

Influência da rega na produtividade e na qualidade da produção do lúpulo (*Humulus lupulus* L.), variedade Nugget, na região da Galiza

Francisco Castro Alves

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Doutora Mariana da Silva Gomes Mota

Orientador: Doutor Javier José Cancela Barrio

Júri:

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Vogais: Doutor José Paulo Pimentel de Castro Coelho, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Mariana da Silva Gomes Mota, Técnica Superior do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora.

Influência da rega na produtividade e na qualidade da produção do lúpulo (*Humulus lupulus* L.), variedade Nugget, na região da Galiza

Francisco Castro Alves

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Doutora Mariana da Silva Gomes Mota

Orientador: Doutor Javier José Cancela Barrio

Júri:

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Vogais: Doutor José Paulo Pimentel de Castro Coelho, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutora Mariana da Silva Gomes Mota, Técnica Superior do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa, orientadora.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, um agradecimento especial aos meus dois orientadores: Professora Mariana e Professor Javier. À Professora Mariana por toda a exigência na elaboração, por todo o rigor nos termos e nos cálculos e pela disponibilidade impagável. Ao Professor Javier por todo o acompanhamento no campo, toda a partilha de conhecimentos e boa disposição matinal; deixo também um agradecimento a todos os elementos que fazem parte da sua equipa de investigação e que ajudaram neste projeto.

Em segundo lugar, um obrigado ao Engenheiro Emílio Corral que disponibilizou com toda a boa vontade a sua parcela de produção de lúpulo e me tirou todas as dúvidas sobre a cultura, sempre que elas existiam.

Em terceiro lugar, à minha família e especialmente aos meus pais por me permitirem estudar aquilo que eu gosto e me motivarem em todos os momentos para terminar este trabalho.

Em último, mas não menos importante, aqueles amigos e amigas que me apoiaram ao longo do percurso e do período de execução da tese. Um especial obrigado aqueles que me acompanharam nas minhas visitas à parcela em Mabegondo pelo simples prazer da minha companhia.

Resumo

Este trabalho debruça-se sobre o efeito de rega deficitária aplicada à cultura do lúpulo (*Humulus lupulus* L.). Executado em Mabegondo na Corunha, surge devido a uma crescente importância da cultura na região da Galiza e em Portugal, e a uma necessidade de otimizar a gestão dos recursos hídricos existentes. Ao longo do ciclo foram acompanhadas 6 plantas, 3 sob uma modalidade de rega do produtor (100%) que constitui a prática habitual e as outras 3 sob uma rega deficitária criada para o trabalho (80%), ambas em sistema gota-a-gota, que totalizaram 2310 m³/ha e 1848 m³/ha, respetivamente. Foram registados e analisados os seguintes fatores: clima, solo, fenologia, teor de água no solo, produtividade e qualidade da produção.

Os resultados obtidos mostraram que a dotação da rega influenciou significativamente o teor de água no solo, correspondendo a dotação de 100% a teores mais elevados. No entanto, a dotação de rega não influenciou significativamente os aspetos relacionados com a produtividade, como o rácio MS/PF (80% = 0,228 e 100% = 0,226), e o peso fresco total de cones florais por planta (80% = 3,473 kg e 100% = 3,563 kg) e com a qualidade, como o teor de alfa-ácidos (80% = 13,50 e 100% = 13,40) e de beta-ácidos (80% = 4,30 e 100% = 4,37). Este facto sugere que a plantas sujeitas à rega deficitária (80%) não estiveram sujeitas ao ligeiro stress hídrico pretendido, indicando que a rega aplicada pelo produtor (100%) é bastante superior às necessidades hídricas da planta tendo em conta os fatores de produção do ano de 2018. Assim sendo, este trabalho permitirá que o produtor optimize a rega da parcela em estudo e economize recursos hídricos e económicos. Em termos científicos, permitirá um melhor planeamento da rega de futuras atividades experimentais.

Palavras-chave: *Humulus lupulus* L., água, rega deficitária, produtividade, qualidade de produção.

Resumen

En este estudio se analiza el efecto del riego deficitario sobre el cultivo del lúpulo (*Humulus lupulus* L.). Ha sido realizado en Mabegondo, La Coruña (España), debido a un crecimiento importante de este cultivo en Galicia y en Portugal, y a la necesidad de optimizar la gestión de los recursos hídricos. A lo largo del ciclo vegetativo se realizó el seguimiento de 6 plantas, 3 bajo la modalidad de riego del productor (100%), basado en las prácticas habituales del agricultor, y las otras 3 bajo un riego deficitario forzado para el estudio (80%), ambos tratamientos con sistema de riego localizado, que totalizaron 2310 m³/ha y 1848 m³/ha, respetivamente. Se registraron y analizaron los siguientes parámetros: clima, suelo, fenología, contenido de agua en el suelo, productividad y calidad.

Los resultados obtenidos mostraron que la dosis de agua de riego influyó significativamente sobre el contenido de agua en el suelo, siendo el tratamiento del 100% que mostró los valores mayores. Sin embargo, la dosis de riego no influyó significativamente en parámetros como la productividad con una relación MS/PF (80% = 0,228 y 100% = 0,226), y el peso fresco total de conos florales por planta (80% = 3,473 kg y 100% = 3,563 kg) y con la calidad, como el contenido de alfa-ácidos (80% = 13,50 y 100% = 13,40) y de beta-ácidos (80% = 4,30 y 100% = 4,37). Este aspecto sugiere que las plantas sometidas a riego deficitario no estuvieron sometidas al ligero stress hídrico pretendido, indicando que el riego aplicado por el agricultor es superior a las necesidades hídricas del Lúpulo, teniendo en cuenta los factores de producción del año 2018. Por todo lo expuesto, este trabajo permite al productor optimizar los recursos hídricos y económicos. En términos científicos, permite una mejor planificación del riego en futuros ensayos experimentales.

Palabras-clave: *Humulus lupulus* L., agua, riego deficitario, productividad, calidad de la producción.

Abstract

This work is focused on the effect of deficit irrigation on hop (*Humulus lupulus* L.) production. It was carried out in Mabegondo, Corunha, and it appears in response to a growing importance of hop production in Galicia and in Portugal and by the necessity of optimizing the use of water. This study focused on the influence of irrigation on productivity and quality of production of hop cones. During the growing cycle, 6 plants were followed, 3 under the irrigation chosen by the producer (100%) that is the regular practice in the region and 3 under a deficit irrigation (80%) created for this work, both integrated on a drip irrigation system, resulting in 2310 m³/ha and 1848 m³/ha, respectively. The following indicators were observed and registered: climate data, soil characteristics, phenology, soil water content, productivity and quality.

The results obtained showed that the total amount of water from the two different irrigation treatments influenced significantly the soil water content, with higher values achieved at the 100% irrigation. However different irrigation treatments didn't result on significant differences on productivity, like ratio DM/FW (80% = 0,228 and 100% = 0,226) and total hop cone fresh weight per plant (80% = 3,473 kg and 100% = 3,563 kg) and quality, namely alpha-acids (80% = 13,50 and 100% = 13,40) and beta-acids (80% = 4,30 and 100% = 4,37). This fact indicates that plants under the 80% irrigation weren't under a deficit irrigation, so the irrigation applied by the producer is much higher than plant needed for the year 2018. So on, this work will give the opportunity for the producer to optimize the irrigation on the field and save water and money. In scientific terms, it will allow a better planning of irrigation on future experimental works.

Key words: *Humulus lupulus* L., water, deficit irrigation, productivity, quality of production.

Índice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | <i>O lúpulo</i> | 1 |
| 1.2 | <i>A rega</i> | 1 |
| 2 | Objectivos | 2 |
| 3 | Revisão bibliográfica | 3 |
| 3.1 | <i>Planta do lúpulo</i> | 3 |
| 3.1.1 | <i>Variedade Nugget</i> | 5 |
| 3.2 | <i>Exigências edafoclimáticas</i> | 7 |
| 3.3 | <i>Condições de cultivo</i> | 8 |
| 3.4 | <i>Alguns aspetos do sistema de produção</i> | 9 |
| 3.4.1 | <i>Sistema de condução</i> | 9 |
| 3.4.2 | <i>Poda</i> | 10 |
| 3.4.3 | <i>Tutoragem</i> | 10 |
| 3.4.4 | <i>Fertilização</i> | 11 |
| 3.4.5 | <i>Proteção</i> | 11 |
| 3.4.6 | <i>Colheita e secagem</i> | 12 |
| 3.5 | <i>Rega</i> | 13 |
| 3.6 | <i>Evapotranspiração</i> | 15 |
| 3.7 | <i>Produtividade</i> | 16 |
| 3.8 | <i>Qualidade da produção</i> | 17 |
| 3.9 | <i>Balanço Económico</i> | 18 |
| 4 | Material e métodos | 20 |
| 4.1 | <i>Material</i> | 20 |
| 4.1.1 | <i>Descrição do local</i> | 20 |
| 4.1.2 | <i>Caracterização do clima</i> | 22 |
| 4.1.3 | <i>Caracterização do solo</i> | 24 |
| 4.2 | <i>Metodologia</i> | 25 |
| 4.2.1 | <i>Geral</i> | 25 |
| 4.2.2 | <i>Caracterização fenológica - BBCH</i> | 26 |
| 4.2.3 | <i>Teor de água no solo - TDR</i> | 26 |
| 4.2.4 | <i>Evapotranspiração Cultural</i> | 27 |
| 4.2.5 | <i>Produtividade</i> | 28 |
| 4.2.6 | <i>Tratamento de dados</i> | 28 |
| 5 | Resultados | 29 |
| 5.1 | <i>Dados climáticos do ano de 2018</i> | 29 |
| 5.1.1 | <i>Temperatura</i> | 29 |
| 5.1.2 | <i>Horas de céu descoberto</i> | 30 |
| 5.1.3 | <i>Precipitação</i> | 31 |
| 5.2 | <i>Operações culturais</i> | 32 |
| 5.3 | <i>Fenologia</i> | 33 |
| 5.4 | <i>Teor de água no solo</i> | 34 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.5 | <i>Evapotranspiração</i> | 37 |
| 5.6 | <i>Produtividade</i> | 38 |
| 5.7 | <i>Qualidade da produção</i> | 39 |
| 6 | Discussão | 40 |
| 7 | Conclusão | 45 |
| 8 | Referências bibliográficas | 46 |
| 9 | Anexos | 50 |

Índice de Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Os cinco maiores produtores de lúpulo do mundo..... | 4 |
| Quadro 2. Características químicas padrão da variedade Nugget. | 7 |
| Quadro 3. Extração de nutrientes pela planta do lúpulo..... | 8 |
| Quadro 4. Características de sistemas de rega gota-a-gota utilizados em sistemas de produção de lúpulo. | 14 |
| Quadro 5. Estimativa de custos de instalação da cultura em monoplano vertical em dois países distintos. | 18 |
| Quadro 6. Estimativa de custos, receitas e respetivos rendimentos anuais da cultura em dois países distintos..... | 19 |
| Quadro 7. Coeficientes culturais e respetivo estado fenológico aplicável..... | 27 |
| Quadro 8. Operações culturais efetuadas ao longo do ciclo na parcela em estudo. ... | 32 |
| Quadro 9. Volume diário e total de água utilizado por hectare em cada uma das modalidades de rega. | 35 |
| Quadro 10. Análise de variância de dados do teor de água no solo (hum) com as datas e as modalidades de rega..... | 36 |
| Quadro 11. Valores médios do teor de água no solo para cada uma das modalidades de rega. | 36 |
| Quadro 12. Valores médios do teor de água no solo ordenados de forma decrescente por data de registo..... | 36 |
| Quadro 13. Resultados médios por modalidade de rega de vários indicadores da produtividade..... | 38 |
| Quadro 14. Análise de variância de dados do rácio (matéria seca/peso fresco) e as modalidades de rega. | 38 |
| Quadro 15. Análise de variância de dados do peso fresco total de cones florais por planta e as modalidades de rega..... | 38 |
| Quadro 16. Resultados qualitativos das amostras recolhidas. | 39 |
| Quadro 17. Análise de variância de dados do teor de alfa-ácidos por planta e as modalidades de rega. | 39 |
| Quadro 18. Análise de variância de dados do teor de beta-ácidos por planta e as modalidades de rega. | 39 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Folha da variedade Nugget. Fotografia obtida no dia 22 de maio em Borreiros, Mabegondo..... | 6 |
| Figura 2. Cone floral da variedade Nugget. Fotografia obtida no dia 3 de setembro em Borreiros, Mabegondo. | 6 |
| Figura 3. Parcela em estudo. | 21 |
| Figura 4. Temperatura mínima, média e máxima mensal em Mabegondo, medida a 1,5m de altura. O gráfico constitui a média de 18 anos de dados (2000-2017)..... | 22 |
| Figura 5. Horas de céu descoberto diárias médias por mês. O gráfico constitui a média de 11 anos de dados (2007-2017). | 23 |
| Figura 6. Precipitação mensal em Mabegondo. O gráfico constitui a média de 18 anos de dados (2000-2017)..... | 24 |
| Figura 7. Zona da raiz como reservatório. Fonte: Understanding AquaCrop - Training Handbook, FAO (2015)..... | 27 |
| Figura 8. Temperatura mínima, média e máxima mensal em Mabegondo no ano de 2018, medida a 1,5 m de altura. | 29 |
| Figura 9. Fotoperíodo diário médio por mês em Mabegondo, no ano de 2018..... | 30 |
| Figura 10. Precipitação mensal em Mabegondo, no ano de 2018..... | 31 |
| Figura 11. Estádios fenológicos observados ao longo do ciclo e estádios chave. | 33 |
| Figura 12. Linhas das plantas em estudo. Compilação de duas fotografias: à esquerda, linhas 11 e 12 (100%) e à direita, linhas 22 e 23 (80%). | 34 |
| Figura 13. Teor de água no solo. As medições TDR estão acompanhadas do respetivo desvio padrão. | 35 |
| Figura 14. Água necessária e fornecida à planta na modalidade a 80%. | 37 |
| Figura 15. Água necessária e fornecida à planta na modalidade a 100%. | 37 |

Abreviaturas

ANOVA – Análise de Variância

BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie

CC – Capacidade de Campo

CE – Coeficiente de Emurchecimento

CIAM – Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Food and Agriculture Organization

HR – Humidade Relativa

IHGC – International Hop Growers Convention

LUTEGA – Lúpulo Tecnologia de Galícia

MS/PF – Matéria Seca/ Peso Fresco

ONU – Organização das Nações Unidas

RFU – Reserva Facilmente Utilizável

RU – Reserva Utilizável

SC – Sistema de Condução

TDR – Time Domain Reflectometry

1 Introdução

1.1 O lúpulo

A conjuntura do mercado cervejeiro nacional e internacional tem evoluído nos últimos anos, ditando alterações ao longo de toda a cadeia de valor, desde a produção até à comercialização. Nesta cadeia de valor está inserido todo o setor do lúpulo. O mercado tem crescido, com o aparecimento das cervejarias artesanais que oferecem uma diversificação do produto direcionado a um novo segmento de consumidores interessados em cervejas com características organoléticas especiais, que exigem ingredientes diferenciados e de qualidade superior. Alguns exemplos destes produtos são a procura de lúpulo cultivado localmente ou pelo menos no país em que a cerveja é produzida e a produção em regime biológico (Turner et al., 2011). O objetivo é retirar proveito das diferenças encontradas em variedades de lúpulo produzido em diferentes regiões globais que confirma a importância essencial do fator *terroir* (Barry et al., 2017) e capitalizar em marketing inerente ao produto.

Desta forma, com as alterações sentidas no mercado cervejeiro, o panorama da cultura do lúpulo prevê alterações a curto e médio prazo que lhe conferem uma nova relevância, justificando a importância do seu estudo. A cultura do lúpulo tem historial de exploração em Portugal, especialmente nas regiões de Braga e Bragança pois são as que melhor satisfazem as suas exigências edafoclimáticas. A década de 1970 é caracterizada pelo período em que os produtores satisfaziam a totalidade da indústria nacional, isto é, o auge da cultura em Portugal que em 1976 totalizava uma área de 205,8 ha. No entanto, com a liberalização do mercado, a reduzida dimensão do mercado e a falta de capacidade para influenciar os preços, a cultura foi decrescendo e atualmente regista uma área de 12 hectares (Barbosa, 2015). No futuro, prevê-se uma evolução do mercado do lúpulo em linha com a do mercado cervejeiro.

1.2 A rega

A rega é a operação cultural em foco neste trabalho, mais especificamente, a prática da rega deficitária. Desenvolvido com o objetivo de otimizar a rega, o presente trabalho tem por base a exposição da planta a um ligeiro stress hídrico que permite uma redução dos recursos hídricos utilizados, sem comprometer excessivamente a produção ou a qualidade da mesma. A melhoria da eficiência deste fator de produção é imperativa pois a cultura possui elevadas exigências hídricas e a competição pelos recursos tem aumentado significativamente (Nakawuka et al, 2017). No mesmo sentido, estatísticas da ONU apontam que aproximadamente 70% da água retirada de rios, lagos e aquíferos destina-se à rega agrícola.

2 Objectivos

Procurando otimizar a rega na cultura do lúpulo nas condições da Galiza, os objectivos parcelares deste trabalho compreendem:

- Estudar o desenvolvimento fenológico da planta e a variação do teor de água no solo ao longo do ciclo;
- Analisar e comparar os métodos de gestão da rega praticados;
- Verificar o impacto que a rega e a rega deficitária têm na produtividade e qualidade da produção da planta.

