M., Zachs I. and Ben-Ner Z. (2002) Phytomonitoring technique for tuning irrigation of fruit trees. International water and irrigation. 22. No 4: 48 - 49.
- WILLIAMS, L.E.; Matthews, F.J. (1990). Correlations among predawn leaf, midday leaf and midday stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in *vitis vinifera*.

I) Anexos

i) Anexo - I

Tabela 10 - Tabela de correlações para os parâmetros MDS, MXDT, MNDT, VPD, Sap Flow, Temperatura média da folha e Temperatura média do bago para a modalidade SDI – ilha#603

	MDS	MXDT	MNDT	VPD	Sap Flow	T méd Folha	T méd Bago
MDS	1	-	-	-	-	-	-
MXDT	0.07	1	-	-	-	-	-
MNDT	0.07	0.97	1	-	-	-	-
VPD	-0.11	0.17	0.19	1	-	-	-
Sap Flow	0.10	-0.62	-0.64	-0.18	1	-	-
T méd Folha	-0.09	0.13	0.15	0.88	-0.06	1	-
T méd Bago	-0.09	0.21	0.23	0.89	-0.14	-	1

Tabela 11 - Tabela de correlações para os parâmetros MDS, MXDT, MNDT, VPD, Sap Flow, Temperatura média da folha e Temperatura média do bago para a modalidade RDI – ilha#601

	MDS	MXDT	MNDT	VPD	Sap Flow	T méd Folha	T méd Bago
MDS	1	-	-	-	-	-	-
MXDT	0.05	-1	-	-	-	-	-
MNDT	0.05	0.97	1	-	-	-	-
VPD	-0.04	0.12	0.13	1	-	-	-
Sap Flow	-0.09	0.42	0.44	0.17	1	-	-
T méd Folha	-0.04	0.09	0.10	0.90	0.07	1	-
T méd Bago	-0.06	0.19	0.20	0.89	0.06	-	1

Tabela 12 - tabela de correlações entre sensores e condutância estomática (gs)

Data	gs	SF	Taxa de Depleção de Água no Solo%	TFolha	TBago	DT
14/8/13 8:43	0.23725	0.042859	84%	32.9	27.1	9.16
14/8/13 11:58	0.251	0.042859	84%	35.6	35.2	3.67
14/8/13 14:40	0.1754	0.039094	77%	36.3	36.3	-0.62
14/8/13 17:22	0.1318	0.028632	77%	43.2	44.9	7.03
14/8/13 20:37	0.0902	0.016578	77%	26.9	27.8	1.30
19/8/13 8:45	0.2445	0.046766	9%	34.7	29.2	10.19
19/8/13 11:28	0.28875	0.022336	6%	40.7	42.3	2.83
19/8/13 14:42	0.186167	0.022336	4%	41.6	40.9	1.21
19/8/13 17:57	0.209167	0.008981	4%	48	50.6	8.72
19/8/13 20:39	0.121725	0.008981	3%	31	33	-1.74
14/8/13 8:43	0.13242	0.07	2%	30.6	24.3	6.86
14/8/13 11:58	0.0616	0.11	15%	32.4	36.1	0.47
14/8/13 14:40	0.0428	0.08	74%	41.9	39	4.98
14/8/13 17:22	0.042025	0.06	89%	44	41.2	7.37
14/8/13 20:37	0.0455	0.03	77%	30.2	30.8	1.90
19/8/13 8:45	0.3	0.11	18%	34.4	24.9	9.89
19/8/13 11:28	0.18725	0.22	14%	38.7	46.5	3.35
19/8/13 14:42	0.111375	0.08	9%	49.4	44.9	9.01
19/8/13 17:57	0.113125	0.07	5%	50.3	48.7	11.02
19/8/13 20:39	0.048725	0.00	3%	32	33.3	-0.74
gs						
r	1	0.07643	-0.19765	0.036459	-0.08829	0.309881307
r^2		0.005841	0.039066	0.001329	0.007796	0.096026424

