

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares



Patrícia Alexandra Lima Alves

Mestrado em Engenharia Agronómica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento de Território
2021

Orientador

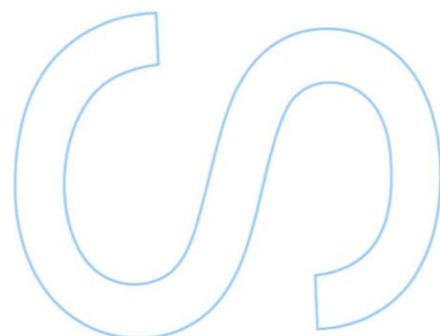
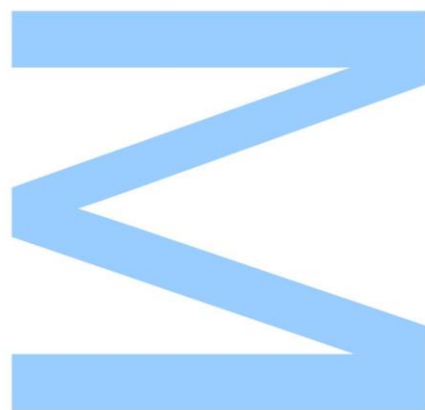
Ruth Maria Oliveira Pereira, Professora Auxiliar, GreenUPorto,
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Coorientador

Maria Cristina Sousa Coutinho de Calheiros e Menezes de Noronha
Madureira, Professora Auxiliar Convidada, CIIMAR, Faculdade de
Ciências da Universidade do Porto

Supervisor

Paulo Palha, Engenheiro Agrónomo, Neoturf

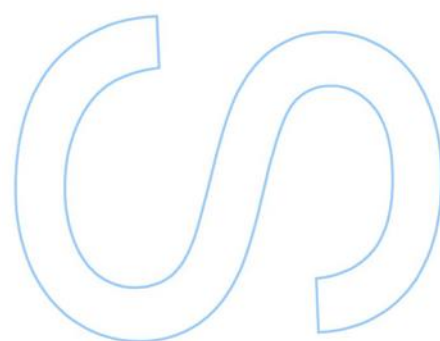
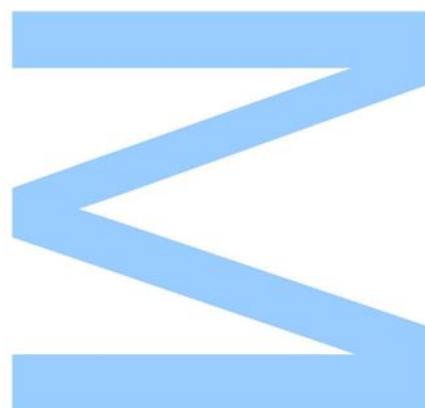




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Agradeço sinceramente ao GreenUPorto, à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e ao CIIMAR, bem como a todas as pessoas que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Este projeto foi parcialmente financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito dos Projetos Estratégicos do GreenUPorto (UIDB/05748/2020, UIDP/05748/2020) e do CIIMAR (UIDB/04423/2020 e UIDP/04423/2020).

À minha orientadora, Prof. Ruth Pereira, por toda a disponibilidade e orientação prestada ao longo deste processo, mas também por todas as coisas que me ensinou ao longo do mesmo.

À minha coorientadora, Prof. Cristina Calheiros, por toda a sua atenção, dedicação e ideias criativas, que me ajudaram a sentir ainda mais motivada para trabalhar ao longo destes meses.

À equipa da Neoturf, que me proporcionou a realização deste trabalho, através do fornecimento e instalação da estrutura para a parede verde em estudo. Principalmente, ao Eng. Paulo Palha e à Arquiteta Sandra Bastos, que sempre me ajudaram e se mostraram disponíveis para esclarecer todas as minhas dúvidas, partilhando comigo os seus conhecimentos.

À prof. Ana Aguiar, por sempre se ter disponibilizado, com toda a sua amabilidade, para me ajudar a identificar algumas pragas e doenças que iam surgindo ao longo do tempo na parede verde.

A todos os outros professores que de algum modo contribuíram para a minha formação académica ao longo destes 5 anos na qual frequentei a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Ao Sr. Matias, pela companhia e simpatia.

A todos os meus amigos pelo apoio, preocupação e disponibilidade todas as vezes que necessitei de ajuda ou simplesmente precisava de palavras de incentivo. Em especial, à Catarina e ao Germano que nunca me deixam desistir dos meus sonhos e me motivam todos os dias a ser uma pessoa melhor.

À minha família que sempre acompanhou e apoiou o meu processo académico. E principalmente, ao meu pai pela paciência e conselhos.

Resumo

A concentração demográfica crescente nas zonas urbanas assim como o aumento de impermeabilização do solo e a eliminação de vegetação tem levado ao efeito de ilha de calor e aumento da poluição atmosférica, com degradação da qualidade de vida. Adicionalmente, há uma necessidade crescente de produção de alimentos, junto aos centros de urbanos, como forma de sustento de pessoas mais carenciadas, como oferta de espaços de lazer que favorecem a saúde mental das pessoas e ainda até como forma a diminuir inseguranças de fornecimento alimentar, reduzindo também as emissões de carbono associadas a longas cadeias de distribuição. As paredes verdes e as coberturas verdes podem assim representar soluções para produção de alimentos nos centros urbanos e periurbanos, em situações de indisponibilidade de solo, e em que é possível a utilização da infraestrutura do edificado. Outras vantagens destas passam pelo aumento da eficiência energética e proteção acústica dos edifícios que revestem, aumentando ainda a biodiversidade e melhorando a qualidade do ar. Contudo, estas infraestruturas verdes têm sido fundamentalmente para fins ornamentais, existindo pouca informação relativamente a quais as espécies alimentares que melhor se adaptam a este tipo de estruturas e quais os custos que as mesmas acarretam. Neste sentido, o presente trabalho focou-se na instalação e manutenção de uma parede verde para produção de alimentos. Para isso, estudou-se o desenvolvimento de diferentes hortícolas (e.g. morango, alface, couve-flor, pimento), algumas aromáticas (como o alecrim, os orégãos, o cebolinho, o manjerição, o tomilho e a hortelã-pimenta) e algumas plantas para preparação de infusões (como a perpétua roxa e a lúcia-lima). A par disto foi feita uma análise da produtividade da parede, bem como dos seus consumos, custos e manutenção. Concluiu-se que apesar das inúmeras vantagens, o elevado custo inicial e o controlo de pragas e doenças representam alguns dos problemas da utilização deste tipo de sistemas para produção alimentar. Atualmente, é ainda urgente procurar outras soluções que em conjunto com as paredes verdes e os telhados verdes possam reduzir os problemas ambientais associados às cidades e aumentar a produção alimentar local das zonas urbanas e suburbanas.

Palavras-chave: biodiversidade; custos de água; jardim vertical; meios urbanos; produtividade; sustentabilidade

Abstract

The growing demographic concentration in urban areas as well as the increase of soil sealing and the elimination of vegetation has led to the heat island effect and increased air pollution, with degradation of the quality of life. Additionally, there is a growing need for food production near urban centres to sustain the poorest people, to provide recreational spaces that favour people's mental health, and even to reduce insecurity of food supply, while reducing the carbon footprint associated with its transport. Green walls and green roofs may represent solutions for food production in urban and peri-urban centres, in situations where soil is not available, and where it is possible to use the building's infrastructure. Other advantages include increased energy efficiency and acoustic protection of the buildings they cover, while also increasing biodiversity and improving air quality. However, these green infrastructures have been mainly for ornamental purposes, and there is a lack of information about which cultures are best adapted to this type of structures and what the costs they entail. In this sense, the present work focused on the installation and maintenance of a green wall for food production. For this, it was studied the development of different vegetables (e.g. strawberry, lettuce, cauliflower, peppers), some aromatic plants (such as rosemary, oregano, chives, basil, thyme and peppermint) and some plants for the preparation of infusions (such as globe amaranth and lemon-verbena). Along with this, an analysis was made of the productivity of the wall, as well as its consumption, costs, and maintenance. It was concluded that despite the numerous advantages, the high initial cost and the control of pests and diseases are some of the problems of using this type of system for food production. Currently, it is still urgent to seek other solutions that together with green walls and green roofs can reduce the environmental problems associated with cities and increase local food production in urban and suburban areas.

Keywords: biodiversity; water consumption; urban environments; productivity; sustainability; vertical garden

Sumário

1. Introdução.....	12
2. Revisão da literatura	14
2.1 Contextualização do tema	14
2.1.1 Aumento da população mundial, evolução das cidades e problemas resultantes	14
2.1.2 O contributo dos espaços verdes para cidades mais sustentáveis.....	17
2.1.3 Importância e soluções para produção alimentar nas cidades	19
2.2 Paredes verdes	19
2.2.1 Contextualização	19
2.2.2 Benefícios e limitações	23
2.2.3 Componentes e aspetos técnicos	26
2.3 Culturas.....	31
2.3.1 Plantas aromáticas	31
2.3.2 Plantas para infusões	38
2.3.3 Hortícolas.....	40
3. Materiais e métodos.....	46
3.1 Local do estudo e preparação	46
3.2 Instalação da parede verde	47
3.3 Monitorização da parede verde	53
3.3.1 Adaptação e desenvolvimento das plantas	53
3.3.2 Produtividade.....	54
3.3.3 Pragas e doenças	56
3.4.4 Consumo de água.....	57
3.4.5 Quantidade de substrato.....	59
4. Resultados e discussão	60
4.1 Monitorização da parede verde	60
4.1.1 Adaptação e desenvolvimento das plantas	60
4.1.2 Produtividade.....	61

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares	
4.1.2 Pragas e doenças	73
4.2 Valor económico da produção	77
4.3 Custos de instalação	78
4.4 Custos de manutenção.....	80
4.4.1 Custos de água.....	80
4.4.2 Custos associados ao controlo de pragas e doenças	81
4.4.3 Custo total de manutenção mensal	81
4.5 Balanço económico	81
5. Conclusões	82
6. Recomendações para trabalhos futuros.....	83
Referências bibliográficas	84
Apêndices	94
Apêndice A – Poster de participação no IJUP 2021	95
Apêndice B – Poster de participação no WETPOL 2021	96
Apêndice C – Poster de participação na Blue Think Conference 2021	97
Apêndice D – Poster colocado no Campus Agrário de Vairão para divulgação do trabalho	98
Anexos	99
Anexo A – Dados recolhidos da estação meteorológica do Campus Agrário de Vairão durante o período de estudo no ano de 2021	99
Anexo B – Características dos substratos utilizados	103

Lista de figuras

Figura 1 - População mundial total e população mundial urbana a cada 5 anos em mil milhões, desde 1970 a 2020. Realizado com dados retirados de Worldometers.info (2021)	15
Figura 2 - Previsão da população mundial total e da população mundial urbana a cada 5 anos em mil milhões, de 2025 a 2050. Realizado com dados retirados de Worldometers.info (2021)	15
Figura 3 - <i>Torres Bosco Verticale</i> em Milão, Itália. Fonte: https://placetech.net/	20
Figura 4 - Projeto em desenvolvimento: Torre dos Cedros em Lausanne, Suíça. Fonte: https://www.stefano-boeriarchitetti.net/	20
Figura 5 - Projeto em desenvolvimento: Hotel <i>Mountain Forest</i> em Guizhou, China. Fonte: https://www.stefano-boeriarchitetti.net/	20
Figura 6 - Projeto em desenvolvimento: Cidade Verde de Liuzhou, China. Fonte: https://www.stefano-boeriarchitetti.net/	21
Figura 7 - Classificação e diferentes tipos de paredes verdes. Adaptado de Manso & Castro-Gomes (2015)	21
Figura 8 - Fachada verde direta no Complexo Municipal de Ténis da Maia, Portugal (2021)	22
Figura 9 - Jardim vertical no restaurante “Capa na Baixa” no Porto, Portugal (2021) ..	22
Figura 10 - Paredes verdes no Edifício Porto Office Park - Projecto Neoturf. Fonte: https://www.neoturf.pt/pt/projetos/paredes-verdes-porto-office-park	23
Figura 11 - <i>Natura towers</i> em Lisboa, Portugal. Fonte: https://arturcabral.com/architecture	25
Figura 12 - Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	32
Figura 13 - Cebolinha (<i>Allium schoenoprasum</i>)	33
Figura 14 - Hortelã-pimenta (<i>Mentha x piperita</i>)	34
Figura 15 - Manjerição (<i>Ocimum basilicum</i>)	35
Figura 16 - Óregãos (<i>Origanum vulgare</i>)	36
Figura 17 - Tomilho-vulgar (<i>Thymus vulgaris</i>)	37
Figura 18 - Lúcia-lima (<i>Aloysia triphylla</i>)	39
Figura 19 - Perpétua roxa (<i>Gomphrena globosa</i>)	40
Figura 20 - Alface (<i>Lactuca sativa</i>). À esquerda uma alface de folhas, à direita uma alface de repolho. Fonte: Pixabay	41
Figura 21 - Couve-flor (<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>). Fonte: Pixabay	42
Figura 22 - Morangueiro (<i>Fragaria x ananassa</i>)	44

Figura 23 - Pimento (<i>Capsicum annum</i>).....	45
Figura 24 - Parede exterior do Campus Agrário de Vairão onde foi realizado o estudo. Imagem retirada antes da instalação da parede verde no dia 8 de maio de 2021.....	46
Figura 25 - Instalação da estrutura para a parede verde no Campus Agrário de Vairão, no dia 8 de maio de 2021	47
Figura 26 - Colocação dos tubos para o sistema de rega gota-a-gota no dia 8 de maio de 2021.....	48
Figura 27 - Resultado final após a montagem completa da estrutura e de colocados os gotejadores para o sistema de rega no dia 20 de maio de 2021	48
Figura 28 - Exemplo de um saco colocado num módulo já encaixado na estrutura	49
Figura 29 - Sacos cheios com substrato	49
Figura 30 - Módulos para posterior encaixe na estrutura principal da parede verde, no dia 8 de maio de 2020	49
Figura 31 - Esquema de plantação da parede verde com a matriz que foi utilizada para identificar cada planta.....	50
Figura 32 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 22 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita e de cima para baixo: alecrim, tomilho, orégãos, pimento, cebolinho e morangueiro)	51
Figura 33 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 23 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita: alface, lúcia-lima e manjerição).....	51
Figura 34 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 25 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita: perpétua roxa, hortelã-pimenta e couve-flor)	52
Figura 35 - Parede verde após as plantações e já com todos os módulos colocados na estrutura	52
Figura 36 - Exemplo da biodiversidade registada no sistema	53
Figura 37 - Floração de algumas espécies (da esquerda para a direita: orégãos, cebolinho, morangueiro, pimento, manjerição e perpétua-roxa).....	53
Figura 38 - Exemplos de registos do peso fresco das colheitas (por ordem da esquerda para a direita: tomilho, alface).....	54
Figura 39 - Folhas de lúcia-lima após a secagem natural das mesmas	55
Figura 40 - Produtos da <i>Naturen by KB</i> adquiridos para o combate de pragas e doenças	56
Figura 41 - Sistema de rega gota-a-gota programado para regar uma vez por dia durante um minuto às 7h	57

Figura 42 - Pontos da parede onde foram realizadas as medições do volume de água fornecido pelos gotejadores durante 1 minuto	58
Figura 43 – Sacos de substrato fornecidos pela Neoturf.....	59
Figura 44 - Pesagem de um saco cheio com substrato para cálculo do substrato utilizado na parede verde.....	59
Figura 45 - Exemplos de colheitas realizadas (por ordem da esquerda para a direita: pimentos, orégãos e perpétua roxa)	61
Figura 46 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do alecrim. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	62
Figura 47 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do tomilho. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	63
Figura 48 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do cebolinho. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	64
Figura 49 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da hortelã-pimenta. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	65
Figura 50 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do manjerição. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	66
Figura 51 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura dos orégãos. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	67
Figura 52 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do pimento. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	68
Figura 53 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da alface. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	69
Figura 54 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da lúcia-lima. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	70

Figura 55 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da perpétua roxa. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	71
Figura 56 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do morango. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie	72
Figura 57 - Presença de formigas, dada a existência do piolho em algumas plantas de perpétua-roxa (observação feita no dia 28 de junho de 2021)	74
Figura 58 - Presença de piolho junto a uma flor de perpétua roxa após a colheita da mesma.....	74
Figura 59 - Oídio detetado nas plantas de lúcia-lima	75
Figura 60 - Oídio detetado nos caules do alecrim	76
Figura 61 - Lagartas encontradas e retiradas das culturas	77

Lista de tabelas

Tabela 1 - Importância dos espaços verdes e das plantas em meios urbanos. Adaptado de Pinho & Lopes (2007)

17

Tabela 2 - Exemplos de espécies de plantas ornamentais que podem ser utilizadas em jardins verticais para fins ornamentais. Fonte: Timur & Karaca (2012)

28

Tabela 3 - Exemplos de espécies de hortícolas, plantas aromáticas e florícolas que podem ser utilizadas em jardins verticais para fins de produção alimentar

29

Tabela 4 - Caracterização da cultura do alecrim. Fontes: Aguiar et al. (2017), Almeida (2006), Bastidas (2018), Biggs (1980), Chambel (2021d), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018) e Póvoa & Delgado (2014).

31

Tabela 5 - Caracterização da cultura do cebolinho. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021a) Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Moreira (2021), Plants for a future (2021) e Póvoa & Delgado (2014).....

32

Tabela 6 - Caracterização da cultura da hortelã-pimenta. Fontes: Almeida (2006), Correia et al. (2010), Ferreira & Barreiro (2016), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Neto et al. (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Rau (2021b).....

33

Tabela 7 - Caracterização da cultura do manjerição. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021c), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018) Plants for a future (2021) e Póvoa & Delgado (2014).....

35

Tabela 8 - Caracterização da cultura dos orégãos. Fontes: Almeida (2006), Carroll (2021), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Neto et al. (2021), Plants for a future (2021) Póvoa & Delgado (2014).....

36

Tabela 9 - Caracterização da cultura do tomilho. Fontes: Almeida (2006), Biggs (1980), Ferreira & Barreiro (2016), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Neto et al. (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Preedy (2016)

37

Tabela 10 - Caracterização da cultura da lúcia-lima. Fontes: Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Neto et al. (2021) e Plants for a future (2021), Póvoa & Delgado (2014)

38

Tabela 11 - Caracterização da cultura da perpétua-roxa. Fontes: Gilman & Howe (2019), Plants for a future (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Schiller (2021)

39

Tabela 12 - Caracterização da cultura da alface. Fontes: Afroza & Rana (2017), Almeida (2006), Biggs (1980) e Ferreira & Barreiro (2016).

