



Avaliação do sistema de produção do agrião de água (*Nasturtium officinale*) na empresa VAISA, S.A.

Maria da Piedade Valadas Parreira Cano

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores: Professora Maria Odete Pereira Torres
Professora Paula Maria da Luz Figueiredo de Alvarenga

Júri:

Presidente: Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, professor auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor João Carlos da Silva Dias, professor associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Doutora Paula Maria da Luz Figueiredo de Alvarenga, professora auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Um sincero agradecimento à professora Maria Odete Pereira Torres por todo o apoio prestado na elaboração desta dissertação e por todas as valiosas recomendações que me fez.

À professora Paula Maria Alvarenga, agradeço a disponibilidade, compreensão e paciência que demonstrou ao longo deste tempo. Agradeço pelas conversas e pelos ensinamentos que tão bem me transmitiu. Agradeço o apoio, o empenho e a preocupação que demonstrou.

A todos os professores do Instituto Superior de Agronomia, por se terem mostrado disponíveis para ajudar em tudo o que lhes fosse possível no decorrer deste ciclo de estudos.

Ao Sérgio Marinho, ao Simon, à Rosa, ao Bruno, à Catarina e ao Tomás por me terem ensinado tanto e por me terem feito sentir sempre em casa e não apenas num local de trabalho; pela oportunidade e pela entreaajuda.

Aos meus pais, por nesta altura, para além de pais, saberem ser também professores. Por me ensinarem a seguir em frente perante todas as adversidades e por me transmitirem, da melhor forma, todos os conhecimentos que anteriormente lhes foram transmitidos. Pela paciência, pelo carinho, por vinte e quatro anos cheios de amor.

Aos meus pais pela força que me transmitem, pelo exemplo que sempre foram para mim e, mais importante ainda, por serem os melhores do mundo e o pilar principal desta minha caminhada pela vida. Por tudo o que são para mim enquanto pais e pela felicidade que me dão no papel de avós; pela ajuda incondicional e por investirem no meu futuro, obrigada!

Aos meus irmãos, por estarem aqui, sempre.

À minha querida filha Maria, o maior agradecimento, por tudo o que me fez crescer enquanto pessoa. Pelo carinho, pelos sorrisos e pela força diária que me dá para atingir qualquer objetivo.

A todos os meus amigos que estiveram sempre presentes, nos bons e nos maus momentos, especialmente à Catarina Beja e à Ana Gonçalves.

Ao Gonçalo, um enorme agradecimento, por ter embarcado nesta viagem comigo, ajudando-me sempre que possível. Por me trazer equilíbrio e alegria. Pela paciência e pelo carinho, que foram absolutamente fundamentais.

Resumo

O agrião de água (*Nasturtium officinale*) é uma cultura com crescente procura por parte dos consumidores portugueses. É produzido para comercialização em Portugal por poucas empresas, sendo a de maior dimensão, em termos de volume de vendas, a VAISA, S.A..

Neste trabalho foram feitos dois estudos com potencial interesse para a produtividade da empresa: (i) a influência do modo de produção utilizado na composição mineral e no aparecimento de cloroses nas folhas de agrião; e (ii) a influência do número de cortes efetuados à cultura (recrescimentos) no rendimento final obtido. No primeiro estudo foram avaliados os dados meteorológicos e alguns parâmetros analíticos da solução nutritiva (pH, condutividade elétrica, temperatura e composição mineral) e das plantas (valor SPAD, como indicador do teor de clorofila nas folhas, e quantificação de macro e micronutrientes). No segundo estudo foi avaliado o método de produção utilizado (sementeira direta ou plantação), o número de cortes efetuados à cultura, agrupados em duas classes distintas [1 a 4 cortes (R1-R4); 5 a 7 cortes (R5-R7)] e a biomassa fresca total obtida.

Os resultados obtidos mostram que as cloroses observadas podem ser justificadas por carências nutricionais, dado que a sua zona de predominância coincide com a zona final dos canteiros, onde se verificam carências de alguns nutrientes. Estas carências podem ser favorecidas pelo pH, uma vez que os valores de pH registados (entre 7,5 e 9) se encontram acima dos valores recomendados para a produção de agrião, pela acumulação de carbonatos e bicarbonatos nesta zona e pelas baixas temperaturas invernais que podem afetar a mobilidade de nutrientes nos canteiros. Conclui-se ainda que a classe R1-R4 representa maiores rendimentos relativamente à classe R5-R7, sendo de prever aumentos na produtividade se a empresa optar por não fazer mais que quatro cortes à cultura.

Palavras chave: Agrião; método de produção; rendimento; recrescimentos; cloroses.

Abstract

Watercress (*Nasturtium officinale*) is a culture with increasing demand from Portuguese consumers. Only a small number of companies produce watercress with the purpose of resale in Portugal, the largest of them, in sales volume, is VAISA, S.A..

This work encompasses two studies with the potential to help increase that company's productivity: (i) the impact of the production method used by the company in the mineral composition and in the level of chlorosis in the leaves of the watercress; and, (ii) the influence of the number of cuttings applied to the culture (regrows) in its final yield.

For the first study, the evaluated parameters were weather data, analysis of the nutritive solution (pH, electrical conductivity, temperature and mineral composition) and analysis to the plants (SPAD value as an indicator of the chlorophyll). For the second study, the parameters evaluated were the production method employed (direct seeding and planting), the number of cuttings applied to the culture, grouped into two different categories [1 to 4 cuts (R1-R4); and, 5 to 7 cuts (R5-R7)], and the total fresh biomass yield.

Results show that the observed chlorosis may be justified by nutritional deficiencies, as they are more prominent at the end of their respective bed areas, where there is a deficiency of some nutrients.

These deficiencies may be heightened by pH values, since registered pH values (between 7,5 and 9,0) are above reference for watercress production, by the accumulation of carbonates and sodium bicarbonate in these areas and by the low temperatures registered during the winter periods, that may affect the mobility of nutrients across bed areas. Furthermore, the results indicate that R1-R4 category provides higher yields than the R5-R7 category, which means we can expect productivity gains if the company decides not to apply more than 4 cuts to a given culture.

Keywords: Watercress; production method; yield; regrows; chlorosis.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice de Figuras	vi
Lista de Abreviaturas.....	xii
1. Introdução	13
2. Revisão bibliográfica	15
2.1. A cultura do agrião de água	15
2.1.1. Origem.....	15
2.1.2. Características e biologia.....	16
2.1.3. Exigências nutricionais da cultura	17
2.1.4. Proteção da cultura	18
2.1.5. Estudos de produção de agrião de água	23
2.2. A cultura do agrião em Portugal	27
2.2.1. Produção	27
2.2.2. Comercialização	28
2.2.3. VAISA, S.A.	29
3. Descrição da produção de agrião na empresa VAISA, S.A.	30
3.1. Preparação do terreno e construção das camas de produção	30
3.2. Métodos de produção da cultura.....	33
3.3. Variedades utilizadas.....	35
3.4. Sistema de rega e fertilização	35
3.5. Fertilização	37
3.6. Colheita	39
4. Material e métodos.....	40
4.1. Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião	40

4.1.1.	Descrição da experiência.....	40
4.1.2.	Parâmetros avaliados	40
4.1.3.	Tratamento estatístico	44
4.2.	Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final	44
4.2.1.	Parâmetros avaliados	44
4.2.2.	Tratamento de dados	46
5.	Resultados	47
5.1.	Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião	47
5.1.1.	Dados meteorológicos.....	47
5.1.2.	Composição da solução nutritiva	48
5.1.3.	Plantas de agrião	54
5.2.	Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final	63
5.2.1.	Método de produção utilizado: sementeira direta/plantação	63
5.2.2.	Número de cortes efetuados à cultura	64
5.2.3.	Determinação da biomassa Fresca.....	66
6.	Considerações finais.....	67
6.1.	Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião de água.....	67
6.2.	Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final	68
7.	Referências Bibliográficas	70
8.	ANEXOS	74

Índice de Quadros

Quadro 1: Valores nutricionais de referência para a cultura do agrião de água (LQARS, 2006).	18
Quadro 2: Representação do risco de incidência de pragas ou doenças e consequente risco para a qualidade ótima do produto final; N/A – Não representa riscos de incidência; Bx – Baixo risco de incidência; Med – Risco de incidência médio; Alto – Risco de incidência elevado.	22
Quadro 3: Calendário de Produção - Comercialização referente ao ano 2012.	27
Quadro 4: Intervalo de dias entre aparaamentos.	34
Quadro 5: Distribuição da totalidade da água de rega pelas quintas de produção de agrião da empresa VAISA, S.A.	36
Quadro 6: Composição da solução nutritiva administrada através da rede de fertilização anualmente.	39
Quadro 7: Intervalo de dias entre a sementeira e a colheita, consoante o tamanho de agrião pretendido.	39
Quadro 8: Calendarização das amostras retiradas.	41
Quadro 9: Valores médios da composição mineral da solução nutritiva recolhida no 2º e 3º corte nas diferentes zonas das camas de ensaio. Os valores assinalados a amarelo são valores que se encontram abaixo dos valores esperados.	53

Índice de Figuras

Figura 1: <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. O desenho esquematiza: A - Aspetos gerais da flor, 20x; B - Detalhe do cálice e da corola, 7x; C - Androceu e Gineceu, 18x. (Fonte: Scavone e Panizza, 1973)	17
Figura 2: Cotações Mais Frequentes na Produção, na Grande Lisboa e no MARL.	28
Figura 3: Delimitação das quintas que compõe a empresa VAISA, S.A. Fotografia aérea retirada do Google Maps.	30
Figura 4: Camada de solo original constituída por material argilo-arenoso (camada B).	31

Figura 5: Camada de gravilha calcária (camada A).....	31
Figura 6: Esquema representativo do perfil longitudinal do solo de um canteiro de agrião de água.....	32
Figura 7: Espalhamento da gravilha ao longo do canteiro.....	32
Figura 8: Canteiro de agrião após plantação de plantas provenientes de viveiro.....	33
Figura 9: Esquema de recirculação de águas na quinta de Gondra, aplicado a uma "cama" de agrião.....	37
Figura 10: Distribuição das plantas no canteiro, de forma a conseguir uma película de água uniforme.....	37
Figura 11: Esquematização da distribuição de adubos efetuada pela empresa VAISA, S.A. para a cultura do agrião de água, de acordo com o método de produção.	38
Figura 12: Relação entre os valores de SPAD e a clorofila ($\mu\text{moles m}^{-2}$) para o agrião de água. Está indicado o coeficiente de correlação (R^2), o número de amostras (n) e o nível de significância (p).	42
Figura 13: Esquema da distribuição das folhas velhas e das folhas novas na planta de agrião de água.....	43
Figura 14: Média da temperatura máxima mensal ($^{\circ}\text{C}$) nos meses em que decorreu o ensaio.	47
Figura 15: Média da temperatura mínima mensal ($^{\circ}\text{C}$) nos meses em que decorreu o ensaio..	47
Figura 16: Média da amplitude térmica mensal ($^{\circ}\text{C}$) nos meses em que decorreu o ensaio.	48
Figura 17: Média dos valores de pH da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.	49
Figura 18: Média dos valores de pH da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.	49

Figura 19: Média dos valores de CE da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.	50
Figura 20: Média dos valores de CE da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.	50
Figura 21: Relação entre os valores de CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e a precipitação mensal (mm) significância nas camas de ensaio. Está indicado o coeficiente de correlação (r), o número de amostras (n) e o nível de (***) $p < 0,01$).	51
Figura 22: Média dos valores de temperatura da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.....	52
Figura 23: Média dos valores de temperatura da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.....	52
Figura 24: Valores médios de clorofila total das folhas novas e folhas novas cloróticas ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15.	54
Figura 25: Valores médios de clorofila total das folhas novas e folhas novas cloróticas ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16.	54
Figura 26: Plantas menos desenvolvidas (plantas pequenas) no canteiro G15 (2º corte).	55
Figura 27: Plantas cloróticas no canteiro G15 (A) e no canteiro G16 (B) na data do 3º corte....	55
Figura 28: Valores médios de clorofila total das folhas velhas (FV) ao longo do tempo nas diferentes zonas do canteiro de ensaio G15.....	56
Figura 29: Valores médios de clorofila total das folhas velhas (FV) ao longo do tempo nas diferentes zonas do canteiro de ensaio G16.....	56
Figura 30: Concentração de N (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente	

diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do N para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 57

Figura 31: Concentração de P (%), obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Não ocorreram diferenças significativas entre modalidades $p \geq 0,05$ (teste de Duncan) para cada data de corte. A linha verde indica o valor de referência do P para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006. 58

Figura 32: Concentração de K (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do K para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006. 58

Figura 33: Concentração de Mg (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan. Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Mg para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006. 59

Figura 34: Concentração de Ca (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Ca para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 59

Figura 35: Concentração de Zn (mg/Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está

representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Zn para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 60

Figura 36: Concentração de Fe (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Fe para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006. 61

Figura 37: Concentração de Cu (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Cu para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 61

Figura 38: Concentração de Mn (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test) A linha verde indica o valor de referência do Mn para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 62

Figura 39: Concentração de B (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas

(ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do B para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006..... 62

Figura 40: Concentração de Mo (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan. Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). 63

Figura 41: Área total semeada e área total plantada na totalidade das quintas da empresa VAISA, S.A. entre os anos 2014 e 2017..... 63

Figura 42: Comparação entre a produção total obtida (Kg/cama) nos canteiros cultivados pelo método de sementeira direta e os canteiros cultivados com recurso à plantação..... 64

Figura 43: Quantidade (%) de agrião produzido em modo de produção convencional para as três diferentes classes de estudo: Sementeira direta ou plantação (SD+P), de um a quatro recrescimentos (R1-R4) e de cinco a sete recrescimentos (R5-R7). 65

Figura 44: Quantidade (%) de agrião produzido em modo de produção biológico para as três diferentes classes de estudo: Sementeira direta ou plantação (SD+P), de um a quatro recrescimentos (R1-R4) e de cinco a sete recrescimentos (R5-R7). 65

Figura 45: Comparação entre a quantidade de biomassa fresca obtida em MPB (Modo de Produção Biológico) e a quantidade de biomassa fresca obtida em modo de produção convencional 66

Lista de Abreviaturas

VAISA, S.A.	VAISA - AGRICULTURA INTENSIVA, S.A.
UALG	Universidade do Algarve
<i>et al.</i>	e outros
DGADR	Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
BCF	Fator de bioacumulação
RGR	Taxa de crescimento relativo
EDTA	Ácido etilenodiamina tetra-acético
GPP e GPP/MAM	Gabinete de Planeamento e Políticas
GPPAA	Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar
RAR	Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A
MPB	Modo de produção biológica
PVC	Policloreto de vinilo
UV	Ultra-violeta
DRAPALG	Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve
CE	Condutividade elétrica
SPAD	<i>Soil and Plant Analysis Device</i>
T00	Tempo inicial
ANOVA	Análise de variância
SD	Sementeira direta
P	Plantação
R1 (...) R7	Primeiro recrescimento (...) Sétimo Recrescimento
DGAV	Direção Geral de Alimentação e Veterinária

1. Introdução

O agrião de água (*Nasturtium officinale*) é uma hortícola com bastante interesse devido às suas particularidades nutricionais, ao seu agradável paladar e à textura rica e succulenta das folhas.

O consumo desta planta em Portugal tem sido cada vez maior, devido às mudanças de hábitos alimentares dos portugueses, que deixaram de consumir o produto apenas em sopas para passar a consumi-lo em fresco, tanto em saladas como inserido em sandes e adaptado a pratos tradicionais.

O número de estudos que avaliam os efeitos benéficos do agrião de água para a saúde humana são cada vez mais, comprovando que o seu consumo pode mesmo auxiliar na prevenção do desenvolvimento de células cancerígenas devido à presença de glucosinolatos (Dias, 2012). O aumento da procura do produto cresce à medida que vão sendo comprovados os benefícios do mesmo.

O agrião é produzido para comercialização em Portugal por um pequeno número de empresas, sendo a de maior dimensão, em termos de volume de vendas a VAISA, S.A.. Esta empresa, instalada em Almancil, no Algarve, iniciou a sua atividade há mais de trinta anos, para abastecer o mercado inglês durante o inverno. Atualmente, a produção durante o período invernal destina-se a abastecer o mercado português e britânico e, nas estações de primavera e verão, a produção tem como destino apenas o mercado ibérico.

Para esta cultura, a VAISA, S.A. desenvolveu uma variedade própria registada no Catálogo Nacional de Variedades com o nome *Hampshire*, sendo a semente produzida internamente de acordo com uma previsão de produção de agrião anual. O agrião é cultivado em canteiros de características específicas.

A empresa desenvolveu o seu próprio sistema de cultivo, sendo a produção de agrião feita durante o inverno por recrescimento e na primavera e no verão por plantação. A colheita do agrião de água é mecânica e o produto, depois de chegar a Odemira, onde se localiza a sede da empresa, a fábrica e a secção de embalamento, é diretamente embalado e encaminhado em camiões frigoríficos até ao destino final.

O sistema produtivo desenvolvido pela empresa tem apresentado alguns problemas ao nível da produtividade final, uma vez que se têm notado diminuições nos rendimentos obtidos e, durante o período que decorre entre fevereiro e maio, têm surgido manchas cloróticas nas folhas de agrião que limitam a sua venda por falta de qualidade. Assim, a empresa deseja avaliar

a sua produção, de modo a perceber a origem das cloroses observadas e para otimizar a produção em termos do número de recrescimentos efetuados à cultura.

Tomando isto em consideração, a presente dissertação teve como principais objetivos:

- Avaliar a influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião;

- Avaliar a influência do número de cortes efetuados à cultura, na fase de recrescimento, no rendimento final.

O trabalho encontra-se por isso dividido em duas partes. Na primeira parte apresentam-se os dados recolhidos e analisados, em conjunto com a Universidade do Algarve (UALG), para o estudo referente ao aparecimento de cloroses no agrião e, numa segunda parte, apresentam-se os dados relativos ao impacto do sistema de produção nos rendimentos finais obtidos.

Deste modo, esperamos contribuir para a otimização da produção e consequente aumento dos rendimentos.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A cultura do agrião de água

O agrião de água (*N. officinale*) é uma planta herbácea pertencente à família *Brassicaceae* que se desenvolve naturalmente dentro e ao redor de água (Cruz *et al.*, 2006).

É uma cultura apreciada e consumida mundialmente não só pelo seu elevado valor nutricional, mas também por conter uma ampla gama de compostos bioativos para os quais há cada vez mais evidências de efeitos benéficos na saúde humana (Payne *et al.*, 2015). Nas últimas décadas, um número crescente de estudos sugere que o consumo de agrião favorece estilos de vida saudável devido aos benefícios antioxidantes e anti-inflamatórios. Mais especificamente, há estudos que mostram que o agrião *in vitro* tem a capacidade de combater o crescimento de células cancerígenas e o desenvolvimento de metástases (Rose *et al.*, 2000; Cavell *et al.*, 2011) devido essencialmente à presença de glucosinolatos (Dias, 2019).

O agrião de água é uma planta vivaz, tendo sido cultivada durante vários anos como tal. No entanto, hoje em dia é muitas vezes tratado como anual, sendo frequentemente cultivado em plataformas de características específicas, denominadas por canteiros. Um canteiro de agrião pode dar origem a cinco ou mais colheitas, podendo estas ser produzidas de formas diferentes. Um canteiro pode ser cortado duas ou três vezes, ou colhido de outras formas, antes de ser levantado e substituído por uma nova sementeira ou plantação. Um maior número de colheitas por ano é possível, com recurso a vários sistemas de plantação e de técnicas de propagação avançadas (Stevens, 1983).

O agrião de água é uma cultura de época fresca, com folhas bastante sensíveis a alterações climáticas, sendo mais fácil de produzir no outono e na primavera (Stevens, 1983). Por outro lado, no verão, as temperaturas favorecerem o crescimento da cultura e o seu rápido desenvolvimento.

2.1.1. Origem

Segundo Salazar (2007), o agrião é originário da Ásia setentrional e da Europa, tendo sido os nómadas os responsáveis pela sua expansão pelo mundo.

Nos últimos cinquenta anos, o agrião tem sido cultivado em canteiros construídos especificamente para o efeito. No entanto, esta hortícola começou a ser cultivada muito antes disso. Stevens (1983) afirmou que o primeiro registo de produção de agrião data de 1808, quando William Bradbury o cultivou em Springhead, Kent.

2.1.2. Características e biologia

O agrião é uma planta herbácea com caule de cor verde, ou arroxeado junto à base, flexível, glabro, cilíndrico e com sulcos longitudinais pouco profundos. O caule, com cerca de um centímetro de diâmetro pode atingir até 30 cm de altura e apresenta, junto aos nós, feixes de raízes adventícias finas que têm capacidade de gerar novas plantas (Scavone e Panizza, 1973).

A folha é peciolada, glabra e profundamente dividida, medindo o limbo cerca de 10 cm de comprimento por 6 cm de largura. As folhas dispõem-se alternadamente, e apresentam uma coloração ligeiramente mais escura na página superior que na página inferior. O pecíolo, com um centímetro de largura na base, é glabro e mede cerca de 3,5 cm de comprimento (Scavone e Panizza, 1973).

A flor (Figura 1) é pequena, medindo cerca de 5 mm de comprimento, hermafrodita e apresenta uma coloração branca; é diclamídea (possui cálice e corola) e actinomorfa. As flores encontram-se reunidas em ráculos terminais ou axilares. O cálice é dialissépalo e formado por quatro sépalas verdes, glabras, cuja concavidade está voltada para dentro. A corola é dialipétala, constituída por quatro pétalas dispostas em cruz, alternadamente com as sépalas. O androceu é tetradínamo, apresenta seis estames dispostos em dois verticilos: um externo com dois estames e um interno com 4 estames mais longos que os anteriores. A antera é bilobulada e medifixa, apresentando pólen amarelo. O gineceu apresenta um ovário súpero e unilocular, apesar de aparentar ser bilocular (Scavone, e Panizza, 1973).

Scavone e Panizza (1973) constataram ainda que o fruto é uma siliqua arqueada, de cor parda quando madura, com dimensões bastante pequenas (2 cm de comprimento por 2 cm de diâmetro).

As sementes são muito pequenas, tendo cerca de 1 mm de comprimento e 0,89 mm de diâmetro. Apresentam uma coloração parda, são exalbuminadas e o embrião é pequeno, com cotilédones plano-convexos (Scavone e Panizza, 1973).