3 Revisão bibliográfica

3.1 Planta do lúpulo

Atualmente, o lúpulo é cultivado em 4 continentes e os seus cones florais têm como destino ser parte integrante no processo de produção de cerveja. No entanto, nem sempre assim o foi. No passado, desta planta eram utilizadas diversas partes e para os mais variados fins: planta medicinal, incorporada em medicamentos recomendados para insónias e ansiedade; rebentos jovens comestíveis; caules desenvolvidos utilizados no fabrico de pasta de papel e na indústria têxtil (Sirrinc et al., 2010, Rodrigues et al., 2015). As referências históricas sugerem que o cultivo de lúpulo para uso no fabrico de cerveja ronda o século X na Alemanha, no entanto, estima-se que já fosse utilizado para o mesmo efeito no Cáucaso desde os tempos pré-históricos (Rybacek, 1991). Segundo a British Hop Association, a introdução do lúpulo veio alterar completamente o conceito da própria bebida. Inicialmente produzida sem a adição de qualquer conservante natural era uma bebida mais doce e de reduzida durabilidade, num período intermédio era-lhe adicionado *gruit*, um conjunto de ervas aromáticas adicionadas a gosto e por último e de forma definitiva, o lúpulo, que fornecia a cerveja de melhores características organoléticas e um maior poder de conservação. Esta situação mantém-se até aos dias de hoje e que foi reforçada no ano de 1516 pela mundialmente conhecida Lei da Pureza introduzida pelo Duque Wilhelm IV (German Brewers' Association, 2018), que apenas permitia o uso de 3 ingredientes na confeção de cerveja: água, malte e lúpulo. Esta lei foi mais tarde atualizada e adicionada a levedura. Nos últimos anos, a produção de lúpulo beneficia de um novo impulso resultado, como tantas vezes ao longo da história, de alterações do mercado cervejeiro, isto é, existe uma procura crescente de lúpulo especialmente por parte de uma nova tendência marcada pelas cervejas artesanais que pretendem entregar ao consumidor um produto especial, mais trabalhado e com mais identidade (Turner et al., 2011).

O lúpulo é uma planta pertencente à família *Cannabaceae* e o género, *Humulus*, apresenta taxonomicamente três espécies: *H. japonicus*, *H. yunnaneusis* e *H. lupulus*. A última, *Humulus lupulus* L. é a única utilizada para produção com fins comerciais (Sirrinc et al., 2010) e inclui cinco variedades: *lupulus*, *cordifolius*, *lupuloides*, *neomexicanus* e *pubescens*. A planta alvo de estudo no presente trabalho corresponde à espécie *Humulus lupulus*, variedade *lupulus*. Caracterizada como herbácea trepadora capaz de atingir uma altura de 7 metros e uma idade económica de cultivo entre os 12 e os 15 anos (Marcos et al., 2011) ou 20 anos (Pavlovic, 2014), possui uma parte subterrânea perene, constituída por um rizoma lenhoso e raízes adventícias,

responsável por anualmente produzir novos ramos e raízes. Outra característica da planta é ser uma espécie dioica, na qual apenas as flores das plantas femininas não polinizadas interessam para a produção agrícola. Mais especificamente, são aproveitados os compostos químicos existentes na flor, tais como: alfa e beta ácidos e óleos essenciais. A quantidade destes compostos varia consoante a cultivar, a região, condições de cultivo e as técnicas de produção (Pavlovic, 2012). O destino mais importante e que representa 98% da produção de lúpulo é a indústria cervejeira, onde este é utilizado como conservante natural. A produção mundial de lúpulo é dominada por dois países: a Alemanha e os Estados Unidos da América, seguidos de Etiópia, China e República Checa, segundo os dados da FAO referentes a 2013 e apresentada no quadro 1 (Rodrigues et al., 2015).

Quadro 1. Os cinco maiores produtores de lúpulo do mundo.

| País | Produção de Lúpulo (t) |
|---------------------------|------------------------|
| Estados Unidos da América | 27 782 |
| Alemanha | 27 533 |
| Etiópia | 21 600 |
| China | 11 300 |
| República Checa | 5 330 |

A Espanha ocupa o sétimo posto de entre os maiores produtores de lúpulo da Europa. Internamente, esta produção é liderada pela província de Leão. A produção na Galiza, após uma interrupção desde 1982, regressa em 2004 fruto de um acordo de colaboração firmado entre a Empresa Hijos de Riviera S.A. e o CIAM com o objetivo de produzir lúpulo localmente para uma edição centenária da Cerveja Estrella Galicia (2006) e recordar o cultivo de lúpulo na região. Através dos últimos dados publicados, a parceria mantém-se e totaliza uma área de 6,5 ha: 2,5 ha do CIAM e 4 ha de produtores da LUTEGA (Marcos et al., 2011).

3.1.1 Variedade Nugget

Segundo a International Hop Growers Convention (IHGC), em 2016, existiam cerca de 246 variedades de lúpulo cultivadas em 20 países. Esta organização tem como objectivo o zelo pelos interesses dos produtores e comerciantes de lúpulo, através da intervenção nas componentes técnica e económica do sector (IHGC, 2018). A diversidade varietal é abundante, mas a sua compreensão é facilitada através do uso de um sistema de classificação e organização das variedades em: amargor, aroma e aptidão mista, isto é, ambas as anteriores (Morais, 2015). Este sistema baseia-se no contributo que o lúpulo fornece à cerveja e é medido analiticamente através das componentes químicas resultantes da análise da lupulina existente nos cones florais no final do ciclo. Isto é, para ser designada variedade de amargor, esta apresenta quimicamente um elevado teor de alfa ácidos, este teor varia consoante os autores entre 8-10% (Dodds, 2011) e 12-17% (Morais, 2015), são exemplos no mercado as variedades Herkules e Columbus. Por sua vez, uma variedade aromática é pouco rica em alfa-ácidos, o que resulta numa maior relevância dos óleos essenciais, que contribuem para o aroma da cerveja, como por exemplo as variedades Cascade e Saaz. As variedades de aptidão mista situam-se numa posição intermédia da escala pois, fornecem à cerveja características moderadas de amargor e de aroma, tais como a variedade Nugget e Centennial (IHGC, 2018).

A variedade Nugget foi colocada no mercado em 1982 e a sua origem provém do cruzamento entre a variedade “Brewers Gold” e um progenitor masculino com elevado teor de alfa-ácidos e boas características de conservação. Atualmente, é a única variedade produzida em Portugal (12 ha) (Rodrigues et al., 2015) e a mais produzida em Espanha (510 ha) (Marcos et al., 2011), que corresponde 97% da área de cultivo de lúpulo, mas o maior produtor mundial são os Estados Unidos da América (671 ha) (Hopsteiner, 2014). Com níveis de produção entre as 1,9 e 2,5 toneladas por hectare (Hopsteiner, 2018), distingue-se pelo seu vigor, robustez e resistência moderada ao míldio e ao oídio. Apresenta cones compactos com formato oval e maturação tardia. Devido ao seu contributo para as características da cerveja, é considerada de aptidão mista pois apresenta um elevado teor de alfa-ácidos e simultaneamente possui uma forte componente aromática (Morais, 2015), como frutado, herbáceo, picante e resinoso. Este facto justifica a sua versatilidade e assim, a sua presença em vários tipos de cerveja, como as Indian Pale Ales que são caracterizadas pela forte componente aromática ou as Stouts, as cervejas pretas.



Figura 1. Folha da variedade Nugget. Fotografia obtida no dia 22 de maio em Borreiros, Mabegondo.



Figura 2. Cone floral da variedade Nugget. Fotografia obtida no dia 3 de setembro em Borreiros, Mabegondo.

Quadro 2. Características químicas padrão da variedade Nugget.

Fonte: Hopsteiner, 2018.

| Características Químicas | Valores (% do peso seco) |
|--------------------------|--------------------------|
| Alfa-ácidos | 11-14 % |
| Beta-ácidos | 4-6 % |
| Polifenóis totais | 3-4 % |
| Óleos essenciais | 1.5-3 ml/100g |

3.2 Exigências edafoclimáticas

As condições ideais para o cultivo são encontradas entre o intervalo de latitudes 35° e 55° Norte e Sul, mas, 95% da produção mundial encontra-se no hemisfério norte. Estes valores compreendem em si as duas maiores regiões de produção: Hallertau, Alemanha (48° N) e Yakima, EUA (46° N) (Pavlovic, 2014). A necessidade da planta por um período de vernalização, isto é, a exposição a um período de frio adequado é consensual entre produtores e estima-se que o intervalo de temperaturas ótimo é entre 4,4-6°C e o período cumulativo mínimo entre 30-60 dias para que seja assegurado um desenvolvimento vegetativo vigoroso e uniforme no ciclo seguinte (Dodds, 2017). A temperatura média anual ótima, para a maioria das variedades, encontra-se entre os 8 e 10°C, sendo 32°C o máximo que a planta resiste, a partir do qual apresenta senescência de folhas e danos irreversíveis nos tecidos. Para completar o ciclo, a soma das temperaturas máximas diárias deve estar entre os 2500 e os 3000°C. Por sua vez, a luz é especialmente limitante na componente do fotoperíodo, pois o crescimento da planta estende-se apenas até ao solstício de verão, final de junho, sendo que a partir da referida data esta estagna independentemente se a planta atingiu o topo do sistema de condução ou não (Marcos et al., 2011). Estima-se que o fotoperíodo ótimo esteja entre 1800 e 2000 horas de luz por ano, sendo que 1300-1500 horas correspondem ao período de desenvolvimento vegetativo (FAO, 2007), o que resulta numa média de 7,6 horas por dia. Relativamente ao solo, o lúpulo adapta-se melhor a solos franco-arenosos profundos que permitam uma boa drenagem e o desenvolvimento e expansão das raízes pois estas devem ser capazes de se desenvolver o suficiente para sustentar fisicamente a elevada densidade do coberto. O valor ideal de pH do solo varia com a fonte consultada, autores sugerem que solos ligeiramente ácidos ou neutros, com valores entre 6,0 e 6,5 são preferenciais (Darby, 2011, Marcos et al., 2011) outros apoiam que este intervalo é mais extenso entre 5,7 e 7,5 (Sirrinc, 2010).

3.3 Condições de cultivo

A orientação da parcela é idealmente norte-sul e o manejo da área circundante à mesma deve ser feito de forma a não ocorrer ensombramento das plantas. Na maioria das zonas de produção do mundo, para garantir um bom crescimento vegetativo e uma boa produtividade, a rega é uma prática fundamental (Dodds, 2017). A quantidade de água de irrigação varia consoante o clima do ano e a região em questão, segundo vários autores estima-se que ronde os 1200 m³/ha (Sirriner et al., 2010) e os 2500 m³/ha (Marcos et al., 2011) quando a rega é efetuada gota-gota e 5000 m³/ha quando a mesma é efetuada através de sulcos (Carrilho, 1981). A fertilização baseia-se nos níveis de extração de nutrientes pela planta e nos teores dos mesmos no solo. A bibliografia consultada varia em termos de localização geográfica, tipos de solo e variedades produzidas, o que determina necessidades nutricionais distintas

Quadro 3. Extração de nutrientes pela planta do lúpulo.

| Extração em kg/ha | | | |
|-------------------|----------------------|-----------------|------------------------|
| Fonte | Marcos et al., 2011. | Dodds, 2017. | Sirriner et al., 2010. |
| País | Espanha | Austrália | EUA |
| Ciclo | Março - Setembro | Agosto - Março | Março - Setembro |
| Densidade | 2211 plantas/ha | 2778 plantas/ha | 2470 plantas/ha |
| N | - | 120-170 | 112 |
| K | 76-87 | 90-170 | 90-168 |
| P | 11-13 | 20 | 22-34 |

As diferenças quantitativas verificadas nas várias fontes do quadro 3 prendem-se com a variabilidade de condições edafoclimáticas e sistemas de produção analisados. No livro de Marcos et al. (2011), a informação é proveniente de Espanha e direcionada para a variedade Nugget com produtividades na ordem dos 2200 kg/ha e densidade de plantação de 2211 plantas/ha. Outra fonte, como Dodds (2017), trabalha essencialmente com dados referentes à Austrália e variedades autóctones como a Galaxy ou Pandora que não possuem resultados fora da região de origem e o que torna difícil ter um termo de comparação internacional. Sirriner et al. (2010), proveniente dos EUA, um dos maiores produtores mundiais, onde se verificam das condições edafoclimáticas mais adequadas à produção e se utilizam densidades de plantação superiores, a rondar as 2470 plantas/ha, que necessitam consequentemente de maiores fertilizações.

3.4 Alguns aspetos do sistema de produção

O sistema de produção do lúpulo é bastante específico visto que, a planta é anual acima da superfície e perene abaixo (Dodds, 2017). Isto implica uma gestão exigente com o foco na produtividade em cada ciclo cultural e que, simultaneamente, garanta a longevidade da planta. De seguida, serão expostos e explicados de forma breve alguns aspetos relativos ao sistema de produção, sendo a rega explicada separadamente noutra subcapítulo e de forma mais detalhada, uma vez que se trata do tema principal do trabalho.

3.4.1 Sistema de condução

O sistema de condução é permanente e usualmente é instalado antes da plantação da cultura, contudo, pode ser apenas instalado no segundo ano (Marcos et al, 2011). Como já foi referido anteriormente, a planta apresenta elevadas dimensões, que são potenciadas por um complexo sistema de condução. Os sistemas variam na altura e número de postes, número de cabos, no espaçamento da entrelinha e da distância das plantas na linha, dependendo da localização da parcela, da variedade e do método de colheita (Dodds, 2017). A informação proveniente de fontes oriundas de várias partes do mundo introduz uma grande diversidade de opções. A componente do espaçamento, por exemplo, apresenta valores entre 2,4 e 3,2 metros entre linhas e de 1,1 e 1,7 metros na linha (Pavlovic, 2014) ou o número de postes por hectare que varia entre 200 (Marcos et al., 2011) e 138 (George, 1999). Os sistemas de condução mais utilizados são: o sistema em V e o de 'alambrada'. O primeiro consiste num duplo plano de vegetação por linha, em forma de V, que apresenta vantagens devido à exposição à luz e arejamento da canópia; este sistema requer, no entanto, maiores exigências operacionais como a manutenção da canópia e o trânsito de máquinas. O segundo consiste na orientação das plantas verticalmente e em linha, isto é, num único plano de vegetação, que promove o gravimorfismo, delimitado pelos cabos superior e inferior. Apresenta menores custos de instalação do que o primeiro. Ambos os sistemas são utilizados mundialmente com resultados semelhantes, pois o indicador mais decisivo para a produtividade é o número de sarmentos que se coloca a trepar por unidade de área (Rybacek., 1991) que deve rondar os 1,3 e é alcançável com ambos os sistemas de condução.

O conjunto de operações culturais a efetuar num ciclo de produção concentra-se essencialmente de março a setembro, com exceção dos produtores que praticam o cultivo de rábano ou nabo na entrelinha durante o inverno para incorporação no solo.

3.4.2 Poda

Usualmente, a primeira operação calendarizada no fim de março ou início de abril é a poda. Esta ocorre quando brotam e emergem do solo os primeiros sarmentos e tem como objectivos principais: eliminar o restolho vegetativo do ciclo anterior (George, 1999), cortar qualquer rebento do ano que se tenha antecipado aos restantes, de forma a atrasar a cultura para que esta não seja afetada por temperaturas demasiado baixas e, por fim, para homogeneizar o seu crescimento (Marcos et al., 2011). Existem, atualmente, duas práticas: a poda manual e a mecânica. A poda manual exige que os operadores escavem o solo, encontrem o rizoma e que promovam o número de lançamentos pretendidos, o que constitui um trabalho meticuloso (Rodrigues et al., 2015). Por sua vez, a prática da poda mecânica tem evoluído e é uma constante por parte dos produtores, pois permite economizar tempo e dinheiro. Efetuada rente ao solo, poupa apenas a estrutura radicular perene e permite através de uma máquina acoplada a um trator cortar qualquer lançamento existente acima do solo e assim cumprir os objectivos pretendidos. Em regra, da operação cultural da poda resultam mais cones florais de melhor qualidade (Pavlovic, 2014).

3.4.3 Tutoragem

De seguida, e já após a emergência da planta, esta necessita de ser tutorada ao longo do sistema de condução de forma a potenciar a sua dominância apical e crescimento vegetativo, o que resultará na maximização da colheita (Sirrinc, 2010). Esta operação consiste na colocação de cabos ou fios verticais, entre o cabo que se encontra junto ao solo e o que se encontra no topo dos postes, no seguimento dos locais onde existem rebentos. O tipo de material mais indicado para esta utilização é tema de discussão para produtores internacionais que procuram um material resistente, durável e simultaneamente biodegradável (Dodds, 2017). Posteriormente, cada planta necessita de ser guiada até esses cabos ou fios, normalmente 2 por planta, que servirão de tutores a 6 sarmentos. Prevêem-se melhorias futuras nesta operação através do uso de tecnologias, com a previsível mecanização da tutorização das plantas que já apresenta protótipos de máquinas agrícolas que realizam a tarefa com uma média de tempo de 11,2 segundos por fio e eficiências de 97% (He et al, 2016).