40

Tabela 13 - Caracterização da cultura da couve-flor. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021b), Biggs (1980) e Souza et al. (2018)

42

Tabela 14 - Caracterização da cultura do morango. Fontes: Almeida (2014), Ferreira & Barreiro (2016), Rau (2021c) e Ronque (1998).....	43
Tabela 15 - Caracterização da cultura do pimento. Fontes: Almeida (2014), Ferreira & Barreiro (2016) e Rau (2021a)	44
Tabela 16 - Tratamentos fitossanitários contra o piolho na cultura da perpétua roxa..	74
Tabela 17 - Cálculo do valor económico da produção ao longo dos cerca de 3 meses de estudo da parede verde	77
Tabela 18 – Custos indicativos de instalação da parede verde em estudo (Área = 8,33 m ²)	79
Tabela 19 - Medições realizadas em 6 pontos diferentes da parede verde para calcular a média de água fornecida por gotejador durante 1 minuto (os gotejadores estão identificados com a mesma matriz que foi utilizada para identificar as plantas e que já foi referida na Figura 31).....	80
Tabela 20 - Custos com o controlo de pragas e doenças que surgiram na parede verde em estudo.....	81

Lista de siglas

COP26 – 26ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

ECMWF – Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

1. Introdução

A pandemia da COVID-19 trouxe preocupações com o receio de aumento de insegurança alimentar, nos centros urbanos, devido a ruturas nas cadeias de abastecimento alimentar, registadas em alguns locais do mundo, tais como países do sul da Ásia, da África Subsaariana, da América Latina, das Caraíbas e da região do Pacífico (Lal, 2020). Estas evidências, juntamente com o aumento crescente da população em áreas urbanas e periurbanas (United Nations, 2018), bem como a necessidade de diminuir a pegada de carbono dos produtos alimentares, vieram reforçar a necessidade de se repensar o funcionamento das cadeias alimentares tornando-as mais resilientes, de modo a diminuir o desperdício alimentar e aumentar a produção local (Lal, 2020).

Neste contexto, Singapura tem surgido como um caso de estudo interessante, pois tem vindo a ser apontada como um dos países com maior segurança alimentar, ao contrário do que seria de se esperar, uma vez que a maioria dos estados insulares desta dimensão costumam ser particularmente vulneráveis (Teng, 2020). Com a situação da pandemia, Singapura aumentou ainda mais as suas políticas e incentivos para o aumento do número de explorações urbanas com produção alimentar e diminuição do desperdício (Teng, 2020).

A produção de alimentos nas cidades abrange a agricultura familiar, as hortas comunitárias, as coberturas verdes, a agricultura vertical (como o caso das fábricas de plantas) e as paredes verdes (Skar et al., 2020). Entre as diferentes infraestruturas, as paredes verdes representam uma nova oportunidade de produção alimentar para consumo familiar. O conceito de paredes verdes engloba todos os sistemas que permitem tornar uma superfície vertical mais verde (e.g. fachadas verdes diretas, fachadas verdes indiretas, paredes vivas contínuas e paredes vivas modulares) (Manso & Castro-Gomes, 2015). Estas estruturas providenciam diversos serviços de ecossistema, como fomento da biodiversidade (Collins et al., 2017; J. Francis et al., 2014; R. A. Francis & Lorimer, 2011; Loh, 2008; Lundholm, 2006; Mayrand & Clergeau, 2018; Ottelé, 2011) e apoio à adaptação e mitigação das alterações climáticas, através por exemplo da purificação do ar (Abdo et al., 2019; Bruse et al., 1999; Charoenkit & Yiemwattana, 2017; Charoenkit et al., 2020; J. Francis et al., 2014; Loh, 2008; Pugh et al., 2012; Rahman et al., 2011; Sheweka & Magdy, 2011) e contribuição para otimização térmica no interior dos edifícios (Alexandria & Jones, 2008; Bass, 2007; Charoenkit & Yiemwattana, 2017; Charoenkit et al., 2020; Eumorfopoulo & Kontoleon, 2009; J. Francis et al., 2014; GhaffarianHoseini et al., 2013; He et al., 2017; Koyama et al., 2013; Loh, 2008; Nan et al., 2020; Sheweka & Magdy, 2011; Timur & Karaca, 2012; Yoshimi &

Altan, 2011; Zhang, 2013). Na literatura verifica-se que existem apenas alguns estudos sobre a produção alimentar em paredes verdes. Nagle et al. (2017) são um exemplo de um estudo piloto com uma parede verde para produção alimentar, no qual analisaram a adaptação e produção de algumas plantas como manjeriço, cebolinho, coentros, endro, rabanetes, acelga, tomate-cherry, ervilhas e algumas couves, como a couve-galega. Porém, existem ainda poucos estudos sobre estas infraestruturas verdes que abordem aspetos específicos e não menos relevantes, tais como, necessidades de água, análise do custo-benefício, espécies de plantas que melhor se adaptam a estes sistemas e suscetibilidade a possíveis adversidades, como pragas, doenças e condições climáticas adversas. Há falta de informação relativamente a diretrizes técnicas sobre a viabilidade e produtividade deste tipo de sistemas, sendo estas lacunas ainda maiores quando se pensa em utilizar os mesmos no exterior de edifícios para fins de produção alimentar.

O presente trabalho teve como objetivo implementar e avaliar a manutenção e viabilidade produtiva de uma parede verde com produção de bens alimentares, de forma a perceber se este tipo de sistema pode de facto constituir uma solução sustentável para o futuro da agricultura de proximidade, bem como para o suprimento de necessidades familiares quando não há disponibilidade de solo ou de outras infraestruturas para produção alimentar. A parede verde implementada apresenta a particularidade de ser constituída maioritariamente por plástico reciclado proveniente de detritos marinhos, associada a um sistema de rega de baixo consumo (Neoturf, 2017). O estudo teve a duração de cerca de 3 meses e foi realizado no Campus Agrário de Vairão, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, com a colaboração da empresa Neoturf que forneceu o sistema de parede verde utilizado. Em apêndice (A-D) estão referenciados os trabalhos apresentados em eventos científicos.

2. Revisão da literatura

2.1 Contextualização do tema

Para contextualizar as paredes verdes e a necessidade de produção alimentar em si, é necessário abordar a concentração crescente da população junto aos centros urbanos e os problemas ambientais que isto acarreta (United Nations, 2019). Atualmente, é urgente procurarmos soluções para termos cidades mais sustentáveis com uma produção alimentar mais próxima.

2.1.1 Aumento da população mundial, evolução das cidades e problemas resultantes

No decorrer deste século e ao longo da própria História da Humanidade, com o desenvolvimento de grandes centros urbanos, verificou-se tendencialmente uma migração das pessoas do meio rural para o meio urbano (Abiko et al., 1995).

No século XVIII, após a revolução industrial e com os grandes progressos científicos que daí advieram, houve um grande crescimento das cidades - nomeadamente em países Europeus como a Inglaterra, a França, a Alemanha e os Países Baixos (Abiko et al., 1995). Depois de 1850, uma vez consolidada a revolução industrial, que levou a que a população mundial quadruplicasse (devido a uma diminuição da taxa de mortalidade), a população nas cidades passou a ser 10 vezes superior (Abiko et al., 1995).

De 1800 a 1914, a população da Europa aumentou de 180 milhões para 460 milhões (sem considerar os cerca de 100 milhões que, entretanto, emigraram para a América) (Abiko et al., 1995). Assim, e com um aumento populacional tão grande, houve um grande incremento da urbanização, com a criação de novas cidades e alterações nas cidades já existentes à data (Abiko et al., 1995). As pessoas procuravam melhores condições de vida e viam a sua ida para os centros urbanos muitas vezes como uma oportunidade de acesso ao trabalho e uma consequente melhoria da sua situação económica (Abiko et al., 1995). Porém, todo este aumento urbano exponencial levou a que muitas pessoas habitassem nestes locais sem quaisquer condições sanitárias e vivessem muitas vezes nas zonas mais pobres das cidades em sítios degradados e clandestinos (Abiko et al., 1995). Alguns dos problemas apontados às cidades nesta altura eram a poluição, o adensamento populacional, a atmosfera insalubre e a propagação de doenças como a cólera (Bahls, 1998). Isto despertou a atenção das autoridades, de médicos e de higienistas; e por volta de 1870, a cidade começou a ser vista como um “mal patológico”, começando-se a investir mais na higiene dos espaços

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares urbanos através da implementação de redes de esgotos, de canalização de água e da introdução e valorização dos espaços verdes já existentes (Bahls, 1998). A segunda metade do século XIX foi marcada por várias reformas urbanísticas em grandes capitais do mundo (Bahls, 1998). Os jardins urbanos começaram a ser vistos como ferramentas eficientes para combater a aglomeração, desordem e problemas de higiene das grandes cidades, melhorando assim o ambiente das mesmas (Bahls, 1998).

Nas últimas décadas, a população mundial total e a população mundial urbana têm continuado a aumentar de forma exponencial (Figura 1), tendo-se atingido em 2020 cerca de 7,79 mil milhões de pessoas em todo o planeta das quais cerca de 4,38 mil milhões a viverem em meio urbano (World Health Organization, 2017). Prevê-se que estes números continuem a aumentar, de forma a que em 2050 a população mundial será de cerca de 9,74 mil milhões de pessoas, entre as quais 6,68 mil milhões que viverão em zonas urbanas (Figura 2) (Worldometers.info, 2021).

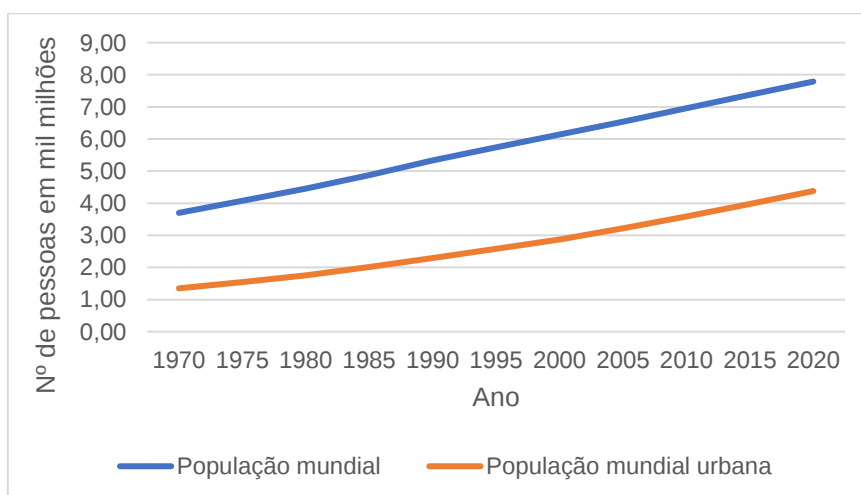


Figura 1 - População mundial total e população mundial urbana a cada 5 anos em mil milhões, desde 1970 a 2020. Realizado com dados retirados de Worldometers.info (2021)

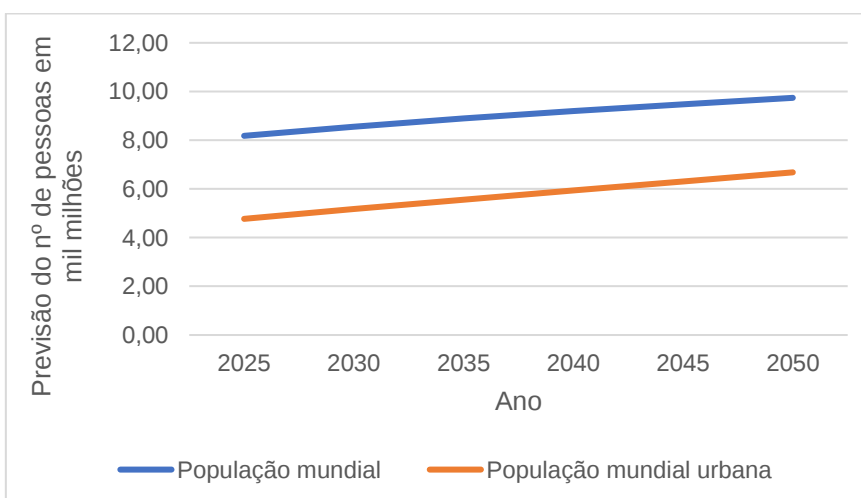


Figura 2 - Previsão da população mundial total e da população mundial urbana a cada 5 anos em mil milhões, de 2025 a 2050. Realizado com dados retirados de Worldometers.info (2021)

A crescente urbanização tem contribuído em parte para os graves problemas ambientais à escala global. Problemas como a emissão de gases efeito estufa, as ilhas de calor urbano ou a redução dos recursos energéticos podem ser atribuídos às densas urbanizações, que levam à redução dos espaços verdes, que no passado foram considerados relevantes. De acordo com a International Energy Agency (2021), os edifícios são responsáveis por mais de um terço do consumo global final de energia e contribuem em quase 40% do total das emissões diretas e indiretas de dióxido de carbono (CO₂). Nos países europeus, 36% do total das emissões de gases efeito estufa são atribuídos aos edifícios (Raji et al., 2016).

Viver em meio urbano, limita o acesso à natureza e pode aumentar a exposição a certos riscos ambientais, como a poluição atmosférica e a poluição sonora (World Health Organization, 2017). Muitas zonas urbanas enfrentam uma ameaça cada vez maior, devido ao aumento constante das suas populações, ao problema dos recursos limitados e ao impacto cada vez maior das alterações climáticas (World Health Organization, 2017).

Segundo o European Data Journalism Network (2018) e com base em estatísticas do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas a Médio Prazo (ECMWF), as cidades europeias registam temperaturas cada vez maiores, sendo em média cerca de 1 °C mais quentes em relação ao século passado. Os casos mais notórios localizam-se na Europa de Leste e no Sul de Espanha, estando no topo da lista a cidade de Granada, em Espanha, que subiu a sua temperatura em cerca de 1,6 °C em relação ao período de 1900-1999 (European Data Journalism Network, 2018).

No caso de Portugal e apesar das cidades portuguesas estarem entre as que menos aqueceram, também se registaram diferenças; sendo a mais notória, o caso da cidade de Beja que aumentou cerca de 0,9 °C nos últimos dezassete anos (European Data Journalism Network, 2018). Em contraste, a cidade de Ponta Delgada foi a que registou o menor aumento (cerca de 0,1 °C) (European Data Journalism Network, 2018).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (2020), os valores de temperatura do ar registados desde 1931, revelam que há uma tendência crescente de temperatura, mais significativa no caso da temperatura média e máxima. A mesma fonte revela ainda que o ano de 2019 foi o sexto mais quente para Portugal e o quinto mais seco desde 1931.

É cada vez mais importante abordar estes problemas uma vez que mudanças a nível do planeamento urbano podem influenciar diretamente o clima e a sustentabilidade urbana (Rafael et al., 2016).

2.1.2 O contributo dos espaços verdes para cidades mais sustentáveis

Os espaços verdes e outras soluções baseadas na natureza aumentam a qualidade dos espaços urbanos e promovem a qualidade de vida de quem lá habita. A Comissão Europeia (2020) define soluções baseadas na Natureza como sendo *“soluções inspiradas e sustentadas pela natureza, que são economicamente viáveis, proporcionam benefícios simultaneamente ambientais, sociais e económicos e ajudam a aumentar a resiliência; estas soluções trazem um número maior e mais diversificado de características e processos naturais e da natureza às cidades, paisagens terrestres e marinhas, através de intervenções adaptadas aos locais, eficientes em termos de recursos e sistémicas”*. Salienta ainda que as *“soluções baseadas na natureza devem beneficiar a biodiversidade e apoiar a prestação de uma gama de serviços ecossistémicos”*. Algumas das vantagens destas soluções são a preservação da biodiversidade, a diminuição da poluição atmosférica e sonora e a redução das ilhas de calor (World Health Organization, 2017). Autores como Pinho & Lopes (2007) apontam não só estes, mas também outros benefícios resumidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Importância dos espaços verdes e das plantas em meios urbanos. Adaptado de Pinho & Lopes (2007)

Benefícios	Descrição
Fixação do solo	À medida que se desenvolvem, as raízes das plantas fixam o solo e libertam substâncias que ajudam agregar o solo na zona da rizosfera.
Diminuição da erosão	Aquando da precipitação, pela capacidade de fixar o solo, as plantas reduzem a erosão. A canópia das árvores intercepta ainda a chuva reduzindo a intensidade com que esta cai sobre o solo e subsequentemente a formação de enxurradas.
Locais de sombra	Proporcionados particularmente por plantas de grande porte, reduzem a temperatura ao nível do solo, criando condições favoráveis à presença humana e de outros animais, assim como aos processos biológicos que ocorrem no solo.
Diminuição da velocidade do vento	A canópia das árvores reduz a velocidade do vento ao nível do solo.

Filtração do ar	A parte vegetativa das plantas fixa esporos, pólen, póis, cinzas, húmus e outras partículas do ar, que sobre elas se depositam.
Redução do ruído	As plantas intercetam e atenuam as ondas sonoras, principalmente quando plantadas em conjunto.
Absorção de dióxido de carbono e ciclo hidrológico	Através da fotossíntese, as plantas assimilam dióxido de carbono e libertam oxigénio, melhorando a qualidade do ar. Através da evapotranspiração contribuem para manter a humidade do ar, intervindo no ciclo hidrológico e reduzindo condições de aridez, ao limitar a evaporação a partir do solo.
Valorização da paisagem	Pela oferta de amenidade e de diversos serviços dos ecossistemas acrescem valor económico às áreas urbanas e possibilitam um equilíbrio entre o natural e o artificial, podendo ainda muitas das vezes, contribuir para a divisão de propriedades e condições de privacidade.
Poupança de energia	A filtração do ar e o controlo da temperatura realizado pelas plantas pode diminuir os gastos energéticos em aclimatização de edifícios.
Regulação do clima	Na ausência de infraestruturas verdes a aridez do clima aumenta e os eventos de precipitação tendem a ter impactos mais significativos.
Lazer e saúde física e mental	Representam espaços de lazer e de contacto com a natureza acessíveis a toda a população, permitindo a realização de atividade física ao ar livre e contribuindo de forma positiva para a saúde mental da população.
Valor educativo	Podem contribuir para a educação não só no contexto educativo convencional, mas também para a população no geral, que passa a conhecer melhor a fauna, a flora, as interações entre si e com o próprio habitat, bem como a sua importância para o ecossistema urbano. Um bom exemplo de espaços verdes com grande valor educativo são os jardins botânicos.
Emprego	As infraestruturas verdes são atualmente uma oportunidade de negócio e geram postos de trabalho associados à sua manutenção e utilização.

2.1.3 Importância e soluções para produção alimentar nas cidades

A atual pandemia da COVID-19 veio enfatizar a importância da produção local de alimentos (Chandran, 2020). A mesma já era relevante para reduzir a pegada ecológica dos alimentos, satisfazer a procura de grandes populações e aumentar a segurança alimentar. Porém, a pandemia veio tornar o tema ainda mais relevante, uma vez que evidenciou as dificuldades no fornecimento de alimentos frescos sustentáveis em alguns locais do mundo, tanto em relação à cadeia de abastecimento em si, como aos próprios preços que subsequentemente foram inflacionados (Khan et al., 2020). As pessoas ficaram com acesso restrito a produtos alimentares perecíveis e passou a existir mais insegurança em relação ao emprego (Khan et al., 2020). O próprio encerramento de fronteiras levou a interrupções no transporte, escassez de mão-de-obra e acesso limitado ao mercado – resultando isto em perdas e desperdícios alimentares elevadíssimos (Beltrami, 2020). Tudo isto veio realçar o interesse sobre a produção alimentar junto aos centros urbanos e a procura de soluções para a mesma. Contudo, o problema passa muitas das vezes pela falta de espaço para o cultivo de alimentos. Neste sentido, a ciência e a tecnologia têm vindo a propor soluções possíveis como o caso das fábricas de plantas, mas também outras de produção não intensiva que têm por base a utilização da estrutura dos edifícios - como as paredes e os telhados verdes (Skar et al., 2020).

2.2 Paredes verdes

2.2.1 Contextualização

Embora o conceito de parede verde, mais especificamente jardim vertical, aparente ser recente, acha-se que o mesmo terá aparecido por volta do século VI a.C., no contexto dos Jardins Suspensos da Babilónia (uma das Sete Maravilhas do Mundo Antigo), que teriam sido construídos pelo rei Nebuchadnezzar II, para a sua esposa Amyitis, com a intenção de amenizar a falta que a mesma sentia da sua verdejante e montanhosa terra natal (Ottelé, 2011).