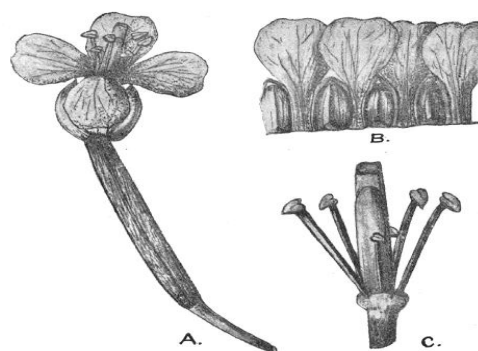


Figura 1: *Nasturtium officinale* R. Br. O desenho esquematiza: A - Aspectos gerais da flor, 20x; B - Detalhe do cálice e da corola, 7x; C - Androceu e Gineceu, 18x. (Fonte: Scavone e Panizza, 1973)

2.1.3. Exigências nutricionais da cultura

Sendo a produção de agrião de água conduzida num meio hidropônico é de extrema importância que seja feito um controlo rigoroso do pH deste, de forma a garantir a disponibilidade dos nutrientes que são aplicados à cultura através da solução nutritiva no qual a cultura se desenvolve. As quantidades de nutrientes disponíveis na água sofrem alterações em função da constituição da gravilha utilizada, das condições edafo-climáticas, dos corretivos orgânicos aplicados e do método de rega utilizado (Stevens, 1983).

Os nutrientes da solução hidropônica a que se deve dedicar particular atenção são o azoto, o fósforo, o potássio, o cálcio e o ferro.

Azoto

O azoto é o macronutriente de maior importância para a planta, apresentando um papel importante na produção de agrião de qualidade. Este elemento é responsável pela maior parte da produção de biomassa através da síntese de aminoácidos, proteínas e coenzimas (Stevens, 1983).

Fósforo

As necessidades da cultura em fósforo são geralmente supridas com a aplicação de um adubo completo, que, para além do azoto, contém fósforo nas proporções adequadas à cultura. Este nutriente é essencialmente utilizado para promover o desenvolvimento radicular, o que posteriormente facilita a absorção de outros nutrientes (Stevens, 1983).

Potássio

O potássio é um macronutriente de extrema importância, com grande impacto na qualidade da cultura obtida, uma vez que contribui para a melhoria da textura e da turgescência das folhas. O agrião beneficia da aplicação de potássio, embora os retornos não sejam tão evidentes (Stevens, 1983).

Cálcio

Sendo um constituinte das membranas celulares, prevê-se que contribua para a obtenção de folhas mais resistentes e vigorosas. Como a gravilha utilizada na preparação dos canteiros já contém diversos carbonatos, entre eles CaCO_3 , não se considera essencial a aplicação deste nutriente, uma vez que ele pode ir sendo disponibilizado gradualmente pela gravilha (Stevens, 1983).

Ferro

O ferro é um elemento que se encontra em elevadas quantidades na composição mineral da planta, sendo muito importante para manter um ótimo desenvolvimento da mesma.

No Quadro 1 estão apresentados os valores de referência para a cultura do agrião de água, de acordo com a Tabela do Manual para a Fertilização de Culturas do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, do INIAV (LQARS, 2006).

Quadro 1: Valores nutricionais de referência para a cultura do agrião de água (LQARS, 2006).

Na	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	B	Mo	N	P
%	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	%	%
-	4-8	1-2	0,25-0,50	20-40	50-100	6-15	50-250	25-50	-	4,2-6	0,7-1,30

2.1.4. Proteção da cultura

Sendo um dos objetivos deste estudo identificar a origem das cloroses presentes nas folhas de *Nasturtium officinale*, procedemos a uma breve descrição das pragas e doenças que têm maior incidência na cultura, para averiguar se pode, ou não, haver relação entre alguma praga ou doença e as manchas observadas.

(a) Doenças:

(i) Míldio (*Hyaloperonospora parasitica*)

Esta doença pode atingir alguma dimensão no agrião, embora não seja significativa em todos os anos de produção. A presença da doença e a falta de uma gama de produtos para usar no tratamento da mesma, leva à rejeição do produto.

O míldio caracteriza-se pelo aparecimento de manchas cloróticas amareladas nas folhas, que podem alastrar-se por toda a folha. Na página inferior da folha, verifica-se a presença de micélio esbranquiçado (Stevens, 1983).

Condições favoráveis à doença são temperaturas amenas, associadas a níveis elevados de humidade e pouca circulação de ar, assim como elevadas densidades de plantação que dificultem a circulação de ar entre as folhas (Stevens, 1983).

(ii) Murchidão das plântulas ou *Damping-off*

As doenças associadas à murchidão das plântulas afetam as sementes e as plântulas de agrião. Os maiores estragos não são imediatamente visíveis, pois afetam a semente e a germinação mesmo antes da emergência. As plantas que se conseguem desenvolver têm um crescimento mais lento e as produções podem ser consideravelmente mais baixas devido às lesões causadas nas raízes.

Todas as espécies de patógenos associados à murchidão das plântulas (*Rhizoctonia sp.* e *Pythium sp.*) levam ao colapso e morte das plântulas e produzem sintomas muito semelhantes, sendo difícil a sua distinção. No entanto, verifica-se uma maior incidência de *Rhizoctonia*.

No caso da infeção por *Pythium sp.*, a doença destrói o invólucro da semente, afetando todo o interior. As radículas e os cotilédones também se apresentam acastanhados e o processo germinativo acaba por falhar. As plântulas que conseguem emergir são afetadas ao nível da raiz ou do colo da planta, sendo o crescimento lento ou muito fraco visto as raízes não conseguirem absorver os nutrientes tão eficazmente.

Quando as sementes são infetadas por *Rhizoctonia sp.*, o processo germinativo não ocorre. A doença infecta frequentemente o hipocótilo em primeiro lugar, o que causa a quebra das plântulas à superfície do solo. Tanto as plântulas como as plantas já desenvolvidas podem ser afetadas por *Rhizoctonia*, uma vez que a doença afeta qualquer estágio de desenvolvimento. O sintoma clássico manifesta-se a nível do colo da planta onde se pode verificar a presença de uma constrição e descoloração da base do caule, ficando a plântula com um aspeto semelhante a arame e desenvolvendo-se uma teia acastanhada, constituída por micélio.

O *Pythium* existe frequentemente no solo e na água. É favorecido pela presença de condições de humidade, as quais são necessárias à propagação do agrião, particularmente em

alturas do ano em que os níveis de luz são baixos e as temperaturas não excedem os 8°C. Temperaturas amenas e fraco arejamento do solo favorecem o desenvolvimento de *Rhizoctonia*, sendo mais provável a infecção provir do solo do que do substrato (Stevens, 1983; Almeida, 2006).

(iii) Fusariose (*Fusarium oxysporum*)

A fusariose causa a murchidão das plântulas. As plantas permanecem murchas mesmo após a irrigação e as folhas começam a amarelecer. O interior das raízes apresenta-se negro e os tecidos apodrecidos. A maior fonte de contaminação é a própria semente e os restos de palha que permanecem armazenados com a semente após o processo de limpeza.

Condições favoráveis à doença são aquelas em que haja humidade elevada no substrato e temperaturas relativamente altas. Embora se conheça que a semente está contaminada com *Fusarium*, este não tem sido um problema frequente nas estufas (Stevens, 1983; Almeida, 2006).

(iv) Cercóspora (*Cercospora sp.*)

No caso de infecção por *Cercospora sp.*, as lesões são circulares e a margem destas apresenta uma coloração vermelho acastanhada. As lesões têm tendência a surgir primeiro nas folhas mais velhas. Quando observadas ao microscópio é possível observar a presença de pontuações negras (estromatas) na zona da lesão.

Esta doença é proveniente de semente contaminada e necessita de condições de temperaturas acima de 20°C e humidade prolongada na folha para que se desenvolva. Um dos fatores que contribui para a sua disseminação é a presença de restos de cultura contaminados.

Esta é a doença que mais se tem verificado no agrião na VAISA, sendo mais preocupante quando nas camas o recrescimento da cultura é feito mais vezes (Stevens, 1983; Almeida, 2006).

(b) Pragas:

(i) Afídeos (*Aphis fabae*/ *Myzus persicae*)

Os afídeos são insetos picadores sugadores que se alimentam da seiva da planta. No caso do agrião, os afídeos surgem principalmente como contaminantes, uma vez que permanecem na página inferior das folhas e, na sua maioria, nos pontos de crescimento. Porém, quando em grandes quantidades, podem provocar a atrofia dos pontos de crescimento e distorção das folhas (Stevens, 1983).

(ii) Larva mineira (*Hydrellia pubescens*)

As moscas de *H. pubescens* são de pequena dimensão, mas robustas. Embora a sua cor seja de um cinzento brilhante, a face apresenta uma coloração quase prateada que ajuda a sua identificação. As pupas têm uma forma semelhante a um barril e uma cor acastanhada e são facilmente identificáveis no caule de agrião, estando usualmente localizadas nos nós das plantas (Stevens, 1983).

(iii) Roscas (*Agrotis* sp.)

As roscas são noctúideas pertencentes ao género *Agrotis* sp., do qual se conhecem 3 espécies e, das quais, duas são predominantes (*Agrotis segetum* e *Agrotis ipsilon*) e potenciais condicionadoras da produção. As roscas causam poucos danos na cultura do agrião, sendo estes verificáveis nas folhas inferiores perto da lâmina de água. O maior problema é o facto de surgirem como contaminantes no produto colhido e apenas em casos de elevada pressão da praga se verifica o aparecimento de estragos (Stevens, 1983).

(iv) Rosca negra (*Spodoptera littoralis*)

As traças são maioritariamente noturnas e só são detetadas como contaminantes durante a colheita às primeiras horas do dia. As traças colocam os ovos em conjuntos cobertos com escamas.

As lagartas, com 3 pares de patas, podem apresentar diferentes colorações, mas apresentam 2 marcas circulares negras bastante características no 1º e 8º segmento do abdómen. As lagartas eclodem em 3 a 5 dias a cerca de 22°C e são particularmente vorazes. A alimentação é feita principalmente à noite, deixando buracos irregulares nas folhas.

Para além dos problemas de qualidade no que respeita à integridade das folhas, surgem também alguns problemas durante os picos da praga (março-abril e outubro-novembro), alturas em que é possível detetá-las no produto final. Esta situação tende a ser evitada pelos alertas para a fábrica e pelos níveis de controlo implementados no campo (Stevens, 1983).

(v) Tripes (*Thrips tabaci* e *Frankliniella occidentalis*)

Os tripes são insetos voadores com dimensão inferior a 1 mm. Ambas as espécies, *Thrips tabaci* e *Frankliniella occidentalis*, têm ciclos de vida muito semelhantes e curtos, cerca de 21 dias. Os maiores estragos são causados pelas ninfas, que se alimentam dos tecidos vegetais, deixando marcas prateadas. Os tecidos vegetais acabam por necrosar nos locais de alimentação. Os tripes são importantes transmissores de vírus, embora no caso do agrião de água ainda não se tenha verificado qualquer situação de transmissão (Stevens, 1983; Almeida, 2006).

No agrião, os tripes alimentam-se das folhas deixando pequenas marcas prateadas nos pontos de alimentação. Quando em grandes quantidades, podem afetar os pontos de crescimento, o que causa o desenvolvimento de folhas distorcidas e com defeitos (Stevens, 1983).

(vi) Y de prata

O agrião de água é ocasionalmente afetado por outras pragas, nomeadamente a Y de prata (*Autographa gamma*). As traças voam durante o dia e também durante a noite, sendo possível encontrá-las pousadas nas culturas às primeiras horas da manhã. Os ovos são colocados isolados ou em pequenos conjuntos na página inferior das folhas. As lagartas, com 2 pares de patas, eclodem dos ovos numa semana e alimentam-se das folhas, causando o estrago inicial. Este estrago é bastante característico, sendo que começam por se alimentar da lâmina da página inferior, que fica esclerotizada. Se a alimentação for contínua, pode surgir mesmo um orifício (Stevens, 1983).

Outra questão que se levanta aquando da produção de agrião de água em meio hidropónico é o aparecimento e desenvolvimento de infestantes aquáticas. No caso da empresa VAISA, S.A., a infestante que mais se verifica é a erva-pato, também conhecida como lentilha de água e lemna.

O Quadro 2 apresenta resumidamente as alturas de maior influência das pragas ou doenças no agrião de água para a situação da empresa VAISA, S.A..

Quadro 2: Representação do risco de incidência de pragas ou doenças e consequente risco para a qualidade ótima do produto final; N/A – Não representa riscos de incidência; Bx – Baixo risco de incidência; Med – Risco de incidência médio; Alto – Risco de incidência elevado.

Praga/ doença	Risco para qualidade									N/A	Bx	Med	Alto
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Afídeos													
Rosca negra													
Y de prata													
Larva mineira													
Cercospora													
Míldio													

2.1.5. Estudos de produção de agrião de água

2.1.5.1. Capacidade de fitorremediação do agrião de água

O *Nasturtium officinale* é uma planta muito duradoura à exposição a longo prazo de pequenas doses de alguns metais pesados. Vários estudos sustentam a elevada capacidade de fitorremediação conseguida pela planta do agrião de água, tanto no tratamento de solo como de água. Porém, sendo que o agrião tem capacidade para acumulação de alguns elementos potencialmente tóxicos, quando está a ser produzido para consumo humano, há que ter muito cuidado com potenciais contaminações do solo ou da água.

Um estudo efetuado por Kara (2005), no qual o agrião foi cultivado em soluções aquosas contendo cobre, níquel e zinco, veio mostrar que o agrião de água tem a capacidade de acumular elevados teores de cobre e zinco e, embora em concentrações mais baixas, pode também absorver níquel.

Outra pesquisa, levada a cabo por Duman *et al.* (2009), pretendia avaliar a influência da presença de metais pesados no crescimento de agrião e na capacidade de bioacumulação desses metais pesados pela planta. As plantas foram expostas a diferentes concentrações de cádmio (Cd), cobalto (Co) e cromo (Cr) durante 72 horas. O fator de bioacumulação (BCF) foi maior para plantas expostas ao Co e menor para plantas expostas ao Cr. Por outro lado, a taxa de crescimento relativo aumentou ligeiramente em plantas expostas a baixas concentrações de cobalto, voltando depois a diminuir.

Ozturk *et al.* (2010), num estudo realizado com o objetivo de investigar a resposta do agrião quando exposto a grandes quantidades de arsénio (As), mostraram que esta cultura é capaz de acumular grandes quantidades deste elemento nas folhas, sendo a maior taxa de acumulação encontrada em folhas expostas a 50 μM de arsenito. O estudo revelou ainda que o crescimento das plantas foi estimulado com aplicação de 1 μM de As (III), sendo que houve um aumento no teor de proteínas e prolina, seguindo-se um declínio gradual destas à medida que se foram aumentando as concentrações de As (III).

Também Shao-qi *et al.* (2010) avaliaram a aplicação de uma mistura de lamas residuais urbanas com resíduos orgânicos, alternadamente compostados durante 60 dias em aerobiose ou digeridos em anaerobiose, a um determinado tipo de solo existente na China (solo kailiyard), para a plantação de agrião. Os resultados obtidos mostraram que a produção de biomassa de agrião, em relação ao testemunho sem tratamento, aumentou com o acréscimo de adubação de 50 g para 150 g por vaso, mas diminuiu com a adição de composto ao solo. A quantidade ideal de composto adicionado foi de 0,4 g de composto por cada kg deste tipo de solo. A cultura

absorveu grandes quantidades de metais pesados, no entanto, o total de metais acumulados pelo agrião mostrou-se mais baixo que os níveis máximos definidos nos critérios chineses para a produção de hortícolas.

Outro estudo conduzido por Aydin e Coskun (2013), teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de ácido etilenodiamina tetra-acético (EDTA) na acumulação de arsénio na planta de agrião. O EDTA é um composto orgânico que age como agente quelante, formando complexos muito estáveis com diversos iões metálicos. Os autores concluíram que a aplicação de EDTA 15 dias antes da colheita aumentava a quantidade de arsenito acumulado na planta e que aplicação de EDTA apresentava efeitos inibitórios sobre a raiz e biomassa seca das folhas.

Estudos mais recentes de Li. *et al.* (2017), salientaram que o uso de resíduos secos de plantas hiperacumuladoras no solo antes da plantação de *Nasturtium officinale* aumenta as taxas de absorção de cádmio pela planta. A pesquisa revelou que aplicação de palha de quatro espécies hiperacumuladoras (*Youngia erythrocarpa*, *Galinsoga parviflora*, *Siegesbeckia orientalis* e *Bidens pilosa*) promoveu o crescimento de *N. officinale* e melhorou a eficiência da fitoextração de cádmio pela planta de agrião em solos de arroz irrigados e contaminados com cádmio. Apesar de todas as plantas apresentarem melhorias, a aplicação de resíduos secos de *Y. erythrocarpa* permitiu a obtenção de melhores resultados.

2.1.5.2. Produção de agrião de água em hidroponia e a sua associação à aquacultura

Sendo que o agrião de água é uma cultura que se desenvolve maioritariamente em zonas alagadas, têm sido realizados vários estudos a fim de avaliar a adaptação da planta a diferentes soluções nutritivas e o seu desenvolvimento em águas excedentes de aquacultura. Esta última é uma solução interessante, que evita a produção de efluentes na aquacultura, e um reaproveitamento dos nutrientes aí aplicados que não são consumidos pela espécie que é produzida.

O cultivo de agrião em hidroponia também tem sido bastante estudado. Esta é uma técnica de cultivo de plantas em água contendo nutrientes dissolvidos, sem solo, que, em muitos casos, apresenta vantagens como o rápido crescimento das plantas, maiores produtividades e maior segurança ambiental devido ao maior controlo do meio envolvente.

Castellani *et al.* (2009) avaliaram a utilização da água de viveiro de camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*) para a produção de agrião hidropónico (*Nasturtium aquaticum*) e alface (*Lactuca sativa*). O estudo permitiu concluir que a integração da cultura de agrião em sistemas hidropónicos associados com a produção do camarão de água doce em aquacultura, foi suficiente para atender à exigência de nutrientes no caso do agrião, tendo sido

obtidas plantas com maiores quantidades de biomassa quando comparadas com plantas expostas a solução nutritiva por gotejamento.

Santos *et al.* (2013) usaram a “vinhaça” (resíduo resultante da destilação de combustíveis alcoólicos, muito abundante no Brasil), que contém uma quantidade relativa elevada de nutrientes para a formulação de uma solução nutritiva, a fim de estudar o seu impacto no cultivo de alface, agrião e rúcula (*Eruca sativa*). A solução criada foi conseguida após decantação e filtração da “vinhaça”, e foi comparada com uma solução nutricional comercial constituída por um produto da Yara Fertilizantes®. A solução de “vinhaça” promoveu um maior número de folhas em alface e um maior desenvolvimento da parte aérea no agrião, não havendo diferenças significativas comparando o uso das duas soluções para a cultura da rúcula. O estudo mostrou ainda que o número de dias entre a sementeira e a obtenção de plantas preparadas para o transplante influenciou a produtividade final da cultura.

Tikhomirov *et al.* (2018) investigaram um modelo experimental de um sistema fechado de produção de agrião, com a presença simulada de um ser humano, na perspetiva de um sistema circular, que permitiria a reutilização do que é excretado pelo ser humano na produção do agrião. A simulação humana foi conseguida através da extração da quantidade média de oxigénio (O₂) que seria absorvido pelo ser humano e libertação da quantidade média de dióxido de carbono (CO₂) e incorporação de uma quantidade média de urina e fezes humanos no sistema fechado. Foram avaliados três métodos de cultivo: hidroponia em aglomerados de argila expandida, cultivo de plantas num substrato semelhante a solo, e cultivo de plantas em aquacultura. As plantas cultivadas hidroponicamente e em aquacultura nas soluções suplementadas com urina humana líquida mineralizada e fezes mostraram sinais de inibição do crescimento, o que causou uma redução média de produtividade de 30% ao final do estudo. Como todos os elementos minerais na solução foram mantidos em níveis ideais para as plantas, esta tendência foi provavelmente causada por um acúmulo gradual de compostos orgânicos na solução, que prejudicou a sua qualidade.

Recentemente, Nhan *et al.* (2019) avaliaram a resposta do crescimento da enguia-asiática (*Monopterus albus*), no crescimento de agrião de água e na qualidade da água, quando sujeitos a um sistema aquapónico de recirculação. O estudo centrou-se na avaliação do crescimento de três densidades diferentes de enguias (100, 180 e 200 indivíduos/m²) integradas em tanques com agrião em calha hidropónica e tanques sem agrião. A produção de enguia combinada com a calha hidropónica foi viável na melhoria da qualidade da água e exigiu reduções mudanças de água, em contraste com os tratamentos sem agrião, que exigiram uma substituição da água por dia. Os níveis de nitrato de amónio total na água foram maiores no estudo sem agrião, embora a água fosse alterada diariamente. Por outro lado, no tratamento

com agrião em calha hidropónica, não houve substituições de água, e houve uma redução dos níveis de amónio total depois da passagem da água pela calha hidropónica.

2.2. A cultura do agrião em Portugal

2.2.1. Produção

O agrião em Portugal é produzido nas regiões da Beira Litoral (Eira Pedrinha), Grande Lisboa (Sintra e Loures) e Algarve (Almancil). É um produto hortícola produzido ao longo de todo o ano, em regime intensivo e ao ar livre, estando o seu desenvolvimento vegetativo muito dependente das condições meteorológicas (GPP, 2007).

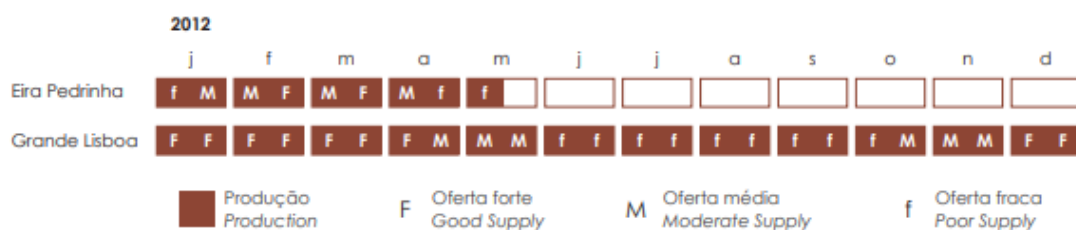
No inverno, a produção torna-se mais lenta durante os períodos em que as temperaturas são baixas e a humidade relativa baixa. Quando chove, por outro lado, como a humidade relativa aumenta e as temperaturas são amenas, o desenvolvimento da cultura é mais rápido e nota-se um aumento de vigor nas plantas. A cultura é muito sensível à ocorrência de geadas, que causam atrasos no desenvolvimento vegetativo, danos nas folhas que ficam com uma coloração roxa e maior suscetibilidade à ocorrência de doenças (GPPAA, 2003).

No verão, com o aumento da temperatura, o desenvolvimento vegetativo é muito rápido, provocando uma antecipação da floração que limita o número de cortes feito por canteiro, sendo nesta altura que se notam diminuições na produção. Dá-se início à produção de semente (GPPAA, 2003; GPP, 2007).