3.4.4 Fertilização

As necessidades nutritivas da planta, já mencionadas anteriormente, são colmatadas através da fertilização e dependem, não só das condições climáticas e do solo, mas também do método de aplicação e dos fertilizantes utilizados. Existem dois momentos chave para a sua aplicação: no fim do repouso vegetativo (após a poda) de adubos sólidos e a partir do meio da primavera até ao período de pré-colheita para adubos líquidos ou solúveis (Dodds, 2017). O azoto (N) é o elemento essencial para o desenvolvimento vegetativo da planta, ramos e folhas, o que constitui grande parte da biomassa. Na parte final do ciclo, a produção de fotoassimilados pelos órgãos vegetativos é que permite o desenvolvimento da fase reprodutiva com a formação e crescimento dos cones florais. Deficiências de N resultam no amarelecimento das folhas e na redução da taxa de crescimento da planta. O potássio (K) é importante para um desenvolvimento saudável das folhas, crescimento dos ramos, relação de água na planta e formação dos cones. O seu défice conduz a um escurecimento da margem das folhas e a um fraco crescimento (Dodds, 2017). O fósforo (P) é o nutriente que menos contribui para a produção final de biomassa, sendo que a quantidade presente no solo é, normalmente, suficiente para satisfazer a planta e todos os seus processos celulares.

3.4.5 Protecção

Em termos fitossanitários, é consensual que as doenças que geram mais problemas são o míldio, *Pseudoperonospora humuli* e o oídio, *Podosphaera macularis*. São doenças originadas por pseudo-fungo e fungo, respetivamente, que se desenvolvem em condições de elevadas temperaturas, 15-18°C para o míldio e superiores a 22°C para o oídio, e elevados valores de humidade relativa (Marcos et al., 2011). Ambas afetam directamente a produção, com perdas em termos quantitativos e qualitativos. O oídio foi responsável pelo desaparecimento da produção de lúpulo em Nova Iorque, no início deste século (George, 1999). Outros problemas, nomeadamente com pragas, também são recorrentes, em especial o aranhaço, *Tetranychus urticae* Kock, que se desenvolve favoravelmente em condições de elevadas temperaturas e ar seco. O aranhaço perfura as folhas, com resultado na morte celular e enfraquecimento da planta e ataca os cones danificados que ficam avermelhados e desta forma, com baixa qualidade para os cervejeiros. Outra praga de relevo, é o afídeo do lúpulo, *Phorodon humuli*, que se alimenta do floema da planta e dos cones florais e que requer maior atenção a partir do período da floração (George, 1999). As infestantes constituem um problema que, usualmente, exige um controlo mecânico nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta e posteriormente sucessivas aplicações de herbicidas. É um

fator sobre a qual se tem investigado de modo a permitir uma melhor gestão do controlo de infestantes. Uma das maiores dificuldades dos produtores devido à reduzida margem de atuação na linha e à fragilidade das plantas de lúpulo. Estudos recentes sugerem que a melhor abordagem decorre de um modo de ação misto com mobilização do solo durante a primavera e utilização de *mulching* no verão. Uma sugestão complementar é a introdução de espécies perenes no solo como a *Solidago* spp. (Delahunty et al., 2015).

3.4.6 Colheita e secagem

Por último, a colheita e posterior transformação constituem as operações finais. O período de maturação é uma característica intrínseca a cada variedade e influenciado pela gestão efetuada pelo produtor. O momento ideal de colheita depende da humidade do cone, clima e fatores fitossanitários (Sirrine et al., 2010) e deve corresponder ao momento em que as quantidades de óleos essenciais e alfa- e beta-ácidos são maximizadas no cone floral. A colheita é uma operação mecanizada e é dividida em três processos: colheita da planta no campo, transporte da planta para a máquina colhedora de flores que é estacionária e, por último, colheita dos cones florais através da máquina. O primeiro processo utiliza máquinas com mecanismos de corte ao nível do solo e no topo da estrutura que cortam a planta e possibilitam a retirada da parte aérea da planta na sua totalidade. De seguida, são transportadas para a estação onde está localizada a máquina colhedora de flores, na qual a biomassa será tratada, isto é, as folhas e flores são separadas dos ramos, sendo que são separadas entre si com base na forma e densidade (Rodrigues et al., 2015). As folhas seguem para uma série de processos de limpeza e são excluídas, assim como quaisquer outros resíduos, o que resulta na saída da máquina apenas dos cones florais. Por fim, com o objectivo de aumentar a durabilidade do produto e facilitar a sua posterior transformação, é executada uma redução do teor de humidade dos cones florais de valores de 77-80% para 9-11% (Pavlovic, 2014). O processo de secagem ocorre em fornos ou salas de secagem, nos quais a temperatura não deve exceder os 60-65 °C, com o risco de evaporação dos óleos essenciais e desintegração das componentes responsáveis pelo amargor. De seguida, os cones florais podem ser comercializados ao natural ou peletizados.

3.5 Rega

Mais detalhadamente, abordar-se-á a operação cultural da rega. A rega é uma prática obrigatória na maioria das áreas de produção de lúpulo do mundo, entre elas Portugal e Espanha, e as necessidades hídricas da planta são elevadas assim como a competição pelo recurso, daí a relevância do seu estudo. Ao longo do ciclo, existem dois períodos críticos de necessidade de água: no início do ciclo, desde o princípio da primavera, fim de março e até ao meio de abril, para garantir um solo bem abastecido de água para que ocorra uma boa percentagem de emergência de plantas vigorosas; e no período antes e durante a floração, desde início de julho até agosto, para que esta não seja condicionada e se obtenham bons valores produtivos e qualitativos (De Keuleleire et al, 2007). No total a água necessária para a rega pode variar entre os 1200 m³/ha e os 5000 m³/ha. Segundo a Washington State University Cooperative Extension, 75-80% da água aplicada na irrigação ocorre a partir de meio de junho e com dotações mais elevadas entre o fim de julho e o início de agosto. Esta informação é apoiada por um estudo que define que o período em que a disponibilidade de água mais contribui para o teor de alfa ácidos final é entre 18 de junho e 22 de julho, com o término deste período a corresponder à floração completa (Pavlovic et al., 2013). A ausência desta operação terá consequências negativas na produtividade da planta e no teor de alfa-ácidos dos cones florais; um estudo levado a cabo na Eslováquia provou que estas podem ser na ordem dos 21% e 7%, respetivamente (Svoboda et al., 2008).

A tecnologia utilizada na rega do lúpulo alterou-se com os anos, tal como em muitas outras culturas, e a evolução deu-se de um sistema de rega por sulcos para um sistema de rega gota-a-gota ou por aspersão. Apesar de ainda ser possível encontrar rega por sulcos, nomeadamente em alguns estados nos EUA, a rega gota-a-gota é o método que domina o sistema de produção do lúpulo, por ser considerado o mais eficiente (Wright and Cone, 1999) e por se estimar que reduz a necessidade de água em metade (Rodrigues et al., 2015). Em comparação do mesmo com a rega por sulcos, apresenta-se com maiores níveis de produtividade da água (Kumar, 2011, Ibragimov et al., 2007) isto é, kg de MS de cones florais/m³ de evapotranspiração da planta, devido a uma rega mais localizada e a uma redução das perdas, menores necessidades hídricas, menor risco de erosão e maior facilidade de trânsito de veículos. Quando comparada com a rega por aspersão, a diferença consiste essencialmente, numa capacidade de não aumentar em excesso a humidade relativa do ar (HR), o que tem consequências fitossanitárias negativas pois cria o ambiente ideal para o desenvolvimento dos agentes causadores de míldio e oídio, respetivamente (Turner et al., 2011). A rega gota-a-gota apresenta variabilidade intrínseca ao método no que diz

respeito, por exemplo, à dotação, ao espaçamento dos gotejadores e ao método de gestão da quantidade de água aplicada. Outro fator que influencia directamente a organização da irrigação é a densidade de plantas por hectare. Todos estes irão contribuir de forma distinta para o resultado da produção, daí a necessidade do seu estudo. No quadro 4, é possível verificar a diversidade de fatores utilizados para estudos experimentais e para situações de produção para fins comerciais, o que permite a análise de sistemas de rega preteridos por investigadores e por produtores.

Quadro 4. Características de sistemas de rega gota-a-gota utilizados em sistemas de produção de lúpulo.

| Fonte | D (l/h) | E (m) | DP (plantas/ha) | G/P | GR |
|--------------------------|---------|-------|--------------------|-----|-------------------|
| Nakawuka P., et al. 2017 | 2 | 0,9 | 2200 | 2,4 | Sensores no solo |
| Sirrine J., et al. 2010 | 1,6 | 0,61 | 2200 | 3,5 | Sensores no solo |
| Fandiño M., et al. 2015 | 2 | 0,5 | 1667 | 4 | Software SinDualK |

Legenda: D - Dotação, E – Espaçamento dos gotejadores, DP - Densidade de plantação, G/P - Gotejadores por planta, GR - Gestão da rega.

Uma boa gestão da rega contribui directamente para uma maximização da produtividade da cultura, o que está comprovado pela existência de uma relação linear positiva entre a transpiração da planta e a sua produtividade (Fandiño et al., 2015). De entre a evolução e melhoria desta prática cultural, surge o conceito de rega deficitária que tem vindo a ser estudado na cultura devido às previsões que ditam a sua futura vulnerabilidade com a evolução das alterações climáticas (Mozny et al., 2009). Rega deficitária é uma prática de gestão de irrigação que consiste na programação de uma rega que não satisfaça na totalidade as necessidades em água da planta com o objetivo de provocar na planta um determinado nível de stress (FAO, 2002). Esta prática deve economizar água e ser acompanhada do mínimo de impactos negativos possíveis no rendimento e qualidade da produção. Para que seja bem executada e bem-sucedida, devem ser conhecidas as respostas da planta aos vários níveis de stress a que será sujeita e nos vários estádios de desenvolvimento. No caso do lúpulo, é de salientar a sua resistência moderada ao stress hídrico e, se instalado em solos profundos, a sua capacidade de extrair água de horizontes mais profundos, isto é, 2,4 metros ou mais. Estudos recentes apresentam as consequências desta rega ao nível da produtividade da cultura, da qualidade da mesma e da produtividade da água.

Assim, está comprovada a diminuição da produtividade mediante a aplicação de regas deficitárias, com perdas entre os 3-14% e os 19-33%, para regas deficitárias a 80% e 60% das necessidades hídricas da planta, respetivamente. Em ambos os casos, as perdas de produção foram inferiores à redução da quantidade de água utilizada. Apesar das consequências negativas na produtividade da cultura já referidas, estima-se que ocorra uma melhoria nos valores de produtividade da água, isto é, um melhor rácio entre a peso seco dos cones (kg) e a evapotranspiração da planta (m^3), com melhorias que chegam aos 44%, e uma manutenção da qualidade de produção, baseada no teor de alfa- e beta-ácidos (Nakawuka et al., 2017). Outros estudos apontam no sentido inverso, isto é, que quando as plantas estão expostas a stress hídrico que consequentemente reduz a sua fitossanidade, têm consequências negativas na produção de alfa-ácidos (De Keukeleire et al., 2007). Trabalhos similares desenvolvidos em culturas como o olival têm resultado em pequenas diminuições na produção de azeitona e no crescimento dos ramos entre a modalidade controlo, 100% rega e as modalidades deficitárias, 75% e 50% de rega. Adicionalmente, com rega deficitária observou-se uma aceleração do amadurecimento do fruto e um aumento da produção de óleo (Alegre et al., 1999).

Ainda sem um consenso técnico e analítico nesta temática, estudos futuros devem colocar as plantas de lúpulo sob um maior stress hídrico que verifique possíveis implicações de condições extremas na qualidade (Fandiño et al., 2015) para que o nível ótimo de stress seja identificado.

3.6 Evapotranspiração

O cálculo teórico da evapotranspiração de referência (ET_o), através da fórmula de Penman-Monteith (FAO, 2018) permite a obtenção de um valor deste indicador climático de acordo com o local em estudo. Para o seu cálculo são necessários os seguintes parâmetros: temperatura mínima, temperatura máxima, humidade relativa (HR), velocidade do vento e número de horas de luz. O resultado da ET_o refere-se a uma cultura fictícia, semelhante a um relvado extenso, sempre bem abastecido de água e mantido permanentemente com 12 cm de altura. Ao valor obtido pode posteriormente ser associado um ou vários coeficientes culturais (K_c) para a obtenção da evapotranspiração da cultura (ET_c). Outro coeficiente como o de sensibilidade ao stress hídrico (K_y) também é de elevado interesse para o planeamento de regas deficitárias. Neste contexto, o stress deverá ser dado quando a planta se encontra menos sensível, devendo haver conforto hídrico quando o coeficiente é maior.

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)}$$

| | |
|-------------|---|
| ET | = Transpiração (MJ m ⁻² dia ⁻¹) |
| R_n | = Radiação líquida (MJ m ⁻² dia ⁻¹) |
| G | = Densidade do fluxo de calor do solo (MJ m ⁻² dia ⁻¹) |
| λ | = Calor latente de vaporização da água (MJ Kg ⁻¹) |
| ρ | = Massa volúmica do ar |
| c_p | = Calor específico do ar (kJ kg ⁻¹ °C ⁻¹) |
| e_s | = Pressão do vapor de saturação (kPa) |
| e_a | = Pressão actual do vapor de água (kPa) |
| $e_s - e_a$ | = Defice de saturação (kPa) |
| Δ | = Declive da curva da saturação do vapor (kPa °C ⁻¹) |
| γ | = Constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹) |
| r_a | = Resistência aerodinâmica (s m ⁻¹) |
| r_c | = Resistência do copado (s m ⁻¹) |

3.7 Produtividade

A produtividade é avaliada a partir da produção de cones florais por parte das plantas femininas do lúpulo. O número potencial de cones florais produzidos por cada planta depende, teoricamente, do número de gomos terminais férteis, isto é, capazes de se transformarem em gomos florais e, posteriormente, cones florais. Para além do número, é importante o peso médio de cada cone produzido e que é influenciado pelo vigor, tamanho e compactação, do mesmo aquando do seu estado ótimo de maturação. Desta forma, o sistema de produção é direccionado para retirar o máximo aproveitamento possível do potencial produtivo de cones florais pelas plantas. Os números totais de cones florais produzidos em determinada área de plantação dependem de três fatores: número de plantas por unidade de área, número de sarmentos conduzidos por planta e número de lançamentos férteis por sarmento. Estes últimos são o resultado de uma relação entre o tamanho médio do sarmento e a intensidade da ramificação, na qual a situação ideal é um sarmento com uma ramificação de intensidade forte e com lançamentos de comprimento médio. Na prática, existem fatores internos e externos que influenciam positiva ou negativamente a densidade de cones potencial. Um exemplo interno é a idade biológica da planta que, com o seu aumento, tem uma maior tendência para a ramificação. Outro exemplo, neste caso externo, é a influência da intensidade da

luz na planta que, quando é reduzida, reduz a ramificação e em casos de ensombramento reduz directamente o número de gomos e cones florais (Rybaceck, 1991). A produtividade real de uma planta é medida com os cones florais com a humidade a 10%, o que exige um período de seca em salas de secagem, pois é o valor pretendido no cone pela indústria cervejeira.

O cálculo da produtividade por planta é efetuado através da multiplicação dos seguintes valores: peso médio do cone floral, número de cones por lançamento, número de lançamentos férteis por sarmento e número de sarmentos. Para a obtenção da mesma por hectare, deve ser tida em conta a densidade de plantação comumente utilizada na região do estudo.

3.8 Qualidade da produção

A qualidade do lúpulo, regra geral, é determinada pela contribuição do mesmo para o amargor da cerveja visto que 98% da produção se destina a esta indústria (Rodrigues et al., 2015). Desta forma, é essencial a identificação dos principais componentes químicos do lúpulo, os seus comportamentos durante o processo de produção de cerveja e a correspondente influência na qualidade final da mesma. O cone floral, órgão pretendido da planta, contém na sua constituição um pó amarelo designado por lupulina. Esta, por sua vez contém as resinas duras e as resinas suaves, o tanino lupulínico (polifenóis) e os óleos essenciais. As resinas suaves assumem o papel de maior relevância na composição química da lupulina devido ao seu contributo para o amargor. No seu grupo incluem-se os alfa-ácidos (humulonas) e os beta-ácidos (lupulonas); os primeiros, inicialmente com solubilidade limitada, através da fervura são transformados em isómeros altamente amargos e com elevada solubilidade; os segundos sofrem reações de polimerização e oxidação, resultando nos mesmos efeitos que os anteriores. A sua influência na qualidade do lúpulo é relativa, os alfa-ácidos são os principais responsáveis pelo amargor que pode ser fornecido à cerveja logo, quantitativamente mais importantes. No entanto, os beta-ácidos contribuem com um amargor mais suave e harmonioso que desempenha também um papel essencial na cerveja, qualitativamente mais importante nomeadamente em cervejas especiais (Rybacek, 1991). Outros compostos, como os taninos lupulínicos, isto é, as antocianinas e os flavenóis, que reagem ativamente com as proteínas do malte, afetam positivamente a intensidade e qualidade da fervura, estabilizando as resinas duras e ainda contribuindo para o sabor. Os óleos essenciais que se volatilizam na fervura e desaparecem na fermentação, contribuem para o aroma da cerveja. De acordo com um estudo da

Brewing Research Institute em Zurique, em 1973, aproximadamente 50% dos fabricantes de cerveja calculavam a quantidade de lúpulo a utilizar com base no valor analítico do seu amargor. Atualmente, na Europa, são as análises são efetuadas em laboratórios certificados que utilizam as normas da *European Brewery Convention 7.2* humidade em lúpulo e produtos de lúpulo e 7.7 alfa- e beta-ácidos em lúpulo e produtos de lúpulo através de cromatografia líquida de alta eficiência.