Há ainda registos de alguns jardins verticais no tempo do Império Romano, na zona do Mediterrâneo, em algumas cidades como Pompeia, em espaços comerciais e residenciais (Ottelé, 2011; Urban-Imbeault, 2014; Zenati et al., 2016). Os mesmos eram utilizados tanto para a produção de alimentos como pelo seu próprio conforto térmico e embelezamento das fachadas em si (Ottelé, 2011; Urban-Imbeault, 2014; Zenati et al., 2016). A primeira parede verde patenteada surgiu em 1938, em Urbana, Illinois, desenvolvida por Stanleu Hart White, professor de arquitetura paisagística da Universidade de Illinois (Hindle, 2012). Em 1988, em França, com o objetivo de criar um

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares | sistema de jardim vertical hidropónico, o botânico Patrick Blanc patentou a sua técnica denominada “*Mur vegeta*” que tinha sido inspirada numa das suas viagens – esta técnica foi depois considerada uma das “50 invenções mais influentes” no ano de 2005 (Bianchini, 2019; Urban-Imbeault, 2014). Patrick Blanc é uma das pessoas que mais divulga e trabalha com os jardins verticais, que com o passar dos anos têm vindo a ganhar um grande destaque (Urban-Imbeault, 2014). Atualmente, Stefano Boeri, é um dos arquitetos mais reconhecidos pela criação de jardins verticais em edifícios públicos – sendo o autor por exemplo, das *Torres Bosco Verticale* em Milão (Figura 3) e sendo também o designer de projetos ainda em desenvolvimento como a Torre dos Cedros em Lausanne (Figura 4), o Hotel *Mountain Forest* em Guizhou (Figura 5) e a Cidade Verde de Liuzhou (Figura 6) (Golasz-Szolomicka et al., 2019).



Figura 3 - Torres Bosco Verticale em Milão, Itália. Fonte: <https://placetech.net/>



Figura 4 - Projeto em desenvolvimento: Torre dos Cedros em Lausanne, Suíça. Fonte: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/>



Figura 5 - Projeto em desenvolvimento: Hotel Mountain Forest em Guizhou, China. Fonte: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/>



Figura 6 - Projeto em desenvolvimento: Cidade Verde de Liuzhou, China. Fonte: <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/>

Segundo Manso & Castro-Gomes (2015), as paredes verdes podem ser classificadas segundo os seus métodos de construção e as suas principais características (Figura 7).

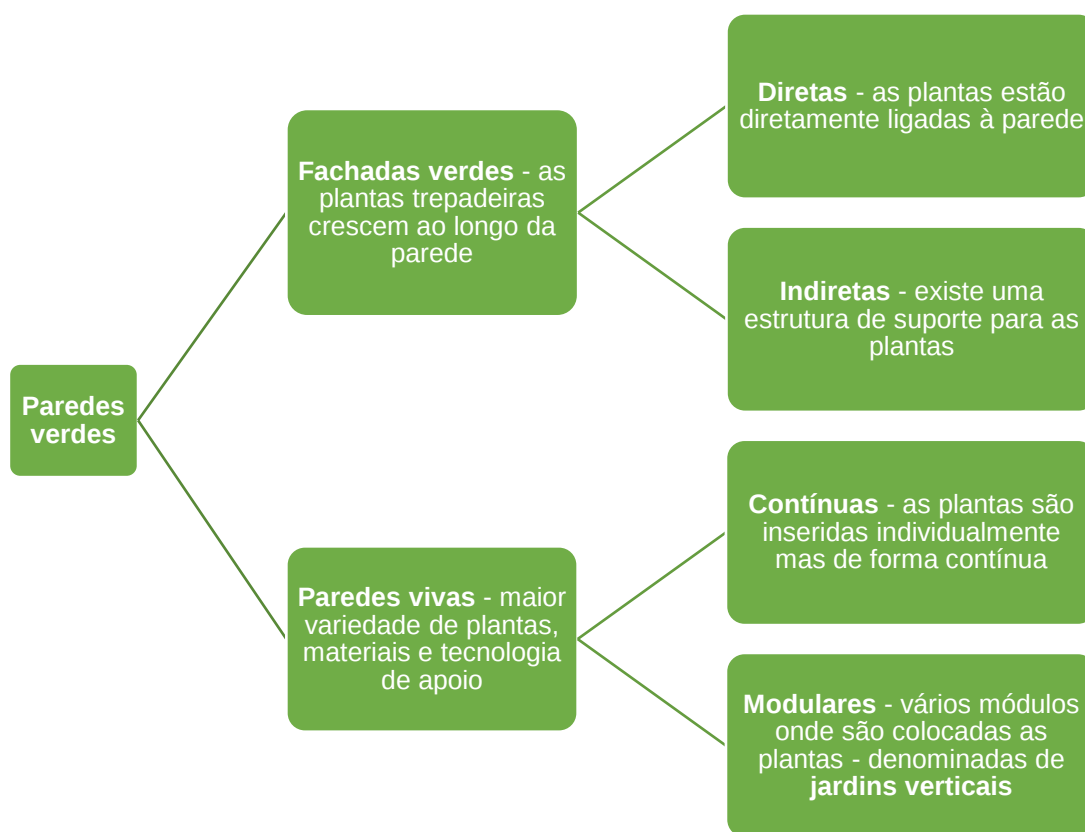


Figura 7 - Classificação e diferentes tipos de paredes verdes. Adaptado de Manso & Castro-Gomes (2015)

Nas fachadas verdes (Figura 8) são utilizadas plantas trepadeiras, enquanto nas paredes verdes vivas ou jardins verticais (Figura 9) é possível encontrar uma maior diversidade de espécies de plantas. Ainda no que se refere às paredes vivas, as contínuas costumam representar menos custos em relação às modulares (Manso & Castro-Gomes, 2015). Porém, as modulares estão associadas a uma maior facilidade

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares de instalação e manutenção, permitindo a desmontagem e substituição de cada elemento de forma individual (Manso & Castro-Gomes, 2015).



Figura 8 - Fachada verde direta no Complexo Municipal de Ténis da Maia, Portugal (2021)



Figura 9 - Jardim vertical no restaurante "Capa na Baixa" no Porto, Portugal (2021)

A União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) considera as paredes verdes (Figura 10) como uma das “soluções baseadas na natureza” – que pode ser integrada nas *"ações para proteger, gerir de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados, que enfrentem os desafios da sociedade de forma eficaz e adaptável, proporcionando simultaneamente bem-estar humano e benefícios para a biodiversidade"* – outros exemplos destas ações são a vegetação e sistemas florestais urbanos, as coberturas verdes e outros sistemas de agricultura urbana (IUCN, 2016).



Figura 10 - Parede verde no Edifício Porto Office Park - Projecto Neoturf.
Fonte: <https://www.neoturf.pt/pt/projetos/parede-verde-porto-office-park>

2.2.2 Benefícios e limitações

Diversos autores têm vindo a descrever os benefícios e limitações das paredes verdes. Ao nível dos benefícios é já reconhecido que estas infraestruturas:

- Contribuem para a produção alimentar das cidades (J. Francis et al., 2014; Loh, 2008; Nagle et al., 2017);
- Contribuem para a biodiversidade urbana através da criação de habitats para várias espécies (Collins et al., 2017; J. Francis et al., 2014; R. A. Francis & Lorimer, 2011; Loh, 2008; Lundholm, 2006; Mayrand & Clergeau, 2018; Ottelé, 2011);
- Melhoram a qualidade do ar através da redução de poluentes atmosféricos (Abdo et al., 2019; Bruse et al., 1999; J. Francis et al., 2014; Loh, 2008; Pugh et al., 2012; Rahman et al., 2011; Sheweka & Magdy, 2011), como acontece por exemplo, com o dióxido de carbono (CO₂) (Charoenkit & Yiemwattana, 2017; Charoenkit et al., 2020); por exemplo, segundo Shiah & Kim (2011) um jardim vertical de 60 m² pode filtrar em média até 40 toneladas de partículas nefastas;
- Atenuam os efeitos das ilhas de calor nas cidades, através da contribuição para alterações na temperatura do ar (Alexandria & Jones, 2008; Charoenkit & Yiemwattana, 2017; J. Francis et al., 2014; Loh, 2008; Santamouris, 2014);

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

- Aumentam o valor patrimonial dos edifícios ou propriedades bem como o seu valor estético (J. Francis et al., 2014; Radic et al., 2019);
- Induzem uma sensação de bem-estar psicológico tendo benefícios para a saúde humana, produtividade e criatividade (Cooper & Browning, 2015; Loh, 2008; Sheweka & Magdy, 2011) e podendo ainda ter benefícios a nível educativo, quando implementadas por exemplo, em escolas (McCullough et al., 2018);
- Contribuem para a proteção acústica dos edifícios e áreas envolventes (Loh, 2008; Shiah & Kim, 2011; Van Renterghem et al., 2013; Wong et al., 2010), uma vez que as plantas absorvem as frequências de som (Sheweka & Magdy, 2011), diminuindo o ruído urbano e melhorando as características acústicas do ambiente;
- Podem ser utilizados como sistemas de drenagem urbana, uma vez que algumas têm a possibilidade de reduzir o escoamento de superfície, através da interceção e retenção das águas pluviais (Lau & Mah, 2018; Sheweka & Magdy, 2011);
- Aumentam a esperança de vida das fachadas dos edifícios (Radic et al., 2019), contribuindo para a sua sustentabilidade, reduzindo as amplitudes térmicas a que os materiais estão sujeitos e protegendo as fachadas das intempéries (Alexandria & Jones, 2008; Bass, 2007; Charoenkit & Yiemwattana, 2017; Charoenkit et al., 2020; Eumorfopoulo & Kontoleon, 2009; J. Francis et al., 2014; GhaffarianHoseini et al., 2013; He et al., 2017; Koyama et al., 2013; Loh, 2008; Nan et al., 2020; Sheweka & Magdy, 2011; Timur & Karaca, 2012; Yoshimi & Altan, 2011; Zhang, 2013).

Face a estes benefícios, muitos dos quais comuns a outras infraestruturas verdes, existem ainda várias políticas de incentivo para quem quiser investir neste tipo de infraestruturas, que se baseiam em benefícios como: redução de impostos, financiamento (e.g. concessão de subsídios), licenças de construção e certificação de sustentabilidade (Liberalesso et al., 2020). Exemplos de países que se destacam nestas políticas de incentivo e na implementação de paredes verdes são: Alemanha, França, Holanda, Japão, Austrália, E.U.A., Canadá e Singapura – sendo que nestes países os incentivos não são apenas económicos, mas também de divulgação de informação (Raposo, 2015). Contudo, em Portugal existem ainda poucos exemplos, havendo falta quer de incentivos, quer de informação (Raposo, 2015). Um dos jardins verticais mais conhecidos em Portugal são as *Natura Towers*, construídas em 2010 e localizadas em

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares Lisboa (Figura 11) (Raposo, 2015). Estes jardins cobrem uma superfície de 21 116 m² e contribuem especificamente para a poupança energética dos edifícios (Raposo, 2015).



Figura 11 - *Natura towers* em Lisboa, Portugal. Fonte: <https://arturcabral.com/architecture>

Apesar de todas as vantagens, existe ainda alguma resistência na implementação destes sistemas, uma vez que também lhes são apontadas algumas limitações como: o elevado custo, a sua necessidade de manutenção intensiva e frequente, a possibilidade de provocarem danos nos edifícios ou superfícies onde se encontram, a possibilidade de atraírem pragas e doenças e a possibilidade de haver risco de queda devido a ventos fortes que possam derrubar a estrutura (Ottelé, 2011). Contudo, alguns destes aspetos não são exclusivos das paredes verdes, sendo mesmo comuns a qualquer área ajardinada ou cultivada. Em relação aos custos de instalação, uma fachada verde direta pode ter um custo de 30-45 €/m², enquanto que uma fachada verde indireta pode ter um custo de 40-800 €/m² (Ottelé, 2011). Já as paredes vivas podem significar um custo de 400-600 €/m² caso sejam modulares e de 350-1200 m² no caso de serem contínuas (Ottelé, 2011).

Outros autores como Riley (2017) abordam outro tipo de limitações mais técnicas, ainda existentes, como a falta de um padrão construtivo partilhado (isto é, de diretrizes que digam aos fornecedores quais os modelos mais eficientes e como os podem melhorar), a dificuldade de interpretação de dados experimentais devidamente replicados e estatisticamente validados relativos a este tipo de sistemas e a indisponibilidade de modelos certificados de simulação comercial. Ascione et al. (2020) também reforçam a falta de dados técnicos como uma das principais lacunas associadas a estas infraestruturas.

2.2.3 Componentes e aspetos técnicos

a. Substratos e irrigação

Algumas das características desejadas para um substrato são: baixo custo, disponibilidade de fornecimento no mercado, teor de nutrientes, pH adequado às espécies, ausência de patógenos, capacidade de retenção de água e boa agregação às raízes (Jorge et al., 2020). O pH, por exemplo, é um dos aspetos mais importantes uma vez que tem efeitos na disponibilidade de nutrientes, na capacidade de troca catiónica e na atividade biológica.

As características do substrato estão diretamente associadas à textura e qualidade dos materiais que o compõem. Frequentemente, são combinados materiais orgânicos (e.g. fibra de coco, turfa de *Sphagnum*, húmus de minhoca, casca de pinheiro, casca de arroz carbonizada) e inorgânicos (como seixos de argila expandida, cascalho, perlite, solo mineral, lã de rocha, areia e vermiculite). Sendo que, nos substratos que combinam materiais orgânicos e inorgânicos, a componente orgânica, que fornece nutrientes importantes para as plantas é a que geralmente está presente em menor percentagem (cerca de 10%) (Bahrami, 2014).

O sistema de rega para paredes verdes deve ser pensado tendo em conta a tendência histórica de precipitação no local onde vão ser implementadas, mas considerando também as necessidades de água das plantas escolhidas (Ascione et al., 2020). A água pode ser enriquecida com nutrientes de forma a melhorar o desenvolvimento e a vivacidade da vegetação, podendo o abastecimento de água ser realizado por exemplo, através da instalação de um tubo de irrigação contínua na parte superior da parede verde. Para gerir bem o consumo de água existem algumas estratégias. Por exemplo, Manso & Castro-Gomes (2016) sugerem a instalação de plantas com menores necessidades de água na parte superior da parede e de plantas com maiores necessidades na parte inferior, para que seja possível tirar partido do deslocamento vertical da água de rega por ação da força de gravidade. Também

Martensson et al. (2014) sugerem que a escolha do substrato pode recair na seleção de materiais com maior capacidade de retenção de água, como o caso da lã de rocha, que reduz as perdas de água. Outra opção é ainda a instalação de uma sargeta na base do sistema para reaproveitar a água não utilizada, ou então a instalação de sensores, de forma a controlar melhor as necessidades de água e averiguar as condições meteorológicas (por exemplo, humidade e precipitação), tornando a utilização de água mais eficiente (Manso & Castro-Gomes, 2015).

Quanto à tubagem nomeadamente, aos tubos e conectores do sistema de rega, os mesmos podem incluir materiais diversos (e.g., como borracha, plástico, silicone, etc.), ter vários tipos de saídas (como gota-a-gota ou aspersor) e permitir diferentes fluxos de água a diferentes intensidades; podendo ainda existir um sistema de filtração para evitar entupimentos (Manso & Castro-Gomes, 2015).

b. Recipientes ou vasos

Os recipientes para colocar o substrato e as plantas nos jardins verticais têm de ser respiráveis ou apresentar aberturas, que permitam a saída livre de água que se possa encontrar em excesso (Ascione et al., 2020). Têm que ter as dimensões adequadas para permitir o enraizamento, evitando o fenómeno de asfixia e apodrecimento das raízes causado muitas vezes pela elevada humidade (Ascione et al., 2020). Resumidamente, o espaço para as raízes deve ser proporcional à superfície total de transpiração da planta, que depende essencialmente da quantidade e do tipo de folhagem (Ascione et al., 2020). Este aspeto, é determinante na seleção das plantas a instalar na parede verde, a qual deve ter em conta a arquitetura das suas raízes.

c. Espécies de plantas

Quanto à escolha das espécies adequadas, a mesma depende da tipologia de parede verde selecionada, das condições climáticas (e.g. precipitação, temperatura, humidade do ar), das características do edifício e das condições do local em que a parede se encontra (e.g., exposição solar, presença de animais domésticos). Sendo necessário ter em conta que as plantas cultivadas no topo da parede verde terão condições diferentes das que se encontram na base (Loh, 2008). Segundo Vialard (2010) aquando da escolha das plantas, fatores como o volume e o tipo de raízes, as formas de crescimento das plantas (e.g. ereto, decumbente), o comportamento das mesmas, a compatibilidade com outras espécies e as necessidades de rega são fatores a ter em consideração. Por exemplo, plantas com um sistema radicular extenso ou com órgãos de reprodução vegetativa, como rizomas, poderão não se adaptar bem a este tipo de sistemas, que sujeitam as plantas a espaços mais reduzidos. Um fator ainda

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares importante é a avaliação do peso dos frutos (e.g. morangos, pimentos, tomates), sendo que devem ser selecionadas variedades com um peso do fruto inferior. É fundamental ter em conta o tipo de sistema de parede verde em questão, visto que, uma planta considerada como uma boa opção para um sistema, poderá não o ser para outro.

Manso & Castro-Gomes (2015) refere que as suculentas, por exemplo, podem representar uma boa opção para paredes verdes pequenas porque têm poucas necessidades de irrigação e são de baixa manutenção. Por outro lado, para paredes verdes maiores podem ser usadas plantas perenes ou arbustivas que facilitem a criação de uma paisagem mais ornamental com várias cores e texturas (Manso & Castro-Gomes, 2015). Também Ascione et al. (2020) defende que nos jardins verticais devem ser utilizadas plantas herbáceas perenes, uma vez que estas requerem menos manutenção e nutrientes. Segundo Charoenkit & Yiemwattana (2016), a fim de melhorar não só o sequestro de carbono, mas também o desempenho térmico em climas quentes e húmidos, devem ser escolhidas plantas com folhagem densa, folhas pequenas e ramos lenhosos.

Em última instância, a sensibilidade das plantas ao meio que as envolve urge a uma seleção cuidada e criteriosa. Assim, e atendendo à importância da sustentabilidade, deverão ser escolhidas sobretudo espécies com baixas necessidades, boa eficiência na utilização de *inputs* (e.g. água, nutrientes) e robustas às condições climáticas a que são expostas.

Na Tabela 2 são dados alguns exemplos de plantas que podem ser utilizadas em jardins verticais para fins ornamentais.