No outono e primavera, quando as condições meteorológicas são favoráveis, cada plantação dura cerca de cinco a seis meses, sendo realizados seis a sete cortes por cada plantação. É nesta altura que se verificam maiores produtividades de agrião (GPP, 2007).

Como mostra o Quadro 3, em 2012 a produção na Beira litoral ocorreu de janeiro a maio, e na zona da Grande Lisboa prolongou-se ao longo do ano, apresentando uma melhor oferta de novembro a maio (Gabinete de Planeamento e Políticas (GPP/MAM, 2014)).

Quadro 3: Calendário de Produção - Comercialização referente ao ano 2012 [disponível em GPP/MAM (2014)].



2.2.2. Comercialização

O agrião disponibilizado no mercado pela VAISA, S.A. é colhido diariamente e enviado para o destino no próprio dia, uma vez que se trata de uma hortícola bastante perecível e com folhas muito sensíveis a quaisquer alterações. A procura determina as necessidades de colheita, forçando ou não, a antecipação do corte para satisfação das necessidades de consumo.

Segundo o GPP (2007), em 2005, houve um decréscimo geral na produção de agrião relativamente ao ano transato, devido às elevadas temperaturas que se fizeram sentir em Portugal durante a altura de pico de produção, sendo de salientar a empresa Vitacress (Almancil), atual VAISA, S.A., por ter sido a única a aumentar as produções. A comercialização fez-se durante todo o ano tendo, no entanto, maior volume entre outubro e junho. Nos meses de verão houve um abrandamento no volume comercializado devido à falta de água e ao espigamento das plantas. Na Vitacress a maior parte da produção teve como destino a exportação e o abastecimento das grandes e médias superfícies, sendo Inglaterra o principal mercado externo. O agrião é apresentado já lavado, embalado e pronto a consumir. A restante produção, proveniente de pequenos produtores das hortas de Portimão, Monchique e Campina de Faro/Olhão foi sobretudo para o abastecimento dos mercados locais. O agrião produzido na área de mercado de Eira Pedrinha foi canalizado para os mercados abastecedores através de camionistas e distribuidores e também abasteceu os mercados regionais.

Como mostra a Figura 2, as cotações do produto variam de mercado para mercado e são influenciadas por diversos fatores, como a procura do produto ou a época de produção. Comparando os anos 2011 e 2012, verificaram-se variações positivas na cota de mercado para Lisboa, entre junho e setembro e para a Beira Litoral, entre março e maio, julho e entre outubro e dezembro (GPP/MAM, 2014), coincidindo estes períodos com as alturas de fraca oferta por parte dos produtores.



Figura 2: Cotações Mais Frequentes na Produção, na Grande Lisboa e no MARL (disponível em GPP/MAM (2014)).

2.2.3. VAISA, S.A.

Em 1954, o inglês Malcom Isaac, interessado nas potencialidades das folhas do agrião, decidiu abrir uma produção de 0,4 hectares no Sul da Inglaterra, em Hampshire.

A iniciativa de Malcom deu início à empresa Vitacress que é agora uma das maiores produtoras de saladas e produtos embalados prontos a consumir na Europa. Em meados de 1960 começou a distribuição em cadeia de frio até aos mercados locais em Inglaterra, dando origem posteriormente em 1967 ao fornecimento de agrião embalado aos supermercados.

No início de 1970 o agrião de água tornou-se um produto de IV gama (produtos hortofrutícolas frescos que se apresentam lavados e desinfetados, cortados ou não e que mantêm as características da matéria prima devido à atmosfera protetora da embalagem em que se encontram), tanto no mercado britânico como no mercado europeu. Dada a crescente procura pelo produto, e as condições favoráveis para a sua produção na região costeira portuguesa, surgiu então a exploração da Vitacress em Almancil, que se tornou, em pouco tempo, líder na produção de agrião.

Em inícios da década de oitenta juntaram-se ao agrião uma vasta gama de saladas e folhas *baby* com grande procura por parte dos consumidores, o que mais tarde proporcionou a expansão da empresa com o início da produção de plantas aromáticas.

Em 2008, o grupo Vitacress foi adquirido pelo Grupo RAR (Refinarias de Açúcar Reunidas, S.A), que nesta altura marcava já presença no Reino Unido, Portugal e Espanha, explorando cerca de 750 hectares de terrenos agrícolas. A marca Vitacress é líder de mercado em Portugal e opera também em Espanha, na Holanda, na Bélgica e na Alemanha.

Em Portugal é Odemira que acolhe a sede da empresa e duas das quintas de produção: a Quinta da Boavista, onde são produzidas maioritariamente culturas em modo de produção biológico e ervas aromáticas, e a Quinta da Azenha, onde crescem as restantes folhas *baby*. Almancil foi, com a produção de agrião de água, o berço da Vitacress em Portugal, e é, ainda hoje, em Almancil que se mantém o cultivo de agrião de água e se deu início ao crescimento da produção de ervas aromáticas biológicas em vaso.

A VAISA, S.A. é composta por várias quintas (Anexo I). Começou na Quinta Vale Verde e depressa cresceu com a compra e construção da Quinta Nelson. Pouco tempo depois a empresa alugou um novo espaço junto à Quinta Nelson, onde construiu a Quinta Gondra. Dez anos depois a empresa volta a expandir com a compra da área onde hoje se encontra a Quinta Fónica.

A mais recente aquisição foi a área onde se encontram as quintas de Ludo: Ludo Pereira e Ludo Bottom, sendo esta última reservada para a produção em modo biológico (MPB).

A empresa VAISA, S.A. encontra-se situada numa zona dedicada ao turismo de luxo – Quinta do Lago –, o que dificulta a exploração dos terrenos para fins agrícolas. Por este motivo as quintas adquiridas pela empresa apresentam uma distribuição aleatória, não sendo próximas umas das outras (Figura 3).

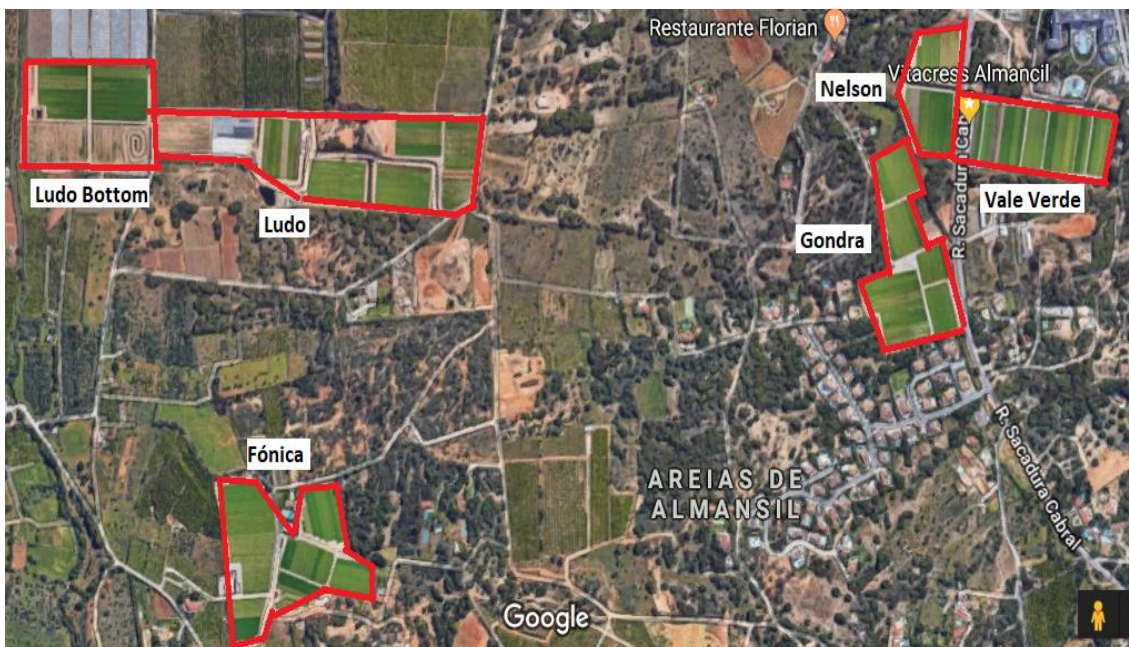


Figura 3: Delimitação das quintas que compõe a empresa VAISA, S.A. Fotografia aérea retirada do Google Maps.

3. Descrição da produção de agrião na empresa VAISA, S.A.

3.1. Preparação do terreno e construção das camas de produção

A VAISA, S.A. desenvolveu um sistema próprio de produção de agrião em canteiros de características específicas, às quais se dá o nome de “camas”. Em cada canteiro o terreno original (Figura 4) é nivelado com uma inclinação de 0,4% ao longo do comprimento, e sem qualquer inclinação ao longo da largura, para que a água escorra uniformemente ao longo de todo o comprimento da “cama”.

Após o nivelamento do terreno original é colocada no canteiro uma camada de solo natural (camada B) constituída por material argilo-arenoso de textura fina, com um fracionamento de matéria fina variável entre 25% a 60% de argila, 25% a 60% de areia e 10% a 20% de limo, como se pode observar na Figura 4.



Figura 4: Camada de solo original constituída por material argilo-arenoso (camada B).

Esta camada de solo natural é também nivelada, mantendo os valores do nivelamento inicial, e compactada de modo a reduzir a taxa de infiltração de água para que esta possa fluir ao longo da cama sem se infiltrar completamente. Após a compactação, os canteiros são delimitados com um lancil pré-fabricado em betão e, finalmente, é colocada uma camada de gravilha calcária (camada A) em partículas de dimensões entre os 5 mm e os 20 mm, utilizada para ajudar a fixação das plantas durante o cultivo (Figura 5).



Figura 5: Camada de gravilha calcária (camada A).

O perfil longitudinal do solo encontra-se representado esquematicamente na Figura 6.

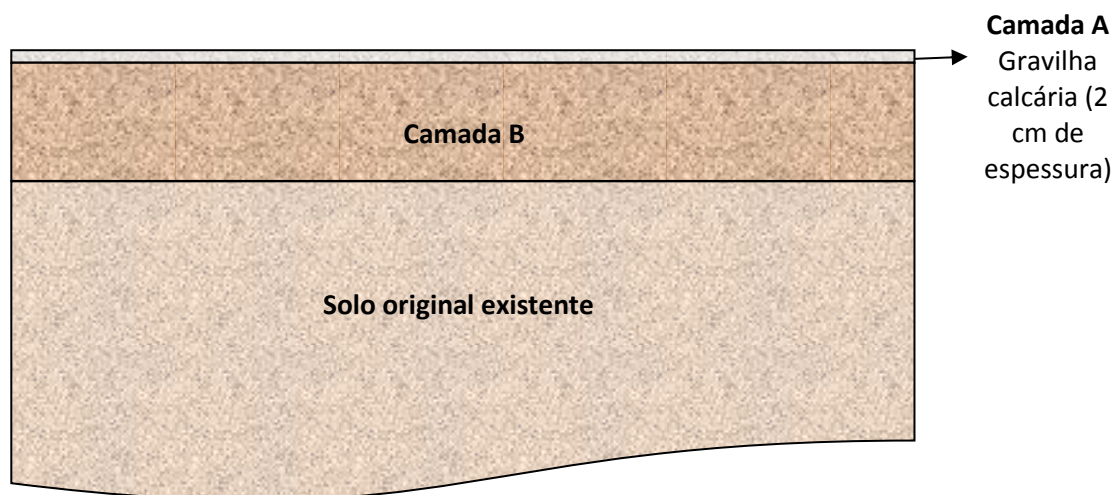


Figura 6: Esquema representativo do perfil longitudinal do solo de um canteiro de agrião de água.

A última camada (camada A) é frequentemente renovada, de forma a garantir uma boa higienização da produção e para reduzir os níveis de matéria orgânica acumulada. Inicialmente, quando se renovava esta camada era usada nova gravilha, no entanto, sendo os custos muito elevados e a composição da gravilha nova pouco interessante para a cultura do agrião, devido aos elevados teores de Ca, optou-se por começar a reciclar a gravilha através de uma lavagem feita dentro das quintas da empresa. Esta solução não só apresenta uma redução nos custos, como reduz o calcário ativo da gravilha, tornando-a mais interessante, uma vez que, estando menos ativa, não promove um aumento do pH tão acentuado na solução nutritiva, o que poderá ser um fator limitante ao bom desenvolvimento da planta.

A renovação desta camada é feita em quatro fases distintas que ocupam mais ou menos duas horas:

- 1ª fase – compactação do canteiro (realizada apenas 1 vez por ano);
- 2ª fase – lavagem e espalhamento da gravilha (Figura 7);
- 3ª fase – nivelamento com rastilho;
- 4ª fase – passagem com o cilindro.



Figura 7: Espalhamento da gravilha ao longo do canteiro.

Inicialmente os canteiros eram construídos com uma largura de 9 metros mas, tem-se tornado uma tendência fazê-los com 11 a 13 metros de largura, por tornar possível a instalação

de polituneis e a utilização de coberturas de solo. Relativamente ao comprimento dos canteiros, as dimensões oscilam entre os 50 e os 120 metros, conforme a dimensão dos campos.

3.2. Métodos de produção da cultura

Há vários métodos de produção da cultura, estando a sua escolha essencialmente dependente da época de produção e das necessidades de produção semanais, que oscilam muito ao longo do ano.

Para iniciar o cultivo de agrião num canteiro, pode optar-se por um dos dois métodos seguidamente descritos:

3.2.1. Plantação

A plantação é um processo mais trabalhoso, mais moroso e mais dispendioso que os restantes envolvidos no processo de cultivo do agrião sendo, por isso, usado apenas quando é estritamente necessário. É feita durante todo o ano, embora seja mais utilizada no inverno para evitar o longo período de germinação necessário quando se recorre à sementeira direta.

As plantas utilizadas são provenientes de viveiro, sendo o seu método de produção indicado para propagação em “Modo de Produção Biológico”. O tempo de propagação das plantas varia consoante a época do ano, sendo que no verão oscila entre 10 a 12 dias e no inverno entre 20 a 21 dias.

As plantas produzidas em viveiro são depois distribuídas pelas camas com uma densidade média de 4300 plantas/m² (Figura 8).



Figura 8: Canteiro de agrião após plantação de plantas provenientes de viveiro.

3.2.2. Sementeira direta

A sementeira direta é feita com recurso a um “seed spider”, diretamente nos canteiros de produção de agrião, utilizando-se uma densidade de sementeira de 1,5 a 2 g/m².

Este processo começou a ser utilizado em Portugal de forma a aproveitar sementes de dimensões mais pequenas assim como com algumas impurezas.

Sendo o agrião uma planta com capacidade para regenerar a parte aérea após a colheita, recorre-se ao método de recrescimentos (descrito em seguida) para continuar a produção da cultura. Ou seja, faz-se uma sementeira ou plantação num canteiro de agrião para início de cultivo, sendo as plantas da mesma “cama” depois sujeitas a vários cortes (recrescimentos), sem que tenha que ser feita nova sementeira ou plantação.

3.2.3. Recrescimentos

Os recrescimentos são realizados essencialmente durante o inverno, uma vez que, devido às baixas temperaturas, a cultura se desenvolve muito lentamente.

Este método consiste no corte da mesma sementeira/plantação várias vezes, sem que seja necessária a introdução de novas plantas na cama. Atualmente cada sementeira/plantação pode originar 3 a 4 cortes (colheitas) e, em casos de maiores necessidades do mercado em agrião, podem ser feitos até 7 cortes no mesmo canteiro.

Depois de cada corte (colheita), a cultura passa por um processo de dupla aparagem que deixará o agrião todo ao mesmo nível, para permitir uniformidade aquando da colheita. O primeiro apartamento é feito com a máquina Chepa 1, que se assemelha a um corta-relva e o segundo apartamento é feito com a máquina Chepa 2, constituída por dois discos que giram em sentidos contrários. Caso seja necessário, podem ser feitos mais apartamentos, sendo estes efetuados com a máquina Chepa 2.

Em Almancil os solos são maioritariamente calcários, o que torna as disponibilidades de ferro extremamente reduzidas. Para contrariar este efeito, e dada a importância deste elemento para um bom desenvolvimento da cultura, a adubação é feita alternadamente com a aplicação de solução nutritiva, na tentativa de evitar incompatibilidades, pois o adubo ferroso usado é pouco solúvel na solução nutritiva usada pela empresa, podendo este precipitar em formas não solúveis.

Assim é aplicado sulfato de ferro (40 kg/ha) nos primeiros sete dias a seguir a cada plantação ou aparagem.

o primeiro e segundo apartamento são separados por um intervalo de dias que varia de acordo com a temperatura e duração do ciclo da cultura, de forma a tornar mais eficiente a produção e a causar menos stress às plantas, como indicado no Quadro 4.

Quadro 4: Intervalo de dias entre apartamentos.

	verão	inverno
Intervalo entre apartamentos	5 a 7 dias	10 a 15 dias

3.2.4. Propagação vegetativa

A propagação vegetativa esteve em declínio durante algum tempo, voltando a ser utilizada como forma de suprir falhas na propagação ou eventuais retardamentos na produção.

Este processo é, por norma, utilizado apenas durante o inverno e consiste no espalhamento da parte superior de plantas cortadas na área de produção biológica, que vão criar raízes, gerando novas plantas.

O processo de espalhamento das plantas é feito manualmente, no entanto tenta-se sempre manter a densidade de 1,5 a 2 kg/m².

3.3. Variedades utilizadas

A Vitacress desenvolveu ao longo dos anos uma variedade que foi registada no Catálogo Nacional de Variedades, denominada *Hampshire*. É desta variedade, produzida todos os anos nas quintas da VAISA, S.A., que provem a grande maioria da produção da empresa. Por vezes, são testadas e produzidas novas variedades devido às suas especificações. No entanto, neste estudo foi utilizada apenas a variedade *Hampshire*, proveniente da produção de semente referente ao ano 2017.

3.4. Sistema de rega e fertilização

Sistema de rega

De forma a minimizar o impacto ambiental na zona envolvente e para valorizar ao máximo os recursos existentes, as quintas são compostas por uma rede interna de recirculação de água, que possibilita um abastecimento contínuo de água às camas e por uma rede de fertilização.

Este sistema envolve a recirculação de 80% da água que chega às camas, com a introdução de 20% de água fresca proveniente de furos. A recirculação da água permite ainda um maior aproveitamento dos nutrientes aplicados através do sistema de fertilização existente, uma vez que, os nutrientes não absorvidos pelas plantas não são eliminados do curso de água, sendo reciclados.

Nos canteiros a distribuição da rega é feita por uma torneira com uma válvula de cunha (instalada em cada canteiro). Esta é uma torneira giratória que atua com uma cunha cilíndrica facilitando o controlo do caudal de rega e a quantidade de água que circula nos canteiros consoante a fase vegetativa da cultura.

A distribuição da água ao longo dos canteiros é feita através da circulação de um fluxo de água contínuo, por gravidade, conseguido pela inclinação de 0,4% dada no processo de nivelamento.

A água é distribuída pelas quintas através de bombas que têm a capacidade de bombear um fluxo total de 70.000L/h/ha, sendo que as quantidades de água utilizadas por cada quinta variam, como indicado em seguida, no Quadro 5.

Quadro 5: Distribuição da totalidade da água de rega pelas quintas de produção de agrião da empresa VAISA, S.A..

Quinta	Nº de bombas	Caudal total (L/h/ha)	Caudal Total (L/h/ha)
Valverde	4 (2 em funcionamento alternado)	210.000	70.000
Nelson	2	140.000	
Gondra	2	140.000	
Ludo	3	210.000	
Fónica	5 (funcionamento alternado)	210.000	
Ludo Bottom	2	140.000	

Sistema de fertilização

Cada canteiro possui uma segunda torneira ligada a um sistema independente, responsável por injetar solução nutritiva na água de rega que circula pelos canteiros.

A rede de fertilização é composta por tubagens de pequeno diâmetro (32 mm), que terminam com uma válvula de esfera em PVC para controlo da dose de adubo aplicado. Este doseamento de adubo é efetuado por bombas doseadoras, controladas por computadores de rega, de modo a aplicar as quantidades necessárias de nutrientes para a cultura.

A jusante dos canteiros existem duas saídas de água, que servem para recolher a água em duas situações distintas: uma quando estão a ser regados e outra para quando os canteiros estão a ser limpos.

Esta água excedente (água de rega + água fertilizada) é recolhida e, depois de passar por um Sistema UV, para desinfecção, e por tanques de sedimentação, para remoção de sedimentos, é bombeada de forma a voltar a circular pelos canteiros. No retorno aos canteiros, a água carrega os nutrientes que não foram absorvidos primeiramente pelas plantas.

A Figura 9 representa esquematicamente o processo de recirculação de água, aplicado a uma “cama” de agrião, situada na quinta de Gondra (na qual se centra o estudo em questão).

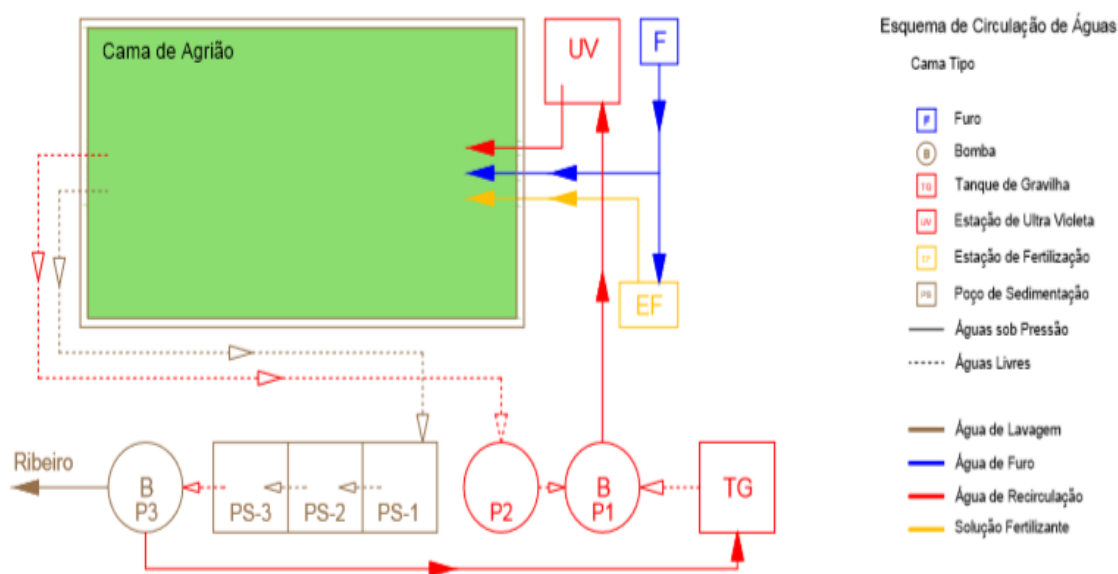


Figura 9: Esquema de recirculação de águas na quinta de Gondra, aplicado a uma “cama” de agrião.