3.9 Balanço Económico

De uma forma breve, serão expostas estimativas referentes à componente económica da cultura, onde serão apresentados os custos de instalação, custos anuais e receitas anuais para 1 hectare de produção de lúpulo. Os dados provêm de dois autores: Marcos et al. (2011) referente a Espanha e Galinato et al. (2015) referente aos EUA, devem, por isso, ser tidas as em conta as características económicas intrinsecamente diferentes entre os países e que influenciam todo o balanço económico.

Quadro 5. Estimativa de custos de instalação da cultura em monopiano vertical em dois países distintos.

| | Espanha | EUA |
|--------------------|------------------|----------|
| | Custos €/hectare | |
| Preparação do solo | 380 | 1343,498 |
| Material | 1485 | 4350 |
| Material vegetal | 6334 | 6372,75 |
| Mão de obra | 2600 | 4350 |
| Total | 10799 | 16416,2 |

Quadro 6. Estimativa de custos, receitas e respetivos rendimentos anuais da cultura em dois países distintos.

| | Espanha | EUA |
|-----------------------------|------------------------------------|----------|
| | Custos Anuais (€/hectare) | |
| Fertilizantes | 813 | 1305 |
| Pesticidas | 488 | 1631,25 |
| Material de tutoragem | 210 | 978,75 |
| Combustíveis/ Electricidade | 862 | 1239,75 |
| Seguro | 300 | 424,125 |
| Mão de Obra | 230 | 5437,5 |
| Manutenção das máquinas | 1056 | 1305 |
| Arrendamento | 250 | 1798,725 |
| Total | 4209 | 14120,1 |
| | Receitas Anuais (€/hectare) | |
| Produção | 2000 | 2000 |
| Preço | 4,07 | 11,22 |
| Total | 8140 | 22440 |
| | Rendimento (€/hectare) | |
| Total | 3931 | 8319,9 |

4 Material e métodos

4.1 Material

4.1.1 Descrição do local

O trabalho experimental foi conduzido numa plantação de lúpulo em plena produção estabelecida em 2009, numa parcela em Borreiros (43°13'27.8"N 8°16'29.7" e 94m de altitude), próximo do Centro de Investigações Agrárias de Mabegondo (CIAM) na Corunha, Galiza, Espanha. A parcela tem aproximadamente 1,8 hectares e a área na qual foram selecionados os espécimes é plana e considerada a zona com mais potencial produtivo da parcela.

Na parcela em questão, são utilizadas estruturas com postes de madeira ligados entre si por cabos e fios de metal, os primeiros atingem 6 metros de altura e são distribuídos com uma proporção, em média, de 100 por hectare. Nas extremidades do terreno existem âncoras de cimento, enterradas a 1,5 m de profundidade, que permitem o suporte da cultura nos seus estádios finais de desenvolvimento. O espaçamento entre as plantas, na linha e entrelinha, é de 1,5 e 3,0, respetivamente, o que corresponde a uma densidade de aproximadamente 2222 plantas por hectare.



Figura 3. Parcela em estudo.

As linhas em estudo estão numeradas e cada ponto • corresponde a uma das plantas selecionadas. Imagem aérea de Mabegondo, Corunha, obtida através do Google Maps (2018).

4.1.2 Caracterização do clima

A parcela em estudo está localizada no noroeste espanhol. Esta região, com fronteira oceânica a norte e oeste e terrestre a sul e a este, o clima é do tipo atlântico. Segundo a classificação de Köppen–Geiger é Csb, correspondendo a um clima temperado quente com um verão quente e seco (Kottek et al., 2006). Neste âmbito, a análise mais detalhada do clima é efetuada tendo por base dados climáticos passados e provenientes de uma plataforma de recolha de dados meteorológicos regional designada “MeteoGalicia”. Assim sendo, serão analisados e abordados os seguintes parâmetros: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, horas de céu descoberto e precipitação. Os dados que a seguir se apresentam apenas contemplam os meses em que a planta está ativa, isto é, do início ao fim do ciclo de produção.

A temperatura ao longo do ciclo varia entre 4,8°C, mínima das mínimas e 23,3°C, máxima das máximas, inseridas no mês de março e agosto, respetivamente e uma média total do ciclo de 14,6°C. Característica de um clima atlântico, a sua evolução é crescente e estabiliza com uma pequena redução no final do ciclo em agosto. A amplitude térmica mantém-se sempre acentuada em todos os meses, o que corresponde a uma diferença de temperatura significativa entre o dia e a noite.

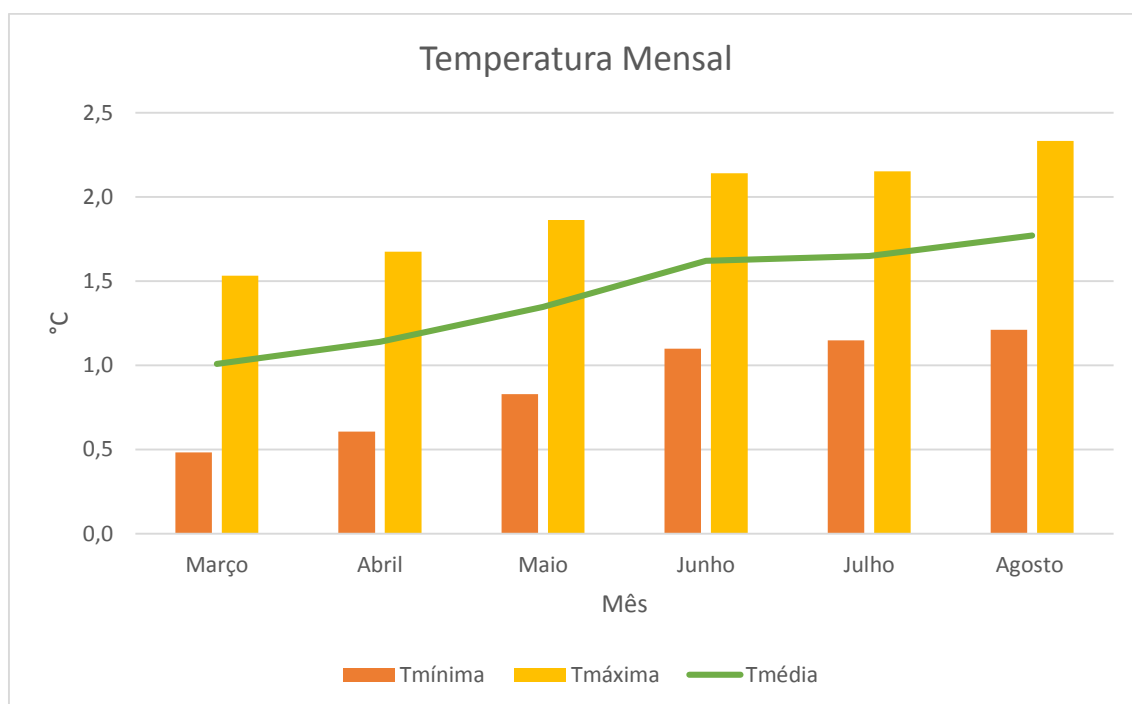


Figura 4. Temperatura mínima, média e máxima mensal em Mabegondo, medida a 1,5m de altura. O gráfico constitui a média de 18 anos de dados (2000-2017).

As horas de céu descoberto encontram-se entre os parâmetros em análise, pois condiciona diretamente desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura. Esta influência ocorre ininterruptamente desde a emergência das plantas até ao fim do ciclo. Contudo, deve ser destacado o dia com maior fotoperíodo diário, o solstício de verão, dia no qual é possível observar e avaliar o desenvolvimento vegetativo da planta até então. Verifica-se que se a planta não atingir o topo do sistema de condução até esta data, esse fenómeno não ocorre posteriormente, sendo que a partir de então o desenvolvimento da mesma apenas ocorre lateralmente. Posteriormente este fator tem um contributo determinante para a regulação da floração na planta. Os valores apresentam-se ligeiramente reduzidos quando comparados com dados provenientes de outras partes do mundo, o que decorre de uma probabilidade elevada de ocorrência de dias nublados que limita o número de horas de céu descoberto.

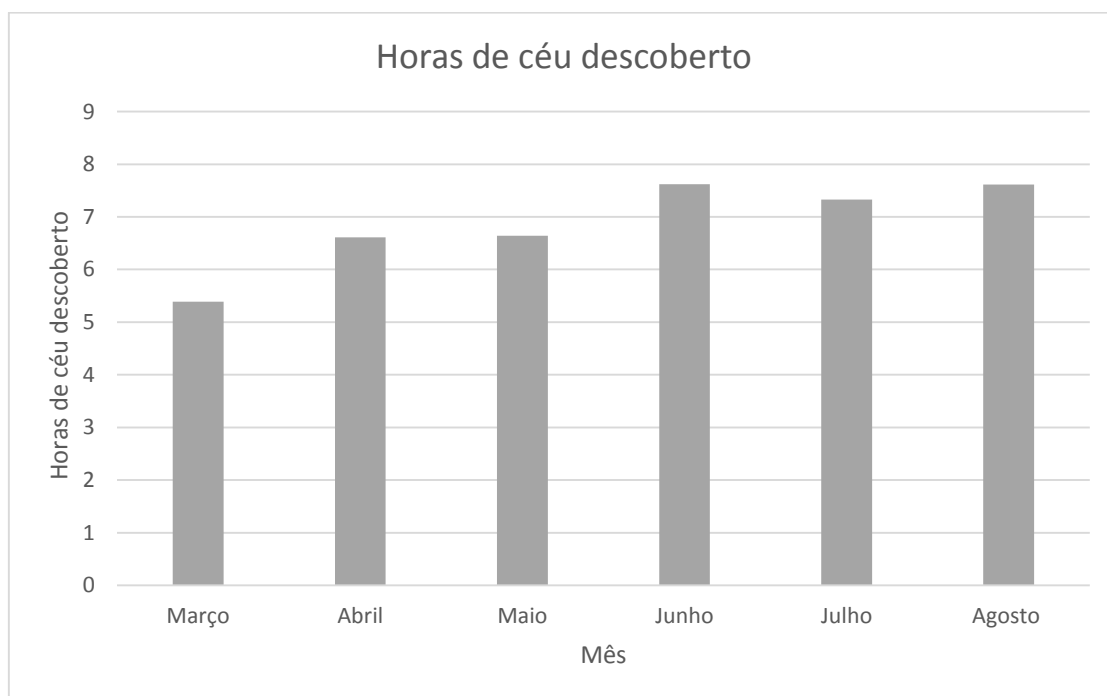


Figura 5. Horas de céu descoberto diárias médias por mês. O gráfico constitui a média de 11 anos de dados (2007-2017).

A precipitação do início ao fim do ciclo (março a agosto) totaliza, em média, 398 mm. Um valor teoricamente suficiente para garantir um abastecimento ótimo da planta, todavia não o é devido à distribuição heterogénea da água da chuva ao longo do ciclo, aliada à coincidência do período mais quente com o mais seco. A sua evolução com o tempo é, na generalidade, decrescente, atingindo o mínimo no mês de julho. Desta forma, a irrigação é iniciada usualmente a meio ou fim de junho, dependendo dos anos e da reserva de água existente no solo, e termina, preferencialmente, apenas uns dias antes da colheita. No período final do ciclo, a planta atinge e uma densidade vegetativa bastante elevada, que requer elevadas quantidades de água para a manutenção dos tecidos hidratados.

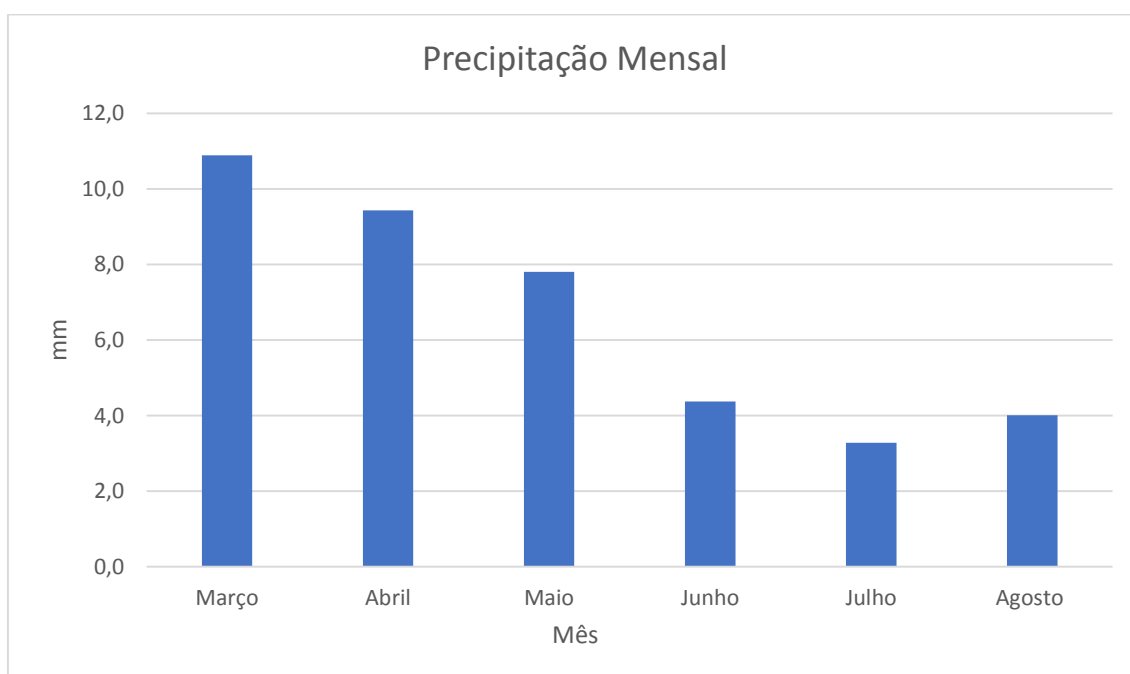


Figura 6. Precipitação mensal em Mabegondo. O gráfico constitui a média de 18 anos de dados (2000-2017).

4.1.3 Caracterização do solo

O solo da parcela em estudo apresenta os seguintes valores médios para os constituintes do solo: 33,7% de areia, 46,7% de limo e 19,6% de argila, o que o classifica em franco-limoso. Outros parâmetros importantes são o teor de matéria orgânica, que se situa em 6,7% e o pH em 6,10. A quantidade de água total disponível para a planta no solo (RU), até à profundidade de 1 metro que corresponde a uma possível profundidade radicular, que variam entre 1-1,2 metros, é de 200 mm. Este valor foi

calculado a partir dos indicadores da capacidade de campo (CC) e do coeficiente de emurchecimento (CE) que correspondem a $0,38 \text{ cm}^3 \text{ água/cm}^3 \text{ solo}$ e $0,18 \text{ cm}^3 \text{ água/cm}^3 \text{ solo}$, respetivamente. A reserva de água facilmente utilizada (RFU) no solo é de 100 mm pois, segundo a FAO, o valor de fração sujeita a depleção referente à cultura do lúpulo situa-se nos 0,5. No anexo 2, é possível verificar outras características do solo através de uma ficha de análise realizada no ano do estudo.

4.2 Metodologia

4.2.1 Geral

Foi efetuado o acompanhamento do ciclo cultural e respetivas operações, de março a setembro, por parte do aluno com maior ênfase no período de regadio, isto é, de junho a agosto. Acompanhou-se também a operação da colheita em setembro, que exige a colheita manual dos cones florais de cada árvore selecionada e a análise laboratorial das suas componentes químicas (alfa e beta-ácidos, entre outros). Inicialmente, foi definida a área de estudo dentro de uma parcela pertencente a um engenheiro pertencente à LUTEGA, em Mabegondo, com a marcação de 6 plantas a estudar e a instalação das sondas TDR de medição do teor de água no solo nas imediações das plantas. Estes dois fatores, as plantas e as sondas, permitiram o registo e análise sistemático de dados referentes à fenologia na escala BBCH e à quantidade de água no solo a 40 cm de profundidade, em %. Este registo foi efetuado periodicamente. No sistema de rega em questão, os gotejadores estão espaçados 1 metro entre si e trabalham com uma dotação média de 2 l/hora. Desta forma, 3 plantas estavam sujeitas à rega padrão fornecida pela LUTEGA, 100% nas linhas 11 e 12, que corresponde a 10 l/dia e as outras 3 a uma rega deficitária de 80% nas linhas 22 e 23, que corresponde a 8 l/dia. A rega é aplicada, normalmente, 5 dias por semana e em períodos de stress, 7 dias por semana. Através do número de gotejadores por hectare, da sua dotação, do número de horas de atividade e do número de dias, será posteriormente calculada o volume total de água aplicado em cada modalidade. Após a colheita e a obtenção dos resultados quantitativos e qualitativos foi estudada a relação entre os módulos de rega fornecidos e as consequências na produtividade e qualidade de produção.

4.2.2 Caracterização fenológica - BBCH

A fenologia da planta ao longo do tempo é a sucessão dos seus vários estádios de desenvolvimento no ciclo cultural. Um registo detalhado desta componente permite uma análise da evolução da planta ao longo do tempo, assim como uma determinação de qual ou quais os fatores que para tal contribuíram. O documento estandardizado para esta análise designa-se *Phenological growth stages and BBCH - identification keys of hop* (Rossbauer et al., 1995) e pode ser consultado no anexo 1. O seu registo é efetuado através da comparação do desenvolvimento do lúpulo na parcela com os estádios definidos na escala BBCH. Tendo em vista os objetivos deste trabalho, este acompanhamento foi efetuado desde a dormência (00) até à maturação dos cones florais (89). Esta análise foi executada através do registo do valor fenológico observado em cada uma das 6 plantas em estudo. Posteriormente, foi efetuada a média dos dois grupos de 3 plantas referentes às modalidades de rega, desta forma, pretende-se estudar o impacto da rega no desenvolvimento fenológico.