Tabela 2 - Exemplos de espécies de plantas ornamentais que podem ser utilizadas em jardins verticais para fins ornamentais. Fonte: Timur & Karaca (2012)

Espécies para fins ornamentais		
 <i>Dracaema marginata</i>	 <i>Asparagus sprengeri</i>	 <i>Polygonum bauldschianicum</i>
 <i>Hoya kernii</i>	 <i>Kalanchoe spp.</i>	 <i>Lonicera</i>
 <i>Dracaema warneckii</i>	 <i>Tradescantia zebrina</i>	 <i>periclymenum</i>
 <i>Sanseviaria hani</i>	 <i>Nidularium spp.</i>	 <i>Lonicera spp.</i>
 <i>Dracaema craig</i>	 <i>Asplenium nidus</i>	 <i>Humulus lupulus</i>
 <i>Chamaedorea elegans</i>	 <i>Maranta spp.</i>	 <i>Clematis spp.</i>
 <i>Dracaema sanderiana</i>	 <i>Chlorophytum spp.</i>	 <i>Aristolochia spp.</i>
	 <i>Fatsia spp.</i>	 <i>Jasminum officinale</i>
	 <i>Fittonia spp.</i>	 <i>Vitis spp.</i>

✚ <i>Begonia tuberhybrida</i>	✚ <i>Ctenanthe spp.</i>	✚ <i>Wisteria spp.</i>
✚ <i>Dracaema deremensis</i>	✚ <i>Scindapsus aureus</i>	✚ <i>Capsis radicans</i>
✚ <i>Syngonium podophyllum</i>	✚ <i>Cordyline spp.</i>	✚ <i>Passiflora caerulea</i>
✚ <i>Phalaenopsis spp.</i>	✚ <i>Siderasis spp.</i>	✚ <i>Lathyrus odoratus</i>
✚ <i>Philodendron giganteum</i>	✚ <i>Herdera hélix</i>	✚ <i>Tropaeolum spp.</i>
✚ <i>Hibiscus spp.</i>	✚ <i>Tillandsia spp.</i>	✚ <i>Rubus fruticosus</i>
✚ <i>Ficus elastica</i>	✚ <i>Parthenocissus quinquefolia</i>	✚ <i>Jasminum nodiflorum</i>
✚ <i>Gardenia spp.</i>	✚ <i>Aucuba spp.</i>	✚ <i>Rosa spp.</i>
✚ <i>Hatiora salicornioides</i>	✚ <i>Parthenocissus tricuspidata</i>	✚ <i>Forsythia suspensa</i>
✚ <i>Scheffera spp.</i>	✚ <i>Hydrangea petiolaris</i>	✚ <i>Cotoneaster spp.</i>
✚ <i>Soleirolia soleirolii</i>	✚ <i>Nephrolepis spp.</i>	✚ <i>Pyracantha atalantiodes</i>
	✚ <i>Haworthia attenuata</i>	✚ <i>Senecio rowleyanus</i>
	✚ <i>Euonymus fortunei</i>	

Manso & Castro-Gomes (2015) sugeriam já que a implementação de espécies vegetais e aromáticas em paredes verdes pode ajudar a suprimir necessidades alimentares associadas aos centros urbanos. Porém, ainda há pouca informação documentada sobre as plantas hortícolas aplicáveis a paredes verdes. Contudo, na Tabela 3 são sugeridas algumas espécies, entre as quais estão várias plantas aromáticas, plantas para infusões e também hortícolas e florícolas como tomate, alface, rúcula, malagueta, morangos, amores-perfeitos e primulas, que potencialmente podem ser aplicadas a estas paredes.

Tabela 3 - Exemplos de espécies de hortícolas, plantas aromáticas e florícolas que podem ser utilizadas em jardins verticais para fins de produção alimentar

Espécies para fins de produção alimentar		
✚ <i>Rosmarinus officinalis</i> (alecrim)	✚ <i>Origanum vulgare</i> (orégãos)	✚ <i>Fragaria × ananassa</i> (morango)
✚ <i>Lavandula angustifolia</i> (lavanda)	✚ <i>Solanum lycopersicum</i> (tomate)	✚ <i>Viola tricolor</i> (amor-perfeito)
✚ <i>Mentha spp.</i> (hortelã)	✚ <i>Lactuca sativa</i> (alface)	✚ <i>Primula spp.</i> (primula)
✚ <i>Melissa officinalis</i> (erva-cidreira)	✚ <i>Eruca vesicaria ssp. Sativa</i> (rúcula)	✚ <i>Capsicum frutescens</i> 'Malagueta' (malagueta)

 <i>Petroselinum crispum</i> (salsa)	 <i>Ocimum basilicum</i> (manjeriço)	 <i>Coriandrum sativum</i> (coentro)
 <i>Ruta graveolens</i> (arruda)	 <i>Thymus vulgaris</i> (tomilho)	

d. Manutenção

Dependendo do tipo de parede verde, a manutenção pode ser mais ou menos intensa. Na generalidade, verifica-se que as paredes vivas (contínuas ou modulares), apesar de terem mais tecnologia e materiais de apoio envolvidos, requerem mais manutenção do que as fachadas verdes (Florentino, 2011; Mir et al., 2011; Shiah & Kim, 2011).

Outro fator que influencia as necessidades de manutenção são as espécies selecionadas (Florentino, 2011; Mir et al., 2011) – por exemplo, as plantas ornamentais costumam necessitar de cuidados menos frequentes que as plantas hortícolas ou as aromáticas. Neste contexto e dependendo dos fatores acima elencados e de outros, a manutenção pode ser regular, periódica, de renovação ou de prevenção (J. Francis et al., 2014). A frequência é também dependente dos trabalhos de manutenção a considerar. Entre estes destacam-se:

- podas (formação, limpeza, rejuvenescimento, condução, remoção);
- remoção de folhas senescentes ou infestantes;
- controlo de pragas e doenças;
- substituição de plantas;
- verificação do correto funcionamento do sistema de irrigação e ajustes na frequência de rega;
- inspeção da estrutura de suporte do sistema;
- fertilização.

2.3 Culturas

Neste capítulo serão apresentadas tabelas com uma breve caracterização das culturas que foram escolhidas para o estudo realizado.

2.3.1 Plantas aromáticas

a. Alecrim

A Tabela 4 é referente à caracterização da cultura do alecrim (Figura 12).

Tabela 4 - Caracterização da cultura do alecrim. Fontes: Aguiar et al. (2017), Almeida (2006), Bastidas (2018), Biggs (1980), Chambel (2021d), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018) e Póvoa & Delgado (2014).

Taxonomia	Nome científico: <i>Rosmarinus officinalis</i> Família: <i>Lamiaceae</i>
Origem	Mediterrâneo.
Características anatômicas	Arbusto perene, vivaz, lenhoso, com folhas estreitas e bastante decorativo. Pode atingir os 2 metros de altura e manter-se em produção durante 5 a 15 anos.
Floração	Pode ocorrer durante todo o ano e as flores são de cor azul-pálida, roxa, rosada ou branca.
Condições de crescimento	Requer solos com boa drenagem e desenvolve-se melhor em locais abrigados do vento e com elevada exposição solar. É de fácil cultivo e resistente a geadas e a temperaturas elevadas, mas sensível ao excesso de humidade. Consegue sobreviver sem água por longos períodos devido ao seu sistema radicular fibroso.
Época de plantação	Primavera ou outono.
Principais pragas e doenças	É vulnerável a ataques de ácaros, cochonilhas, moscas brancas e tripses. As principais doenças que podem surgir são provocadas por fungos, tanto nas folhas (como é o caso do oídio), como nas raízes.
Utilizações	Na culinária, serve para aromatizar carnes, enchidos, guisados, azeite, batatas, manteigas e vinagres. Sendo utilizado não só como condimento, mas também pela sua vertente medicinal e ornamental. O seu óleo essencial com poder antioxidante é utilizado na indústria farmacêutica e na cosmética. Medicinalmente, pode ser utilizado para problemas de fígado, digestão, problemas respiratórios, gripes, tensão pré-menstrual, artrite, depressão, enxaquecas, problemas de circulação, hipertensão, insónias, fadiga crónica e problemas musculares. Na agricultura, tem a capacidade de atrair insetos úteis.

Figura 12 - Alecrim (*Rosmarinus officinalis*)

b. Cebolinho

A Tabela 5 é referente à caracterização da cultura do cebolinho (Figura 13).

Tabela 5 - Caracterização da cultura do cebolinho. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021a) Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Moreira (2021), Plants for a future (2021) e Póvoa & Delgado (2014)

Taxonomia	Nome científico: <i>Allium schoenoprasum</i>
	Família: <i>Liliaceae</i>
Origem	Europa.
Características anatómicas	É uma planta perene, vivaz e bulbosa com bulbos de cerca de 1 cm de diâmetro.
Floração	A floração ocorre de maio a setembro e as flores são arroxeadas e comestíveis, podendo ser utilizadas em saladas e molhos.
Condições de crescimento	A temperatura ótima para a cultura é de 17 a 25°C. Necessita de rega na estação mais seca e embora seja resistente ao frio, entra em dormência no Outono – período onde a planta acumula reservas nas raízes e caules, não havendo produção de folhas. A colheita de folhas pode ser feita em qualquer altura do ano, mas é recomendável que termine no início do Outono. É uma planta que deve ser renovada a cada 2 a 4 anos.
Época de plantação	Em qualquer altura do ano.
Principais pragas e doenças	Podem surgir pulgões e doenças fúngicas.
Utilizações	Tem um aroma suave característico da cebola, sendo ótimo para aromatizar saladas, sopas, queijos, molhos, entre outros pratos.

Geralmente utilizado em cru. Tem propriedades digestivas, diuréticas, anti-inflamatórias, expetorantes e favoráveis ao sistema circulatório, mas também ao sistema respiratório. Na agricultura funciona como repelente de pragas.

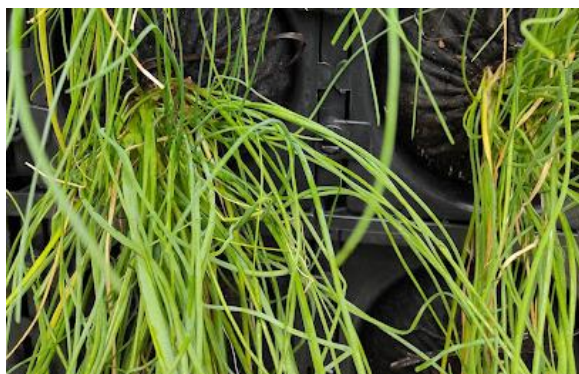


Figura 13 - Cebolinho (*Allium schoenoprasum*)

c. Hortelã-pimenta

A hortelã-pimenta (Figura 14) é a principal hortelã cultivada a nível mundial, depois da hortelã-vulgar (*Mentha spicata*), existindo cerca de 25 espécies de hortelãs diferentes (Almeida, 2006). A sua caracterização encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Caracterização da cultura da hortelã-pimenta. Fontes: Almeida (2006), Correia et al. (2010), Ferreira & Barreiro (2016), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Neto et al. (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Rau (2021b)

Taxonomia	Nome científico: <i>Mentha x piperita</i> Família: <i>Lamiaceae</i>
Origem	Europa – provavelmente Inglaterra.
Características anatômicas	É uma planta herbácea, vivaz de hábito rasteiro. Geralmente apresenta 30 a 40 cm de altura, podendo em alguns casos atingir os 60 ou 70 cm.
Floração	A floração ocorre de julho a setembro, sendo as flores de cor púrpura.
Condições de crescimento	É uma cultura resistente ao frio e à geada, que se adapta a vários tipos de solos (pH entre 5,5 e 7,5) e prefere exposição solar moderada. A escassez de luz pode diminuir o conteúdo em óleo essencial que a planta produz. Todas as espécies de hortelã são exigentes em necessidades hídricas, porém, a hortelã-pimenta não tolera solos saturados em água, devendo a rega ser moderada. A temperatura ideal da cultura ronda os 18 a 24°C. É uma planta pertinente para ter em vaso ou por exemplo, num módulo de um jardim vertical - uma vez que se pode tornar evasiva aquando em conjunto com outras plantas no solo.

Época de plantação	Primavera ou outono.
Principais pragas e doenças	A principal doença é a ferrugem, que é causada por <i>Puccinia menthae</i> e se manifesta em pequenos pontos ou crostas sobre as folhas de cor amarela, passando depois a castanho ferrugem. Em relação às pragas, os nemátodos fitófagos e o pulgão verde podem também representar problemas.
Utilizações	Tem inúmeras utilizações na cosmética, perfumaria e alimentação - apresentando inúmeros benefícios para a saúde humana. É rica em vitaminas (A, B e C) e minerais (cálcio, ferro, fósforo e potássio). E pode auxiliar no tratamento de náuseas, enjoos matinais, úlcera gástrica, gastroenterite, cólicas, resfriados, problemas respiratórios, asma e problemas de pele. A maior parte da produção mundial de hortelã-pimenta destina-se à extração do óleo essencial que é rico em mentol e muito utilizado, por exemplo, na produção de produtos dentífricos. Na alimentação tem outras aplicações como gelados, licores, chocolates, enchidos e aromatização de caldos de carnes, canjas, saldas de frutas e legumes. Na agricultura, funciona como repelente de pragas (por exemplo, junto de couves e favas, tem a capacidade de repelir afídeos).



Figura 14 - Hortelã-pimenta (*Mentha x piperita*)

d. Manjeriço

A Tabela 7 é referente à caracterização da cultura do manjeriço (Figura 15).

Tabela 7 - Caracterização da cultura do manjeriço. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021c), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018) Plants for a future (2021) e Póvoa & Delgado (2014)

Taxonomia	Nome científico: <i>Ocimum basilicum</i> Família: <i>Lamiaceae</i>
Origem	Médio Oriente.
Características anatómicas	Planta herbácea anual de caule ereto que pode alcançar os 30 a 60 cm de altura.
Floração	A época de floração ocorre de maio a outubro e as flores são de cor branca.
Condições de crescimento	É uma planta anual cuja temperatura ótima de crescimento é entre 15 a 25 °C, sendo uma cultura de clima temperado. A rega é fundamental para a produção de folhas (principalmente no verão). Porém, o excesso de água pode beneficiar a existência de problemas fitossanitários. A colheita pode ser realizada a partir das 2 semanas a um mês após a plantação.
Época de plantação	Todo o ano, mas no inverno tem de ficar protegido.
Principais pragas e doenças	Como referido anteriormente, para evitar problemas fitossanitários (ex: com fungos) devem ser evitadas regas em excesso. A cultura pode ser atacada por pragas como lagartas ou caracóis.
Utilizações	Na culinária é utilizado juntamente com o tomate, em saladas, molhos e em sopas. Possui um aroma forte. Medicinalmente, auxilia no relaxamento de espasmos, melhora a digestão, reduz a febre, alivia dores de cabeça, é eficaz contra infeções bacterianas e parasitas intestinais, é sedativo, tem propriedades que auxiliam no tratamento da acne, no tratamento da perda de olfato, de picadas de insetos e infeções de pele. Sendo ainda utilizado como repelente de mosquitos.



Figura 15 - Manjeriço (*Ocimum basilicum*)

e. Orégãos

Na Tabela 8 encontra-se a caracterização da cultura dos orégãos (Figura 16).

Tabela 8 - Caracterização da cultura dos orégãos. Fontes: Almeida (2006), Carroll (2021), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Neto et al. (2021), Plants for a future (2021) Póvoa & Delgado (2014)

Taxonomia	Nome científico: <i>Origanum vulgare</i> Família: <i>Lamiaceae</i>
Origem	Ásia.
Características anatómicas	Planta vivaz com caules eretos que pode atingir até 1 m de altura.
Floração	Ocorre de maio a setembro e as flores são pequenas e de cor branca.
Condições de crescimento	É uma planta anual. Adapta-se bem a solos pobres e esqueléticos (desde que bem drenados), mas o local em questão deve ter uma boa exposição solar. Deve ser evitado o excesso de humidade.
Época de plantação	Primavera ou outono.
Principais pragas e doenças	As principais doenças que podem surgir são provocadas por fungos, como o caso da ferrugem. Relativamente a pragas, podem surgir pulgões e ácaros.
Utilizações	Os orégãos são muito utilizados pela população mediterrânica como condimento, tanto em fresco como em seco, mas principalmente utilizados na cozinha italiana. Acompanham bem saladas, pizzas, massas e legumes. O seu óleo essencial, rico em compostos fenólicos, é também muito usado em fitoterapia, tendo propriedades antitússicas, antibacterianas, antifúngicas e antissépticas devido ao seu alto teor em timol. Pode ser um auxílio no tratamento de problemas respiratórios, como a asma, a bronquite e a tosse, através da sua ação expetorante; tendo ainda ação calmante no caso de problemas digestivos; e podendo aliviar dores de dentes aquando mastigadas as folhas. Na agricultura repele pragas e atrai insetos úteis.



Figura 16 - Óregãos (*Origanum vulgare*)

f. Tomilho-vulgar

A cultura do tomilho-vulgar (Figura 17) encontra-se caracterizada na Tabela 9.

Tabela 9 - Caracterização da cultura do tomilho. Fontes: Almeida (2006), Biggs (1980), Ferreira & Barreiro (2016), Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Margaço (2018), Neto et al. (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Preedy (2016)

Taxonomia	Nome científico: <i>Thymus vulgaris</i> Família: <i>Lamiaceae</i>
Origem	Sul da Europa.
Características anatômicas	É um arbusto vivaz de pequenas dimensões, tendo cerca de 25 cm de altura.
Floração	Ocorre entre maio e outubro e as flores são brancas ou levemente arroxeadas/rosa-pálido.
Condições de crescimento	Deve ser plantado em locais com boa exposição solar e em solos com boa drenagem, uma vez que é sensível ao excesso de humidade e apresenta necessidades de rega reduzidas. Prefere solos com pH neutro ou alcalino. É resistente à seca. A colheita pode ser realizada ao longo de todo o ano e a planta só necessita de ser renovada a cada 3-4 anos.
Época de plantação	Todo o ano, mas preferencialmente na primavera ou no outono.
Principais pragas e doenças	Podem ocorrer ataques de nemátodos fitófagos nas raízes que levem ao amarelecimento das folhas.
Utilizações	Na culinária pode ser utilizado em fresco ou seco; como tempero em estufados, sopas, pratos de carne, pratos de peixe e ovos, mas também para aromatizar azeites e vinagres. Pode ainda ser usado para preparação de infusões ou para efeitos de perfumaria devido ao seu óleo essencial. Exibe propriedades antimicrobianas, antitússicas, expetorantes, digestivas e antioxidantes. Auxilia no tratamento da depressão, do cansaço e de infeções respiratórias. Na agricultura, repele pragas e atrai insetos úteis.



Figura 17 - Tomilho-vulgar (*Thymus vulgaris*)

2.3.2 Plantas para infusões

Neste subcapítulo será abordada a caracterização da lúcia-lima e da perpétua roxa. Porém, é importante salientar que algumas das plantas abordadas anteriormente no subcapítulo das aromáticas, também são muitas das vezes utilizadas para a preparação de infusões, sendo um claro exemplo disso a hortelã-pimenta.

a. Lúcia-lima

A Tabela 10 é referente à caracterização da cultura da lúcia-lima (Figura 18).

Tabela 10 - Caracterização da cultura da lúcia-lima. Fontes: Laboratório da Paisagem de Guimarães (2020), Neto et al. (2021) e Plants for a future (2021), Póvoa & Delgado (2014)

Taxonomia	Nome científico: <i>Aloysia triphylla</i> Família: <i>Verbenaceae</i>
Origem	América do Sul.
Características anatômicas	É um arbusto perene que pode atingir os 3 metros de altura. As folhas são pontiagudas, podem atingir os 10 cm de comprimento desde o pecíolo e têm um intenso aroma a limão.
Floração	A floração ocorre de junho a setembro e as flores são pequenas de cor branca.
Condições de crescimento	Tem preferência por solos bem drenados e climas quentes e húmidos, bem como por locais com uma boa exposição solar. Pode necessitar de proteção contra o frio e contra a geada (principalmente abaixo dos 4 °C).
Época de plantação	Primavera
Principais pragas e doenças	É uma cultura sensível a afídeos e a problemas de podridão das raízes que podem ser causados pela humidade excessiva no solo.
Utilizações	As suas folhas são utilizadas frescas em saladas, sobremesas de fruta, geleias, azeites e vinagres; mas sobretudo secas para preparação de infusões. Medicinalmente a lúcia-lima tem propriedades relaxantes, sedativas, antidepressivas e digestivas, conseguindo aliviar dores e desconfortos abdominais e combater constipações. As suas folhas podem ainda ser usadas para aromatizar saladas devido ao seu aroma cítrico. O seu óleo essencial é utilizado em perfumaria e em aromaterapia.