Nos canteiros, as plantas são ajustadas de forma a permitirem a correta circulação de água. São abertos corredores de circulação de água (Figura 10), o que irá permitir a circulação de uma película uniforme de água, o fornecimento adequado de nutrientes e evitar grandes oscilações de temperaturas entre o início e o fim dos canteiros.



Figura 10: Distribuição das plantas no canteiro, de forma a conseguir uma película de água uniforme.

3.5. Fertilização

A adubação da cultura está definida em função do desenvolvimento desta, o que implica pelo menos duas aplicações de adubo, uma realizada cerca de 6 dias após a plantação e outra 12 a 15 dias depois da mesma (Figura 11). Caso, através da observação visual do desenvolvimento da cultura, se verifiquem alterações ao desenvolvimento da cultura ou eventuais carências, é feita geralmente uma terceira aplicação, cerca de 21 dias após a plantação.

As aplicações de adubo eram feitas com um distribuidor de adubo, que podia ser instalado num carrinho manual, ou adaptado para uma moto 4x4. Hoje em dia, de forma a

rentabilizar tempo, o adubo é deixado junto à boca de rega, sendo distribuído por transporte e diluição na água de rega, à medida que a lâmina de água avança ao longo do comprimento da cama.

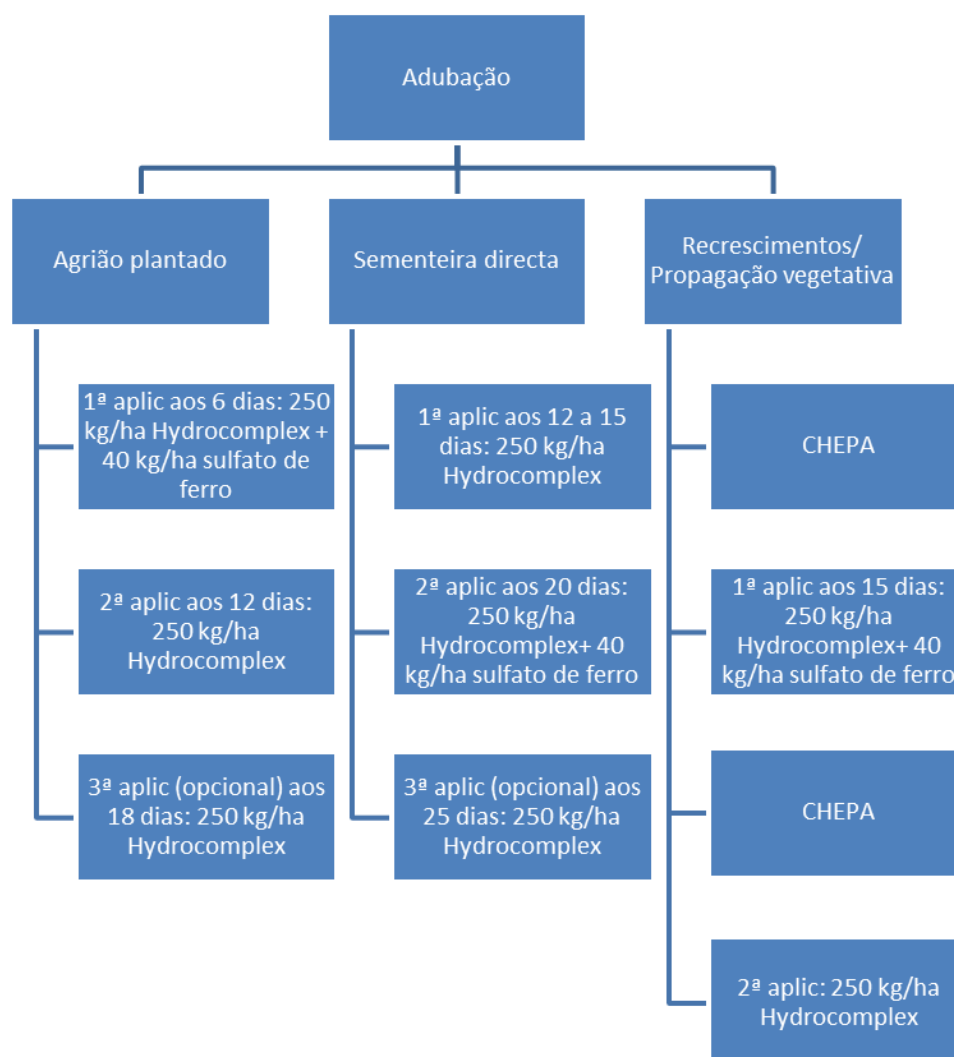


Figura 11: Esquematização da distribuição de adubos efetuada pela empresa VAISA, S.A. para a cultura do agrião de água, de acordo com o método de produção.

Relativamente à solução nutritiva administrada às camas através da rede de fertilização, não há um controlo preciso no que toca a quantidades aplicadas, uma vez que as torneiras são abertas 8 horas por dia, em todas as camas, independentemente do seu tamanho e do desenvolvimento da cultura. No Quadro 6 estão presentes os fertilizantes que compõe a solução nutritiva e a quantidade total anual aplicada de cada um deles.

Quadro 6: Composição da solução nutritiva administrada através da rede de fertilização anualmente.

Fertilizante	Composição	Total	Unidades
NUTREL C	Mistura sólida de Micros	210,00	Kg/ha
STARPHOS PK	Adubo binário PK+Mg	580,00	L/ha
YARA-KRISTA MAG	Nitrato de Magnésio	875,00	L/ha
CALCINIT	Nitrato de Cálcio	2000,00	Kg/ha
KRISTA-K PLUS	Nitrato de Potássio	1625,00	Kg/ha
KRISTA-PRIX	Adubo NK + Ca	850,00	Kg/ha

3.6. Colheita

Os dias que decorrem da sementeira até à colheita variam consoante a época do ano. Durante o Inverno a cultura cresce mais lentamente, tornando-se favorável fazer recrescimentos, de forma a obter produções em menores períodos de tempo. Durante o Verão, devido à sensibilidade à floração e à rapidez do desenvolvimento da cultura, opta-se por fazer apenas sementeiras diretas ou plantações.

Outro fator que influencia este período de dias é o tamanho do agrião que se pretende obter (comprimento e largura das folhas e dos talos). Relativamente ao tamanho existem várias especificações para a comercialização do agrião: “*baby*”, de dimensões mais pequenas; “*salad*” com comprimentos médios e “*standard*”, que apresenta folhas mais largas e talos mais grossos.

No Quadro 7 apresenta-se o intervalo de dias entre a sementeira e a colheita, conforme a época do ano e a especificação que se pretende obter.

Quadro 7: Intervalo de dias entre a sementeira e a colheita, consoante o tamanho de agrião pretendido.

	<i>Baby</i>	<i>Standard</i>	<i>Salad</i>
Inverno	30	35	32
Verão	15 - 20	27	25

A produção de agrião em MPB e convencional é feita da mesma forma, estando a diferença entre os dois métodos essencialmente presente nos produtos autorizados em cada método para proteção da cultura. No modo de produção biológico todos os adubos e fatores de produção em geral devem estar certificados para uso em agricultura biológica e possuir autorização do organismo de controlo ou derrogação concedida pela Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV).

No anexo II ilustram-se resumidamente as diferentes operações culturais realizadas na produção de agrião de água na VAISA, S.A..

4. Material e métodos

4.1. Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião

4.1.1. Descrição da experiência

Pretendeu-se com o presente estudo, avaliar a influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião. O estudo teve início a 23 de novembro de 2017 e término a 19 de abril de 2018, e consistiu na recolha e análise de amostras de material vegetal e da solução nutritiva na qual a cultura do agrião se desenvolveu.

As observações e recolhas de material decorreram na empresa VAISA, S.A. (Almancil, Faro) e as respetivas análises foram realizadas nos laboratórios da UALG (Universidade do Algarve, Faro).

Na impossibilidade de recolher e analisar material vegetal de todas as quintas e da totalidade dos canteiros, foram escolhidos apenas dois canteiros para a amostragem. Por ser uma zona de fácil acesso, na qual se verificam menores amplitudes térmicas, menor ocorrência de condições adversas (geadas), e maior incidência de cloroses nas folhas, foram escolhidos dois canteiros da quinta de Gondra: Gondra 15 (G15) e Gondra 16 (G16).

4.1.2. Parâmetros avaliados

4.1.2.1. Dados meteorológicos

O conjunto de dados meteorológicos constitui uma base fundamental para a agricultura, e em particular para a cultura do agrião de água dada a sua suscetibilidade às condições climáticas.

Como tal, foi feita uma recolha dos dados meteorológicos da rede de estações meteorológicas automáticas da Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve (DRAPALG). Foram tidas em conta as médias das temperaturas máximas mensais, as médias das temperaturas mínimas mensais e as amplitudes térmicas mensais decorridas ao longo do tempo em que decorreu o ensaio.

4.1.2.2. Análises à solução nutritiva

Para a monitorização da solução nutritiva na qual a cultura se desenvolveu foram medidos os parâmetros pH, condutividade elétrica (CE) e temperatura em três locais distintos ao longo do comprimento dos canteiros (entrada do canteiro, zona central e zona de saída).

Foram também recolhidas e analisadas amostras da solução nutritiva a fim de estudar a sua composição mineral e comparar os valores obtidos com os valores de referência. Estas amostras foram retiradas nas datas do 2º e 3º cortes feitos à cultura, em três locais distintos (zona de entrada da solução, zona central da cama e zona de saída da solução).

4.1.2.3. Análises às plantas de agrião

Para avaliar as alterações observadas no desenvolvimento da cultura, recorreu-se à medição de valores de SPAD (*Soil and Plant Analysis Development*) nas folhas do agrião, um indicador do seu teor de clorofila, e à quantificação de teores de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, B, Zn, Mn e Mo), seguindo a calendarização representada no Quadro 8.

Quadro 8: Calendarização das amostras retiradas.

Medições	Nov		DEZ					JAN						FEV						MAR						ABR													
Dias	23	30	05	07	12	15	19	21	02	04	08	11	15	17	22	24	30	01	06	09	14	16	21	23	26	28	06	08	12	15	20	23	27	03	05	09	11	16	
pH																						*																	
CE																						*																	
T																						*																	
SPAD																						*																	
Quantificação de Nutrientes	T00											1º Corte													2º Corte							3º Corte					4º Corte		
Registos de dados edafoclimáticos	Foi feito o registo de temperaturas e pluviosidade ao longo de todo o tempo de ensaio																																						

As leituras de SPAD foram feitas duas vezes por semana nas folhas velhas e nas folhas novas (Figura 13), e os valores obtidos foram posteriormente convertidos em concentrações de clorofila, a partir de uma curva de calibração.

Todas as análises referidas foram executadas nos laboratórios da UALG.

As observações foram todas registadas no período da manhã, com exceção do dia 21 de fevereiro, em que os registos foram efetuados no período da tarde.

4.1.2.3.1. Medição do teor em clorofila nas folhas do agrião utilizando um aparelho SPAD

A clorofila total foi estimada pelo aparelho SPAD-502 (Minolta Co., Osaka, Japão). O princípio de funcionamento deste aparelho consiste em medir a luz transmitida através de uma folha depois de submetida, sequencialmente, a dois tipos de luz; primeiro com uma radiação na zona do vermelho (≈ 650 nm), que corresponde a um pico de absorção das moléculas de clorofila e, de seguida, com uma luz na zona do infravermelho (≈ 940 nm), que funciona como referência. A intensidade luminosa transmitida pela folha é convertida, primeiro em sinais elétricos e depois, através de um microprocessador, em unidades de SPAD, conforme definido pela Minolta.

Este aparelho pode ser utilizado como um método não destrutivo de estimar a concentração de clorofila uma vez que os valores de SPAD são proporcionais à quantidade relativa de clorofila total existente nas folhas, isto é, quanto mais verde for a folha mais alto é o valor de SPAD, logo maior é a quantidade relativa de clorofila total.

Foi obtida a curva de calibração da clorofila (Figura 12), que permite converter os valores de SPAD em concentração de clorofila. Os valores de SPAD foram convertidos em μmoles de clorofila total por unidade de área ($\mu\text{mol}/\text{m}^2$), segundo a função que melhor se ajustou. A metodologia utilizada encontra-se referenciada por diversos autores (Abadía e Abadía 1993; Pestana *et al.*, 2011).

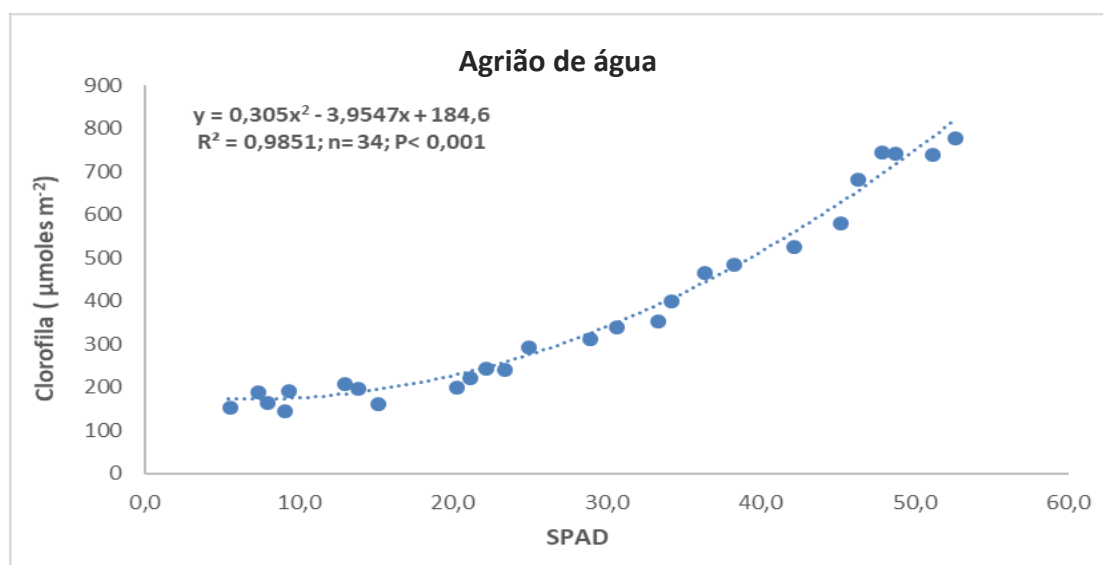


Figura 12: Relação entre os valores de SPAD e a clorofila ($\mu\text{moles m}^{-2}$) para o agrião de água. Está indicado o coeficiente de correlação (R^2), o número de amostras (n) e o nível de significância (p).

As medições de SPAD tiveram início 12 dias após a plantação e foram efetuadas nas folhas novas (folha nova totalmente expandida) e nas folhas velhas (folha basal) (Figura 13).

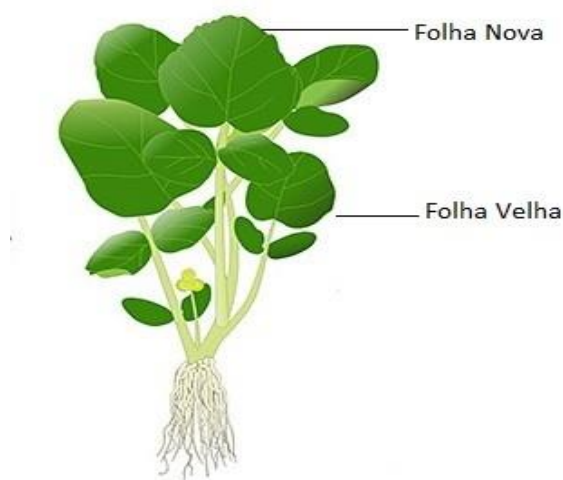


Figura 13: Esquema da distribuição das folhas velhas e das folhas novas na planta de agrião de água.

4.1.2.3.2. Metodologia analítica para a composição mineral das plantas

A quantificação de nutrientes foi efetuada por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Esta quantificação foi feita em amostras de folhas novas verdes e, quando possível, em plantas cloróticas.

As amostras colhidas foram pesadas e colocadas numa estufa a 100°C, durante 24h (ou até peso constante), para determinação do teor em matéria seca. Após secagem, foram submetidas a um processo de moagem, seguida de calcinação em mufla a 450°C durante 24h. As cinzas obtidas foram digeridas com 10 ml de HCl 3 M, em banho-maria. Este processo foi repetido três vezes e, na terceira vez, a placa foi desligada e as amostras tapadas com vidros de relógio.

O conteúdo resultante deste processo foi filtrado para um balão volumétrico de 100 ml, completando o volume do balão com água destilada. A solução obtida contém os nutrientes existentes nas amostras foliares permitindo a sua quantificação por espectrofotometria de absorção atômica (EAA).

Para a quantificação do teor dos elementos minerais em análise foi necessário estabelecer uma curva padrão, pela utilização de soluções com concentrações rigorosamente conhecidas, utilizando o comprimento de onda específico para cada elemento. A curva padrão relaciona a concentração do elemento na solução com a absorvância da respetiva solução, num comprimento de onda específico.

Depois de se obter a curva padrão, as amostras foram lidas e obteve-se a concentração de metal no extrato (mg/L). A concentração de nutrientes (mg/Kg na MS) foi obtida a partir do peso da amostra, diluição da solução (100% ou 10%, nestes casos) e pela leitura do espectrofotómetro.

$$\text{Concentração} = \frac{\text{Leitura} \times 100}{\text{Peso da MS}} \times \frac{100}{\text{Diluição}}$$

4.1.3. Tratamento estatístico

A análise estatística foi efetuada no programa SPSS 23 (Statistical Package for Social Science, versão 23). A comparação das médias foi efetuada pela análise de variância simples (ANOVA), tendo-se efetuado um teste de comparação múltiplo de variáveis de Duncan, para um nível de significância de 0,95, sempre que mais do que duas modalidades estavam em comparação.

4.2. Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final

De forma a suprimir eventuais falhas de produção causadas pelas baixas temperaturas que se fazem sentir em Portugal durante o período de inverno, o sistema de produção mais utilizado no caso da empresa VAISA, S.A. é o recrescimento.

No verão surge o problema da floração precoce causado pelas elevadas temperaturas. De forma a conseguir agrião com o tamanho exigido pelo mercado, em períodos de tempo mais curtos, sem que este floresça, torna-se necessário recorrer ao sistema de recrescimentos.

Por este sistema ser, de todos os adotados, aquele que permite obter produções com um menor espaçamento de dias entre colheitas, tornou-se o mais utilizado ao longo de todo o ano.

Esta segunda parte do estudo teve como objetivo avaliar a influência do número de cortes efetuados no rendimento final obtido.

4.2.1. Parâmetros avaliados

4.2.1.1. Método de produção utilizado: sementeira direta/plantação

Sendo de enorme importância a forma como a cultura se desenvolve desde o início do seu ciclo e podendo esta fase inicial estar diretamente relacionada com os rendimentos finais obtidos, foi comparado o número de camas cultivadas pelo método de sementeira direta com

o número de camas cultivadas com recurso ao método de plantação/propagação e respetivos rendimentos obtidos.

Este estudo foi feito com base na recolha de dados referentes aos anos 2014, 2015, 2016 e 2017.

4.2.1.2. Número de cortes efetuados à cultura

No início da produção da cultura, foi estipulado como ótimo, em termos de rentabilidade, três a quatro recrescimentos. No entanto, com o aumento das necessidades e sem haver a possibilidade de aumentar a área de produção para satisfazer as exigências do mercado, a tendência tem sido aumentar o número de cortes por canteiro até aos sete recrescimentos. Sendo notória uma diminuição no rendimento anual obtido, foi estudada a influência do número de cortes efetuados no rendimento, para apurar até que ponto seria ou não efetivamente rentável recrescer determinado número de vezes o mesmo canteiro de produção.

Foram avaliados os cortes efetuados na totalidade dos canteiros em produção existentes na empresa VAISA, S.A. para os seguintes casos:

- Recrescimento 1 (R1);
- Recrescimento 2 (R2);
- Recrescimento 3 (R3);
- Recrescimento 4 (R4);
- Recrescimento 5 (R5);
- Recrescimento 6 (R6);
- Recrescimento 7 (R7).

Sendo o período de inverno aquele em que a cultura é mais exigente, o estudo centrou-se na recolha de dados referentes aos recrescimentos efetuados nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro de cada ano, desde 2009 até 2018, com exceção para o ano 2011, em que não foi possível recolher a totalidade dos dados.

4.2.1.3. Determinação da biomassa fresca

O agrião de água, depois de colhido, é diretamente encaminhado para a sala de embalagem, localizada na quinta de Vale Verde (ver anexo 1 – mapa das quintas), sendo por isso importante ter em conta a distância entre o local de produção e a localização da sala de embalagem.

Depois de chegar à sala de embalagem o agrião passa por um processo de pré-lavagem, avaliação de qualidade, pesagem e finalmente passa na câmara de vácuo e é armazenado numa câmara frigorífica até ser encaminhado para o local de lavagem definitiva e embalamento.

A pré-lavagem é feita numa máquina pensada e produzida pela empresa, que tem como objetivo eliminar impurezas, restos de gravilha, insetos e desinfetar a cultura. No agrião convencional o processo é feito em duas fases: na primeira, o agrião é imerso numa mistura de água e sal com uma diluição que não é rigorosamente definida, mas sempre perto dos 8 kg/500 L, para eliminar insetos; na segunda fase o agrião é lavado com hipoclorito de sódio (10 mg/L) para desinfecção. No caso do agrião de produção biológica, a solução de lavagem é água e ácido cítrico.

Na avaliação de qualidade verifica-se se há presença de pragas/doenças, eventuais contaminações, mede-se o agrião e define-se a especificação (*baby*, *salad* ou *standard*) com a qual o agrião será vendido.

Depois da pré-lavagem o agrião é pesado, sendo assim determinada a biomassa fresca (produtividade) resultante de cada corte.

4.2.2. Tratamento de dados

O tratamento de dados foi feito com recurso exclusivo ao programa Microsoft Excel 2016, através das ferramentas de cálculo do programa.

5. Resultados

5.1. Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião

5.1.1. Dados meteorológicos

Nas Figuras 14, 15 e 16 estão apresentados os gráficos com a média da temperatura máxima mensal, a média da temperatura mínima mensal, bem como, a amplitude térmica mensal, respetivamente, dos meses em que decorreu o ensaio (Fonte: Rede de estações meteorológicas da DRAPALG).