4.2.3 Teor de água no solo - TDR

O método utilizado neste trabalho para medir o teor de água designa-se *Time Domain Reflectometry* (TDR). O princípio é o da velocidade de propagação de um impulso eletromagnético, que é influenciada pela constante dielétrica. Esta constante é intrínseca a cada material e consiste na quantidade de energia elétrica que pode ser acumulada no mesmo. No solo, a constante dielétrica é essencialmente determinada pelo seu teor em água, que a faz variar proporcionalmente. Logo, solos com elevado teor em água irão apresentar uma elevada constante dielétrica que por sua vez implica uma menor velocidade de propagação do impulso eletromagnético.

Na prática, foram instalados dois condutores paralelos no solo, estes podem ser colocados na vertical, horizontal ou verticais separadas por díodos. No presente estudo, são duas varetas metálicas instaladas verticalmente a 40 centímetros de profundidade. De seguida, um impulso é enviado, a partir de um recetor, desde a superfície do solo através das varetas metálicas e a energia não dissipada no trajeto é refletida no extremo dos mesmos e regressa ao recetor, sendo medido o tempo decorrido entre a emissão do sinal e a receção da sua reflexão e calculada a sua velocidade de propagação (Solos, 2014). Este método é bastante vantajoso pois funciona independentemente do tipo de solo e da temperatura e apenas necessita de uma calibração mínima (Solos, 2014). Os dados fornecidos pelo recetor possuem a $m^3\text{água}/m^3\text{solo}$ como unidade. A sonda utilizada neste estudo foi a TDR – 100 produzida pela empresa *Campbell Scientific*.

Cada solo possui características físicas e químicas que regem a sua capacidade de armazenar água, um reservatório delimitado pela capacidade de campo (CC) e o coeficiente de emurchecimento (CE), acima e abaixo, respetivamente. Os valores obtidos pelo método acima referido serão correlacionados com os valores destes limites. A figura 7 resume o conjunto de interações a que o solo está exposto e os consequentes movimentos da água.

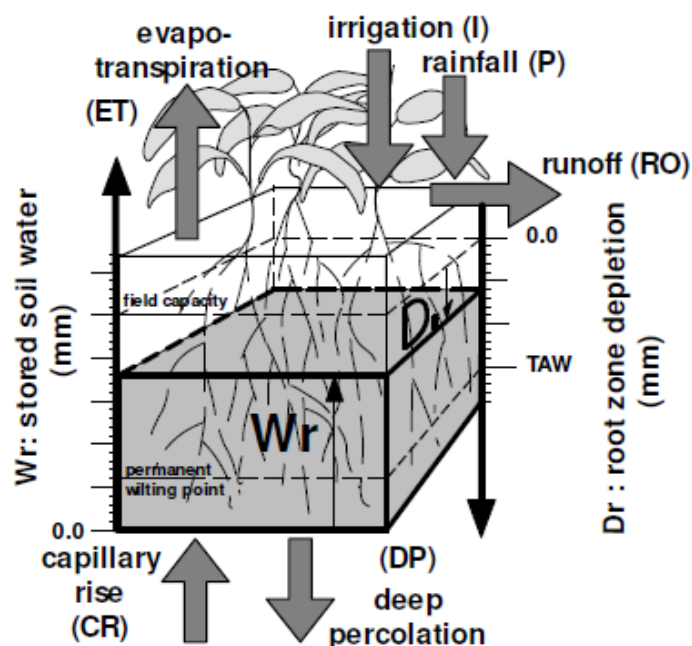


Figura 7. Zona da raiz como reservatório. Fonte: Understanding AquaCrop - Training Handbook, FAO (2015).

4.2.4 Evapotranspiração Cultural

Os dados que possibilitam o cálculo da E_{To} , entre março e agosto, são obtidos a partir da plataforma meteorológica afeta à região e designada de MeteoGalicia. De forma complementar, para o cálculo da E_{Tc} , foram utilizados os valores de K_c fornecidos por Allen et al. (1998) que estão apresentados no quadro 5. Entre os estados fenológicos 20 e 60, os valores de K_c são sucessivamente superiores desde 0,15 até ao alcance do valor 1, no estado fenológico indicado.

Quadro 7. Coeficientes culturais e respetivo estado fenológico aplicável.

| Coeficientes culturais | Valor | Fenologia |
|------------------------|-------|-----------|
| K_c inicial | 0,15 | 00 - 20 |
| K_c médio | 1 | 60 - 79 |
| K_c final | 0,80 | 80 - 89 |

4.2.5 Produtividade

A produtividade deve ser avaliada essencialmente pelo peso de cones florais, a 10% de humidade, por planta e por hectare. A colheita manual dos cones florais das plantas em estudo foi efetuada de forma individualizada e seguida de um período de 16 horas a 85 °C no forno. Este período no forno visa uma redução da humidade relativa existente nos cones até a valores na ordem dos 10%. Esta produtividade deve ser analisada por planta e por hectare pois, permite uma comparação de resultados fidedigna que tenha em conta, por exemplo a diversidade de produção por planta devido à variedade e também a densidade de plantas por hectare utilizada que irá influenciar a competitividade pelos fatores de produção.

Neste trabalho procedeu-se então a uma avaliação da produtividade através de dois indicadores: peso fresco total de cones por planta estudada (6 plantas, 3 por modalidade) e também do rácio entre a matéria seca e o peso fresco de um total de 24 amostras (4 amostras por cada uma das 6 plantas).

4.2.6 Tratamento de dados

Os dados experimentais foram sujeitos a análises de variância com o recurso ao software R (<https://cran.r-project.org/>) com um nível de significância de 0,05. Quando se obtiveram diferenças significativas nas ANOVAs a comparação de médias foi efetuada com recurso ao teste de Tukey, com o mesmo nível de significância. A sua utilização permitiu não só a análise da relação entre as datas de recolha de dados e as modalidades de rega e os respetivos teores de água encontrados no solo, mas também entre as modalidades de rega e a produtividade das plantas, quer em termos de peso fresco por planta, quer em termos de rácio matéria seca/peso fresco e qualidade da produção, em termos de alfa- e beta-ácidos.

5 Resultados

5.1 Dados climáticos do ano de 2018

Os dados abaixo apresentados são referentes ao ano em que se desenvolveu o trabalho experimental. Contrariamente aos dados apresentados aquando da caracterização climática, estes não englobam o mês de setembro, uma vez que a colheita foi efetuada no segundo dia desse mês, por isso, os mesmos não são necessários para este estudo.

5.1.1 Temperatura

Como se pode verificar na figura 8, o ano de 2018 apresenta nos três primeiros meses temperaturas mínimas entre -3,7 e 1,6 °C, com o valor de maio a corresponder a -0,1 °C. Nos últimos dois meses, julho e agosto, que correspondem ao período de desenvolvimento e maturação dos cones, a temperatura média foi de 20 °C. De salientar a elevada amplitude térmica registada em todos os meses.

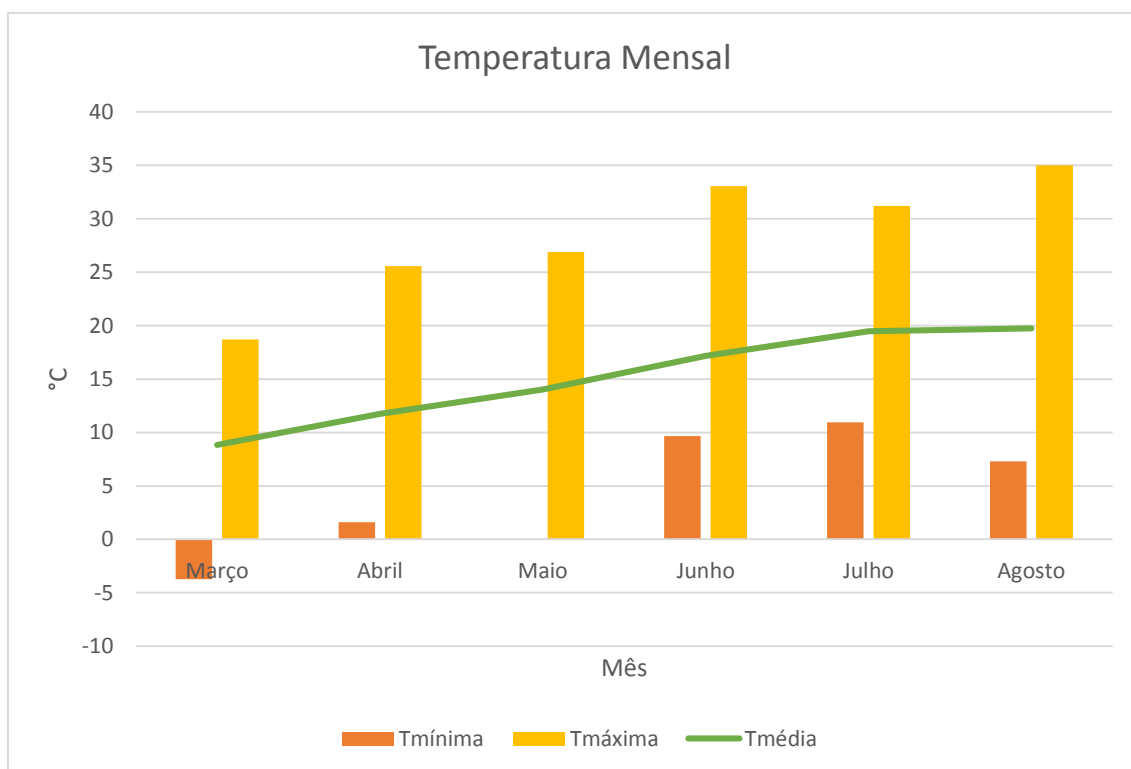


Figura 8. Temperatura mínima, média e máxima mensal em Mabegondo no ano de 2018, medida a 1,5 m de altura.

5.1.2 Horas de céu descoberto

Este fator, nos meses observados no ano de 2018, apresentou um valor médio de 6,5 horas de céu descoberto. Através da figura 9, é importante denotar dois acontecimentos: o reduzido número de horas de céu descoberto nos meses de junho e julho e o elevado em agosto, que registou uma média de 9,5 horas.

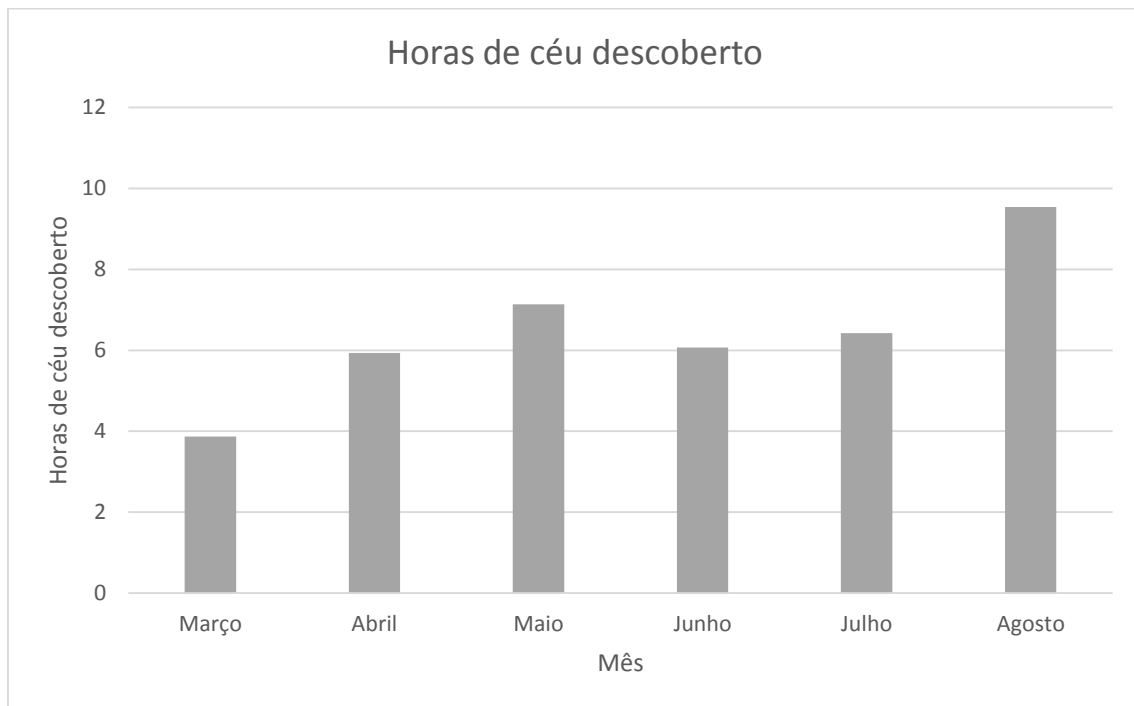


Figura 9. Fotoperíodo diário médio por mês em Mabegondo, no ano de 2018.

5.1.3 Precipitação

Entre os meses de março e agosto do ano de 2018, a precipitação totalizou 611 mm. O mês mais chuvoso foi março e o menos agosto, com valores de 325 mm e 27 mm, respetivamente. Através da observação da figura 10 verifica-se uma concentração da precipitação no mês de março, sendo que este é responsável por mais de metade da precipitação registada em todo o ciclo de produção. De salientar também o mês de junho, pois apresentou precipitação elevada, na ordem dos 83 mm.

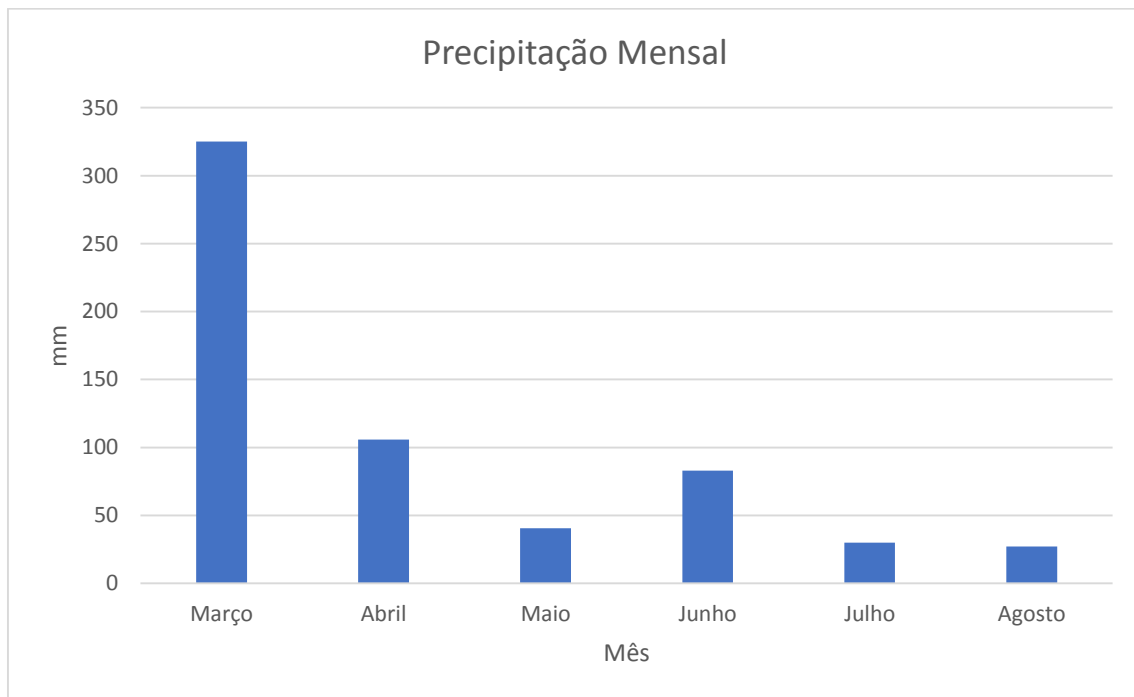


Figura 10. Precipitação mensal em Mabegondo, no ano de 2018.

5.2 Operações culturais

No quadro 5 é possível verificar a totalidade de operações culturais efetuadas na parcela, assim como a respetiva data e o período necessário para a sua finalização. A dimensão da parcela é de 1,8 ha, fator que deve ser tido em conta aquando da análise destes dados. A operação mais demorada é a rega, 70 dias, e as menos demoradas são os tratamentos fitossanitários e fertilizações, necessitam apenas de metade de um dia.

Quadro 8. Operações culturais efetuadas ao longo do ciclo na parcela em estudo.

| Data | Operação cultural | Período (dias) |
|--------|--------------------------------------|----------------|
| 13/mar | Destruição dos camalhões | 1,5 |
| 13/mar | Poda mecânica | 1,5 |
| 27/mar | Baixa de tubos de rega | 1 |
| 27/mar | Troca de arames | 1 |
| 19/abr | Fertilização (8-19-27) | 0,5 |
| 23/abr | Colocar fio vertical | 3 |
| 26/abr | Tratamento míldio (óxido de cobre) | 0,5 |
| 08/mai | Tratamento míldio (calda bordalesa) | 0,5 |
| 21/mai | Limpeza mecânica das entrelinhas | 3 |
| 22/mai | Limpeza manual da linha | 4 |
| 23/mai | Tratamento míldio (óxido de cobre) | 0,5 |
| 01/mai | Tratamento míldio (calda bordalesa) | 0,5 |
| 14/jun | Tratamento míldio (óxido de cobre) | 0,5 |
| 20/jun | Fertilização (NAC 27) | 0,5 |
| 03/jul | Tratamento míldio (calda bordalesa) | 0,5 |
| 01/jul | Rega | 70 |
| 06/jul | Fresagem | 1 |
| 16/jul | Tratamento míldio (óxido de cobre) | 0,5 |
| 17/jul | Fresagem | 1 |
| 01/ago | Aplicação de herbicida na entrelinha | 0,5 |
| 03/ago | Tratamento míldio (calda bordalesa) | 0,5 |
| 16/ago | Tratamento míldio (óxido de cobre) | 0,5 |
| 21/ago | Tratamento oídio (enxofre) | 0,5 |
| 3/set | Colheita | 1 |

5.3 Fenologia

A classificação fenológica foi registada em 7 datas distintas entre 8 de março a 30 de agosto, sendo que o intervalo de datas do eixo das abcissas é de 7 dias. A figura concentra os resultados da fenologia verificados nas duas modalidades de rega, pois estes não diferiram apesar da rega a 80% e a 100%. Os valores registados nas primeira e última datas são 0 e 89, que consistem em dormência e cones maduros para colher, respetivamente. Isto permite afirmar que o ciclo produtivo decorreu completamente. É possível visualizar uma primeira fase do ciclo com uma evolução mais lenta da fenologia, até ao final de junho, que corresponde ao alcance do topo do SC e desta forma, ao desenvolvimento vegetativo. Consecutivamente, verifica-se uma aceleração dos estados fenológicos, referentes ao desenvolvimento reprodutivo, isto é, desenvolvimento das flores e cones florais.