Figura 18 - Lúcia-lima (*Aloysia triphylla*)

b. Perpétua roxa

Na tabela 18 encontra-se a caracterização da perpétua roxa (Figura 19).

Tabela 11 - Caracterização da cultura da perpétua-roxa. Fontes: Gilman & Howe (2019), Plants for a future (2021), Póvoa & Delgado (2014) e Schiller (2021)

Taxonomia	Nome científico: <i>Gomphrena globosa</i> Família: <i>Amaranthaceae</i>
Origem	América Central.
Características anatômicas	Planta de crescimento ereto e rápido que pode atingir 60 cm de altura. As suas folhas têm a forma oval e possuem pelo.
Floração	A floração ocorre de julho a dezembro, sendo as flores, como o próprio nome indica de cor roxa.
Condições de crescimento	Prefere solos arenosos ou argilosos com boa exposição solar. É resistente a altas temperaturas, não devendo ser regada em excesso.
Época de plantação	Primavera-verão.
Principais pragas e doenças	As pragas e doenças são geralmente pouco significativas nesta cultura. Porém, podem surgir pragas como afídeos ou tirpes, e doenças como podridão cinzenta ou oídio.
Utilizações	As flores de perpétua roxa são utilizadas em infusões medicinais para problemas como garganta inflamada, dor de estômago, tosse e laringite. Mas também para condições de stress e fadiga, uma vez que têm um efeito relaxante.



Figura 19 - Perpétua roxa (*Gomphrena globosa*)

2.3.3 Hortícolas

a. Alface

A Tabela 12 é referente à caracterização da cultura da alface (Figura 20).

Tabela 12 - Caracterização da cultura da alface. Fontes: Afroza & Rana (2017), Almeida (2006), Biggs (1980) e Ferreira & Barreiro (2016).

Taxonomia	Nome científico: <i>Lactuca sativa</i> Família: <i>Asteraceae</i>
Origem	Mediterrâneo.
Características anatómicas	Planta herbácea anual, muito fácil de cultivar, que possui um sistema radicular apurado e pouco ramificado. Existem inúmeras variedades e podem ser alfaces de repolho (ou “alfaces de cabeça” – Figura 13) ou alfaces de folhas (Figura 14). Sendo a escolha entre as mesmas (por exemplo, para um jardim vertical) uma questão de gosto pessoal e estético. As folhas também podem ter diferentes formas, texturas (lisas, frisadas) e cores (verdes-claras, verdes-escuras, arroxeadas).
Floração	A colheita é geralmente realizada antes da floração, à exceção de situações onde se pretende recolher semente.
Condições de crescimento	Adapta-se bem a vários tipos de solos, mas tem preferência por solos com boa drenagem, pH entre 6,5 a 7,5 e uma boa quantidade de matéria orgânica). A temperatura ótima de cultivo encontra-se entre os 15 e os 20 °C. Tem um ciclo de vida muito curto (aproximadamente 8 a 14 semanas) e é uma cultura exigente em água. A rega deve ser regular, mas sem saturar o solo pois isso pode causar asfixia das raízes e outras doenças.

		Contudo a falta de água pode retardar ou travar a formação e crescimento de folhas. De notar que, as condições de cultivo dependem diretamente da variedade escolhida, podendo a mesma ser cultivada tanto em estufa, como ao ar livre, dependendo da região e das condições climáticas. Algumas alterações fisiológicas que podem ocorrer na alface são a necrose marginal, também denominada de <i>tipburn</i> (em condições de elevada intensidade luminosa ou excesso de adubos) e o espigamento precoce (sob temperaturas elevadas, geralmente acima dos 33°C – durante o Verão) uma condição que pode ser evitada através de regas regulares. No caso das alfaces-de-cabeça, a colheita deve ser realizada, quando as mesmas pesam 100-150 g e no caso de as alfaces de folhas quando estas apresentarem cerca de 35 folhas.
Época de plantação	de	Ao longo de todo o ano, dependendo das variedades.
Principais pragas e doenças	e	Quanto às pragas que podem aparecer na cultura, a mais comum são gastrópodes (lesmas e caracóis) e afídios. Em relação às doenças, pode surgir podridão cinzenta causada pelo fungo <i>Botrytis cinerea</i> que é comum no caso de condições climáticas frias e húmidas. Também pode surgir podridão branca, rizoctónia, míldio ou outras doenças fúngicas. Devem ser escolhidas variedades mais resistentes às pragas e doenças.
Utilizações		As folhas de alface são constituídas por uma elevada percentagem de água, mas também por vitaminas (essencialmente A e C), minerais e fibras que são importantes para a dieta humana. Além da sua frequente utilização em saladas, as alfaces podem ser utilizadas em infusões que tranquilizam, acalmam a tosse e auxiliam a digestão.



Figura 20 - Alface (*Lactuca sativa*). À esquerda uma alface de folhas, à direita uma alface de repolho. Fonte: Pixabay

b. Couve-flor

A caracterização da couve-flor (Figura 21) encontra-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Caracterização da cultura da couve-flor. Fontes: Almeida (2006), Chambel (2021b), Biggs (1980) e Souza et al. (2018)

Taxonomia	Nome científico: <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> Família: <i>Brassicaceae</i>
Origem	Costa do Mediterrâneo.
Características anatómicas	É uma planta herbácea, bienal com sistema radicular superficial e caule curto e espesso.
Floração	Possui uma grande inflorescência de flores brancas e imaturas dispostas de forma muito densa no centro.
Condições de crescimento	Prefere solos argilosos, ricos em matéria orgânica, com pH entre 6 a 7 e locais de humidade relativa elevada. A temperatura ótima é entre os 14 e os 20 °C e é o elemento que mais influencia a produtividade e qualidade, podendo as temperaturas elevadas serem mal toleradas pela cultura. A rega é ainda essencial para o desenvolvimento da inflorescência, sendo a cultura pouco resistente à secura.
Época de plantação	Outono
Principais pragas e doenças	Afídeos, lagartas, mosca da couve, traça da couve, tripses, nemátodos, míldio, alternariose, podridão cinzenta, ferrugem, entre outras.
Utilizações	Pode ser consumida em fresco ou transformada em produtos industrializados.



Figura 21 - Couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). Fonte: Pixabay

c. Morango

A caracterização da cultura do morango (Figura 22) encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14 - Caracterização da cultura do morango. Fontes: Almeida (2014), Ferreira & Barreiro (2016), Rau (2021c) e Ronque (1998)

Taxonomia	Nome científico: <i>Fragaria x ananassa</i> Família: <i>Rosaceae</i>
Origem	Europa
Características anatômicas	Planta herbácea perene. Existem cerca de 40 espécies diferentes. O seu ciclo vegetativo engloba 4 fases: o repouso vegetativo, a atividade vegetativa (produção de folhas e estolhos), a floração e a frutificação. As suas raízes são fasciculadas e podem alcançar os 10 a 30 cm de profundidade.
Floração	As flores são brancas e o início da floração depende das condições ambientais existentes e da fase de desenvolvimento em que a planta se encontra. A produção de frutos está diretamente dependente da polinização das flores femininas.
Condições de crescimento	Prefere locais com boa exposição solar, com solos arenoargilosos, bem drenados, ricos em matéria orgânica e ligeiramente ácidos (pH 6 a 6,5). A temperatura ótima é entre os 18 e os 24 °C. Esta cultura apresenta um sistema radicular superficial muito ramificado e um caule curto que se ramifica. A rega deve ser feita de forma a manter a humidade no solo, mas sem provocar situações de encharcamento. É uma cultura tratada como anual pela maioria dos produtores, mas que pode produzir até 3 anos.
Época de plantação	Existem variedades de dias-curtos e indiferentes, sendo que para plantações entre outubro e novembro devem ser utilizadas variedades de dias-curtos que darão frutos entre janeiro e junho e, para plantações entre março e junho devem ser utilizadas as variedades indiferentes que darão frutos no verão e outono. Variedades como a 'Camarosa', a 'Candoga', a 'Sabrosa' e a 'Ventana' são de dias curtos e outras como a 'Albión', a 'Diamante', a 'San Andreas' e a 'Portola' são variedades indiferentes.
Principais pragas e doenças	Algumas das pragas que mais podem afetar os morangueiros são os ácaros e as tirpes. Mas também pode ser atacado por outras pragas como afídeos, lesmas e caracóis. Quanto às doenças podem surgir viroses, verticilose, oídio, antracnose e algumas podridões (e.g. podridão cinzenta, podridão da raiz).
Utilizações	Os morangos são muito perecíveis devido à sua alta taxa respiratória, e por isso, devem ser refrigerados imediatamente após a colheita. São ricos em vitamina C, ácido fólico, fibras e têm elevada atividade oxidante. Além

do seu consumo em fresco, podem ser utilizados em compotas, geleias, gelados e iogurtes.



Figura 22 - Morangueiro (*Fragaria x ananassa*)

d. Pimento

A caracterização da cultura do pimento (Figura 24) encontra-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Caracterização da cultura do pimento. Fontes: Almeida (2014), Ferreira & Barreiro (2016) e Rau (2021a)

Taxonomia	Nome científico: <i>Capsicum annum</i>
	Família: <i>Solanaceae</i>
Origem	América do Sul.
Características anatómicas	Planta herbácea geralmente de 0,5 a 1,5 m de altura, dependendo das variedades. A base do caule pode tornar-se lenhosa. As raízes são superficiais e aprumadas.
Floração	A floração ocorre entre julho e setembro e as flores são de cor branca.
Condições de crescimento	Esta é uma espécie fácil de cultivar que prefere boa intensidade luminosa, assim como um clima quente. Tem ainda preferência por solos arenosos, profundos, bem drenados, com um pH de 6,5 a 7,5 e ricos em matéria orgânica. A sua produtividade é ótima a temperaturas de 21 a 23 °C, na fase vegetativa e 21 °C na fase de frutificação (devendo a amplitude térmica diária ser de cerca de 7-9 °C). A rega deve ser semanal, não devendo ser em excesso, para evitar o aparecimento de doenças radiculares como a <i>Phytophthora</i> . O sistema de rega mais indicado é o gota-a-gota, uma vez que a rega por aspersão pode facilitar o aparecimento de doenças como o míldio. A colheita pode ocorrer de junho a outubro, dependendo da época de plantação. E os pimentos podem sofrer escaldão quando são expostos a temperaturas de 50 °C durante 10

		minutos ou mais, ou a temperaturas de 30-40 °C durante 12h ou mais. Podendo ainda sofrer outras alterações fisiológicas como necrose apical, fendilhamento dos frutos, abscisão de flores e frutos e frutos deformados.
Época de plantação		Primavera.
Principais pragas e doenças		Além das doenças já mencionadas anteriormente aquando das condições de crescimento, esta cultura é ainda sensível a doenças fúngicas como a podridão cinzenta, a antracnose e o oídio. A nível de pragas, alguns dos principais inimigos do pimento são os ácaros, os afídios, larvas, escaravelhos, moscas brancas e lagartas.
Utilizações		Os frutos são ricos em vitamina C e uma boa fonte da vitamina B1, B2, A e E. Podem ser consumidos frescos, cozinhados ou transformados noutros produtos alimentares como condimentos (ex: colorau e massa de pimentão).



Figura 23 - Pimento (*Capsicum annuum*)

3. Materiais e métodos

3.1 Local do estudo e preparação

A parede exterior selecionada para a realização do presente trabalho encontra-se orientada a sudeste e localiza-se no Edifício FCV2, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sede do GreenUPorto - Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável (41°19'33.7"N, 8°40'27.8"W) (Figura 24), no Campus Agrário de Vairão, concelho de Vila de Conde.

Segundo a classificação de Koppen, Vila de Conde é caracterizada por ter um clima temperado com invernos chuvosos e verões secos e pouco quentes (Csb) (IPMA, 2021). A mesma fonte indica ainda para esta localização valores de 14-15°C para a temperatura média anual e 1200-1400 mm para a precipitação média anual. No Anexo A encontram-se ainda dados relativos ao clima durante o período de estudo de uma estação meteorológica que existe próxima ao local.



Figura 24 - Parede exterior do Campus Agrário de Vairão onde foi realizado o estudo. Imagem retirada antes da instalação da parede verde no dia 8 de maio de 2021

Após a identificação do local para instalação da parede verde, procedeu-se à identificação de espécies de plantas adequadas a esta infraestrutura. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema e foram realizadas visitas a locais de vendas de plantas para aferir a disponibilidade e adequação de espécies ao propósito do trabalho a desenvolver.

3.2 Instalação da parede verde

O sistema utilizado para este estudo foi um sistema de jardim vertical modular com cantoneiras, com a área de 8,33 m², fabricado com plástico reciclado proveniente maioritariamente de detritos marinhos (WG® - WallGreen). De acordo com as especificações técnicas do fornecedor (NEOTURF), é um sistema de fácil manutenção e de irrigação automática, realizada de forma individual. Tem o mínimo consumo de água e a mínima manutenção, sendo facilmente desmontável para transporte e substituição de plantas. No total é constituído por 132 módulos, que correspondem a 132 plantas. Antes da instalação da estrutura para a parede verde, ainda no mês de fevereiro, foi feita a instalação de um ponto de água para servir o sistema de rega. A instalação da estrutura foi iniciada no dia 8 de maio de 2021 pela equipa da Neoturf (Figura 25).



Figura 25 - Instalação da estrutura para a parede verde no Campus Agrário de Vairão, no dia 8 de maio de 2021

Posteriormente foram colocados os tubos (Figura 26) para a montagem do sistema de rega gota-a-gota. Havia a possibilidade de o sistema ter setores de irrigação individualizados – sendo que isto tem a vantagem de agrupar plantas com necessidades de água semelhantes e ajustar a frequência de rega a necessidades específicas (Raposo, 2015). Contudo, optou-se pela não utilização dos setores, uma vez que isso iria requer um maior investimento inicial, não justificável para um estudo piloto, que tem como objetivo testar o sistema no seu modo de instalação mais simples e, portanto, mais acessível a qualquer consumidor.



Figura 26 - Colocação dos tubos para o sistema de rega gota-a-gota no dia 8 de maio de 2021

No dia 20 de maio de 2021 foi terminada a montagem da estrutura - feitos os furos nos tubos para o sistema de rega gota-a-gota e colocados os gotejadores para o mesmo (Figura 27).



Figura 27 - Resultado final após a montagem completa da estrutura e de colocados os gotejadores para o sistema de rega no dia 20 de maio de 2021

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Na estrutura da parede verde foram colocados sacos com uma mistura de dois substratos (Anexo B), na mesma quantidade de cada (Figura 28 e 29), em módulos/vasos próprios (Figura 30), que foram posteriormente encaixados na estrutura. A estrutura possuía orifícios onde eram colocados os módulos com os sacos de feltro bem cheios de substrato por completo. Este detalhe é importante uma vez que depois da rega, o substrato ocupa menos volume nos sacos.



Figura 28 - Exemplo de um saco colocado num módulo já encaixado na estrutura



Figura 29 - Sacos cheios com substrato



Figura 30 - Módulos para posterior encaixe na estrutura principal da parede verde, no dia 8 de maio de 2020

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Seguidamente foram adicionadas aos módulos as plantas que foram selecionadas e adquiridas como sendo as mais adequadas para instalação na parede verde, tendo em conta as condições do local (e.g. exposição solar, temperatura), a sazonalidade (primavera-verão), a disponibilidade para compra das mesmas nos locais de venda próximos e a informação bibliográfica recolhida sobre possíveis espécies para jardins verticais (mais informação na secção c do capítulo 2.2.3 presente na revisão da literatura). De cada espécie foram colocadas 11 plantas, o que correspondia a um total de 132 plantas que foram colocadas na estrutura e identificadas através de uma matriz de letras e números (Figura 31). Além da questão estética, para esta disposição das culturas, foram ainda tidas em consideração questões como as necessidades hídricas das mesmas e a exposição solar mais adequada a cada uma.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	lúcia-lima					Alecrim					
B	<i>Aloysia triphylla</i>					<i>Rosmarinus officinalis</i>					
C	Manjerição					Perpétua roxa					
D	<i>Ocinum basilicum</i>					<i>Gomphrena globosa</i>					
E	Orégãos					Morangueiro					
F	<i>Origanum vulgare</i>					<i>Fragaria x ananassa</i>					
G	Pimento					cebolinho					
H	<i>Capsicum annum</i>					<i>Allium schoenoprasum</i>					
I	Alface Maravilha					Hortelã-pimenta					
J	<i>Lactuca sativa</i>					<i>Mentha x piperita</i>					
K	Tomilho					Couve-flor					
L	<i>Thymus vulgaris</i>					<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>					

Figura 31 - Esquema de plantação da parede verde com a matriz que foi utilizada para identificar cada planta

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

As primeiras plantações foram realizadas no dia 22 de junho de 2021 (Figura 32), sendo as primeiras plantas a serem instaladas o alecrim, o tomilho, os orégãos, os pimentos, o cebolinho e os morangueiros.



Figura 32 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 22 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita e de cima para baixo: alecrim, tomilho, orégãos, pimento, cebolinho e morangueiro)

Já no dia 23 de junho de 2021 foram instaladas a alface, a lúcia-lima e o manjeriço (Figura 33). Segundo Ramos-González et al. (2019) o manjeriço, o cebolinho e os orégãos são espécies que podem ser cultivadas em sistema de produção verticais para consumo familiar. O mesmo autor refere ainda que o manjeriço poderá ser das três, aquela que tem maior potencial para este tipo de sistemas, uma vez que é a menos limitada pelo tamanho do recipiente ou contentor em relação ao cebolinho e aos orégãos. Ramos-González et al. (2019) menciona ainda que os orégãos necessitam de fertilizantes ricos em N e Ca- para que a produtividade seja alta; enquanto o cebolinho necessita de fertilizantes ricos em fósforo; e o manjeriço de fertilizantes ricos em N, K e Ca. O autor acrescenta ainda que as três espécies podem ter um crescimento limitado pela presença de grandes quantidades de magnésio no substrato.



Figura 33 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 23 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita: alface, lúcia-lima e manjeriço)

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Por último, no dia 25 de junho de 2021, as plantações terminaram com a instalação das perpétuas roxas, da hortelã-pimenta e da couve-flor (Figura 34), ficando a parede verde completa (Figura 35). O tomilho foi colocado propositadamente ao lado da couve-flor, uma vez que segundo Ferreira & Barreiro (2016) o mesmo tem propriedades repelentes em relação à lagarta-da-couve.



Figura 34 - Compilação de fotografias das plantações realizadas no dia 25 de junho de 2021 (por ordem da esquerda para a direita: perpétua roxa, hortelã-pimenta e couve-flor)



Figura 35 - Parede verde após as plantações e já com todos os módulos colocados na estrutura

3.3 Monitorização da parede verde

3.3.1 Adaptação e desenvolvimento das plantas

Desde a data de plantação até ao fim do mês de setembro de 2021, o desenvolvimento de todas as plantas foi sempre acompanhado através de observação visual, com a finalidade de entender a capacidade de adaptação de cada espécie ao sistema e ao local. Foram feitos registos de biodiversidade (Figura 36) e da floração de algumas espécies (Figura 37). Foram ainda recolhidos dados de uma estação meteorológica localizada no Campus Agrário de Vairão, com vista em entender melhor os resultados obtidos (Anexo A).