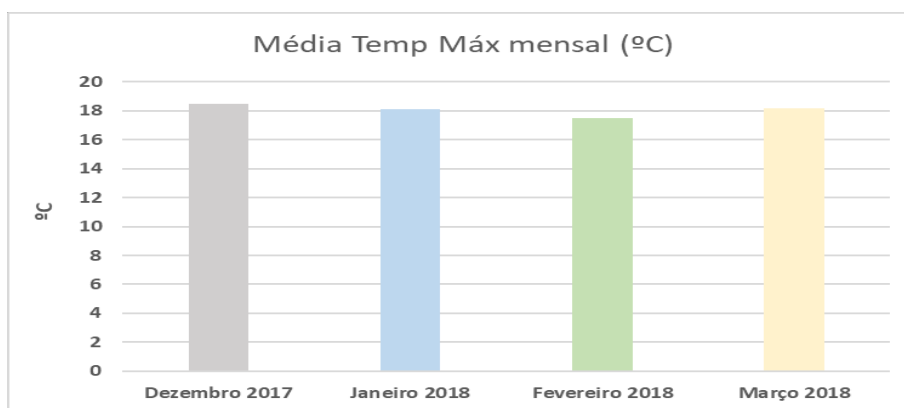


Figura 14: Média da temperatura máxima mensal (°C) nos meses em que decorreu o ensaio.

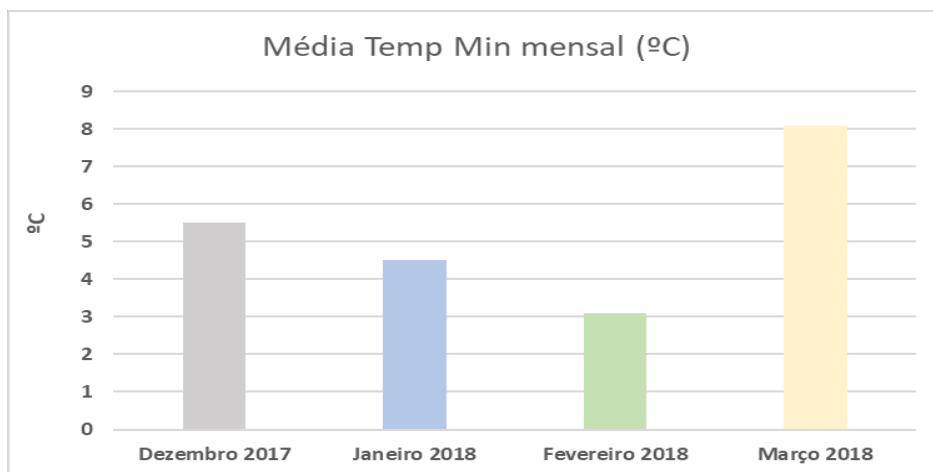


Figura 15: Média da temperatura mínima mensal (°C) nos meses em que decorreu o ensaio.

A Figura 14 mostra que houve pouca variabilidade nos padrões médios da temperatura máxima mensal, sem variações que pudessem indicar algum fator de anormalidade para o período, observando que a média da temperatura máxima mensal não ultrapassou os 18,5°C em nenhum dos meses.

Relativamente à temperatura mínima mensal (Figura 15), observou-se que esta foi registando valores cada vez mais baixos ao longo dos meses, sendo o mês de fevereiro o que apresentou uma média de temperatura mínima inferior. No entanto, entre fevereiro e março a

temperatura mínima subiu de 3°C para 8°C, originando uma menor amplitude térmica (Figura 16).

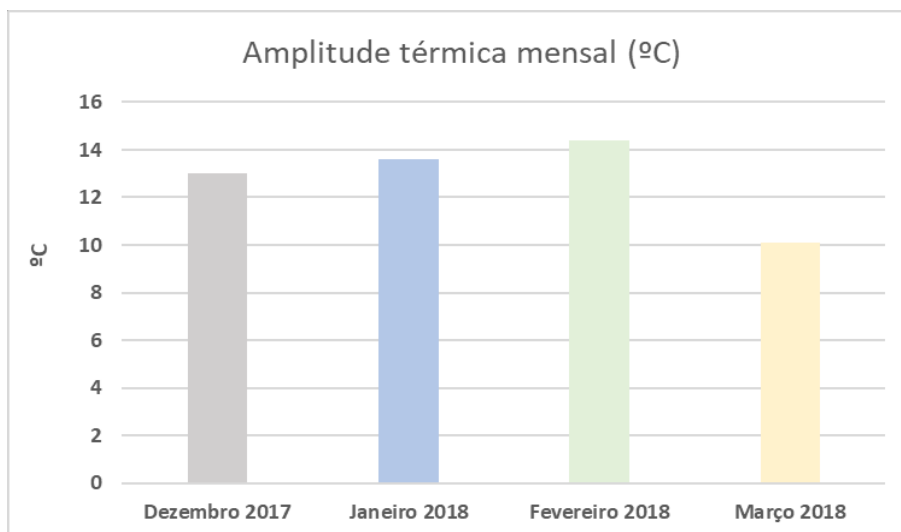


Figura 16: Média da amplitude térmica mensal (°C) nos meses em que decorreu o ensaio.

A amplitude térmica mensal é um fator ambiental com aparente influência no crescimento e desenvolvimento das culturas. Observando a Figura 16, confirma-se que a amplitude térmica foi superior nos meses de inverno, tendo sido o mês de fevereiro aquele que registou uma amplitude térmica superior, atingindo os 14,4°C.

A análise dos dados meteorológicos mostra que a amplitude térmica foi elevada nos meses em que decorreu o ensaio, tendo atingindo o seu valor máximo no mês de fevereiro, com menor temperatura mínima.

Em fevereiro verificou-se também o aparecimento das primeiras plantas menos desenvolvidas e com valores de clorofila total inferiores, podendo os dois acontecimentos estar relacionados.

5.1.2. Composição da solução nutritiva

i) pH

Nas Figuras 17 e 18 apresentam-se os valores médios de pH da solução nutritiva obtidos à entrada, no meio, na saída e em zonas onde se observou o aparecimento de plantas cloróticas, obtidas nas duas camas que foram avaliadas neste ensaio – G15 e G16. Por observação dos resultados, verifica-se que não ocorreram variações acentuadas nos valores de pH ao longo do ensaio para as diferentes zonas das camas, nem destas relativamente às zonas de plantas cloróticas, variando os valores de pH no intervalo entre 7,5 e 9,0.

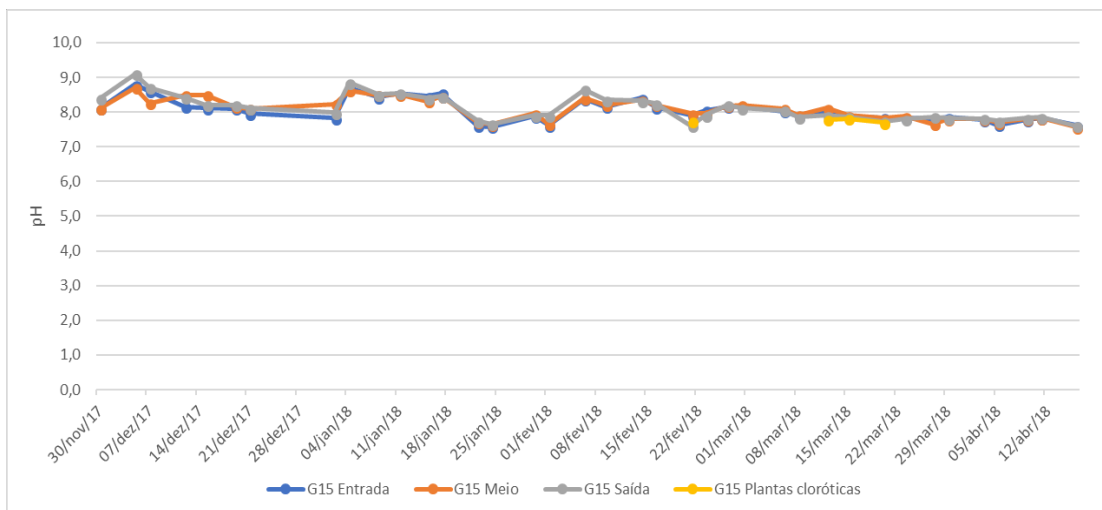


Figura 17: Média dos valores de pH da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

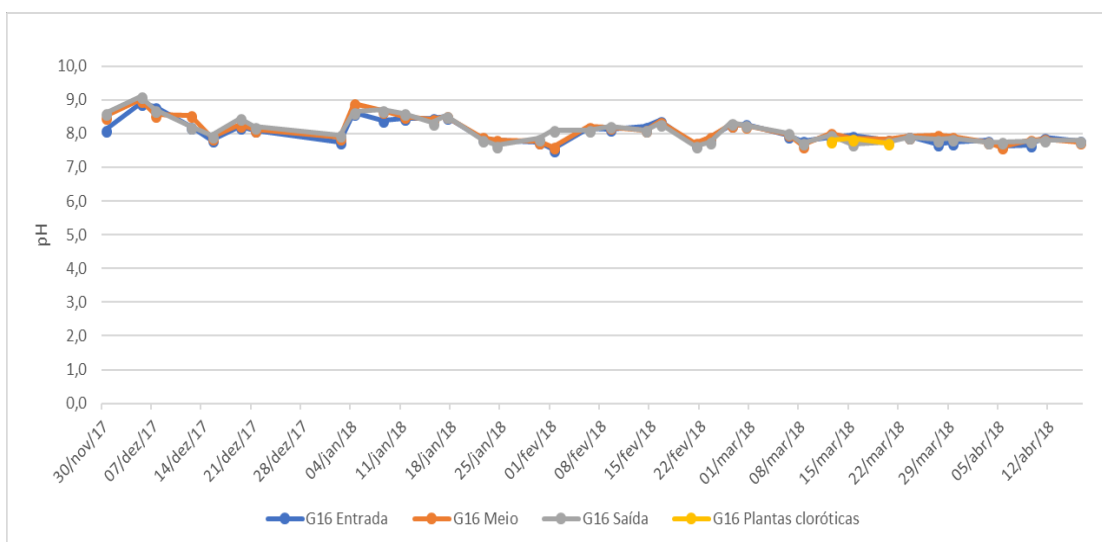


Figura 18: Média dos valores de pH da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

Segundo a bibliografia, a faixa de pH mais favorável para a produção de agrião é 6,0 - 7,0 (LQARS, 2006) e, neste ensaio, os valores de pH estiveram compreendidos entre 7,5 - 9,0, o que pode ter levado a uma menor disponibilidade dos nutrientes para a planta.

ii) Condutividade elétrica (CE)

Quanto à CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 19 e Figura 20), observou-se alguma variação dos valores ao longo do tempo. Nas datas em que os valores são inferiores registaram-se dias com elevada precipitação, o que poderá ter levado a este decréscimo. A Figura 21 mostra que existe uma

correlação negativa entre os valores de CE e os valores de precipitação mensal (mm), o que comprova que sempre que houve aumentos na precipitação, os valores de CE diminuam.

Observaram-se variações nos valores de CE ao longo do tempo, mas não nas diferentes zonas das camas.

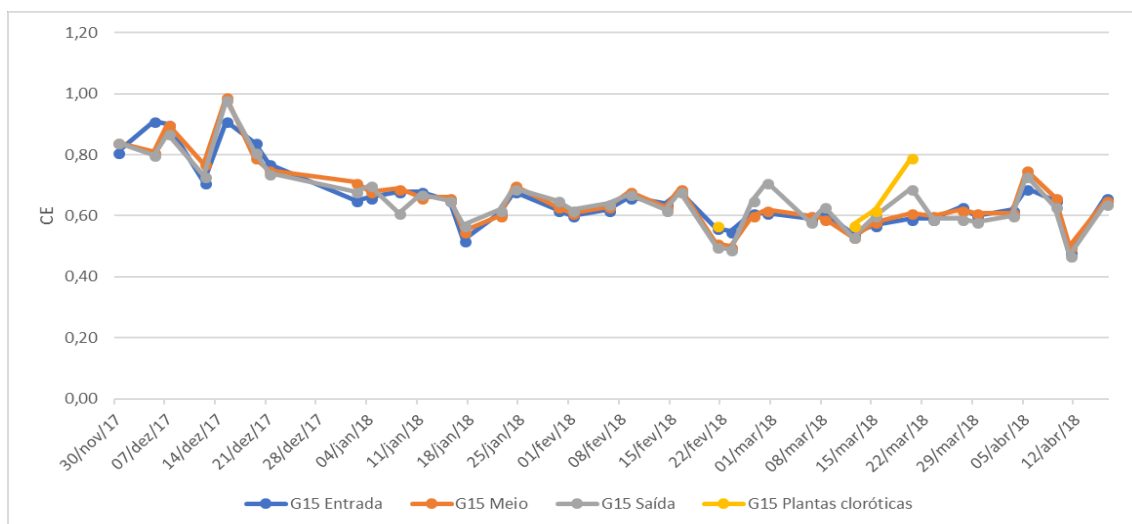


Figura 19: Média dos valores de CE da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

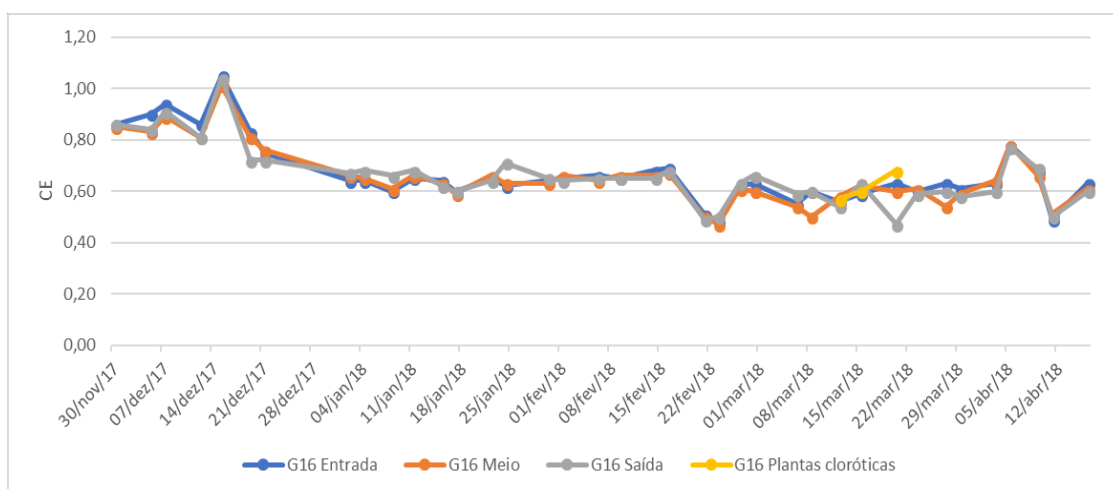


Figura 20: Média dos valores de CE da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

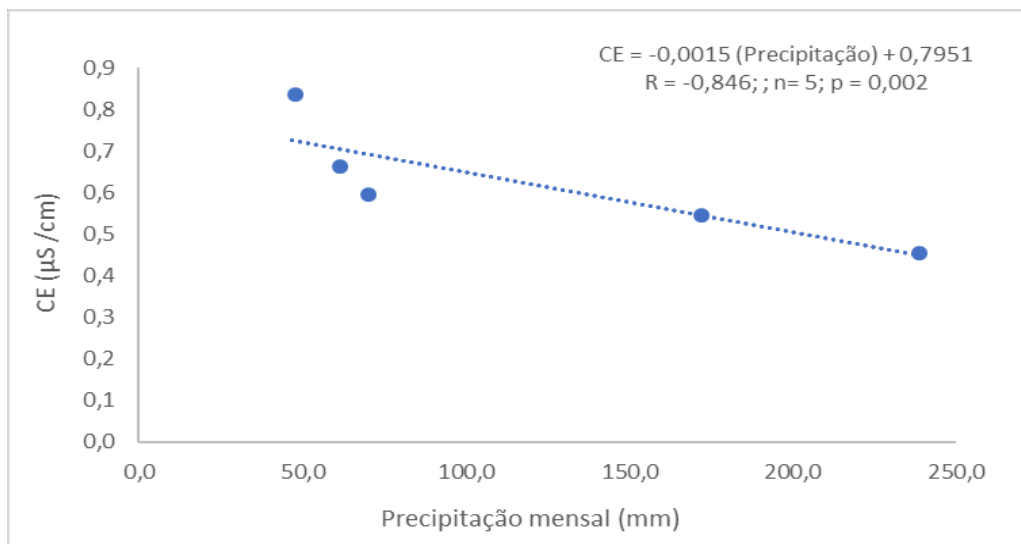


Figura 21: Relação entre os valores de CE (µS/cm) e a precipitação mensal (mm) significância nas camas de ensaio. Está indicado o coeficiente de correlação (r), o número de amostras (n) e o nível de (***) $p < 0,01$.

iii) Temperatura

A temperatura média da solução nutritiva (Figura 22 e Figura 23) apresentou variações ao longo do tempo. Na data em que se observou um acréscimo da temperatura, as medições foram feitas no período da tarde e por esse motivo, o dia registou uma temperatura média superior.

As variações dos valores da temperatura da solução nutritiva relacionaram-se com as variações da temperatura registada no dia de cada medição.

A temperatura média da solução nutritiva apresentou variações ao longo do tempo, mas não apresentou variações nas diferentes zonas das camas. As variações dos valores da temperatura relacionaram-se com as variações da temperatura média diária registada nos dias de cada medição.

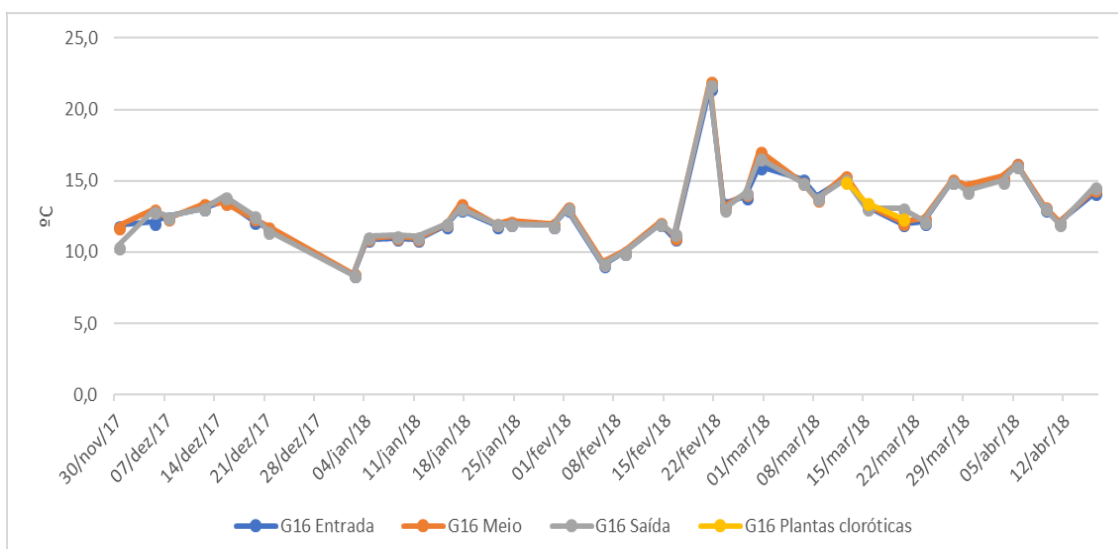


Figura 22: Média dos valores de temperatura da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

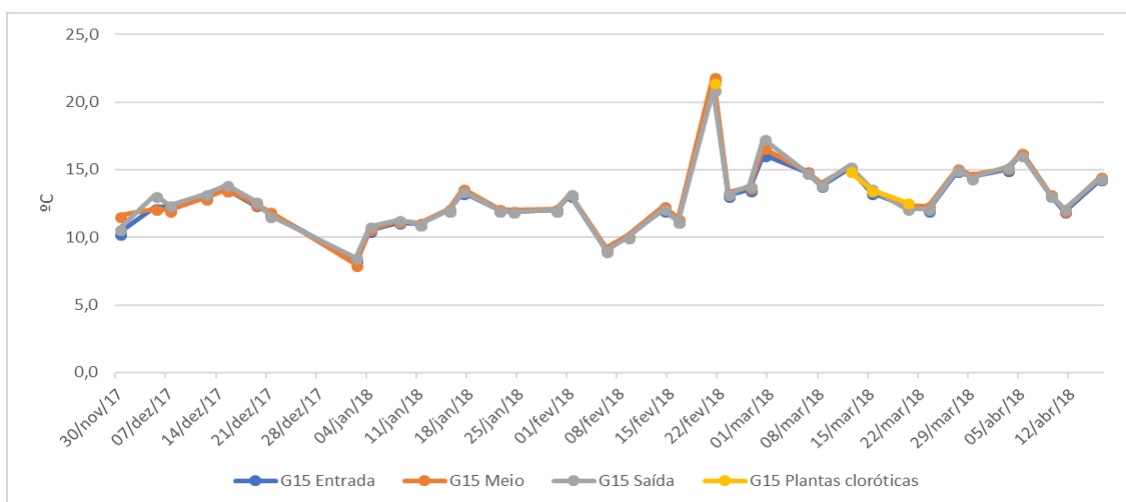


Figura 23: Média dos valores de temperatura da solução nutritiva ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15: à entrada; a meio da cama; à saída; e na zona específica onde se observaram plantas cloróticas.

iv) Composição mineral da solução nutritiva

Como se pode constatar nos dados agrupados no Quadro 9, verificou-se, na data do 2º corte, que na zona de saída da cama G15 e na zona das plantas menos desenvolvidas (“Zona plantas pequenas”) a solução nutritiva apresentou um valor de N muito inferior aos restantes valores de azoto registados.

Quadro 9: Valores médios da composição mineral da solução nutritiva recolhida no 2º e 3º corte nas diferentes zonas das camas de ensaio. Os valores assinalados a amarelo são valores que se encontram abaixo dos valores esperados.