Tabela 13 - Tabela de correlações entre os sensores e o $\Psi_{\text{Foliar}} \text{ Diário}$ para os momentos antes e pós rega

data	$\Psi_{\text{Foliar}} \text{ Diário}$	SF	Taxa de Depleção de Água no Solo	TFolha	TBago	DT
14/8/13 8:43	-1.38	0.042859	84%	32.9	27.1	9.16
14/8/13 11:58	-1.58	0.042859	84%	35.6	35.2	3.67
14/8/13 14:40	-1.63	0.039094	77%	36.3	36.3	-0.62
14/8/13 17:22	-1.59	0.028632	77%	43.2	44.9	7.03
14/8/13 20:37	-1.43	0.016578	77%	26.9	27.8	1.30
19/8/13 8:45	-1.51	0.046766	9%	34.7	29.2	10.19
19/8/13 11:28	-1.66	0.022336	6%	40.7	42.3	2.83
19/8/13 14:42	-1.71	0.022336	4%	41.6	40.9	1.21
19/8/13 17:57	-1.89	0.008981	4%	48	50.6	8.72
19/8/13 20:39	-1	0.008981	3%	31	33	-1.74
14/8/13 8:43	-1.4	0.07	2%	30.6	24.3	6.86
14/8/13 11:58	-1.7	0.11	15%	32.4	36.1	0.47
14/8/13 14:40	-1.69	0.08	74%	41.9	39	4.98
14/8/13 17:22	-1.81	0.06	89%	44	41.2	7.37
14/8/13 20:37	-1.59	0.03	77%	30.2	30.8	1.90
19/8/13 8:45	-1.7	0.11	18%	34.4	24.9	9.89
19/8/13 11:28	-1.73	0.22	14%	38.7	46.5	3.35
19/8/13 14:42	-1.66	0.08	9%	49.4	44.9	9.01
19/8/13 17:57	-1.86	0.07	5%	50.3	48.7	11.02
19/8/13 20:39	-1.38	0.00	3%	32	33.3	-0.74
pot leaf						
r	1	-0.33884	-0.01155	-0.69172	-0.621145948	-0.41652
r ²		0.114811	0.000133	0.478477	0.385822289	0.173488

Tabela 14 - Tabela de correlações entre os sensores e o Ψ_{Base}

Data	SF	Taxa de Depleção de Água no Solo	TFolha	TBago	DT	Ψ_{Base}
12/08/2013	3.016408	12%	1334	1268.1	157.56	-0.56
13/08/2013	2.429587	86%	1326.5	1303.8	101.44	-0.21
19/08/2013	3.329099	10%	1505.5	1462.7	173.76	-0.62
12/08/2013	1.116781	24%	1281.6	1268.8	105.72	-0.45
13/08/2013	1.111201	69%	1284.5	1287.1	82.32	-0.21
19/08/2013	0.757542	19%	1445.2	1450.5	113.46	-0.47
r	-0.43351	0.964837	-0.63049	-0.461084609	-0.87848	1
r ²	0.18793	0.93091	0.397518	0.212599016	0.77172	1

ii) Anexo II

Tabela 15 – Calendário de Regas durante o período de ensaio (mm)

DAY	SDI		RDI		R acum	ET ₀ acum	ET _c acum
	TN	TN	TN	TN			
14-06-2013	17,6	17,6	17,6	17,6	0,6	75,8	53,1
21-06-2013	17,6				2,6	50,0	35,0
02-07-2013	19,8	19,8	19,8	19,8	0,0	80,2	56,1
06-07-2013	19,8	19,8	19,8	19,8	0,0	34,4	24,1
09-07-2013	19,8				0,0	28,4	19,9
13-07-2013	19,8				0,0	31,6	22,1
20-07-2013	19,8	19,8	19,8	19,8	0,0	44,0	30,8
23-07-2013	24,2				0,0	21,4	15,0
30-07-2013	22,0	22,0	22,0	22,0	0,2	39,1	27,4
06-08-2013	19,8	19,8	19,8	19,8	0,0	40,1	28,1
09-08-2013	19,8				0,0	19,0	13,3
13-08-2013	17,6	17,6	17,6	17,6	0,0	24,6	17,2
16-08-2013	19,8				0,0	19,9	13,9
20-08-2013	19,8	13,2	13,2	13,2	0,0	24,3	17,0
23-08-2013	19,8	9,9	9,9	9,9	0,0	18,3	12,8
30-08-2013	19,8				9,4	33,0	23,1
06-09-2013	17,6				3,0	28,7	20,1
SUM	334,4	159,5	159,5	159,5	15,8	612,9	429,0
%ET _c applied	82%	41%	41%	41%			