Figura 36 - Exemplo da biodiversidade registada no sistema



Figura 37 - Floração de algumas espécies (da esquerda para a direita: orégãos, cebolinho, morangueiro, pimento, manjerição e perpétua-roxa)

3.3.2 Produtividade

Ao longo das semanas, à medida que se iam realizando as colheitas, era registado o peso fresco do material vegetal edível que era colhido de cada planta (Figura 38), a data e a planta de onde provinha a colheita (utilizando para isso a matriz referida anteriormente na Figura 31). O objetivo era retirar dados sobre a produtividade de cada espécie. No caso específico dos pimentos foi registado o peso fresco de cada pimento de forma individual, tendo-se feito o mesmo também com as flores da perpétua roxa. A colheita das plantas aromáticas e das plantas para infusões (lúcia-lima e flores da perpétua roxa) foi realizada ao longo do tempo e aos poucos (como seria realizada pelo utilizador, consoante as suas necessidades). A colheita era maioritariamente realizada à medida que o crescimento das plantas a colher se tornava invasivo para as restantes plantas mas de forma relativamente contínua, como sugerido no estudo piloto de Nagle et al. (2017).



Figura 38 - Exemplos de registos do peso fresco das colheitas (por ordem da esquerda para a direita: tomilho, alface)

Em relação às colheitas que foram realizadas com o propósito de elaborar infusões (lúcia-lima e perpétua roxa) foi ainda avaliado o peso seco total da produção de cada espécie (peso da forma sob a qual as plantas são comercializadas). Para isso, enquanto no caso da lúcia-lima as folhas eram deixadas a secar durante alguns dias (Figura 39), no caso da perpétua-roxa, as flores foram deixadas a secar por semanas, dado tratar-se de uma espécie com um maior teor de água e por isso maior tempo de secagem. Ambas eram colocadas num local seco, arejado e com ausência de sol para a secagem lenta e posteriormente armazenadas. No final, foi calculado o peso seco total da produção de cada espécie.



Figura 39 - Folhas de lúcia-lima após a secagem natural das mesmas

Para o cálculo da produtividade total mensal de cada cultura foi feito um somatório do peso fresco (g) de todas as colheitas realizadas num determinado mês de uma determinada cultura. Esse total foi de seguida devido pelas 11 plantas/módulos existentes, para que se obtivesse uma média de produtividade por planta/módulo. E posteriormente foi ainda calculada a área que cada cultura ocupava no jardim vertical de forma a se calcular a produtividade por m^2 . Tendo sido calculado o desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie.

3.3.3 Pragas e doenças

Desde a última semana de junho, até à última semana de setembro de 2021 foi realizado um registo de todas as pragas e doenças que iam surgindo, bem como da respetiva data de ocorrência e plantas de incidência. Para tratar as possíveis pragas e doenças ao longo do processo foram ainda adquiridos dois produtos naturais e utilizáveis em agricultura biológica da *Naturen by KB* (Figura 40):

- Bio Polysect Pronto – inseticida polivalente à base de óleo de colza (16,9 g/L 1,7%) elimina uma grande variedade de insetos (piolhos, moscas brancas, aranhaço, cochonilhas, ácaros)
 - intervalo de segurança antes da colheita: 2 dias
 - intervalo entre aplicações: 7-14 dias
 - número máximo de 3 aplicações por ano
- Extrato Urtigas Pronto – diluição a 20% de extrato fermentado de urtigas, funciona contra piolhos, ácaros e míldio; mas também como um ativador de crescimento dos vegetais
 - intervalo de segurança antes da colheita: 7 dias
 - intervalo entre aplicações: 15 dias



Figura 40 - Produtos da *Naturen by KB* adquiridos para o combate de pragas e doenças

Foram respeitados os dias indicados como intervalo entre aplicações e também como intervalo de segurança antes da colheita; e foram registadas todas as utilizações de ambos os produtos. Estes produtos utilizados são fáceis de ser adquiridos pelo utilizador, uma vez que são de uso não profissional - compram-se já prontos a usar sem ser necessária qualquer preparação e são utilizáveis em todo o tipo de plantas, desde as ornamentais às hortícolas.

3.4.4 Consumo de água

O protocolo de rega inicial incluía duas regas diárias (às 7h e às 19h) com duração de 1 minuto. Porém, como foi possível constatar que o substrato de algumas plantas se apresentava demasiado húmido, o sistema de rega foi reprogramado para providenciar apenas uma rega (às 7h), com a mesma duração (Figura 41).



Figura 41 - Sistema de rega gota-a-gota programado para regar uma vez por dia durante um minuto às 7h

Para calcular o consumo de água, foram realizadas 6 medições, em 6 pontos diferentes da parede. Para o efeito, foram retirados 6 módulos (Figura 42) e foi medido o volume de água fornecido pelos 6 gotejadores correspondentes durante 1 minuto (período diário normal de funcionamento do sistema de rega), de forma a determinar o consumo médio de água por rega, assim como o consumo diário.



Figura 42 - Pontos da parede onde foram realizadas as medições do volume de água fornecido pelos gotejadores durante 1 minuto

3.4.5 Quantidade de substrato

O substrato utilizado no sistema foi fornecido pela Neoturf (Figura 43) para inicialização da parede com plantação de 132 plantas. Foram utilizados dois tipos de substrato diferentes e foram consumidos cerca de 5 sacos de 70 litros de substrato.



Figura 43 – Sacos de substrato fornecidos pela Neoturf

Para calcular a quantidade real de substrato utilizado determinou-se o peso fresco de substrato usado em cada módulo (Figura 44).



Figura 44 - Pesagem de um saco cheio com substrato para cálculo do substrato utilizado na parede verde

4. Resultados e discussão

4.1 Monitorização da parede verde

Para o efeito desta dissertação foi monitorizada uma parede verde durante 3 meses, sendo que os resultados apresentados correspondem a este período. No geral, verificou-se que a parede verde se revelou um sistema de fácil manutenção, de acordo com o sugerido pelo fornecedor (Landlab, 2016). A manutenção do sistema foi feita todas as semanas e as principais operações de manutenção incluíram inicialmente o ajuste do sistema de rega, de acordo com as condições climatéricas e necessidade das plantas e, posteriormente, incidiram no controlo de pragas e doenças e na remoção de folhas ou caules cujo estado fitossanitário se encontrava de certa forma comprometido. Foram também sendo feitas colheitas da produção.

4.1.1 Adaptação e desenvolvimento das plantas

Durante o período que decorreu entre 22 de junho e 30 de setembro de 2021, observou-se que algumas das espécies não se adaptaram ao sistema e outras foram particularmente afetadas por outros fatores, como a ocorrência de pragas e doenças. Este foi por exemplo o caso da couve-flor, que inicialmente se adaptou bem, mas que acabou por não produzir inflorescências devido ao ataque recorrente de lagartas. O alecrim apesar de ter apresentado um bom crescimento, acabou por ser prejudicado pela perpétua roxa, que se encontrava num nível inferior no sistema, e que por apresentar um crescimento em altura, acabou por se sobrepor ao alecrim e competir por luz. A perpétua roxa foi uma das espécies que melhor se adaptou à estrutura física da parede tendo apresentado uma produtividade elevada e constante (desde o início da época de produção de flores até ao fim do estudo). Esta espécie também se manifestou resistente ao ataque de afídeos (ordem *Hemiptera*) que sofreu. Espécies como a lúcia-lima e o manjeriço, também se adaptaram bem ao sistema apesar de terem ocorrido infeções com fungos (oídio no caso da lúcia-lima e antracnose no caso do manjeriço). Os morangueiros adaptaram-se muito bem ao sistema, contudo têm um crescimento muito lento e reduzida produtividade de frutos. Só entraram em produção no final do estudo, sendo que a maior produção ocorreu já após o período de estudo. O cebolinho e o tomilho, além de se adaptarem bem (com crescimento constante ao longo do tempo), tiveram fraca incidência de pragas e doenças. Porém, é de notar que o cebolinho se adaptou melhor ao sistema que o tomilho. Esta última espécie de aromática pode ter sido prejudicada pelo excesso de água, uma vez que por motivos estéticos, ficou colocada nas filas da base que acabam por receber uma maior quantidade de água em

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares | relação às filas superiores (ainda que a diferença não aparentasse ser assim tanta, uma vez que a maior parte da água fornecida pelo sistema de rega era absorvida pelo substrato, ao invés de passar para as linhas de baixo). Os orégãos e a hortelã-pimenta foram espécies que se adaptaram bem ao sistema, com um bom crescimento) mas que foram claramente prejudicadas pela incidência de pragas, tendo baixado a sua produtividade ao longo do tempo por esse mesmo motivo. Também a alface se adaptou bem ao sistema, apesar da recorrente presença de lagartas. A espécie de maior sucesso foi o pimento, que além de ter uma taxa de produção constante, se adaptou bem ao sistema e não apresentou pragas ou doenças.

4.1.2 Produtividade

A primeira colheita ocorreu no dia 28 de junho de 2021 (uma semana após a plantação, uma vez que os pimenteiros já traziam alguns frutos bem desenvolvidos). Ao longo do tempo, foram-se desenvolvendo mais frutos e foram realizadas várias colheitas de material vegetal destas e de outras espécies (Figura 45).



Figura 45 - Exemplos de colheitas realizadas (por ordem da esquerda para a direita: pimentos, orégãos e perpétua roxa)

As colheitas constituem um fator que está sempre dependente das épocas de colheita das plantas seleccionadas e do número de plantas da parede verde. Porém, a colheita das aromáticas, por exemplo, é relativamente passível de se fazer consoante as necessidades do utilizador.

Nos gráficos que se seguem encontra-se a produtividade total mensal de cada cultura, a produtividade média por módulo/planta de cada cultura e a produtividade média por m^2 . Sendo que cada módulo tinha a área de $0,04 m^2$ e que a área total ocupada por cada cultura na parede foi de $0,44 m^2$, o que correspondia a 11 módulos/plantas. São ainda apresentadas barras de erros que correspondem aos desvios padrão da produtividade entre os diferentes módulos com as plantas da mesma espécie.

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

A cultura do alecrim teve uma produção total de 41,2 g e foram apenas realizadas colheitas nos meses de agosto e setembro (Figura 46). Em julho optou-se por não fazer colheitas, uma vez que as plantas ainda se encontravam em fase crescimento. Não foram encontrados estudos experimentais que utilizassem a cultura dos do alecrim em jardins verticais para comparação de resultados.

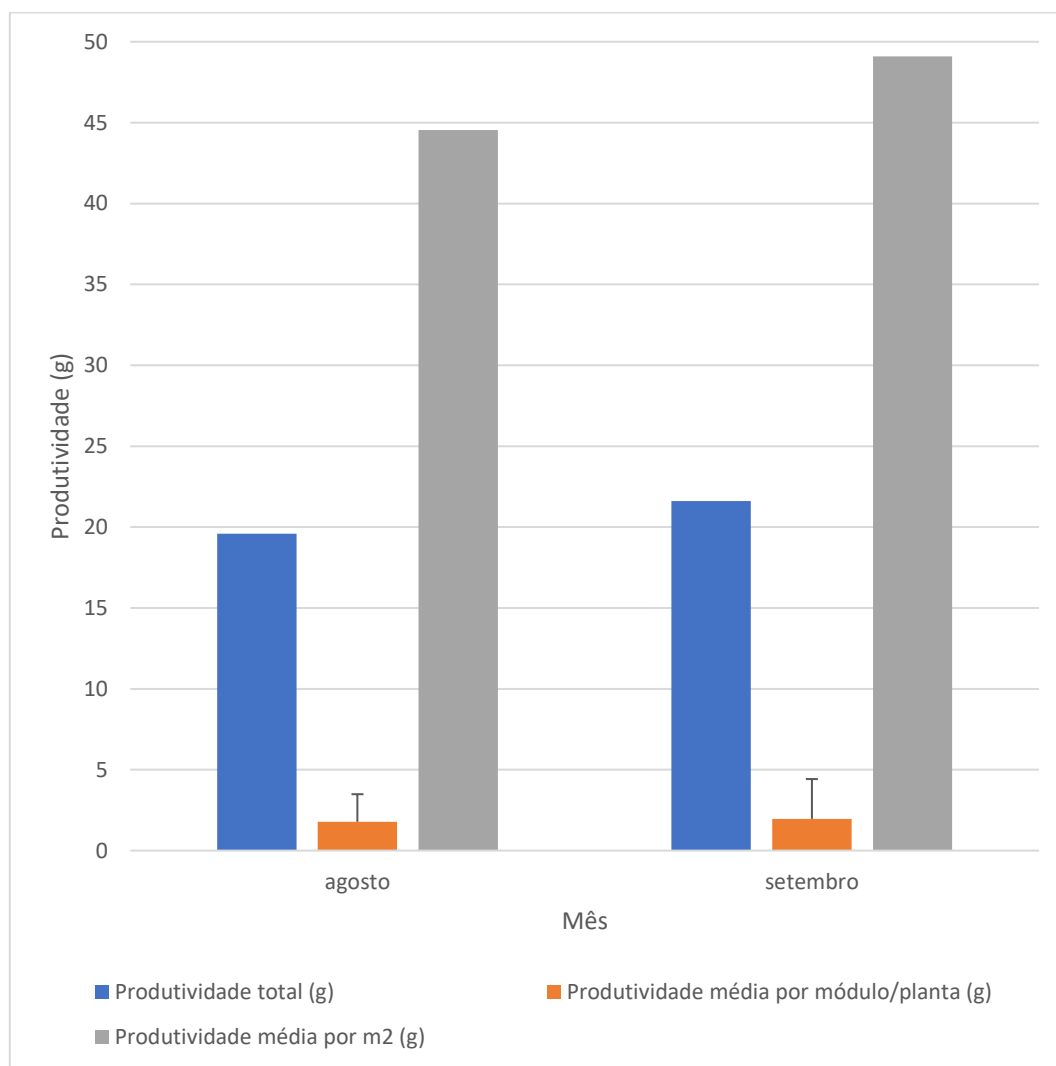


Figura 46 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do alecrim. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

O mesmo aconteceu com a cultura do tomilho, em que se optou por não se fazer colheita no mês de julho devido ao crescimento, mas cuja produção aumentou do mês de agosto para setembro (Figura 47). A produção total foi de 60,4 g. Sendo que, também não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura do tomilho em jardins verticais para comparação de resultados.

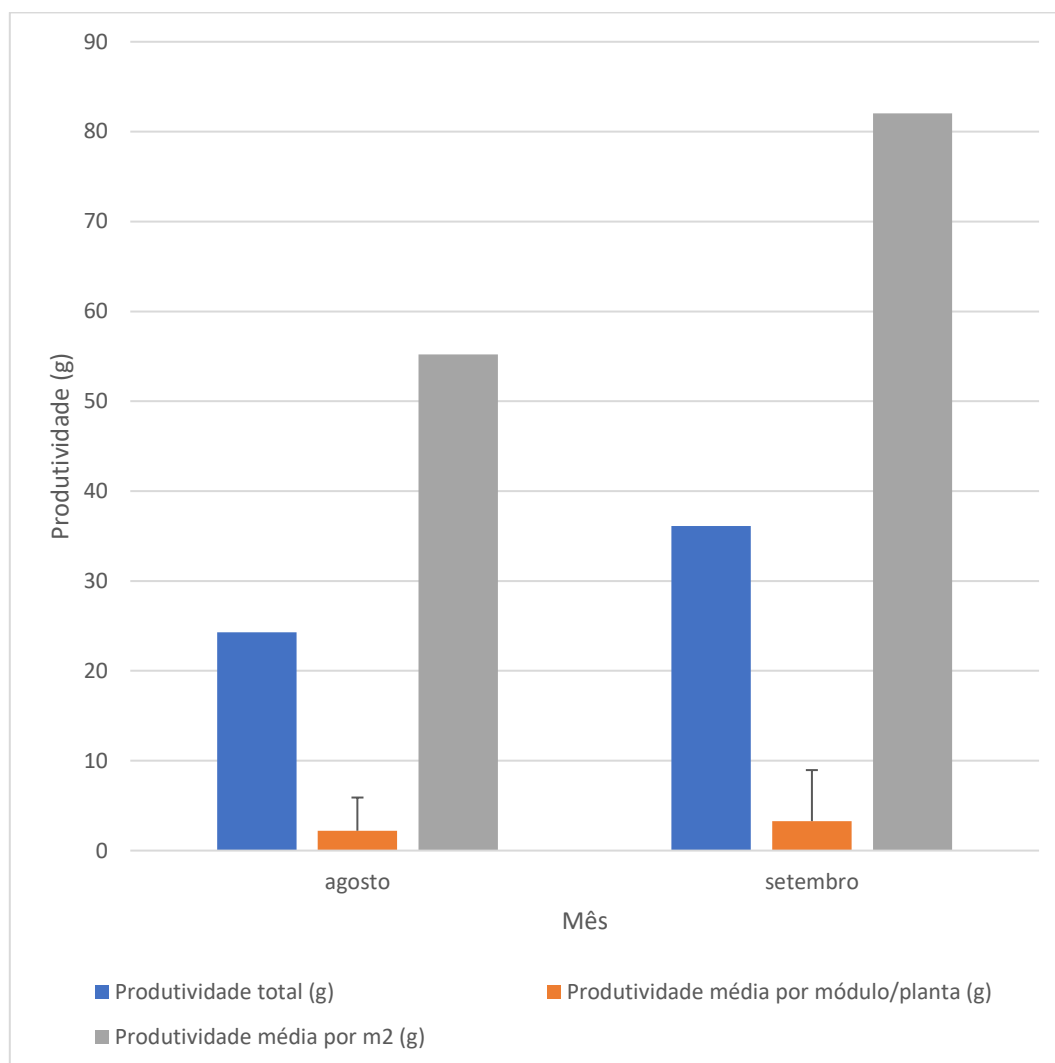


Figura 47 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do tomilho. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

O cebolinho teve uma produção total de 232,7 g. Tendo sido realizadas colheitas nos meses de julho, agosto e setembro (Figura 48), uma vez que esta espécie apresentou um crescimento mais rápido. Contudo, o valor da produção total é mais baixo do que, por exemplo, o do estudo piloto de Nagle et al. (2017) (produção de 0,9 kg) que tinha uma área semelhante e que decorreu num período de tempo também idêntico. Este valor é justificado pelo facto de no estudo de Nagle et al. (2017) terem sido utilizadas um total de 60 plantas e não 11 como no presente estudo.