			NH ₄ ⁺	N org	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	N	PO ₄	Cl	Na	K	Ca	Mg
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2º corte	G15	Entrada	0,058	1,52	2,41	20,3	5,44	0,86	219	35,7	57,4	170	17,6
		Meio	0,523	0,14	2,73	20,7	5,98	1,09	72,0	36,1	14,1	134	13,7
		Saída	0,069	2,52	0,026	0,375	0,15	0,76	69,0	36,9	2,3	210	22,8
		Zona plantas pequenas	1,20	2,38	0,040	<0,004	0,95	1,95	69,0	39,1	19,9	205	20,0
	G16	Entrada	0,477	1,12	1,12	9,409	2,87	1,47	69,0	37,3	16,2	150	14,6
		Meio	2,88	2,24	0,05	0,329	2,33	2,26	71,0	43,0	16,2	137	16,4
		Saída	0,074	2,19	0,04	0,542	0,19	0,87	68,0	34,9	4,7	177	16,5
3º corte	G15	Entrada	1,36	1,47	1,49	10,8	3,98	5,56	105	36,5	7,4	84,4	13,6
		Meio	0,737	1,54	0,29	10,4	3,05	5,99	59,0	32,5	9,0	50,4	11,2
		Saída	0,286	1,33	0,02	1,34	0,54	3,32	39,2	22,2	6,9	36,1	7,5
		Zona plantas cloróticas	0,895	3,92	2,91	8,17	3,45	5,46	39,0	20,5	8,4	43,7	6,6
	G16	Entrada	0,397	2,10	0,10	5,45	1,59	3,61	47,0	28,3	9,0	35,6	9,9
		Meio	0,263	1,40	0,17	5,61	1,54	5,15	48,0	27,3	7,1	46,9	9,5
		Saída	0,040	4,34	0,099	1,85	0,49	2,51	79,0	31,8	13,0	47,3	9,9
		Zona plantas cloróticas	1,19	1,75	0,05	0,80	1,13	3,20	63,0	29,0	5,1	39,0	8,4
Valores referência Vitacress			-	5,60	-	4,2	5,6	0,40	-	-	13,0	95,0	15,0

O valor da concentração de K foi inferior na zona de saída da cama G15, comparativamente às outras zonas. Ainda na mesma data (2º corte), na cama G16 verificaram-se valores de concentração inferiores de N, de P (medido como ião fosfato PO₄³⁻) e K na zona de saída da solução nutritiva.

Na data do 3º corte foi evidente que na cama G15, na zona de saída da solução nutritiva, a concentração de todos os elementos foi inferior, comparativamente às outras zonas da cama.

Na cama G16 verificou-se a mesma tendência nos elementos N e P.

A zona onde houve aparecimento das plantas cloróticas, nomeadamente na cama G16, também apresentou concentrações inferiores de alguns elementos, tais como o N, K e Mg.

A análise à solução nutritiva mostrou que, na zona de saída das camas a concentração de todos os elementos é tendencialmente inferior comparativamente à das outras zonas da cama, o que prejudica, em termos nutritivos, os elementos que se situam nessa zona das camas. Idealmente, a concentração nutricional deveria permitir uma homogeneidade em todos os pontos da cama, o que não se coaduna com a sua introdução à entrada da cama.

5.1.3. Plantas de agrião

5.1.3.1. Valores de clorofila

Nas figuras 24 e 25 estão apresentados os valores médios de clorofila total ($\mu\text{moles m}^{-2}$) das folhas novas verdes e folhas novas cloróticas ao longo do tempo, para as diferentes zonas das camas de ensaio: a zona da entrada da solução de rega, o meio da cama e a zona da saída da solução de rega.

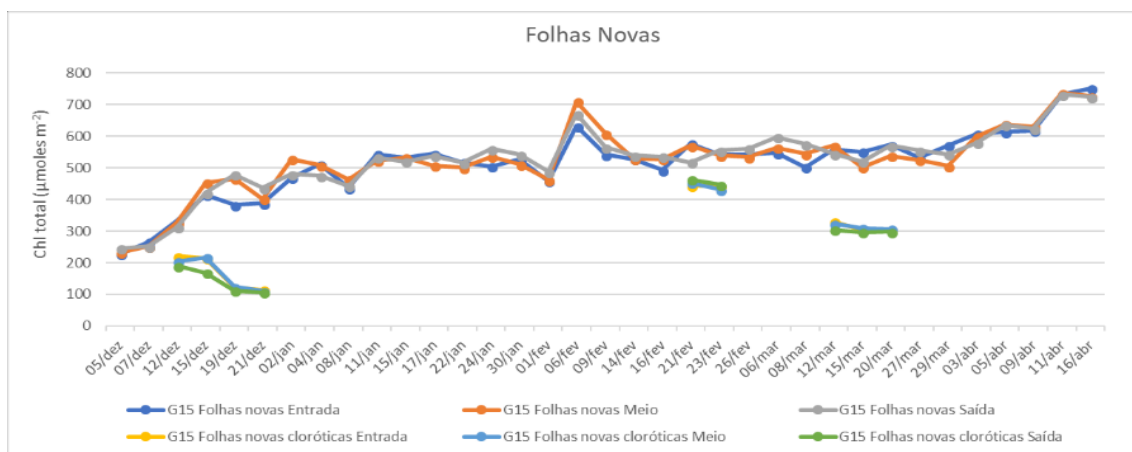


Figura 24: Valores médios de clorofila total das folhas novas e folhas novas cloróticas ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G15.

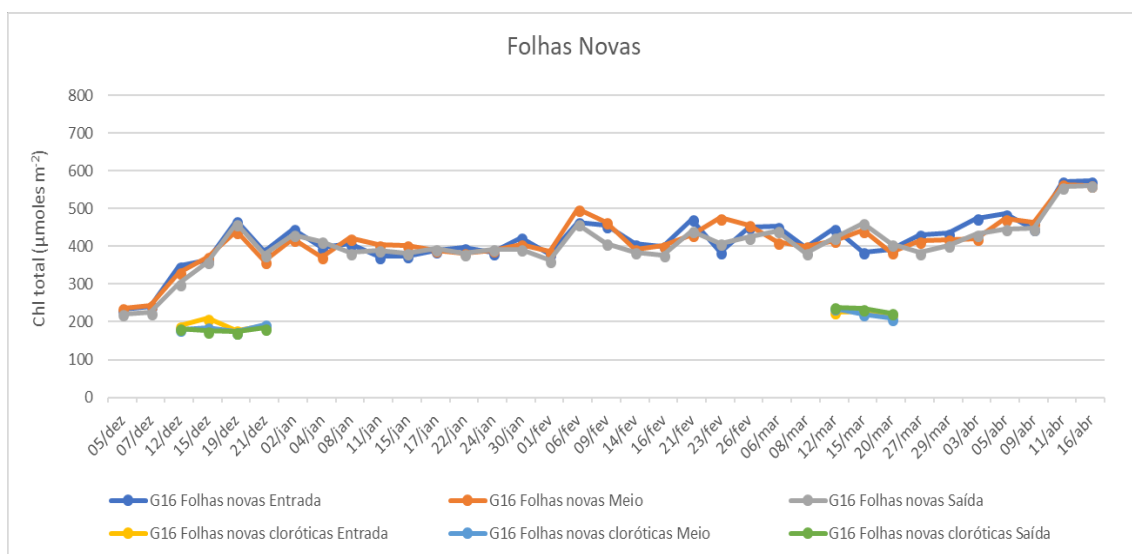


Figura 25: Valores médios de clorofila total das folhas novas e folhas novas cloróticas ao longo do tempo nas diferentes zonas da cama de ensaio G16.

Observou-se que, de um modo geral, os valores de clorofila total das folhas novas em ambas as camas aumentaram ao longo do ensaio, uma vez que no final do ensaio as plantas apresentaram valores de clorofila total superiores aos recolhidos no início.

Quanto maiores os valores de clorofila obtidos, maior a taxa de fotossíntese efetuada pelas plantas e, consequentemente, maior a produtividade (biomassa) obtida.

As folhas novas das plantas cloróticas apresentaram valores de clorofila total inferiores e registou-se um decréscimo na clorofila total destas plantas.

O aparecimento de plantas cloróticas predominou na zona de saída da solução nutritiva em ambos os canteiros, embora se tenha verificado pontualmente noutras zonas. O aparecimento foi registado em várias datas, nomeadamente no início do ensaio, na data do 2º corte apenas no canteiro G15 (Figura 26), e na data do 3º corte em ambos os canteiros (Figura 27), apresentando valores de clorofila total inferiores. Aparentemente, o canteiro G15 apresentou um maior incremento de clorofila no final do estudo ($> 700 \mu\text{moles m}^{-2}$) do que o canteiro G16 ($< 600 \mu\text{moles m}^{-2}$).



Figura 26: Plantas menos desenvolvidas (plantas pequenas) no canteiro G15 (2º corte).

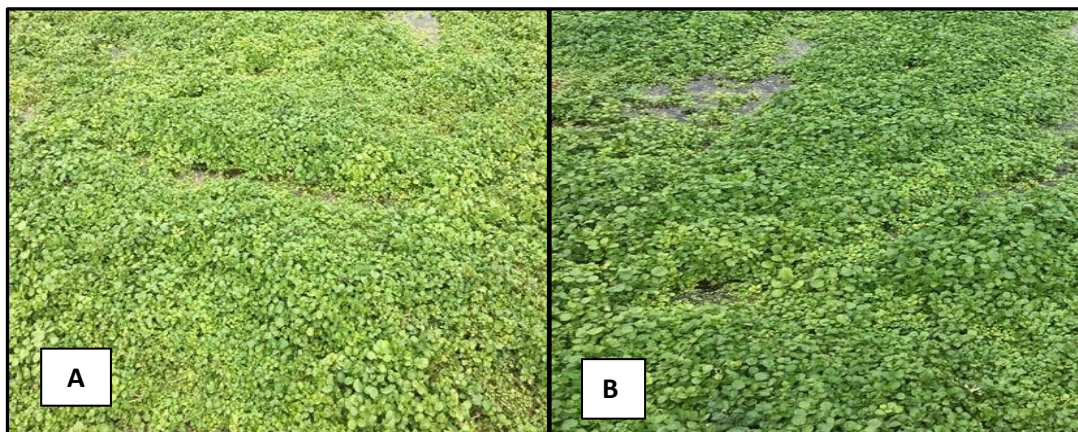


Figura 27: Plantas cloróticas no canteiro G15 (A) e no canteiro G16 (B) na data do 3º corte.

Nas Figuras 28 e 29 estão apresentados os valores médios de clorofila total (Chl) das folhas velhas ao longo do tempo, para as diferentes zonas nos canteiros de ensaio (entrada, meio e saída).

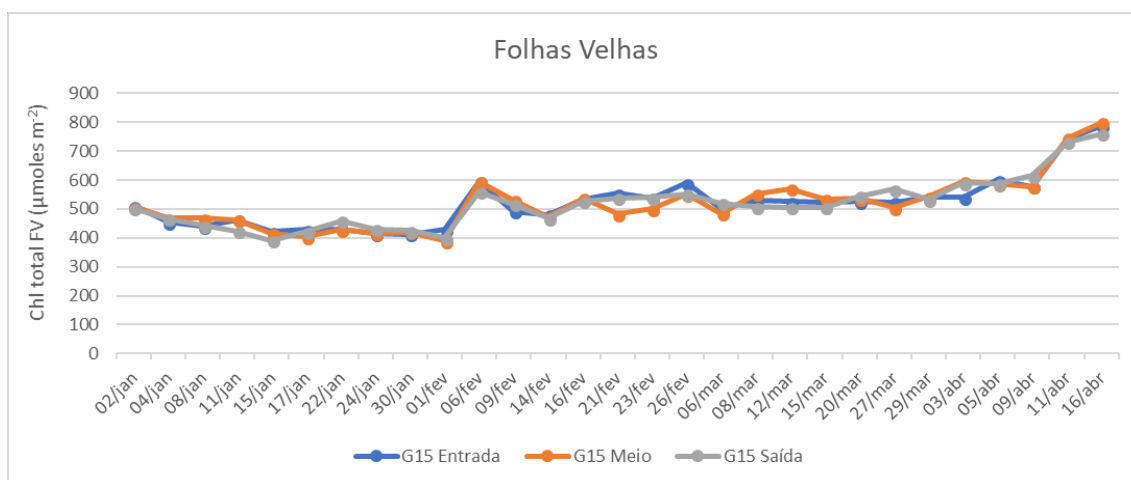


Figura 28: Valores médios de clorofila total das folhas velhas (FV) ao longo do tempo nas diferentes zonas do canteiro de ensaio G15.

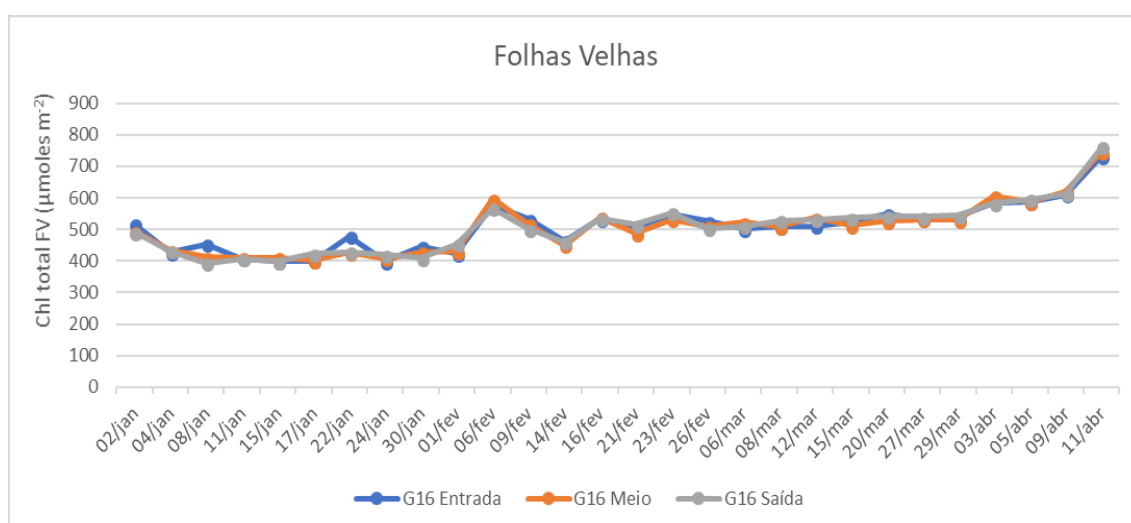


Figura 29: Valores médios de clorofila total das folhas velhas (FV) ao longo do tempo nas diferentes zonas do canteiro de ensaio G16.

As plantas que, nas primeiras datas de ensaio, apresentaram valores de clorofila total inferiores acabaram por recuperar os valores de clorofila com o crescimento, mostrando assim que se tratava de uma adaptação das plantas ao processo de transplante (crise de transplantação).

Observou-se que os valores de clorofila total das folhas novas em ambos os canteiros aumentaram ao longo do ensaio e que as folhas novas das plantas cloróticas apresentaram valores de clorofila total inferiores. Na “cama” G15, as plantas apresentaram de um modo geral, mas em particular entre março e abril, um maior incremento nos valores de clorofila comparativamente às plantas da “cama” G16.

O aparecimento das plantas cloróticas registou-se na data do 2º corte (março), apenas na “cama” G15 e na data do 3º corte em ambas as “camas”. A disposição das plantas cloróticas foi aleatória, mas predominou na zona de saída da solução nutritiva em ambos os canteiros.

Observou-se que os valores de clorofila total das folhas velhas em ambos os canteiros se mantiveram ao longo do ensaio, apresentando um ligeiro incremento na data final.

5.1.3.2. Composição mineral das folhas de agrião

Foram colhidas folhas de agrião para determinação da composição mineral da cultura, no tempo inicial (T00) e antes de cada corte (1º, 2º 3º e 4º cortes).

Determinaram-se os teores de macronutrientes e de micronutrientes nas folhas colhidas dos dois canteiros de ensaio, tendo sido esta colheita feita aleatoriamente ao longo do comprimento dos canteiros. As plantas cloróticas foram analisadas em separado.

No 2º corte colheram-se separadamente plantas do canteiro G15 que apresentavam tamanho inferior relativamente às outras plantas, estando estas plantas representadas nos gráficos abaixo como “Peq”. No 3º corte colheram-se plantas verdes – representadas nos gráficos seguintes com a legenda “Verdes” - e plantas cloróticas – representadas nos gráficos seguintes como “Cloróticas”.

Em cada data de corte, foi efetuada uma análise estatística, comparando as diferentes amostragens.

MACRONUTRIENTES

Azoto

A concentração de N apresentou valores de acordo com o valor de referência (Quadro 1), com exceção das plantas do canteiro G15 menos desenvolvidas (“Peq.”) na data do 2º corte (Figura 30).

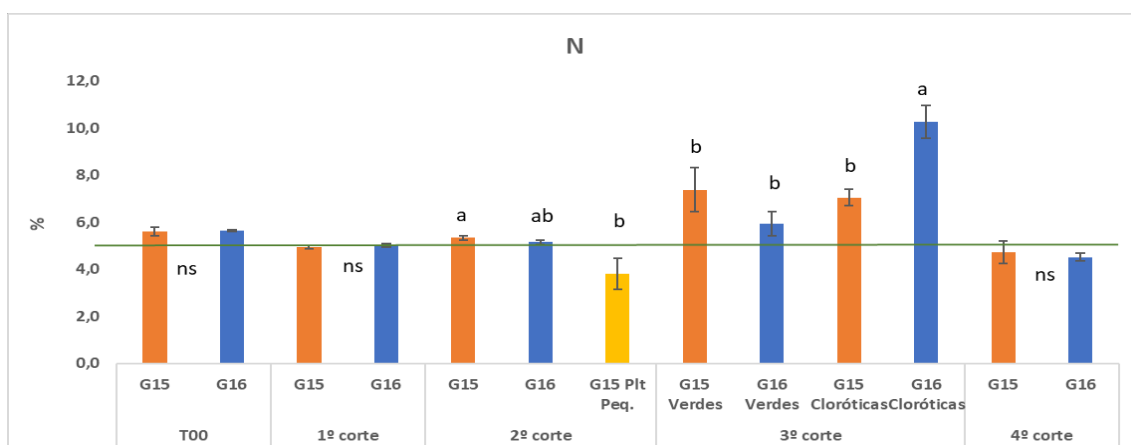


Figura 30: Concentração de N (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do N para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Fósforo

Relativamente aos valores de P, estes foram muito inferiores ao valor de referência, evidenciando uma deficiência de P, excetuando nas amostragens efetuadas no 3º corte (Figura 31).

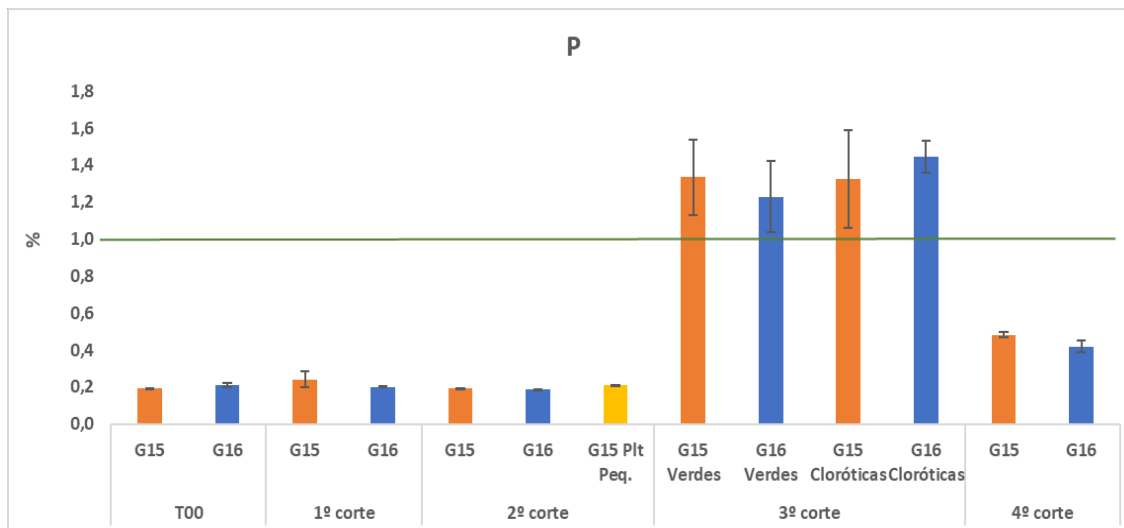


Figura 31: Concentração de P (%), obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Não ocorreram diferenças significativas entre modalidades $p \geq 0.05$ (teste de Duncan) para cada data de corte. A linha verde indica o valor de referência do P para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Potássio

Durante todo o ensaio, as concentrações de K foram sempre inferiores ao valor de referência, contudo, no T00 o canteiro G16 apresentou um valor de K significativamente superior ao do canteiro G15 (Figura 32).

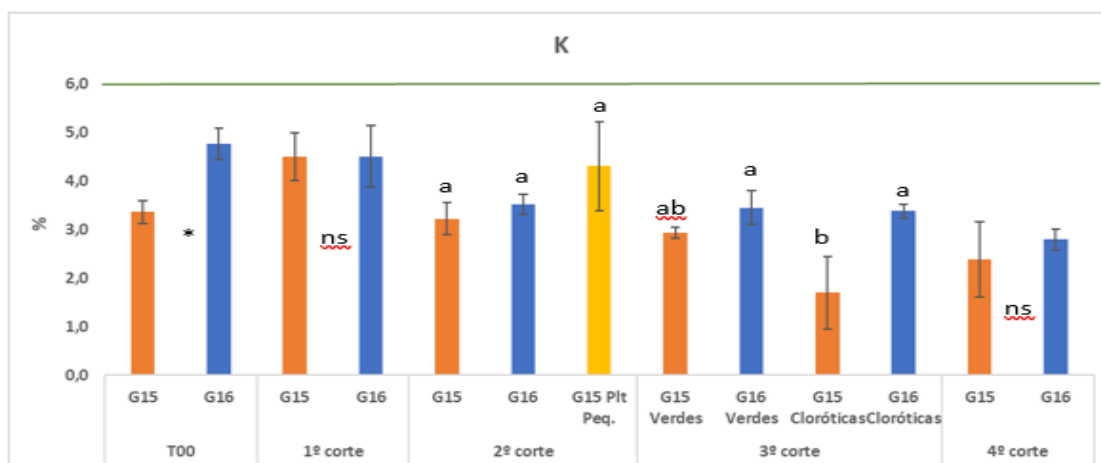


Figura 32: Concentração de K (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test).

Magnésio

A concentração de Mg apresentou valores baixos, tendência que se manteve durante todo o ensaio, não havendo diferenças estatísticas entre canteiros em nenhuma das datas de corte (Figura 33).