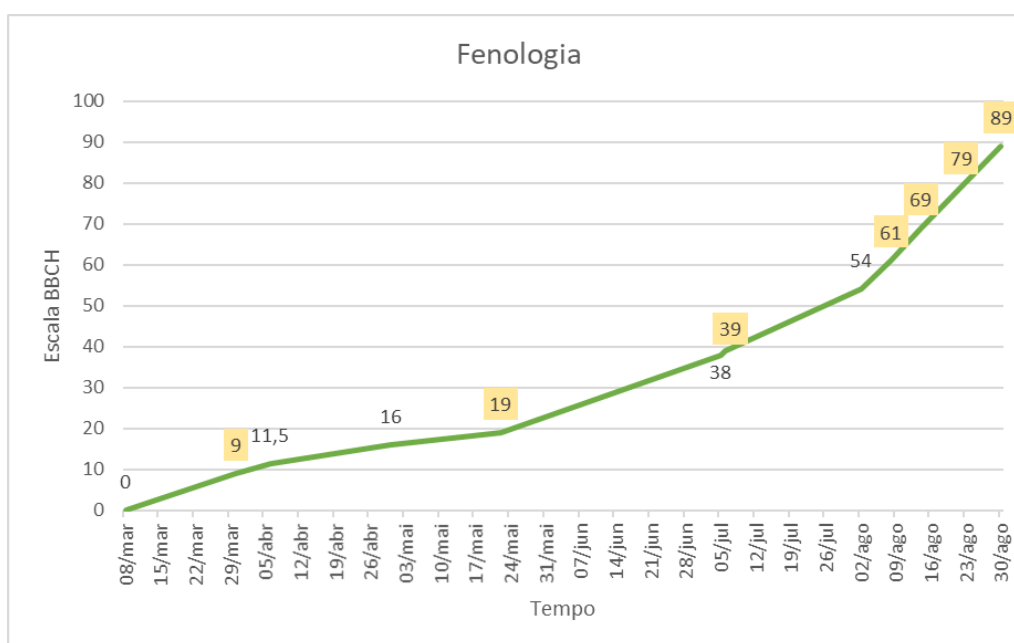


Figura 11. Estádios fenológicos observados ao longo do ciclo e estádios chave.

Os estádios marcados a amarelo representam os estádios chave. O estádio 89 foi observado e é chave. A sua correspondência pode ser consultada no anexo 1.

Complementarmente aos dados apresentados na figura 11, é importante referir a diferença de vigor visualizada entre os dois setores de rega. As plantas das linhas 11/12, apesar de apresentarem uma evolução fenológica semelhante às homólogas das linhas 22/23, possuem um vigor vegetativo bastante superior. Esta observação de uma maior densidade do coberto tem por base uma taxa de alcance do topo do sistema de

condução superior e um maior índice de área foliar e pode ser verificada através da figura 12.



Figura 12. Linhas das plantas em estudo. Compilação de duas fotografias: à esquerda, linhas 11 e 12 (100%) e à direita, linhas 22 e 23 (80%).

5.4 Teor de água no solo

A medição do teor de água no solo foi registada em 7 datas distintas entre 3 de maio e 30 de agosto, sendo que o intervalo de datas no eixo das abcissas é de 14 dias. Na figura 13 é possível analisar a evolução da quantidade de água no solo nas duas modalidades de rega e relacioná-las com a CC, o CE e a RFU. Os valores da CC e do CE, provêm de estudos prévios efetuados por Fandiño et al. (2015) e Cancela et al. (2017) no mesmo local e, correspondem a 0,38% e 0,18%, respetivamente. O valor da RFU corresponde a 0,5 da RU. Entre 3 de maio e 28 de junho, a água existente no solo é apenas resultado da precipitação ocorrida. O início da rega, 1 de julho, é facilmente visível no gráfico com um aumento significativo do teor de água no solo nas duas modalidades de rega e que vinca a diferença do antes e depois do início dessa operação cultural. Todas as amostras, se tivermos em conta o respetivo desvio padrão, posicionam-se no interior destes dois limites, o que significa que não ocorreu nenhum período de stress severo nem de saturação do solo. No entanto, ambas as modalidades registam valores abaixo da RFU, o que não é recomendável quando se pretende maximizar a produção de uma cultura. Os valores médios de água no solo para as modalidades 80% e 100% foram de 0,23% e 0,29%, respetivamente.

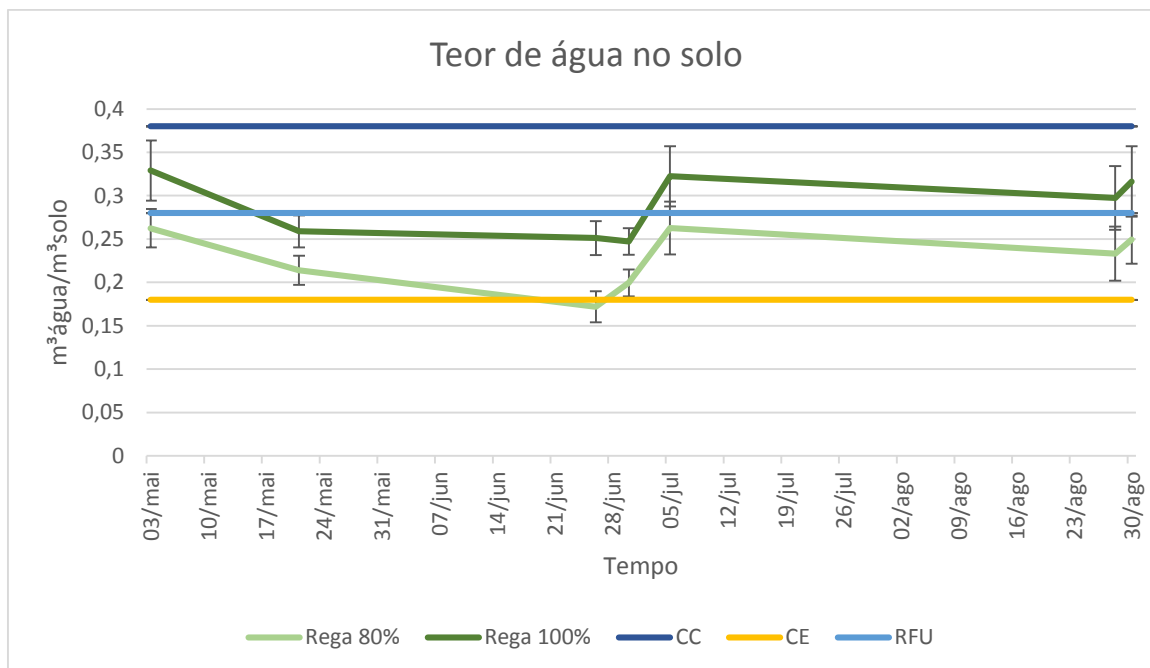


Figura 13. Teor de água no solo. As medições TDR estão acompanhadas do respectivo desvio padrão.

Tendo em conta o espaçamento de 1 metro entre gotejadores na linha, o caudal de 2l/h e a duração da rega diária de 5 horas e 4 horas, para a rega a 100% e 80%, respetivamente, e o total de 70 dias de rega foram calculados os resultados do quadro 6.

Quadro 9. Volume diário e total de água utilizado por hectare em cada uma das modalidades de rega.

| Modalidades | Volume de água / dia / hectare | Volume total de água / hectare |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Rega 80 | 26,6 m³ | 1848 m³ |
| Reda 100 | 33 m³ | 2310 m³ |

O quadro 8 apresenta os resultados de uma análise estatística dos dados do teor de água no solo registados, das datas e das modalidades de rega. O objetivo foi verificar a existência de influências significativas das modalidades da rega e/ou das datas no teor de água do solo. Verifica-se que quando analisada a interação datas x regas com o teor de água no solo, a influência não é significativa, pois $Pr = 0,107 > 0,05$. No entanto, analisadas individualmente, as modalidades de rega e as datas, ambas apresentam efeitos significativos no teor de água no solo, $2,64e^{-15}$ e $9,11e^{-10}$, respetivamente, ambas inferiores ao nível de significância.

Quadro 10. Análise de variância de dados do teor de água no solo (hum) com as datas e as modalidades de rega.

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (<F) |
|-------------|----|---------|---------|---------|----------------------|
| Datas | 6 | 0,04192 | 0,00699 | 23,71 | 9,11e ⁻¹⁰ |
| Regas | 1 | 0,07126 | 0,07126 | 241,81 | 2,64e ⁻¹⁵ |
| Datas:Regas | 6 | 0,00345 | 0,00057 | 1,95 | 0,107 |
| Residuals | 28 | 0,00825 | 0,00029 | | |

Completando a informação do quadro 7, o quadro 9 mostra que a diferença significativa do teor de água no solo entre as modalidades de rega, é traduzida pela superioridade da rega a 100%.

Quadro 11. Valores médios do teor de água no solo para cada uma das modalidades de rega.

| Modalidades | Hum | Groups |
|-------------|-----------|--------|
| Rega 80 | 0.2224286 | b |
| Rega 100 | 0.3048095 | a |

Os resultados apresentados no quadro 10 foram medidos antes e depois do início da rega, sendo que a mesma se iniciou na Data 5. Verifica-se o teor de água no solo é superior na 1ª data, diminuindo depois (Data 2, Data 3 e Data 4) até se iniciar a rega.

Quadro 12. Valores médios do teor de água no solo ordenados de forma decrescente por data de registo.

| Datas | Hum | Groups |
|--------|-----------|--------|
| Data 1 | 0,3018333 | a |
| Data 5 | 0,2921667 | a |
| Data 7 | 0,2901667 | a |
| Data 6 | 0,2751667 | a |
| Data 2 | 0,2393333 | b |
| Data 3 | 0,2276667 | b |
| Data 4 | 0,2190000 | b |

5.5 Evapotranspiração

Os valores totais de ETo e ETc são 515,5 mm e 263,5 mm, respectivamente. Estes valores foram calculados tendo por base dados meteorológicos diários entre março e agosto do ano de 2018. O total de precipitação anual foi de 611 mm e das regas, como mencionado no quadro 7, de 184,8 mm e 231 mm, para a rega a 80% e 100%, respetivamente. Como verificado nas figuras 14 e 15, ambas as regas suprimem as necessidades da planta verificadas por ETc.

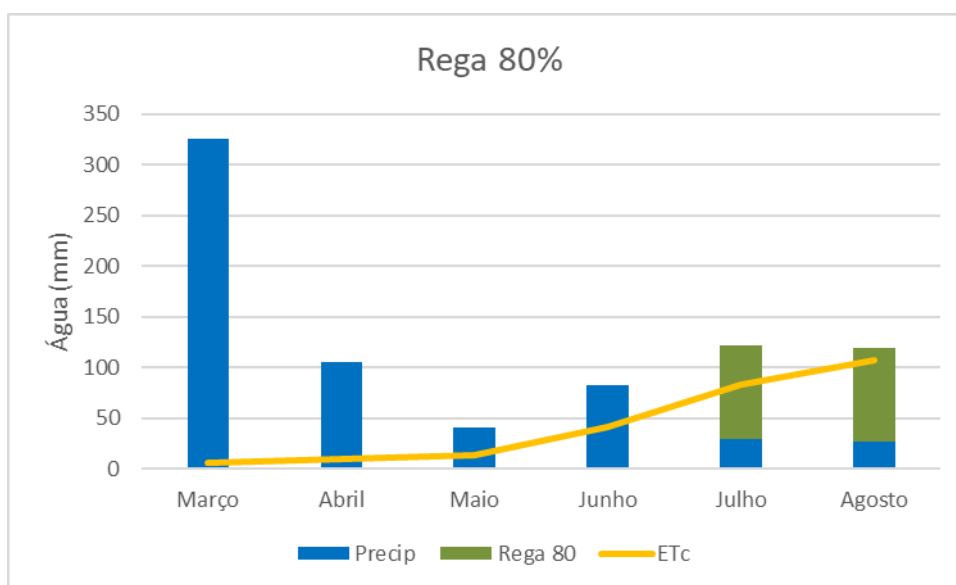


Figura 14. Água necessária e fornecida à planta na modalidade a 80%.

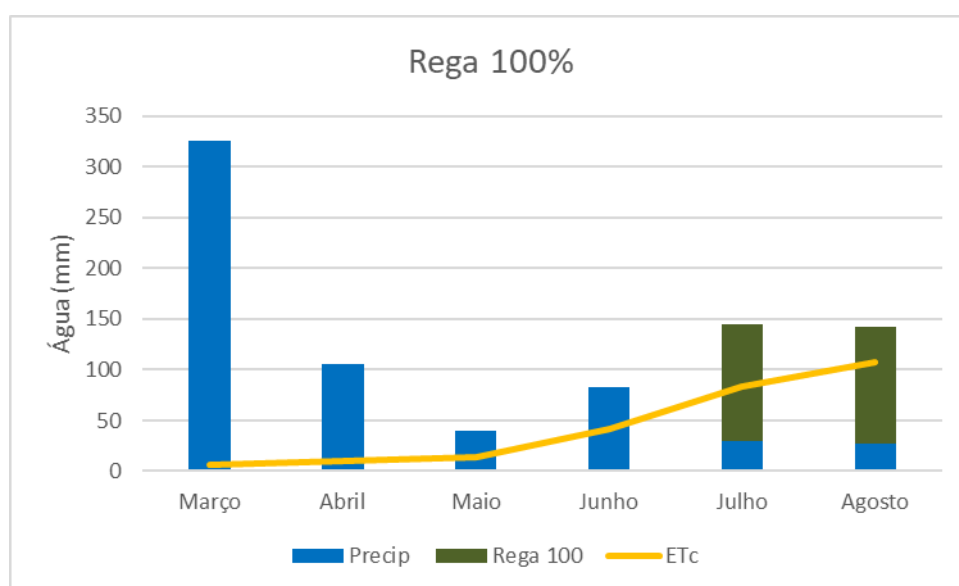


Figura 15. Água necessária e fornecida à planta na modalidade a 100%.

5.6 Produtividade

A produtividade, como mencionado anteriormente, foi estudada através de dois indicadores: rácio (MS/PF) e o peso fresco total de cones florais por planta. Posteriormente foi calculada uma estimativa da produção por hectare de cones florais a 10% de humidade. Os resultados para estes indicadores estão apresentados no quadro 11.

Quadro 13. Resultados médios por modalidade de rega de vários indicadores da produtividade.

| Modalidades | Rácio médio | Prod PF planta (kg) | Prod 10% hectare (kg) |
|-------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| Rega 80 | 0,228 | 3,473 | 1932,517 |
| Rega 100 | 0,226 | 3,563 | 1969,016 |

A totalidade de resultados pode ser consultada no anexo 3.

O resultado da ANOVA entre o rácio (MS/PF) e as regas confirma, como se pode ver no quadro 12 que a influência da rega deficitária nos pesos das amostras não é significativa, o valor de Pr é 0,824, logo maior que o nível de significância 0,05.

Quadro 14. Análise de variância de dados do rácio (matéria seca/peso fresco) e as modalidades de rega.

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|-----------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Regas | 1 | 3,640e-06 | 3,640e-06 | 0,056 | 0,824 |
| Residuals | 4 | 2,583e-04 | 6,456e-05 | | |

O resultado da ANOVA, representado no quadro 13, evidencia que não há qualquer diferença significativa entre peso fresco total de cones florais por planta nas duas modalidades de rega, pois Pr = 0,8, um valor superior ao nível de significância de 0,05. Este resultado corrobora o resultado apresentado no quadro 12.

Quadro 15. Análise de variância de dados do peso fresco total de cones florais por planta e as modalidades de rega.

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|---------|
| Regas | 1 | 0,0121 | 0,01215 | 0,073 | 0,8 |
| Residuals | 4 | 0,6653 | 0,16633 | | |

Assim sendo, os dois indicadores da produtividade estudados apresentam resultados que se suportam mutuamente e que permitem afirmar que a rega não exerceu nenhuma influência significativa na produtividade.

5.7 Qualidade da produção

Os resultados provêm das análises de qualidade efetuadas pela Hopsteiner Espanha, o laboratório certificado que realiza o serviço para a cooperativa LUTEGA. Os parâmetros analisados estão registados no quadro 14 e são: alfa-ácidos (alfa), beta-ácidos (beta), humidade, cohumulonas (cohum), colupulonas (colup) e o rácio alfa-ácidos/beta-ácidos (alfa/beta). A totalidade dos mesmos pode ser consultada no anexo 5, pois o quadro consiste numa média dos resultados obtidos por rega. Ambos os parâmetros referentes às resinas moles se encontram dentro do intervalo de qualidade previsto pela bibliografia e requerido pela indústria cervejeira.