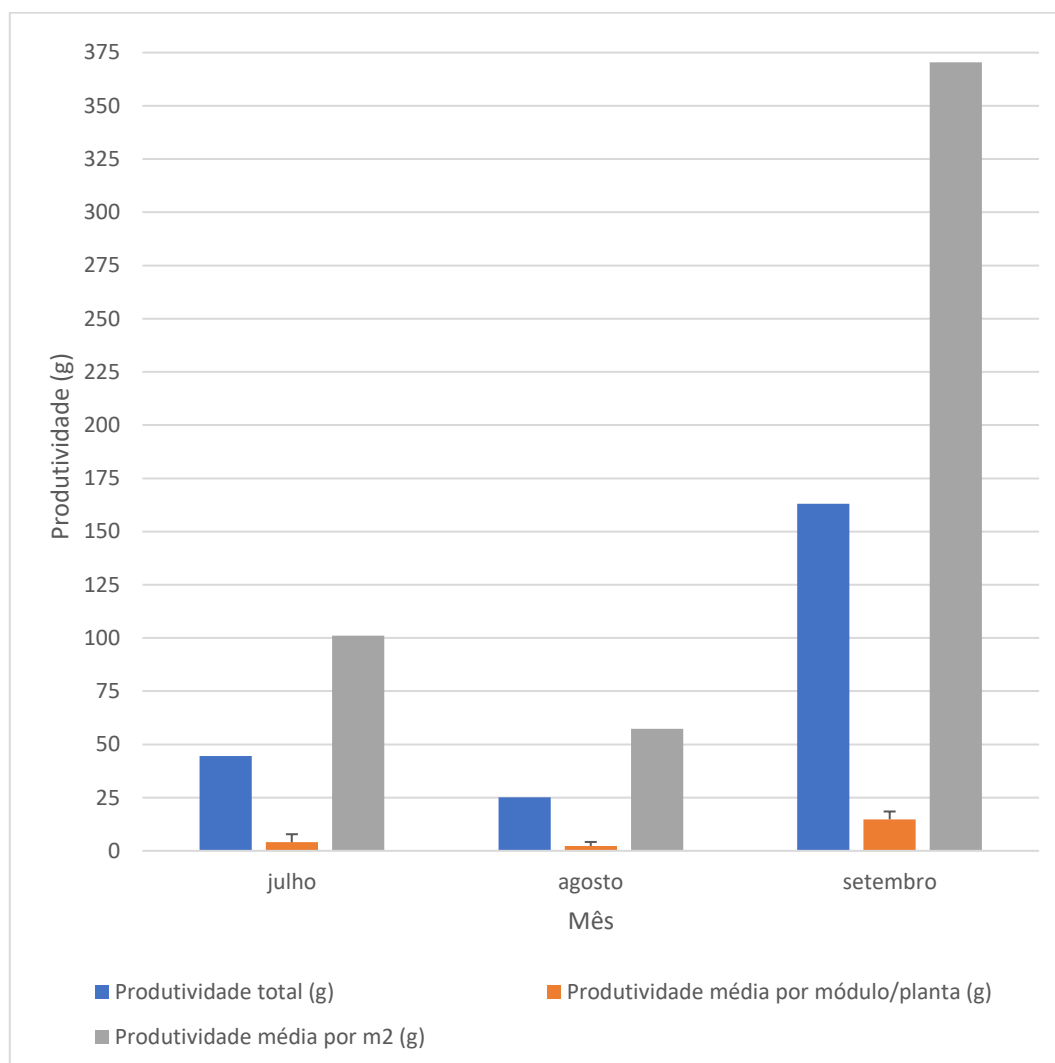


Figura 48 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do cebolinho. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

A hortelã-pimenta foi uma cultura que sofreu uma diminuição da sua produtividade ao longo do tempo, devido a ataques sucessivos de lagartas (Figura 49). A sua produção total foi de 64,4 g. Não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura da hortelã-pimenta em jardins verticais para comparação de resultados.

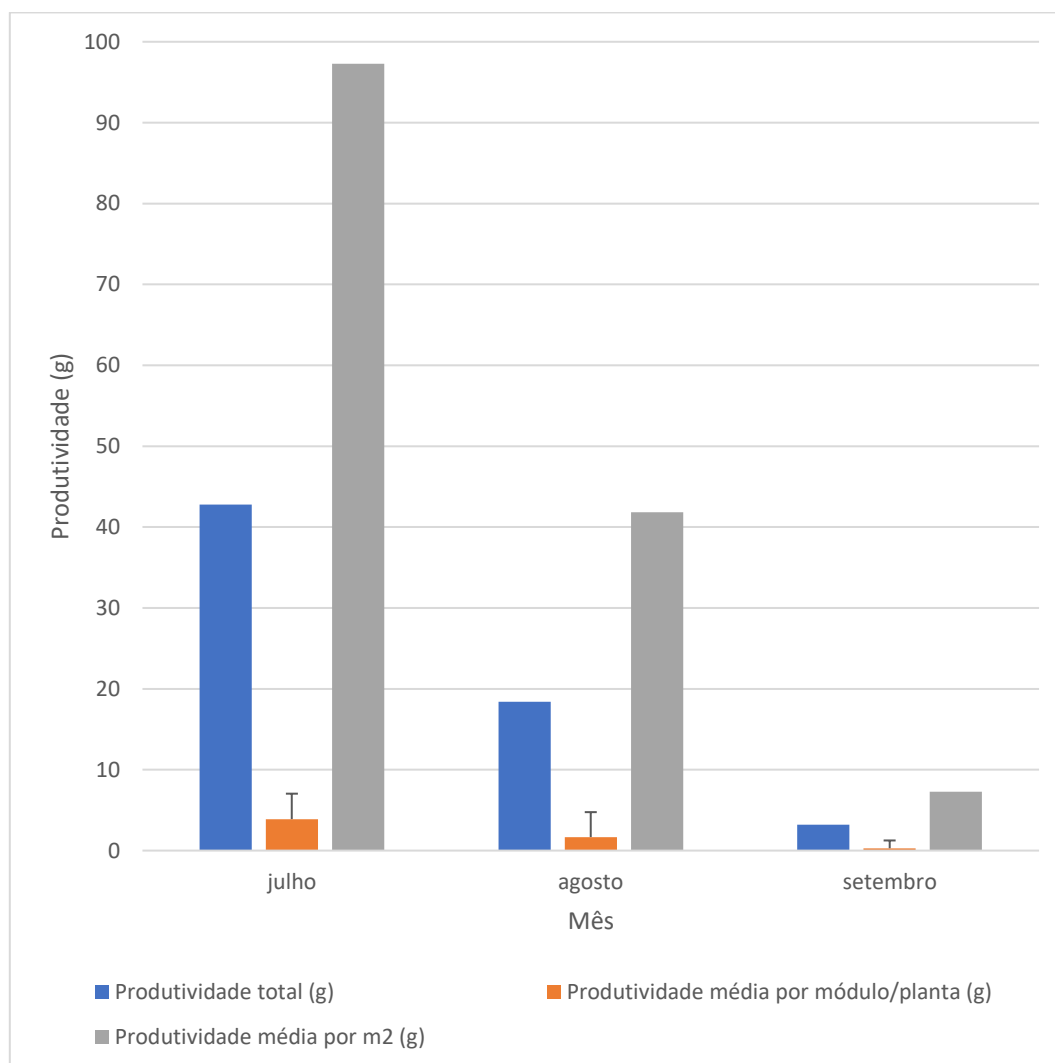


Figura 49 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da hortelã-pimenta. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

O manjeriço apresentou inicialmente uma baixa produção devido à presença de um fungo na cultura (ausência de produção no mês de julho). Contudo, acabou por recuperar e terminou com o mês de setembro como sendo o mês de produção mais alta para esta espécie (Figura 50). A produção total foi de 132,5 g – um valor baixo quando comparado, uma vez mais, com o estudo piloto de Nagle et al. (2017), que num período de tempo e área semelhante produziram 8,3 kg de manjeriço. Este valor justifica-se com o facto de este estudo piloto ter colocado um maior número de plantas nessa mesma área (no caso do manjeriço, 60 plantas).

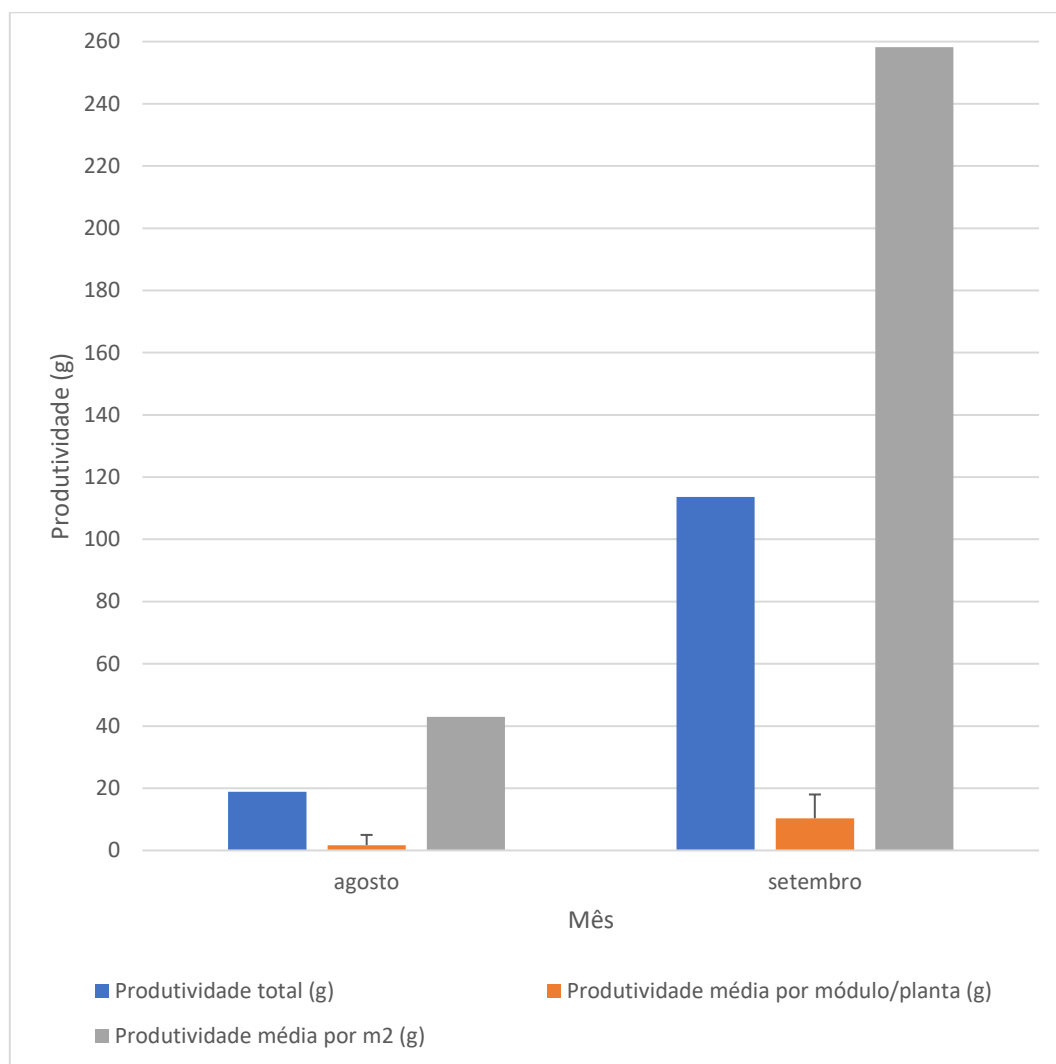


Figura 50 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do manjeriço. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

Os orégãos adaptaram-se bem e permitiram colheitas ao longo do tempo, sendo que a sua baixa produção no mês de setembro resultou do ataque de pragas - maioritariamente lagartas (Figura 51). A produção total foi de 109,6 g. Não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura dos orégãos em jardins verticais para comparação de resultados.

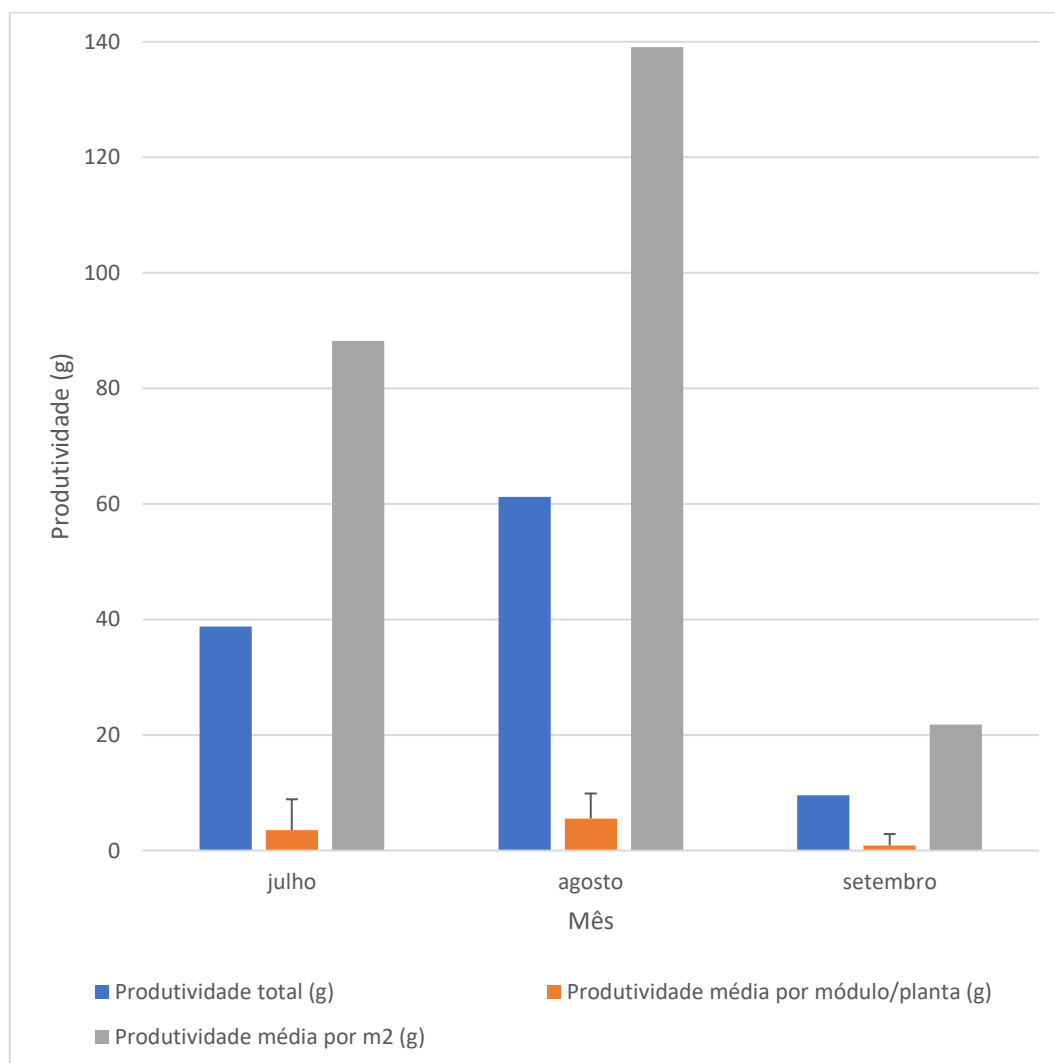


Figura 51 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura dos orégãos. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

O pimento foi uma das culturas que mais produziu, não tendo apresentado pragas ou doenças (Figura 52). A produção total da cultura foi de 1837,4 g. Porém, não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura do pimento em jardins verticais para comparação de resultados.

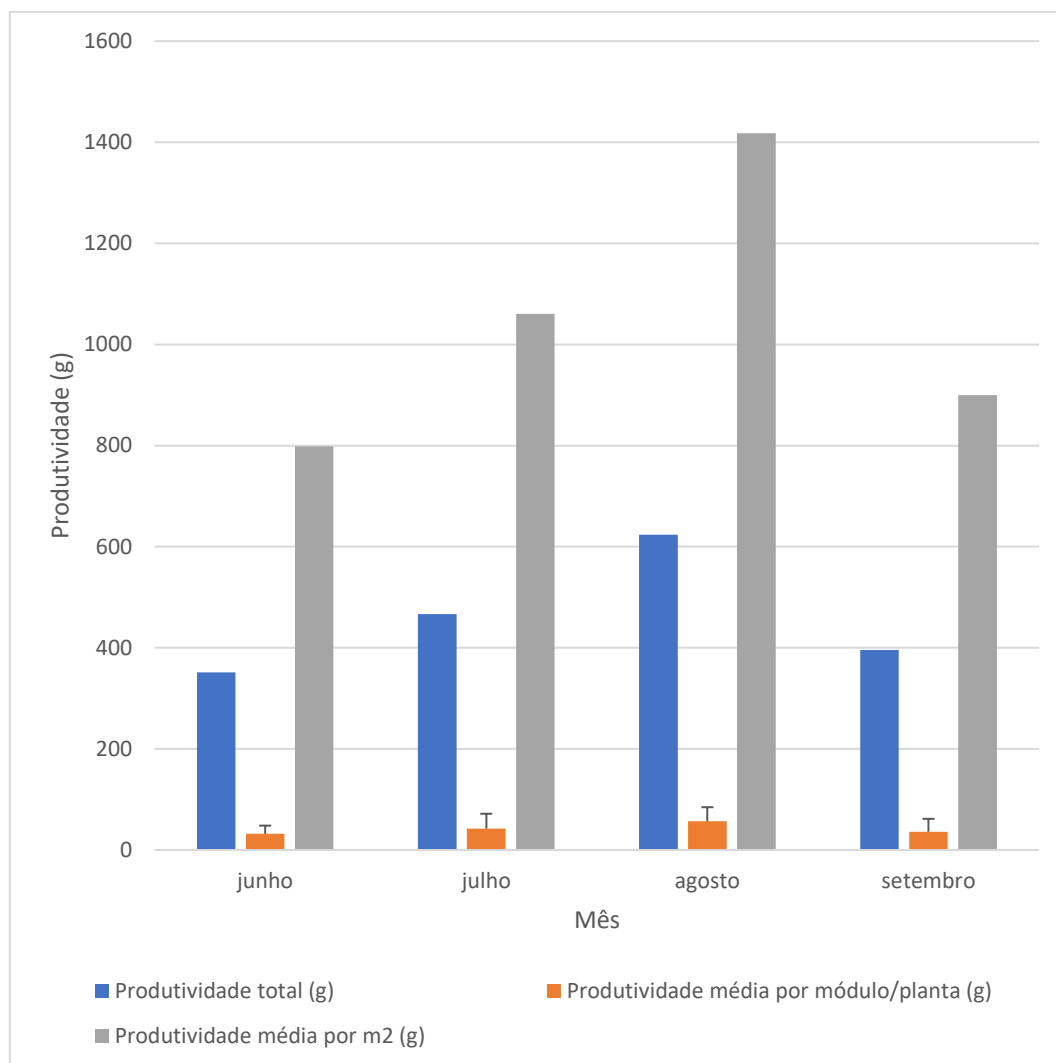


Figura 52 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do pimento. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

Já no caso da alface foi feita apenas uma colheita no fim do mês de julho (Figura 53) de todas as alfaces à exceção de uma que tinha sido severamente atacada por lagartas. Tendo-se obtido uma produtividade total de 209,9 g de alface. No caso deste tipo de culturas que são colhidas por completo para consumo o utilizador tem de estar preparado para posteriormente as substituir na estrutura aquando da colheita. Neste caso, o substrato utilizado também poderá não ter sido o mais adequado para esta cultura, uma vez que a mesma tem preferência por solos com um pH de 6,5 a 7,5 (Almeida, 2006) e o substrato utilizado tinha um pH entre 5,5 e 6,5 (Anexo B). De notar que não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura da alface em jardins verticais para comparação de resultados.