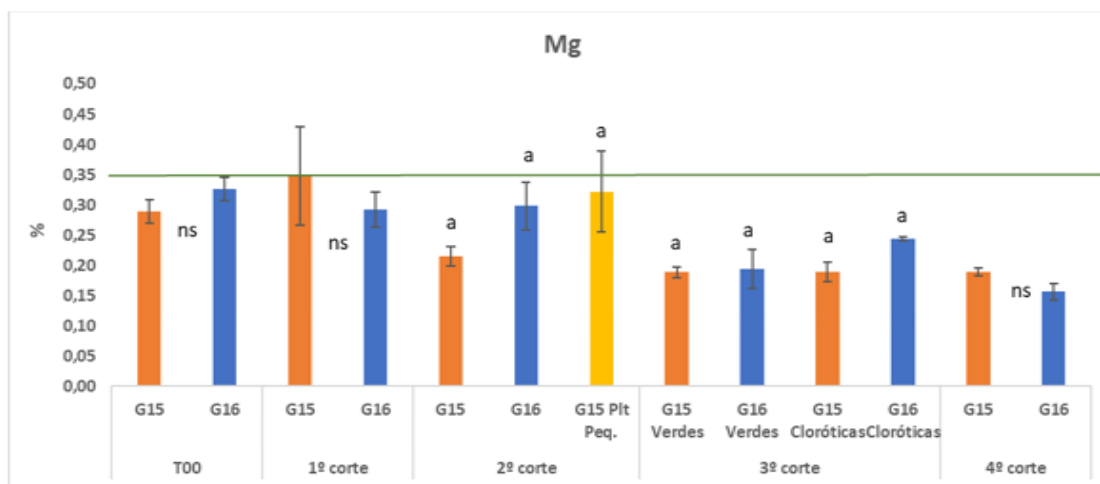


Figura 33: Concentração de Mg (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respectivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Mg para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Cálcio

A concentração de Ca apresentou-se sempre baixa, com exceção na data do 2º corte em que o canteiro G16 apresentou um valor de Ca superior ao referenciado como ideal para a cultura do agrião de água (Figura 34).

Na última data de corte os valores de Ca são significativamente superiores no canteiro G16 relativamente ao G15, ainda assim, inferiores ao valor de referência.

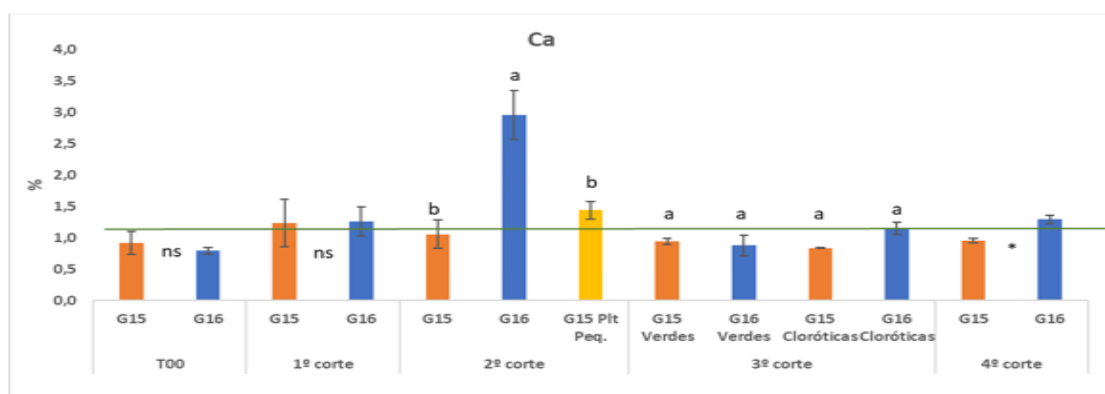


Figura 34: Concentração de Ca (%) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respectivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Ca para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

As concentrações foliares do K e do Mg apresentaram-se ligeiramente inferiores aos valores de referência, mas os valores de N e Ca foram semelhantes, tendo o N apresentado um ligeiro incremento no 3º corte. No entanto, os valores de P foram os que se destacaram com valores muito inferiores aos valores de referência, à exceção do 3º corte. Por sua vez, o azoto apresentou valores adequados à exceção das plantas do canteiro G15 menos desenvolvidas (plantas pequenas) que apresentaram um valor de azoto baixo.

MICRONUTRIENTES

Zinco

A concentração foliar de Zn para as datas consideradas foi sempre inferior ao valor de concentração de referência, com exceção das plantas do canteiro G16 na data do 1º corte, que apresentaram valores superiores, como se pode ver na Figura 35.

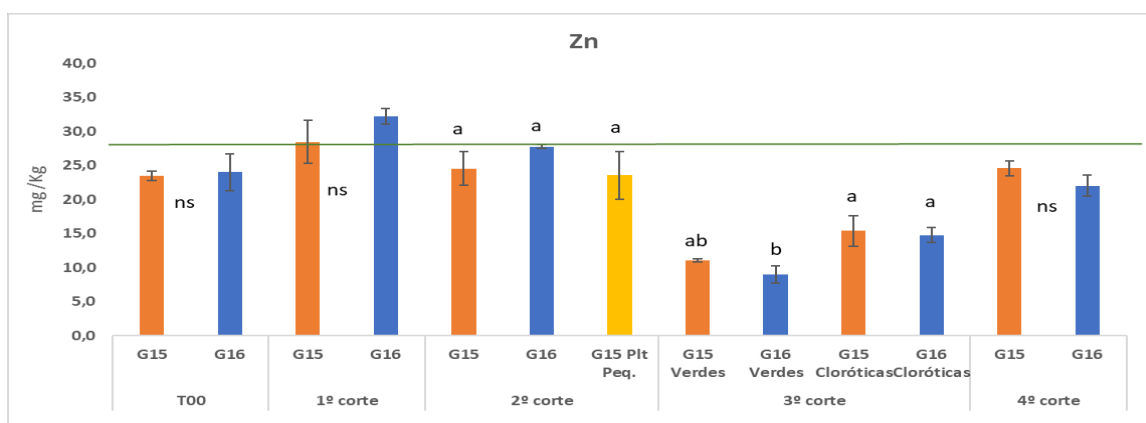


Figura 35: Concentração de Zn (mg/Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Zn para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Ferro

Analisando a concentração foliar de Fe, verificou-se que as plantas dos diferentes canteiros de ensaio apresentaram valores aproximados ao valor de referência, chegando a ser superiores nas últimas datas de ensaio (Figura 36). É visível que a concentração foliar de Fe nas plantas do canteiro G15 menos desenvolvidas (plantas pequenas – “Peq.”) foi significativamente inferior às restantes plantas que foram analisadas na mesma data e inferior ao valor de referência.

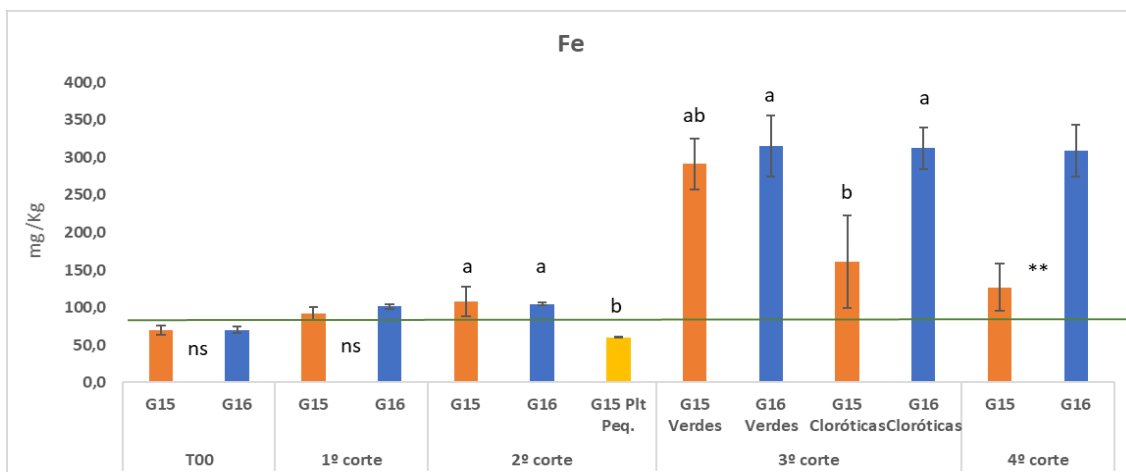


Figura 36: Concentração de Fe (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Fe para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Cobre

Quanto aos valores de concentração foliar de Cu, este apresentou-se sempre inferior ao valor de referência ao longo do ensaio. Observou-se que, na data do 2º corte, as plantas do canteiro G15 menos desenvolvidas [plantas pequenas – “Peq.” (Figura 37)] apresentaram valores significativamente inferiores às restantes plantas que foram analisadas na mesma data.

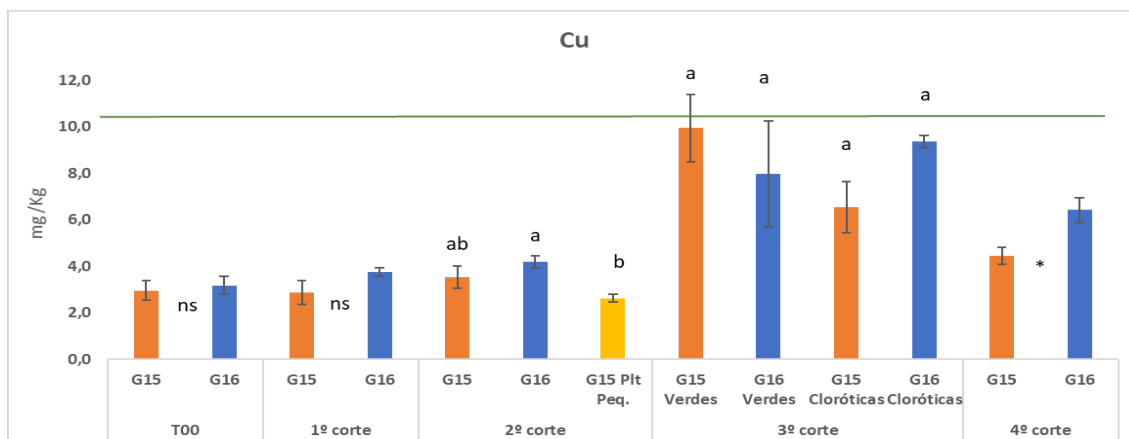


Figura 37: Concentração de Cu (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Diferenças significativas são indicadas: *, $P < 0,05$; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$; Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00 e 1º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Cu para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Manganês

À semelhança da concentração foliar de Cu, também a concentração foliar de Mn apresentou resultados inferiores aos valores de referência em todas as datas de ensaio e, na

data do 2º corte, as plantas do canteiro G15 menos desenvolvidas (plantas pequenas – “Peq.”) apresentaram valores significativamente inferiores às restantes plantas analisadas na mesma data (Figura 38).

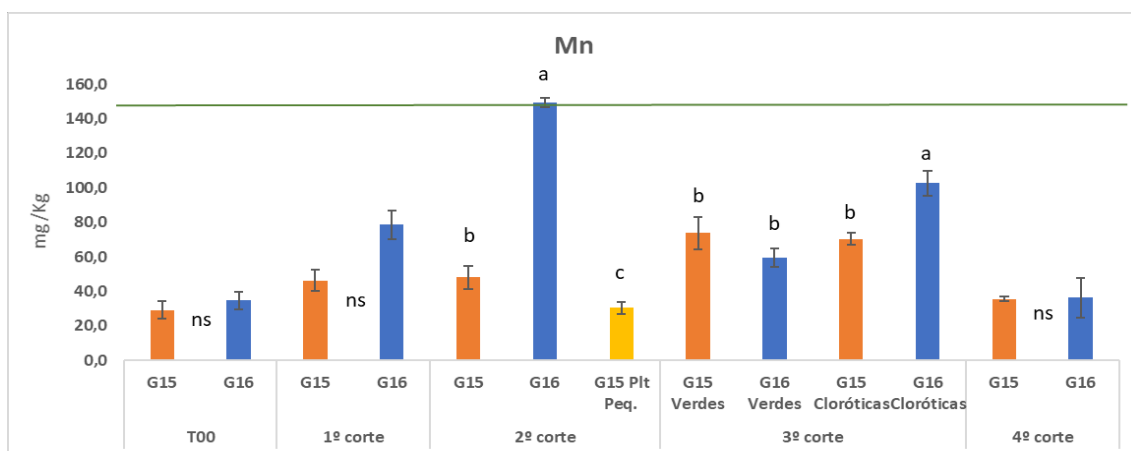


Figura 38: Concentração de Mn (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do Mn para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Boro

A concentração foliar de B, apresentou-se visivelmente inferior ao esperado em todas as datas de ensaio. Não se verificaram diferenças estatísticas entre plantas dos diferentes canteiros de ensaio ao longo do tempo (Figura 39).

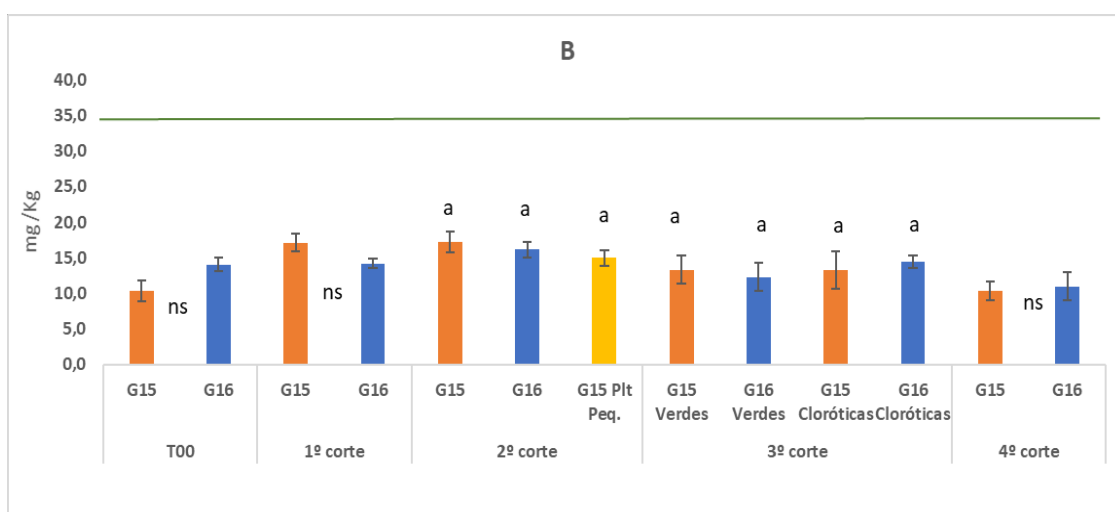


Figura 39: Concentração de B (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan). Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test). A linha verde indica o valor de referência do B para as folhas de agrião segundo o INIAP, 2006.

Molibdênio

Relativamente ao Mo, não existe valor de referência segundo o LQARS, 2006, no entanto, observou-se que não houve diferenças estatísticas na concentração foliar deste nutriente entre plantas nas diferentes datas de recolha, exceto no 2º corte, em que as plantas do canteiro G15 apresentaram valores de concentração superiores às outras plantas analisadas na mesma data (Figura 40).

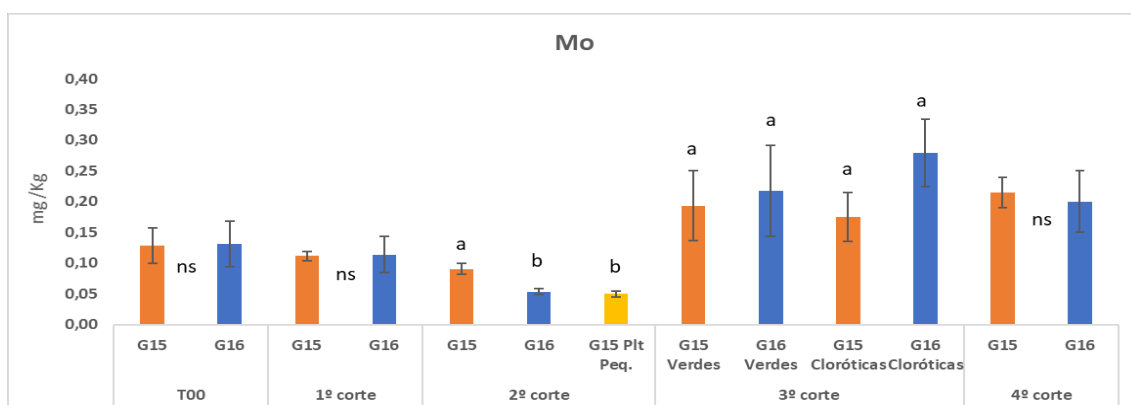


Figura 40: Concentração de Mo (mg /Kg) obtida em folhas de agrião ao longo do ensaio. Em cada data de corte foram comparados os dois canteiros de ensaio (G15 e G16). Para cada média está representado o respetivo erro padrão. Letras diferentes significam resultados significativamente diferentes em $P < 0,05$ (teste de Duncan. Para os cortes em que as colunas estão indicadas com ns (T00, 1º corte e 4º corte), significa que os resultados apresentam diferenças não significativas (ANOVA; F test).

5.2. Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final

5.2.1. Método de produção utilizado: sementeira direta/plantação

A sementeira direta é o método de produção que representa menos custos e se processa mais rapidamente, sendo por isso o mais usado atualmente nas explorações do grupo VAISA, como se pode ver na Figura 41.

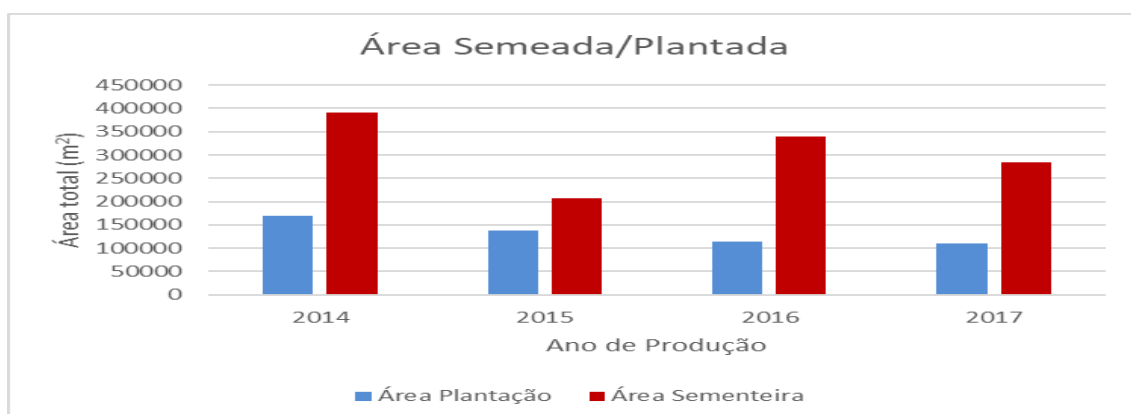


Figura 41: Área total semeada e área total plantada na totalidade das quintas da empresa VAISA, S.A. entre os anos 2014 e 2017.

A área de agrião produzido por sementeira direta foi durante os quatro anos de estudo superior à área ocupada por camas de plantação, sendo as produções obtidas proporcionais à área utilizada por cada método de produção (Figura 42).

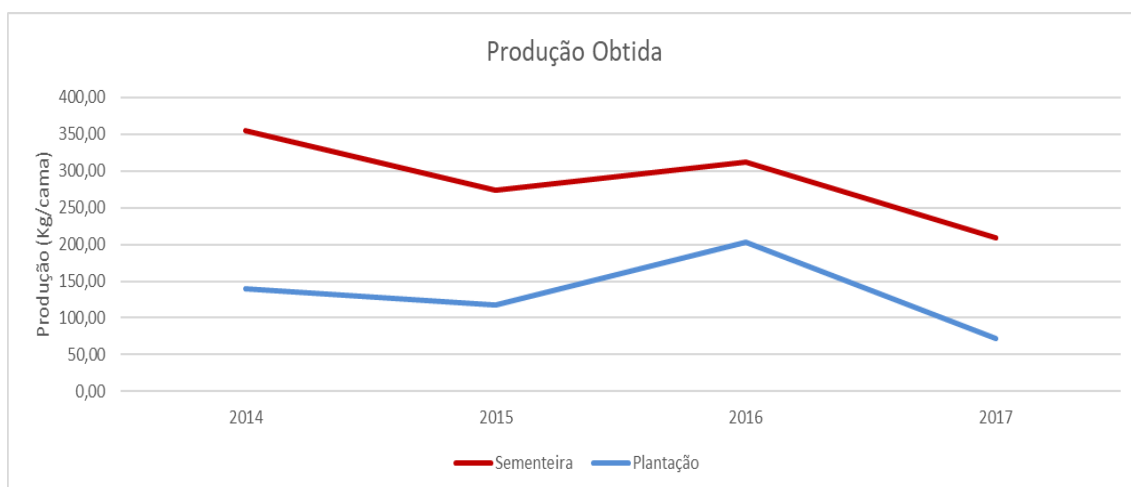


Figura 42: Comparação entre a produção total obtida (Kg/cama) nos canteiros cultivados pelo método de sementeira direta e os canteiros cultivados com recurso à plantação.

As diferenças obtidas em termos de rendimentos não estão, por isso, relacionadas com o método de produção utilizado. Embora a plantação gere uma produção mais precoce, em termos de rendimentos finais, não se observam diferenças na produtividade quando comparados os dois métodos.

5.2.2. Número de cortes efetuados à cultura

De forma a facilitar a leitura dos resultados, os dados em estudo foram agrupados em três classes:

- (1) Canteiros produzidos por sementeira direta ou plantação (SD+P);
- (2) Canteiros que sofreram entre um a quatro recrescimentos (R1-R4);
- (3) Canteiros recrescidos cinco a sete vezes (R5-R7).

Relativamente ao número de cortes efetuados à cultura, podemos concluir que, de facto, a grande maioria da produção da empresa VAISA, S.A. provém de canteiros em que a cultura sofre entre um a 4 recrescimentos, tanto no modo de produção convencional, como no modo de produção biológico (Figuras 43 e 44).

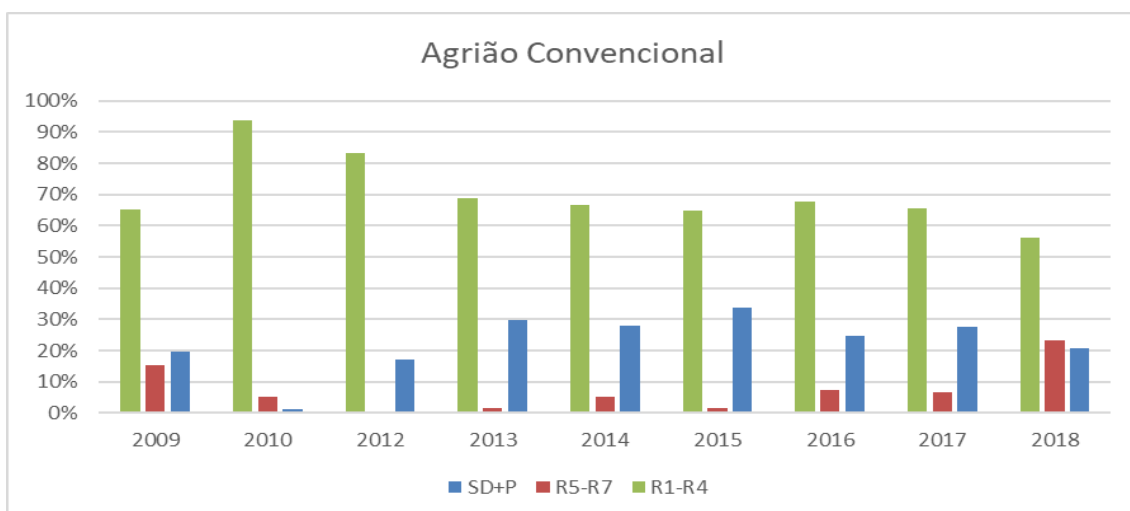


Figura 43: Quantidade (%) de agrião produzido em modo de produção convencional para as três diferentes classes de estudo: Sementeira direta ou plantação (SD+P), de um a quatro recrescimentos (R1-R4) e de cinco a sete recrescimentos (R5-R7).