Quadro 16. Resultados qualitativos das amostras recolhidas.

| Modalidades | Alfa | Beta | Cohum | Colup | Alfa/Beta |
|-------------|-------|------|-------|-------|-----------|
| Rega 80 | 13,50 | 4,30 | 21,17 | 47,07 | 3,17 |
| Rega 100 | 13,40 | 4,37 | 22,33 | 48,53 | 3,07 |

Como mencionado na revisão bibliográfica, as resinas suaves, isto é, alfa- e beta-ácidos são os componentes mais importantes pois contribuem de forma decisiva para o amargor que é a característica mais importante para a qualidade do lúpulo. Desta forma, foi efetuada uma análise de variância para estudar a influência da rega nestes dos parâmetros.

Nos quadros 15 e 16, referentes a alfa- e beta-ácidos, respetivamente, verificou-se a não existência de uma influência significativa da rega nos teores dos mesmos, visto que Pr foi, em ambos os casos, superior a 0,05 que corresponde ao nível de significância.

Quadro 17. Análise de variância de dados do teor de alfa-ácidos por planta e as modalidades de rega.

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|-----------|----|--------|---------|---------|---------|
| Regas | 1 | 0.015 | 0.015 | 0.031 | 0.869 |
| Residuals | 4 | 1.940 | 0.485 | | |

Quadro 18. Análise de variância de dados do teor de beta-ácidos por planta e as modalidades de rega.

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr (>F) |
|-----------|----|---------|---------|---------|---------|
| Regas | 1 | 0.00667 | 0.00667 | 0.182 | 0.692 |
| Residuals | 4 | 0.14667 | 0.03667 | | |

6 Discussão

Este trabalho propôs-se a estudar a influência da rega na produtividade e qualidade de produção do lúpulo. No entanto, para melhor interpretar esta relação, foram previamente analisados outros aspetos, nomeadamente o clima e a fenologia da planta no ano do 2018. De seguida, serão analisados os dados referentes ao clima de 2018 e comparados com o ano standard, que corresponde aos dados obtidos através do histórico meteorológico, apresentado no capítulo 4.1.2. O clima, representado pela temperatura, luminosidade e precipitação, apresentou algumas diferenças quando comparado com o ano standard e que importam ser notadas, dada a sua influência no ciclo produtivo da planta. A temperatura máxima no ano de 2018, entre março e agosto foi de 35 °C, bastante superior aos 23 °C registados em média nos últimos 18 anos; o mesmo aconteceu com a temperatura mínima registada a -3,7 °C comparada com os 4,8 °C. Estes dados expõem uma ocorrência de acontecimentos climáticos mais extremos que podem afetar de forma negativa e irreversível as plantas, nomeadamente, a morte de tecidos das raízes devido ao gelo (Evans, 2003). A temperatura média foi semelhante na primeira parte do ciclo, de março a maio, e superior na segunda parte, de junho a agosto, atingindo os 20 °C, quando comparado o ano de 2018 com o standard. Relativamente ao fotoperíodo, denotar, em geral, uma redução de horas de luz no ano de 2018, assim como, uma distribuição menos homogénea das mesmas, com registo dos eventos mais extremos. A média de horas de luz por dia ao longo do ciclo foi de 6,5 e o ótimo indicado pela bibliografia seria 7,6, o que poderá condicionar negativamente a produção final.

Apesar das diferenças destacadas, a evolução da fenologia da planta decorreu naturalmente e os estádios de desenvolvimento alcançados no período previsto pela bibliografia, como por exemplo o alcance do topo do SC no final do mês de Junho e o fim da floração 10 dias após o fim de Julho (Marcos et al., 2011) tal como se pode observar nos resultados da figura 11. Verifica-se também uma evolução mais lenta na primeira metade do ciclo e uma aceleração na segunda parte do mesmo, consequência do aumento da temperatura e do fotoperíodo acompanhados da satisfação das necessidades em água, como se irá verificar de seguida. Desta forma, a colheita decorreu na semana prevista pelos produtores, com o alcance do nível fenológico 89 entre o fim de agosto e o início de setembro (informação corroborada pela figura 11 e pelo quadro 6). Os resultados fenológicos aplicam-se a ambas as modalidades, rega deficitária e rega do produtor, pois estes não apresentaram diferenças.

A precipitação é o outro indicador climático analisado e que será, durante esta discussão, correlacionado com os dados da rega efetuada e do teor de água no solo. No cômputo geral, observou-se um aumento de 35% da precipitação, de março a agosto, em 2018 quando comparado com o ano standard, de 398 mm para 611 mm. Este aumento deve-se, especialmente, ao mês de março que registou aproximadamente o triplo da precipitação, isto é, um aumento de 108,9 mm para 325,1 mm. Os dados da evolução do teor de água no solo, figura 13, permitem verificar, que, na primeira metade do ciclo o solo esteve bem abastecido de água devido apenas à precipitação ocorrida pois, manteve-se acima do limiar do CE. Após o início da rega no dia 1 de julho, o abastecimento da água no solo foi reforçado em ambas as modalidades, como se pode verificar na figura 13. Importante referir que as linhas 22 e 23 antes do início da rega deficitária nas mesmas, já apresentavam teores de água no solo inferiores às linhas 11 e 12. A opção do produtor consistiu numa intensificação desta diferença para verificar os resultados na produção e qualidade da mesma.

De seguida, torna-se essencial garantir que a existência de uma diferença do nível de humidade do solo nas linhas correspondente às diferentes modalidades de rega, para que seja confirmada a premissa que valida o estudo. Este facto foi confirmado pelos dados do quadro 7, através de uma análise de variância da modalidade de rega e do teor de água no solo, conclui-se que existe uma diferença significativa entre o teor de água do solo das duas modalidades (80% e 100%), pois $Pr = 2,64e^{-15}$. No mesmo quadro, verifica-se o efeito significativo das datas no teor de água no solo, com o $Pr < 0,05$. A tabela 8 completa estes dados pois fornece informação da variação do teor de água no solo, com a primeira data (Data 1) medida a apresentar o valor mais elevado e seguida de todas as datas após o início da rega (Data 5, Data 7 e Data 6, por ordem decrescente de teor de água no solo).

No entanto, e apesar da diferença entre as regas comprovada, em ambos os casos é possível verificar, através da figura 13, que a água disponível se manteve sempre acima do nível de coeficiente de emurchecimento, o que permitiu que as plantas não fossem expostas a condições de stress hídrico elevado. No entanto, ambas apresentaram resultados abaixo da RFU de água do solo o que pressupõe que a sua produtividade máxima poderá não ter sido alcançada visto que a manutenção do nível de água no solo acima deste limite é aconselhável para manter as plantas bem abastecidas e no máximo potencial de produção. As modalidades de rega a 100% e a 80% correspondem a 2310 m³/ha e 1848 m³/ha, respetivamente, e ambas se inserem no intervalo de necessidades hídricas para regas gota-a-gota do lúpulo apresentado na revisão bibliográfica varia de 1200 m³/ha a 2500 m³/ha. Desta forma, prevê-se, com

reservas tendo em conta os níveis de RFU, que ambas as modalidades de rega sejam capazes de satisfazer a totalidade das necessidades hídricas da planta. Complementarmente, é importante a comparação da necessidade teórica de água da planta representada por ETc e a quantidade de água fornecida através da precipitação e da rega. Através das figuras 14 e 15 é possível verificar que ambas as regas satisfazem na totalidade as necessidades da planta ao longo de todo o ciclo.

Outro indicador que deve ser comparado com a bibliografia é o rácio de gotejadores por planta, que neste trabalho é de 1,5 e como se pode ver no quadro 4, se verifica bastante abaixo do intervalo utilizado por outras fontes, entre 2,4 e 4. Sendo as dotações aplicadas semelhantes, no caso em estudo o sistema de rega necessita de estar ativo durante mais tempo para alcançar os mesmos volumes de água totais que correspondem às necessidades da planta.

O reduzido tamanho da amostra obriga a uma interpretação dos resultados com reservas. Este facto deveu-se a uma série de condicionantes no local que não permitiram o estudo de um maior número de plantas. Entre elas está a reduzida dimensão da parcela, o elevado grau de diversidade de características topográficas no interior da parcela e a dificuldade de efetuar a colheita manual de um elevado número de plantas que exigiria uma elevada mão de obra.

Relativamente ao impacto das diferentes modalidades de rega na produtividade das plantas, este estudo teve por base dois indicadores: o rácio (matéria seca/peso fresco) e o peso fresco total de cones florais por planta. A opção de escolha por estas unidades e não a mais comum e comercialmente mais interessante, isto é, cones a 10% de humidade, deve-se a uma elevada variabilidade de humidades registadas nas amostras após o período no forno, que não fornecia fiabilidade para o tratamento de dados. No entanto, as conclusões resultantes da discussão terão valor científico e estarão indiretamente associadas aos potenciais resultados comerciais. O rácio matéria seca/peso fresco permitiu corrigir a comparação e anular a variabilidade de pesos de cones florais colocados nas bandejas com destino ao forno, esta imprecisão foi introduzida devido às diferentes dimensões e níveis de compactação dos cones. Em estudos futuros recomenda-se uma otimização da temperatura e do período de tempo ou temperaturas utilizadas no forno para a obtenção de amostras com humidade de 10% e a fixação de um peso de cones por bandeja e não apenas o enchimento das bandejas com os mesmos.

A recolha de um total de 24 amostras, 12 de cada modalidade de rega, permitiu uma análise de variância que resultou em $Pr = 0,824$, bastante superior a 0,05, o que

determina a não existência de diferenças significativas entre os rácios provenientes das diferentes modalidades de rega, como se verifica no quadro 12. No quadro 13, o segundo indicador de produtividade, o peso fresco total de cones por planta corrobora o resultado acima mencionado com a não existência de diferenças significativas entre as duas modalidades de rega pois, $Pr = 0,8$. Estes dois indicadores permitem suportar a afirmação de que a produtividade registada nos resultados obtidos das duas modalidades não foi significativamente diferente, pelo que como foi previsto anteriormente na análise das regas e do teor de água no solo, ambas as regas satisfizeram as necessidades da planta e conseqüentemente não influenciaram a produtividade da mesma. Através dos dados obtidos acerca do peso fresco de cones por planta, do rácio matéria seca/peso fresco, da densidade de plantas por hectare e da humidade óptima de comercialização de 10%, é possível efetuar uma previsão de produção real por hectare para as modalidades de rega na parcela em estudo. A produção, a 10% de humidade, para as regas a 80% e 100% é 1932,517 kg/ha e 1969,016 kg/ha, respetivamente. Estes valores encontram-se abaixo dos previstos para esta região e variedade segundo Marcos et al (2011)., isto é, não são superiores a 2200 kg/ha, o que poderá ter sido resultado da gestão da rega por vezes abaixo da RFU de água, mas estão dentro do intervalo de 1900 kg/ha a 2500 kg/ha previsto pela empresa de comercialização de lúpulo dos EUA, Hopsteiner (2018).

A qualidade da produção foi o outro indicador estudado, tendo por base os teores de alfa- e beta-ácidos resultantes das análises laboratoriais. As análises de variância destes resultados permitiram verificar a não existência de influência significativa da rega pois para ambas as modalidades, 80% e 100%, os resultados foram semelhantes. Os valores apresentados no quadro 14, estão inseridos no intervalo indicado pela bibliografia que corresponde a 11-14% e 4-6%, para alfa- e beta-ácidos, respetivamente. Desta forma, para além de semelhantes, é possível afirmar que os cones resultantes das duas modalidades possuem qualidade. Estes resultados corroboram uma tendência analisada noutra estudo de Nakawuka et al., (2017) que suporta uma natureza mais volúvel da produtividade quando comparada com a qualidade da produção logo, seria de esperar que como a primeira se apresentou semelhante, a segunda acompanharia o resultado, o que se comprovou.

Em suma, tendo em conta a diferença significativa o teor de água no solo registado nas duas modalidades de rega e a não ocorrência de um fenómeno semelhante quando estudada a relação entre as regas e os indicadores de produtividade e qualidade, torna-se imperativo discutir as possíveis causas para os resultados verificados. O facto de não existir um controlo da rega através de sensores instalados

no solo (Nakawuka P., et al., 2017) ou de softwares de modelação (Fandiño M., et al., 2015) que permitam a estimativa da ETc diário, como em outras zonas de produção do mundo, assim como a necessidade de uma atualização na calibração da rega, poderão estar na raiz de uma rega não otimizada na totalidade. Isto porque, verificou-se que uma rega a 80% da recomendada ao produtor satisfaz na totalidade as necessidades hídricas da planta, o que consequentemente se traduz numa rega por norma excessiva. De salientar que o estudo em questão se debruçou sobre o ano de 2018 e que, como já foi referido anteriormente, este apresentou níveis de precipitação durante o ciclo cultural aproximadamente 53% superiores quando comparado com o ano standard. Para além deste aumento, a sua distribuição também favoreceu a cultura do lúpulo, nomeadamente com a elevada precipitação de março a garantir um abastecimento em água no solo suficiente até à data de início da rega e o aumento da precipitação no mês de junho, de 43,8 mm no ano standard para 82,9 mm em 2018, que consistiu numa adição extra de água para a cultura que possivelmente colmatou o défice hídrico que deveria ter sido introduzido pela rega deficitária a 80% e que não foi tido em conta no planeamento da rega.

7 Conclusão

Para as modalidades de rega de 80% e 100% foram obtidas produções de 1932,517 kg/ha e 1969,016 kg/ha, ambas comercialmente razoáveis, em termos qualitativos, os registos foram de 13,5% e 13,4% e 4,3% e 4,37% para alfa- e beta-ácidos, nas respetivas modalidades. Todos os valores apresentados acima encontram-se dentro dos intervalos apurados na bibliografia. Os resultados obtidos através deste trabalho experimental permitiram o estudo da relação causa/consequência entre as modalidades de rega (80% e 100%) e a produtividade e qualidade da produção da planta do lúpulo, que se concluiu terem efeitos semelhantes sobre a mesma. Este facto prende-se com uma programação de rega excessiva por parte do produtor, dados os fatores de produção existentes no local e ano do estudo. Desta forma, a rega testada como deficitária (80%) não se verificou dessa forma, uma vez que o conceito da mesma requer uma programação de rega que seja insuficiente para suprir, na totalidade as necessidades hídricas da planta, o que não aconteceu. No caso em estudo, as modalidades de rega a 80% (deficitária) e 100% (prática habitual) corresponderam 1848 e 2310 m³/ha, valores dentro do intervalo teórico adequado 1200 a 2500 m³/ha para rega gota-a-gota no lúpulo. No mesmo sentido, o teor de água no solo, em ambas as modalidades, nunca foi inferior ao coeficiente de emurchecimento como é possível verificar na figura 13 e a combinação da água de rega e da precipitação supriu as necessidades calculadas por ET_c, figura 14 e 15.

Desta forma, e apesar de verificado efeito significativo das modalidades de rega no teor de água no solo, as plantas não apresentaram consequências quer em termos de fenologia, produtividade ou qualidade de produção. Este trabalho será útil para a LUTEGA e para os seus produtores, pois permitirá uma otimização da gestão da rega que, conseqüentemente, trará poupanças em recursos hídricos e económicos.

Para estudos futuros associados a esta temática é recomendado o cálculo atualizado das necessidades hídricas da planta associadas ao clima, solo, variedade e sistema de produção, e o controlo da rega através do cálculo da ET_c diária ou de sensores no solo, de modo a que sejam garantidas as condições para a execução de uma rega ótima e de uma rega deficitária.

8 Referências bibliográficas

Alegre, S., Girona, J., Marsal, J., Arbones, A., Mata, M., Montagut, D., Teixido, F., Motilva, M.J., Romero, M.P., 1999. Regulated deficit irrigation in olive trees. Thirth International Symphosium on Olive Growing, Vol 1, 373-376.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy, 300.

AquaCrop training handbooks. Book 1 – Understanding AquaCrop, 2015. FAO.

Barbosa, J., 2015. Lúpulo tem potencial para abastecer a indústria cervejeira nacional. Vida Rural.

Barta-Haas Group, 2016. Raw Hops, 1-3.

Barry, S., Muggah, E.M., McSweeney, M.B., Walker, S., 2018. A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes. Int. J. Food Sci. Technol. 53, 804–811.

Cancela, J., Fandiño M., Rey, J., González, P., 2017. Hop water requirements: a view and future goals. International Hop Growers Convention. 37-40.

Carrilho, F., 1981. Necessidades do lúpulo do ponto de vista do clima e trabalhos culturais. 1as Jornadas Técnicas sobre a cultura do Lúpulo, Braga. 1-10.

Darby, H., 2011. Fertility guidelines for hops in the Northeast. University of Vermont Extension, Vermont, USA.

Delahunty, K.M., Johnston, J.C., 2015. Strategies for weed management in organic hops, a perennial crop. Agron. J. 107, 634–640.

De Keukeleire, J., Janssens, I., Heyerick, A., Ghekiere, G., Cambie, J., Roldan-Ruiz, I., Van Bockstaele, E., De Keukeleire, D., 2007. Relevance of organic farming and effect of climatological conditions on the formation of r-Acids, â-Acids, Desmethylxanthohumol, and Xanthohumol in Hop (*Humulus lupulus* L.). J.Agric. Food Chem. 55, 61–66.