Nos anos de estudo decorridos entre 2009 e 2018 (com exceção de 2011), a produção de agrião convencional teve a seguinte distribuição:

- Sementeira direta ou plantação: 20,9% da totalidade da produção;
- R1 – R4: 72,5% da totalidade da produção;
- R5 – R7: 6,6% da totalidade da produção.

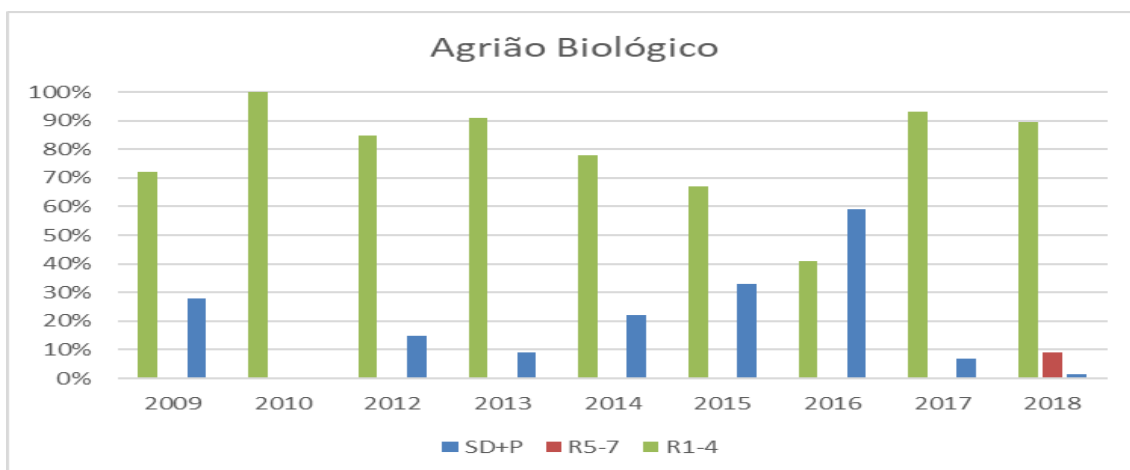


Figura 44: Quantidade (%) de agrião produzido em modo de produção biológico para as três diferentes classes de estudo: Sementeira direta ou plantação (SD+P), de um a quatro recrescimentos (R1-R4) e de cinco a sete recrescimentos (R5-R7).

Nos anos de estudo decorridos entre 2009 e 2018 (com exceção de 2011), a produção de agrião biológico teve a seguinte distribuição:

- Sementeira direta ou plantação: 21,7% da totalidade da produção;
- R1 – R4: 77,4% da totalidade da produção;
- R5 – R7: 0,9% da totalidade da produção.

5.2.3. Determinação da biomassa Fresca

Os rendimentos obtidos foram sempre superiores no modo de produção convencional, com exceção do ano 2015, em que a produção de biomassa fresca total se verificou maior no modo de produção biológico, atingindo neste ano o máximo da produção de agrião conseguido no decorrer dos anos em estudo (Figura 45).

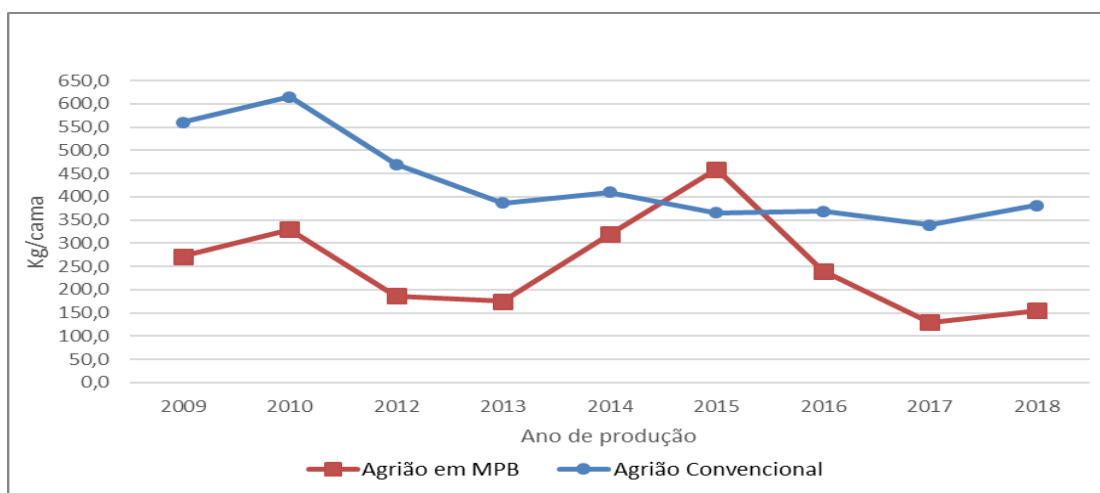


Figura 45: Comparação entre a quantidade de biomassa fresca obtida em MPB (Modo de Produção Biológico) e a quantidade de biomassa fresca obtida em modo de produção convencional

Após este pico de produção notou-se um decréscimo nos valores de biomassa fresca obtidos, essencialmente no MPB, até ao ano 2017 – ano no qual se verificaram os rendimentos mais baixos ao longo do estudo.

6. Considerações finais

6.1. Estudo da influência do modo de produção na composição mineral e aparecimento de cloroses no agrião de água

Finda a análise dos resultados obtidos foi possível concluir que as concentrações foliares de manganês, ferro, zinco e cobre apresentaram, na maior parte dos ensaios, valores abaixo dos valores de referência. É evidente também que estas concentrações foliares foram inferiores nas plantas menos desenvolvidas da cama G15.

As maiores variações na composição mineral ocorreram entre o 2º e o 3º corte, coincidindo com a subida da temperatura mínima (entre fevereiro e março). Neste período, as exigências nutricionais por parte da cultura parecem ter sido mais acentuadas.

O pH da solução nutritiva mostrou ser superior ao valor ótimo para esta cultura, sendo provável que a composição mineral da água utilizada para rega tenha condicionado negativamente a absorção de alguns nutrientes. O pH interfere com a solubilidade dos nutrientes na solução e, consequentemente com a disponibilidade para as plantas. Outro fator a ter em causa é o material de enchimento das camas, que é calcário (CaCO_3), podendo ter alguma influência, por ter capacidade de alcalinizar a água.

A correção de pH em cerca de uma unidade é relativamente fácil de ser conseguida, por avaliação do volume de uma solução de ácido, que deveria ser adicionada por m^3 de água para que se verificasse o abaixamento deste parâmetro para o intervalo de pH ótimo. Uma outra solução que poderia ser estudada, embora eventualmente mais cara, seria a substituição do calcário por um material inerte, na montagem das camas.

A solução nutritiva na zona de saída das camas apresenta uma concentração inferior de todos os elementos, comparativamente às restantes zonas, independentemente da densidade de plantas. Estas deficiências nutricionais registadas no final das camas podem estar relacionadas com o método utilizado para o espalhamento do adubo. Apesar da água de rega correr toda a cama e transportar assim o adubo depositado junto à boca de rega de forma gradual, é natural que este apresente maiores concentrações no início da cama e que, por isso, seja mais facilmente absorvido pelas plantas nesta zona. Apesar de ser um processo mais moroso, seria importante ponderar o uso do espalhador de adubo, de forma a uniformizar as adubações efetuadas e a minorar estas carências nutricionais na zona final das camas.

Quanto ao aparecimento das plantas cloróticas registado em março, aquando do 2º corte efetuado à cultura, na cama G15, apesar de apresentar um padrão de distribuição aleatório, teve alguma predominância na zona final das camas. Entre o segundo e terceiro corte já foram evidentes cloroses nas duas camas de agrião, mantendo-se a persistência no final das

camas. Estas cloroses podem ser justificadas por carências nutricionais, dada a sua zona de predominância. Reforçando esta justificação, a altura em que se registaram os primeiros sintomas de cloroses coincidiu com períodos de elevadas precipitações, o que pode ter resultado na lixiviação de nutrientes, favorecendo as carências nutricionais nas plantas afetadas.

Ainda reforçando o exposto anteriormente, é de salientar que a concentração de cálcio nas plantas, nas datas em que se verificaram cloroses e nos períodos imediatamente anteriores ao aparecimento das mesmas, se encontravam abaixo dos valores de referência. Uma vez que a gravilha utilizada contém diversos carbonatos e bicarbonatos, as disponibilidades deste macronutriente raramente é posta em causa. No entanto, devido à reciclagem da gravilha a sua composição é alterada, devendo este fator ser tido em conta no futuro. Por isso, o Ca pode ter que ser um dos nutrientes a suplementar na solução nutritiva.

É importante ainda realçar que as cloroses surgiram inicialmente na cama G15, numa zona com uma elevada densidade de plantas e que apresentava um atraso no crescimento.

Depois de concluído o estudo, não se conseguiram encontrar evidências que relacionem as cloroses com as pragas ou doenças estudadas.

6.2. Estudo da influência do número de cortes efetuados à cultura no rendimento final

No modo de produção convencional (sementeira ou plantação), verificou-se claramente que os rendimentos obtidos apresentam um padrão de crescimento proporcional à percentagem de camas recrescidas entre 1 a 4 vezes, ou seja, quanto maior o número de camas recrescidas na classe R1-R4, maiores são os rendimentos em biomassa obtidos. Por outro lado, quanto maior o número de camas recrescidas entre 5 e 7 vezes, menores são os rendimentos totais obtidos.

É também de salientar que, os primeiros cortes feitos às camas, depois da sementeira ou plantação, apresentam rendimentos mais baixos relativamente aos cortes resultantes dos primeiros quatro recrescimentos. Estas diferenças podem ser consequência do tempo de germinação no caso das sementeiras e de eventuais crises de transplantação no caso de plantações. É também importante realçar que, nesta fase do desenvolvimento da cultura, a planta apresenta um aspeto menos robusto, com caules mais finos, comparativamente com as fases de recrescimento, podendo este fator ter influência no peso de biomassa fresca conseguido.

Aquando das aparagens, o material aparado fica depositado nas camas, contribuindo para uma acumulação de matéria orgânica. Esta acumulação contribui para o aumento nos

teores de matéria orgânica, que podem contribuir para a diminuição dos rendimentos finais, como demonstrado no estudo de Tikhomirov *et al.* (2018), onde houve uma diminuição de 30% da produtividade.

Os rendimentos do agrião obtido em MPB comparados com os do modo de produção convencional foram geralmente mais baixos, talvez pelas dificuldades que surgem no controlo de pragas e doenças existentes no agrião biológico. No entanto, sendo que a procura de agrião biológico no mercado tem sido cada vez maior, e dado o seu elevado preço, a produção continua a compensar. Prevê-se até um aumento da área de produção de agrião biológico nos próximos anos.

Quando comparados os rendimentos obtidos com a sementeira direta e com a plantação, não foram observadas diferenças entre os dois métodos. A plantação apresenta vantagens no que diz respeito à rapidez com que se consegue chegar ao produto final, no entanto, devido ao seu elevado custo pela aquisição de plantas, a sementeira direta continua a ocupar a maior parte da área de produção das quintas da VAISA, S.A..

Posto isto, seria interessante para a empresa manter o método de produção por recrescimento, no entanto optar por recorrer a um menor número de cortes efetuados à cultura. O ideal seria fazer no máximo quatro recrescimentos para se obter maiores quantidades de biomassa fresca.

7. Referências Bibliográficas

- Abadía, J., Abadía, A. (1993). Iron and pigments. In Iron chelation in plants and soil microorganisms, eds. L. L. Bsrton e B. C. Hemming. San Diego, CA, USA: Academic Press Inc., pp 327-343.
- Almeida, D. (2006). Manual de Culturas Hortícolas – Volume I. Editorial Presença, Lisboa.
- Aydin, D., Coskun, O.F. (2013). Comparison of EDTA-enhanced phytoextraction strategies with *Nasturtium officinale* (watercress) on an artificially arsenic contaminated water. Pak. J. Bot., 45(4): 1423-1429.
- Castellani, D., Camargo, A.F.M., Abimorad, E.G. (2009). Aquaponics: use of the effluent from the secondary nursery of *Macrobrachium amazonicum* for the production of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) and watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum*). Bioikos, 23(2): 67-75.
- Cavell, B.E., Syed, A.S.S., Donlevy, A., Packham, G. (2011). Anti-angiogenic effects of dietary isothiocyanates mechanisms of action and implications for human health. *Biochem Pharmacol*, 81: 327-336.
- Cruz, R.M.S., Vieira, M.C., Silva, C.L.M. (2006). Effect of heat and thermosonication treatments on peroxidase inactivation kinetics in watercress (*Nasturtium officinale*). *J. Food Eng.*, 72: 8-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.007>
- Dias, J.S., 2012. Nutritional Quality and Health Benefits of Vegetables: a review. Food and Nutrition Sciences 3(10):1354-1374.
- Dias, J.S., 2019. Nutritional quality and effect on disease prevention of vegetables. Mozsik, G. (Ed.). Nutriotion in Health and Disease. INTECH Publ., Rijeka, Croatia. Pp. 1-14. DOI: 10.45772/intechopen.85038
- DRAPALG. Rede de Estações Meteorológicas Automáticas da DRAPALG. http://www.drapalg.min-agricultura.pt/index.php?option=com_wrapper&Itemid=43.

- Duman, F., Leblebici, Z., Aksoy, A. (2009). Growth and bioaccumulation characteristics of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) exposed to cadmium, cobalt and chromium. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 21: 257-265.
- GPPAA (Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar), (2003). Anuário Vegetal 2003: Crop Production Yearbook. Castel – Publicações e Edições, SA., Lisboa.
- GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas), (2007). Anuário Vegetal 2007: Crop Production Yearbook. Castel – Publicações e Edições, SA., Lisboa.
- GPP/MAM (Gabinete de Planeamento e Políticas), (2014). Anuário Agrícola 2013: Informação de Mercados. Enigma Previsível, Algés.
- Kara, Y. (2005). Bioaccumulation of Cu, Zn and Ni from the wastewater by treated *Nasturtium officinale*. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2(1): 63-67.
- Li, K., Lin, L., Wang, J., Xia, H., Liang, D., Wang, X., Liao, M., Wang, L., Liu, L., Chen, C., Tang, Y. (2017). Hyperaccumulator straw improves the cadmium phytoextraction efficiency of emergent plant *Nasturtium officinale*. *Env. Monitor. Assess.* 189:374. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6106-0>
- LQARS, 2006. Manual de Fertilização das Culturas. INIAP – Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- Nhan, H.T., Tai, N.T., Liem, P.T., Ut, V.N., Ako, H. (2019). Effects of different stocking densities on growth performance of Asian swamp eel *Monopterus albus*, water quality and plant growth of watercress *Nasturtium officinale* in an aquaponic recirculating system. *Aquaculture*. 503: 96-104.
- Ozturk, F., Duman, F., Lblebici, Z., Temizgul, R. (2010). Arsenic accumulation and biological responses of watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) exposed to arsenite. *Environmental and Exp. Bot.*, 69(2): 167.174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.03.006>

- Payne, A.C., Clarkson, G.J.J., Rothwell, S., Taylor, G. (2015) Diversity in global gene expression and morphology across a watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.) germplasm collection: first steps to breeding. *Horticulture Research* 2.
DOI: <https://www.nature.com/articles/hortres201529#supplementary-information>

- Pestana, M., Domingos, I., Gama, F., Dandlen, S., Miguel, M. G., Castro P. J., de Varennes A., Correia, P. J. (2011). Strawberry recovers from iron chlorosis after foliar application of a grass-clipping extract. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 174(3): 473–479.
DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201000215>

- Rose, P., Faulkner, K., Williamson, G., Mithen, R. (2000) 7-Methylsulfinylheptyl and 8-methylsulfinyloctyl isothiocyanates from watercress are potent inducers of phase II enzymes. *Carcinogenesis*, 21: 1983-1988.

- Salazar, M.B.S. (2007). Estudio e investigación de la berenjena berros y zucchini; y propuesta gastronómica, aplicada en un recetario. Tese de mestrado para a obtenção do grau de Administradora Gastronómica. Universidad Tecnológica Equinoccial - Facultad de Turismo y Preservacion Ambiental, Hoteleria y Gastronomía, Quito (Ecuador).

- Santos, J.D., Silva, A.L.L., Costa, J.L., Scheidt, G.N., Novak, A.C, Sydney, E.B., Soccol, C.R. (2013). Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. *Journal of Env. Manag.*, 114: 8-12.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.045>

- Scavone, O., Panizza, S. (1973). Sobre a morfologia e anatomia do *Nasturtium officinale* R. Brown. *Boletim de Botânica*, 1: 117-148.
DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v1i0p117-148>

- Shao-qi, Z., Wei-dong, L., Xiao, Z. (2010). Effects of heavy metals on planting watercress in kailyard soil amended by adding compost of sewage sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(4): 263-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2010.03.005>

- Souza, H.C., Santos, A.M.P., Fortunado, D.M.N., Lima, D.C., Fragoso, W.D., Ferreira, S.L.C. (2010). Determination of the mineral composition of watercress and data evaluation using multivariate analysis. *Analytical Letters*, 44: 1758-1768.

DOI: <https://doi.org/10.1080/00032719.2010.526267>

- Stevens, C.P. (1983). Watercress ADAS/MAFF. Reference Book No. 136, Grower Books, London.
- Tikhomirov, A., Ushakova, S., Tikhomirova, N., Velichko, V., Trifonov, S., Anishchenko, O. (2018). Establishing cycling processes in an experimental model of a closed ecosystem. Acta Astronautica. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.08.023>
- Vitacress (2019). www.vitacress.com

8. ANEXOS

Anexo 1 – Mapa das quintas que compõem a VAISA, S.A.



Imagem 1: Quinta de Vale Verde e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião (VV1-VV26); 1 – Escritórios VAISA, S.A.; 2 – Sala de embalagem. (Fonte: Google Maps).



Imagem 2: Quinta de Nelson e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião (N1-N19). (Fonte: Google Maps).



Imagem 3: Quinta de Gondra e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião (G1-G34); - Os canteiros de estudo (G15 e G16) encontram-se assinaladas a encarnado. (Fonte: Google Maps).



Imagem 4: Quinta de Ludo e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião (L1-L32). (Fonte: Google Maps).

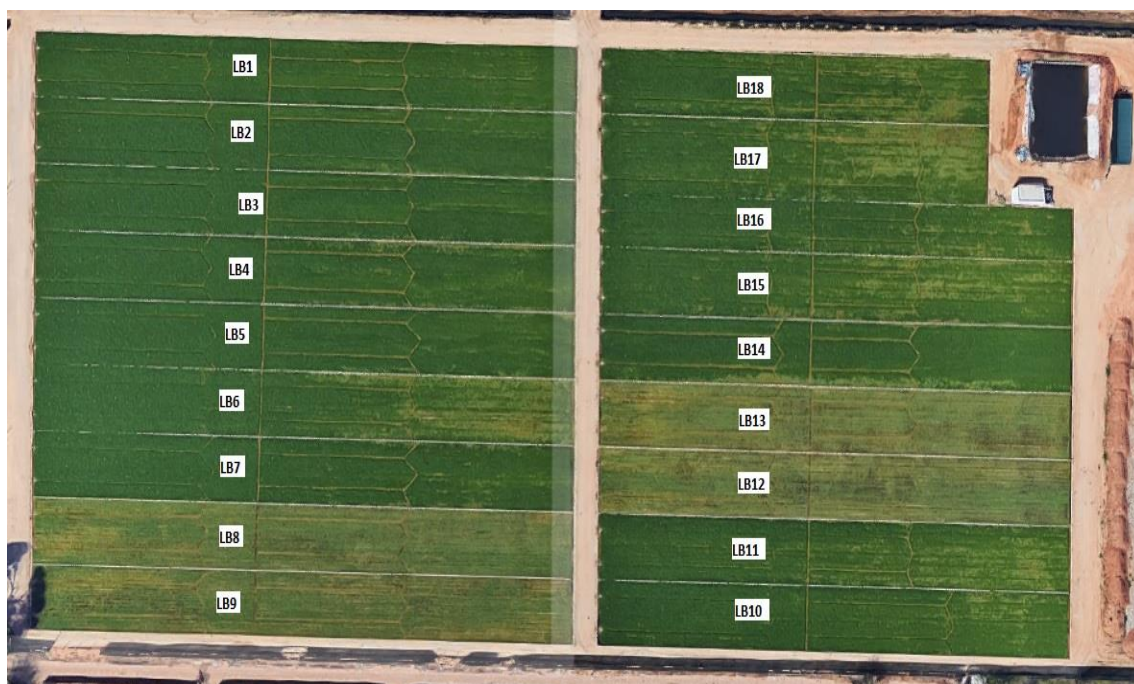


Imagem 5: Quinta de Ludo Bottom e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião biológico (LB1-LB14). (Fonte: Google Maps).



Imagem 6: Quinta Fónica e distribuição dos canteiros destinados à produção de agrião (F1-F53). (Fonte: Google Maps).

Anexo 2 – Operações culturais efetuadas na produção da cultura de agrião de água.



Imagem 7: Semente de agrião de água (variedade Hampshire); Plantula de agrião de água.



Imagem 8: Sementeira de agrião de água.



Imagem 9: Plantação de agrião de água.



Imagem 10: Espalhamento de plantas de agrião para suprir falhas aquando da sementeira ou falhas causadas pelos rodados dos tratores.



Imagem 11: Abertura de valas para circulação uniforme de água.



Imagem 12: Tratamentos fitossanitários.



Imagem 13: Colheita de agrião de água.



Imagem 14: Primeira aparagem efetuada à cultura do agrião.



Imagem 15: Segunda aparagem efetuada à cultura do agrião.



Imagem 16: Levantamento de um canteiro de agrião.



Imagem 17: Lavagem de um canteiro de agrião.



Imagem 18: Rolagem para nivelar o canteiro de agrião.



Imagem 19: Espalhamento da gravilha depositada nos canteiros de produção (rastilho).



Imagem 20: Espalhamento manual da gravilha depositada nos canteiros de produção (rastilho manual).



Imagem 21: Espalhamento e lavagem do agrião de água após colheita.



Imagem 22: Armazenamento do agrião em caixas, para transporte até ao local de lavagem e embalagem final.