Dodds, K., 2017. Hops - a guide for new growers. NSW Dep. of Prim. Ind.

Evans, R., 2003. Hop Management in Water-Short Periods. Washingt. State Univ. Coop. Ext. U.S. Dep. Agric.

- Fandiño, M., Olmedo, J.L., Martínez, E.M., Valladares, J., Paredes, P., Rey, B.J., Mota, M., Cancela, J.J., Pereira, L.S., 2015. Assessing and modelling water use and the partition of evapotranspiration of irrigated hop (*Humulus Lupulus*), and relations of transpiration with hops yield and alpha-acids. *Ind. Crops Prod.* 77, 204–217.
- Galiato, S., Tozer, P., 2015. 2015 Estimated cost of establishing and producing in the Pacific Northwest. Washington State University Cooperative Extension.
- George, A., 1999. Crop profile for hops in Washington. Washington State University Cooperative Extension.
- He, L., Zhou, J., Zhang, Q., Charvet, H.J., 2016. A string twining robot for high trellis hop production. *Comput. Electron. Agric.* 121, 207–214.
- Ibragimov N., Evett, S., Esanbekov, Y., Kamilov, B., Mirzaev, L., Lamers, J., 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agricultural Water Management.* 90, 112-120.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen–Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.* 15, 259–263.
- Kumar S., 2011. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae.* 127, 318-327.
- Marcos, J., Nadal, J., Andiñón, J., Alonso, J., Ramisquido, J., Paz, J., 2011. Guía del cultivo del lúpulo. 1-33.
- Morais, J., 2015. O Lúpulo: Cultivares e Extrato. *Livros de atas, Jornadas de Lúpulo e Cerveja.* 11-21.
- Mozny, M., Tolasz, R., Nekovar, J., Sparks, T., Trnka M., Zalud, Z., 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology.* 149, 913-919.
- Nakawuka, P., Peters, T.R., Kenny, S., Walsh, D., 2017. Effect of deficit irrigation on yield quantity and quality, water productivity and economic returns of four cultivars of hops in the Yakima Valley, Washington State. *Ind. Crops Prod.* 98, 82–92.
- Pavlovic, M., Pavlovic, V., Rozman, C., Udovc, A., Stajniko, D., Wang, D., Gavric, M., Srecec, S., 2013. Market value assessment of hops by modeling of weather attributes. *Plant, Soil and Environment.* 59, 267-272.

Pavlovic, M., 2012. Production character of the EU hop industry. *Bulg. J. Agric. Sci.* 18, 233–239.

Pavlovic, M., 2014. Hop Industry. Quality Management Decision Support Modeling.

Rybacek, V., 1991. Hop Production. Elsevier, New York. 1-286.

Rodrigues M., Morais J., Castro J., 2015. O lúpulo: da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional. Livros de atas, Jornadas de Lúpulo e Cerveja. 1-10.

Rossbauer, G., Buhr, L., Hauptmann S., Klose, R., Meier, U., Staus, R., Webber, E., 1995. Phenological growth stages and BBCH identification keys of hop (*Humulus lupulus*, L.).

Shellhammer T. Hop Quality - A Brewer's Perspective. Oregon State University, USA.1-48.

Sirrine, J., Rothwell, N., Lizotte, E., Goldy, R., Marquie, S., Rythewski, E., 2010. Sustainable Hop Production in Great Lakes Region. Extension Bulletin E-3038. Michigan University Extension.

Solos, 2014. A água do solo – Texto provisório.

Svoboda, P., Hnilickova, H., Hnilicka, F., 2008. Changes in yield and quality of hop depending on the irrigation. *Cereal Research Communications*. Vol 36, 2, 891-894.

Turner, S.F., Benedict, C.A., Darby, H., Hoagland, L.A., Simonson, P., Robert Sirrine, J., Murphy, K.M., 2011. Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. *Agron. J.* 103, 1645–1654.

Wright, L., and Cone, W., 1999. Carryover of imidacloprid and disulfoton in subsurface drip-irrigated hop. *J. Agric. Urban Entomol.* 16, 59–64.

Hopsteiner (<https://www.hopsteiner.com/variety-data-sheets/Nugget/>) consulta efetuada a 15 de março de 2018.

ONU (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>) consulta efetuada a 23 de fevereiro de 2018.

German Brewers' Association (<http://www.reinheitsgebot.de/en/home/german-brewers-association/>) consulta efetuada a 6 de Abril de 2018.

British Hop Association (<https://www.britishhops.org.uk/>) consulta efetuada a 6 de abril de 2018.

International Hop Growers Convention (IHGC) (<http://www.hmelj-giz.si/ihgc/obj.htm>) consulta efetuada a 18 de junho de 2018.

MeteoGalicia (<http://www.meteogalicia.gal/web/index.action>) consulta efetuada a 23 de março de 2018.

FAO (<http://www.fao.org/home/en/>) consulta efetuada a 14 de setembro de 2018.

9 Anexos

Anexo 1 - Escala BBCH para a planta do lúpulo

□ Hop Rossbauer et al., 1995

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of hop

(Humulus lupulus L.)

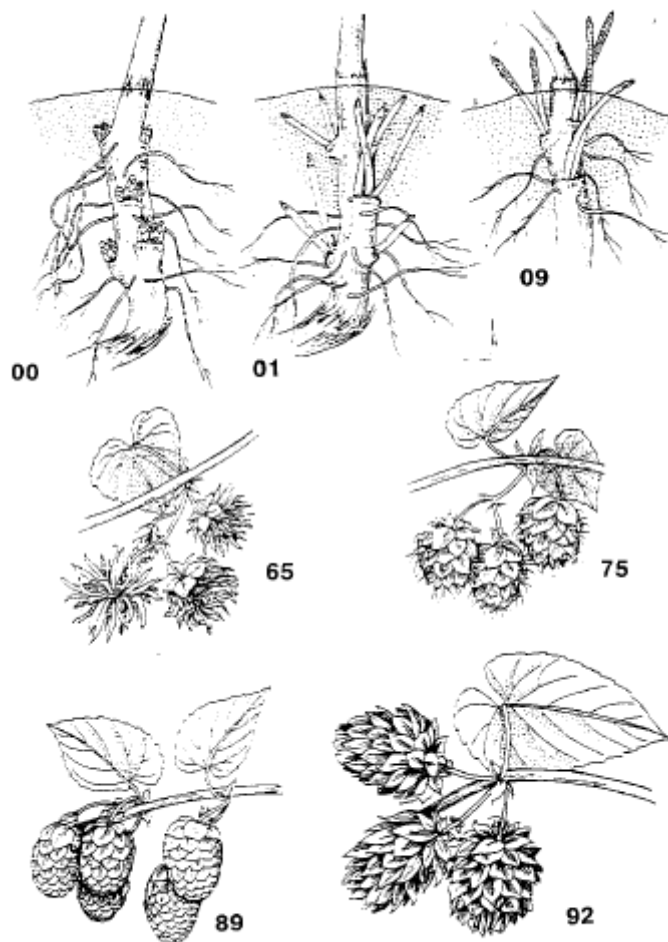
| Code | Description |
|---|---|
| Principal growth stage 0: Sprouting | |
| 00 | Dormancy: rootstock without shoots (uncut) |
| 01 | Dormancy: rootstock without shoots (cut) |
| 07 | Rootstock with shoots (uncut) |
| 08 | Beginning of shoot-growth (rootstock cut) |
| 09 | Emergence: first shoots emerge at the soil surface |
| Principal growth stage 1: Leaf development | |
| 11 | First pair of leaves unfolded |
| 12 | 2nd pair of leaves unfolded (beginning of twining) |
| 13 | 3rd pair of leaves unfolded |
| 1 . | Stages continuous till . . . |
| 19 | 9 and more pairs of leaves unfolded |
| Principal growth stage 2: Formation of side shoots | |
| 21 | First pair of side shoots visible |
| 22 | 2nd pair of side shoots visible |
| 23 | 3rd pair of side shoots visible |
| 2 . | Stages continuous till . . . |
| 29 | Nine and more pairs of side shoots visible (secondary side shoots occur) |
| Principal growth stage 3: Elongation of bines | |
| 31 | Bines have reached 10% of top wire height |
| 32 | Bines have reached 20% of top wire height |
| 33 | Bines have reached 30% of top wire height |
| 3 . | Stages continuous till . . . |
| 38 | Plants have reached the top wire |
| 39 | End of bine growth |
| Principal growth stage 5: Inflorescence emergence | |
| 51 | Inflorescence buds visible |
| 55 | Inflorescence buds enlarged |

Hop Rossbauer et al., 1995

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of hop

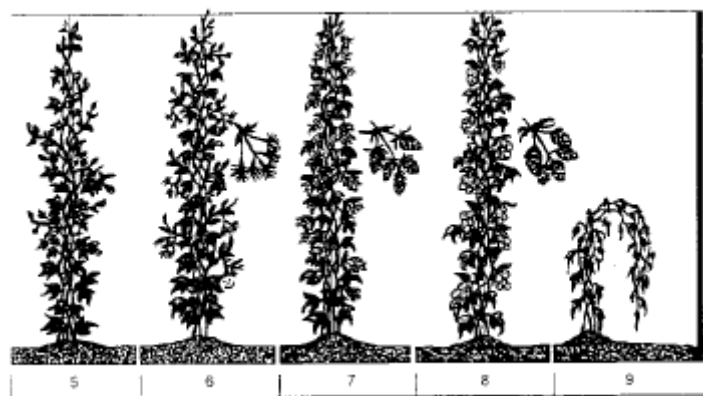
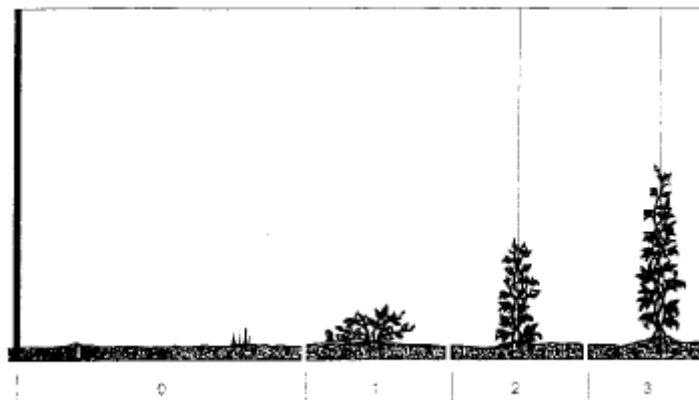
| Code | Description |
|--|---|
| Principal growth stage 6: Flowering | |
| 61 | Beginning of flowering: about 10% of flowers open |
| 62 | About 20% of flowers open |
| 63 | About 30% of flowers open |
| 64 | About 40% of flowers open |
| 65 | Full flowering: about 50% of flowers open |
| 66 | About 60% of flowers open |
| 67 | About 70% of flowers open |
| 68 | About 80% of flowers open |
| 69 | End of flowering |
| Principal growth stage 7: Development of cones | |
| 71 | Beginning of cone development: 10% of inflorescences are cones |
| 75 | Cone development half way: all cones visible, cones soft, stigmas still present |
| 79 | Cone development complete: nearly all cones have reached full size |
| Principal growth stage 8: Maturity of cones | |
| 81 | Beginning of maturity: 10% of cones are compact |
| 82 | 20% of cones are compact |
| 83 | 30% of cones are compact |
| 84 | 40% of cones are compact |
| 85 | Advanced maturity: 50% of cones are compact |
| 86 | 60% of cones are compact |
| 87 | 70% of cones are compact |
| 88 | 80% of cones are compact |
| 89 | Cones ripe for picking: cones closed; lupulin golden; aroma potential fully developed |
| Principal growth stage 9: Senescence, entry into dormancy | |
| 92 | Overripeness: cones yellow-brown discoloured, aroma deterioration |
| 97 | Dormancy: leaves and stems dead |

Hop



Anexo 1 - Continuação

Hop



Anexo 2 - Análises do Solo

LABORATORIO AGRARIO FONTEBOA



ANÁLISIS DE SOLO

| | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------|--------|
| APELLIDOS | LUTEGA | NOME | EMILIO |
| PARCELA | BORREIROS | | |
| TEXTURA | | pH en auga | 6,10 |
| CONDUCTIVIDAD extracto sat (dS/m) | | | |
| Materia organica por combustión | | | |
| Carbono organico oxidable (Walkley) | | | |
| Nitrogeno (organico-amoniaco) | | | |
| RELACION C/N | | | |
| Fosforo (Olsen) | 63 (mg/Kg) | | |
| Potasio en acetato | 363 ppm | | |
| Potasio en acetato | 0,96 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| Calcio en acetato amonico | 7,40 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| Magnesio en acetato amonico | 0,72 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| Sodio en acetato amonico | 0,17 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| Acidez de cambio | 2,03 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| % de saturación de Al | 18 | | |
| Capacidad de cambio efectiva | 11,37 (cmol(+)/Kg de suelo) | | |
| Ferro: | | | |
| Manganeso: | | | |
| Cinc: | | | |
| Cobre: | | | |

miércoles, 11 de abril de 2018

Anexo 3 - Dados da Produção (g)

| Planta Modalidade | Peso Fresco + Bandeja | Matéria Seca + Bandeja | Peso da Bandeja | Peso Fresco | Matéria Seca | Peso Fresco Médio |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|-------------|-----------------|----------------------|
| 1 Rega 100 | 759,5 | 531 | 464,8 | 294,7 | 66,2 | 300,6 |
| | 752,3 | 527,4 | 463,2 | 289,1 | 64,2 | |
| | 832,1 | 592,6 | 524,1 | 308 | 68,5 | |
| | 777,6 | 536,1 | 467 | 310,6 | 69,1 | |
| 2 Rega 100 | 806,2 | 574 | 502,9 | 303,3 | 71,1 | 310 |
| | 784,9 | 554,4 | 485,4 | 299,5 | 69 | |
| | 772,9 | 531,5 | 459,8 | 313,1 | 71,7 | |
| | 818,5 | 568,9 | 494,4 | 324,1 | 74,5 | |
| 4 Rega 100 | 842 | 577,5 | 498,8 | 343,2 | 78,7 | 315,975 |
| | 755,6 | 533,3 | 467,5 | 288,1 | 65,8 | |
| | 811,8 | 573 | 501,8 | 310 | 71,2 | |
| | 788,3 | 539,6 | 465,7 | 322,6 | 73,9 | |
| 7 Rega 80 | 795,3 | 581,9 | 521,2 | 274,1 | 60,7 | 289,225 |
| | 748,1 | 524,6 | 462,4 | 285,7 | 62,2 | |
| | 812,8 | 568,2 | 500 | 312,8 | 68,2 | |
| | 794,2 | 571,5 | 509,9 | 284,3 | 61,6 | |
| 8 Rega 80 | 749,4 | 540,3 | 480,4 | 269 | 59,9 | 287,125 |
| | 765,2 | 542,1 | 478,6 | 286,6 | 63,5 | |
| | 766 | 540,5 | 476 | 290 | 64,5 | |
| | 799 | 562,8 | 496,1 | 302,9 | 66,7 | |
| 10 Rega 80 | 762 | 564,7 | 500,6 | 261,4 | 64,1 | 272,025 |
| | 765,4 | 560,7 | 496,3 | 269,1 | 64,4 | |
| | 756,3 | 549,9 | 486,6 | 269,7 | 63,3 | |
| | 805,8 | 585,2 | 517,9 | 287,9 | 67,3 | |

Anexo 4 - Resultados Qualitativos

| Modalidades | Alfa | Beta | Humidade | Cohumulonas | Colupulonas | Alfa/Beta |
|-------------|------|------|----------|-------------|-------------|-----------|
| Rega 80 | 12,5 | 4 | 8,8 | 20,6 | 46,1 | 3,2 |
| | 14,3 | 4,5 | 8 | 21,3 | 47,7 | 3,2 |
| | 13,7 | 4,4 | 7,3 | 21,6 | 47,4 | 3,1 |
| Rega 100 | 13,7 | 4,4 | 7,6 | 22,2 | 47,9 | 3,1 |
| | 13 | 4,3 | 8 | 22,2 | 48 | 3 |
| | 13,5 | 4,4 | 7,3 | 22,6 | 49,7 | 3,1 |

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS AL LÚPULO DE LA COSECHA DE 2018

| Fecha análisis | Lote N° | Variedad | Humedad (%)* | Alfa ácidos(%)** | Beta ácidos (%)** | Cohumulonas (%)** | Colupulonas (%)** | Alfa/Beta** |
|----------------|-----------|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 22-26/10/18 | Lutega/18 | F11-1-A | 7,6 | 13,7 | 4,4 | 22,2 | 47,9 | 3,1 |
| | Lutega/18 | F11-2-A | 7,0 | 14,3 | 4,4 | 21,7 | 47,4 | 3,2 |
| | Lutega/18 | F12-1-A | 8,0 | 13,0 | 4,3 | 22,2 | 48,0 | 3,0 |
| | Lutega/18 | F12-2-A | 7,3 | 13,5 | 4,4 | 22,6 | 49,7 | 3,1 |
| | Lutega/18 | F22-1-A | 8,8 | 12,5 | 4,0 | 20,6 | 46,1 | 3,2 |
| | Lutega/18 | F22-2-A | 7,4 | 13,6 | 4,4 | 21,3 | 47,0 | 3,1 |
| | Lutega/18 | F23-1-A | 8,0 | 14,3 | 4,5 | 21,3 | 47,7 | 3,2 |
| | Lutega/18 | F23-2-A | 7,3 | 13,7 | 4,4 | 21,6 | 47,4 | 3,1 |