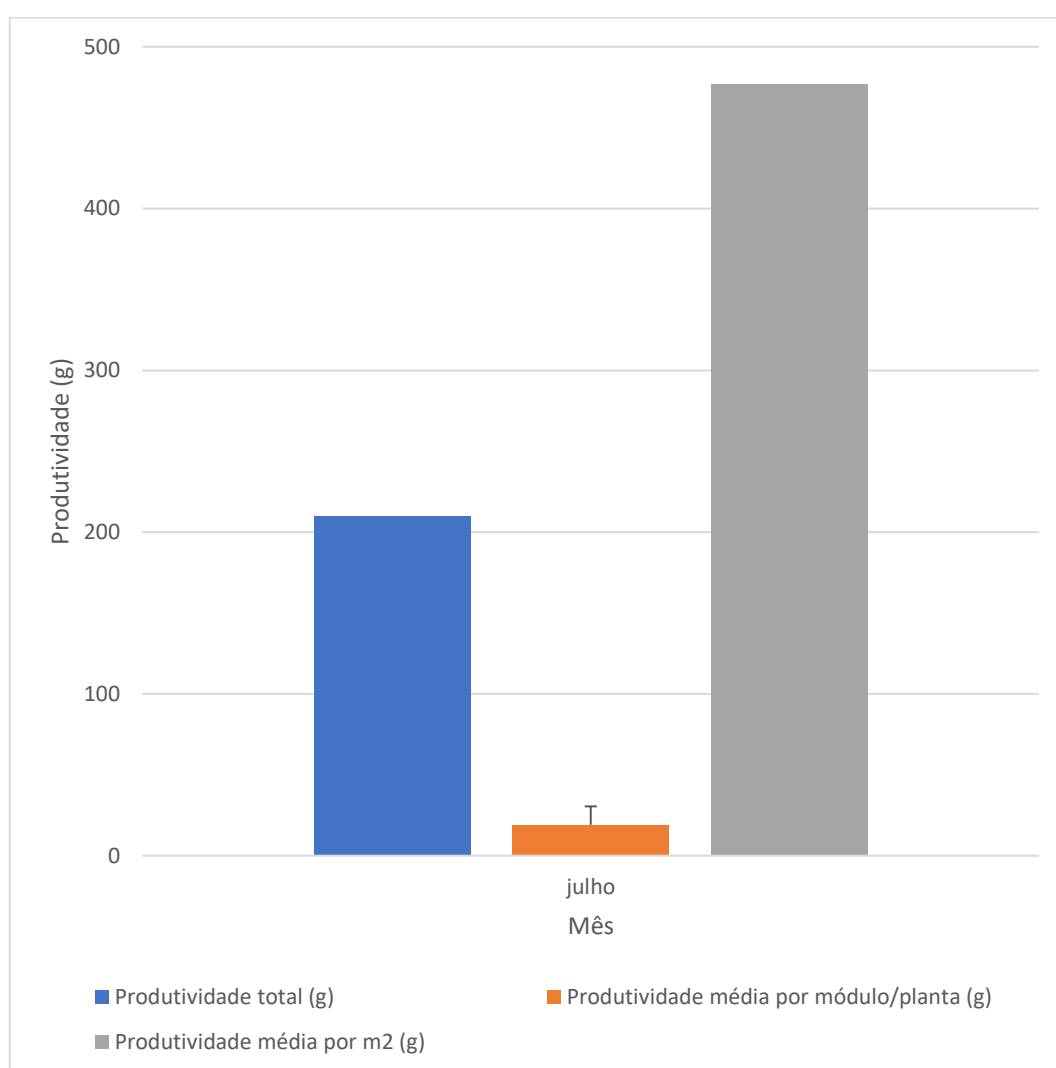


Figura 53 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da alface. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

No caso da lúcia-lima e da perpétua roxa, apesar de ser contabilizado o peso fresco das colheitas para determinar a produtividade, posteriormente determinou-se também o peso seco total das culturas.

Apesar da presença frequente de oídio na cultura, a lúcia lima apresentou uma boa produção ao longo dos 3 meses (Figura 54). A produção total foi de 169,7 g em peso fresco e de 53 g em peso seco. Sendo que não foram encontrados outros estudos experimentais que utilizassem a cultura da lúcia-lima em jardins verticais para comparação de resultados.

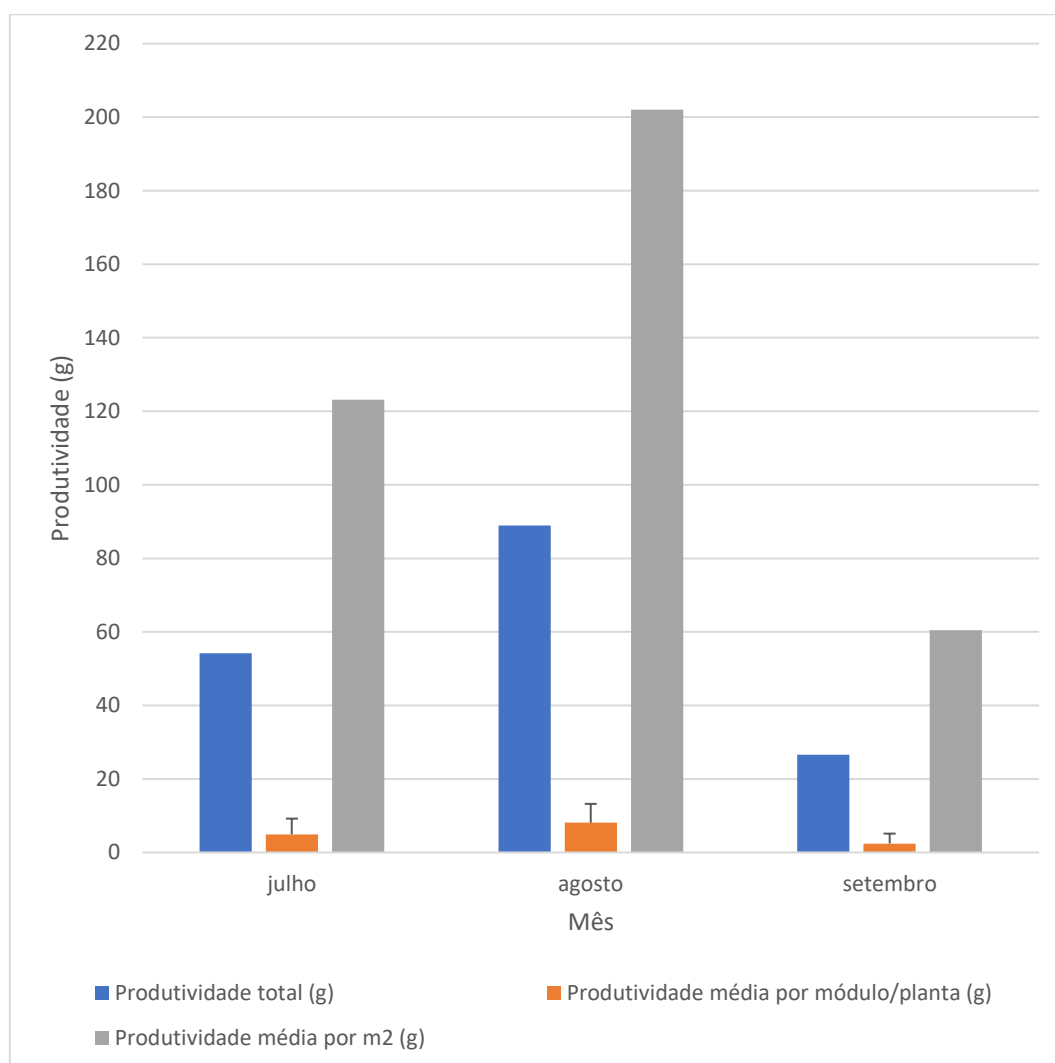


Figura 54 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da lúcia-lima. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

A perpétua roxa começou a produzir flores a partir do mês de agosto (mês em que se iniciaram as colheitas da cultura) e teve uma produção total de 217 g em peso fresco e de 42 g em peso seco (Figura 55). A produção poderia ter sido ainda maior, caso a cultura não tivesse sido atacada por piolho, uma vez que segundo Tujeira (2021) esta é uma praga que diminui a floração. Não foram encontrados outros estudos experimentais com utilização da cultura da perpétua roxa em jardins verticais para comparar os resultados.

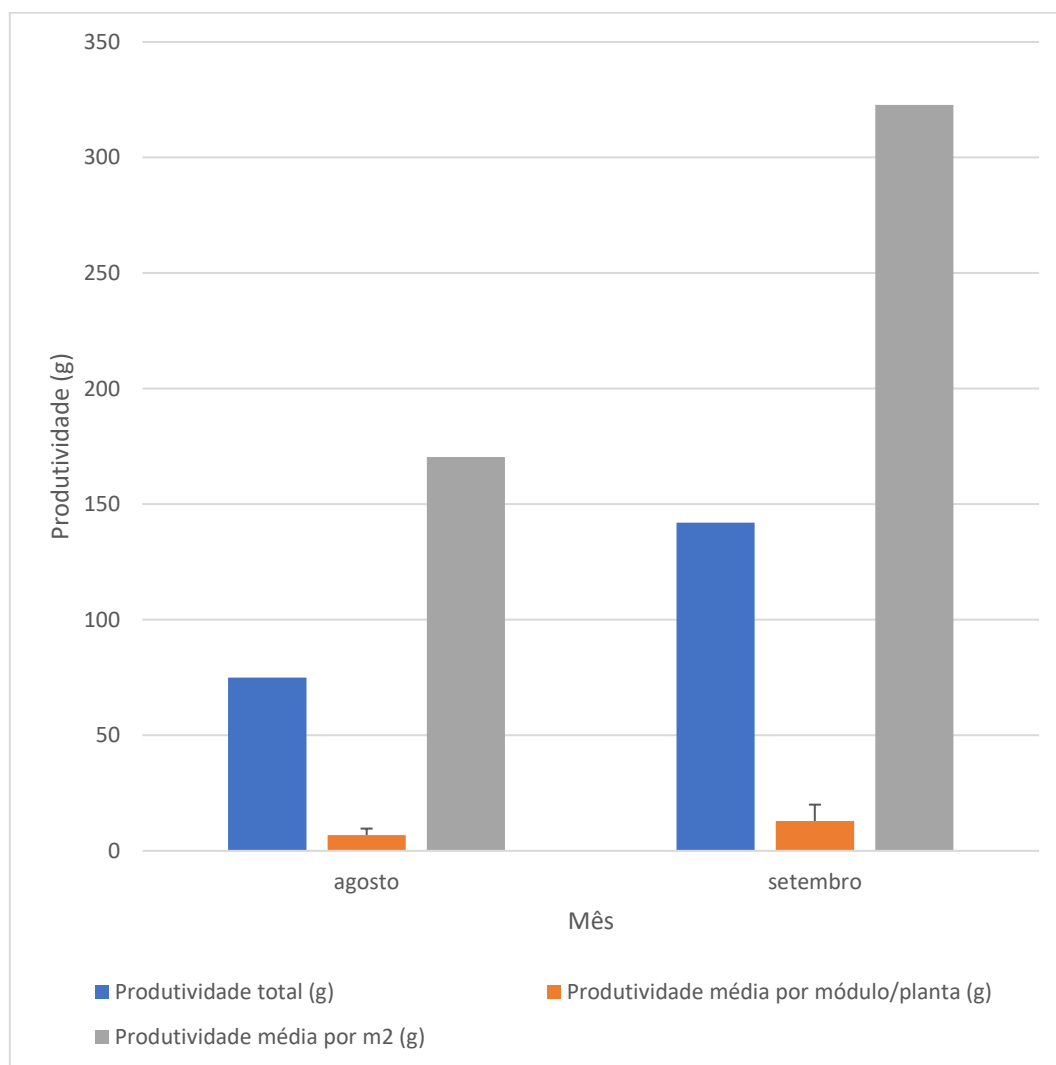


Figura 55 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura da perpétua roxa. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

Os morangueiros começaram a produzir apenas no mês de setembro, apesar de a cultura se ter desenvolvido bem ao longo dos meses anteriores (Figura 56). A produção total do mês de setembro foi de 71,8 g de morangos. Sendo que não foram encontrados outros estudos experimentais com a cultura do morango em jardins verticais para comparação de resultados.

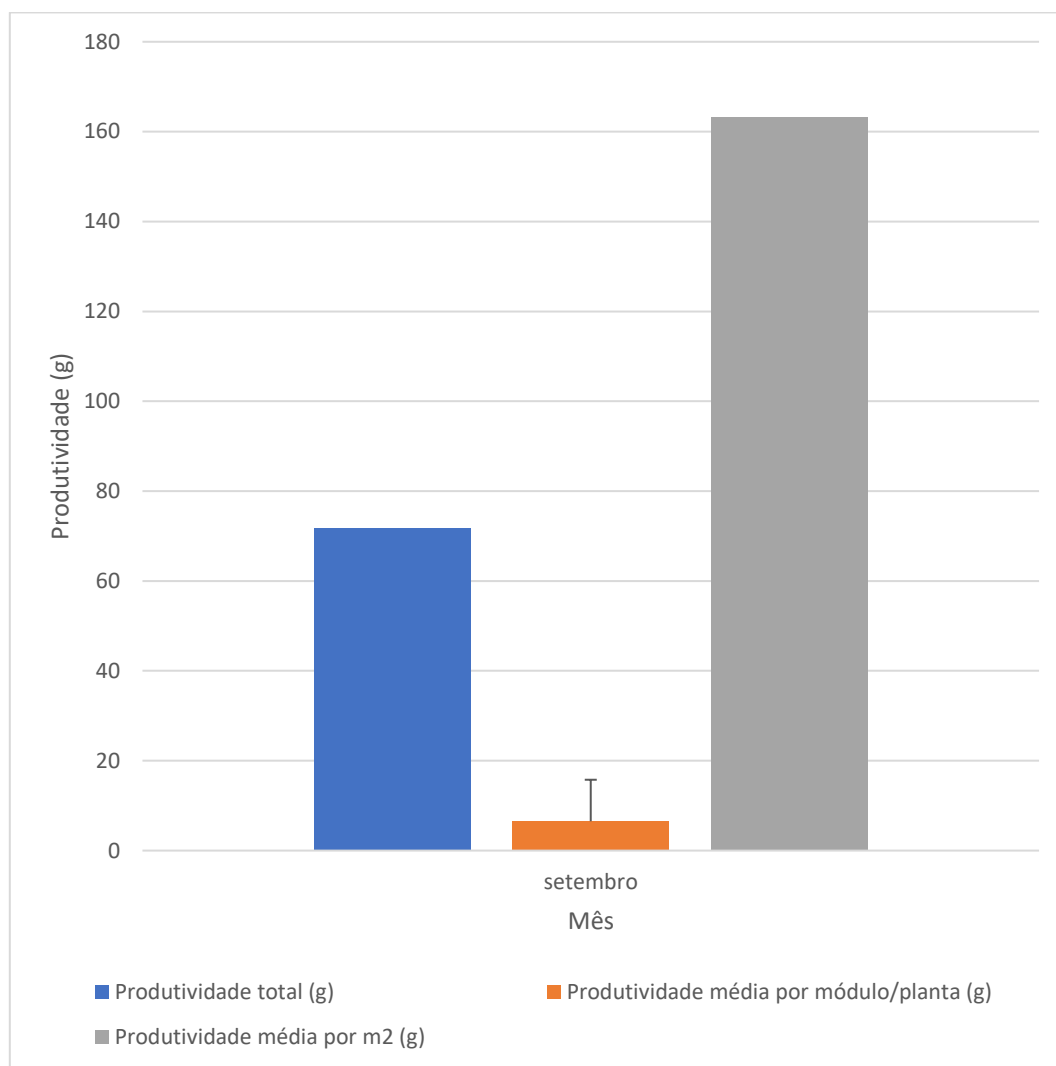


Figura 56 - Produtividade total, produtividade média por módulo e produtividade média por área da cultura do morango. As barras de erro correspondem ao desvio padrão da produtividade entre os diferentes módulos com plantas da mesma espécie

A cultura da couve-flor não apresentou produção, uma vez que não se adaptou ao sistema e sofreu ataques frequentes de pragas. Sabe-se que a temperatura é o elemento do clima que mais influencia a produtividade e qualidade da couve-flor podendo as temperaturas elevadas serem mal toleradas pela cultura (Almeida, 2006) e por isso, este fator também poderá ter prejudicado a cultura, uma vez que este estudo foi realizado no período de verão e que houve dias em que se registaram temperaturas mais altas (Anexo A). A época de plantação mais adequada para a couve-flor é o outono.

4.1.2 Pragas e doenças

Durante o período de monitorização constatou-se que as paredes verdes com produção de alimentos podem ter bastantes problemas fitossanitários. Assim, pode dizer-se que a aquisição de produtos para o combate de pragas e doenças que eventualmente possam surgir é imprescindível. Tal como Nagle et al. (2017) referem, a elevada incidência de pragas e doenças pode dever-se, entre outros fatores, à elevada proximidade entre as plantas devido ao layout da estrutura e às condições de sombra parcial em alguns momentos do dia. O mesmo autor refere que tal como no presente estudo, no seu estudo, pragas e doenças também reduziram inevitavelmente a produção.

Este é um fator evidentemente dependente do local onde o jardim vertical é implementado, podendo alguns locais serem mais propícios ao aparecimento de pragas e doenças devido, por exemplo, à proximidade a campos agrícolas, ou até mesmo ao país ou região onde são implementados. Neste caso específico da parede verde em Vairão, a mesma está enquadrada em contexto rural, havendo na proximidade produção agrícola, o que poderá ter potenciado o aparecimento de algumas pragas e doenças.

4.1.2.1 Afídeos

O piolho, pertencente à superfamília dos afídeos, foi detetado na perpétua-roxa logo de início após a plantação, a 28 de junho de 2021, através da presença de formigas (Figura 57). As mesmas alimentam-se da “melada” açucarada produzida pelo piolho, que apresenta alguns predadores naturais como a joaninhas, a aranha-caranguejo e o besouro (Moreira, 2019). Foi notório que o piolho se concentrava sempre no mesmo local, junto às flores (Figura 58). Sabe-se ainda que o mesmo se alimenta da seiva das plantas, enfraquecendo-as (Moreira, 2019). São insetos que produzem várias gerações anuais, se reproduzem por partenogénese e se aglomeram em colónias (na página inferior das folhas, nos caules e nas flores) (Tujeira, 2021). A fecundação sexual acontece no final do verão/início do outono e dá-se a postura dos ovos - forma sob a qual a espécie transita o período de inverno (Tujeira, 2021). Esta foi uma das pragas recorrentes ao longo dos cerca de 3 meses de estudo, chegando a aparecer no cebolinho, mas de forma muito pouco significativa. O problema foi tratado sempre que era detetado (Tabela 16) com o inseticida à base de óleo de colza, que permite ao utilizador fazer um máximo de 3 aplicações por ano. Nas plantas que já tinham sido tratadas 3 vezes com o produto, quando o piolho voltava a surgir, utilizava-se o outro produto já adquirido para controlo fitossanitário, à base de extrato de urtiga. Ainda assim, constatou-se a falta de eficácia deste segundo produto.

No dia 8 de julho de 2021 foram ainda detetados outros afídeos (quase impercetíveis a olho nu) nas plantas de morangueiro. Segundo a Syngenta (2021), os afídeos são uma das pragas-chave da cultura do morangueiro, inviabilizando muitas vezes até a produção dos frutos. Foi realizado um tratamento com o produto à base de óleo de colza, que após alguns dias, aparentava ter resolvido o problema.



Figura 57 - Presença de formigas, dada a existência do piolho em algumas plantas de perpétua-roxa (observação feita no dia 28 de junho de 2021)



Figura 58 - Presença de piolho junto a uma flor de perpétua roxa após a colheita da mesma

Tabela 16 - Tratamentos fitossanitários contra o piolho na cultura da perpétua roxa

ID Planta	28/jun	8/jul	12/jul	16/jul	21/jul	26/jul	3/ago	9/ago	17/ago	23/ago	2/set	16/set
C6												
C7												
C8												
C9												
C10												
C11												
D7												
D8												
D9												
D10												
D11												

Legenda: preto – produto à base de óleo de colza; cinza – produto à base de extrato de urtiga

No dia 8 de julho de 2021, foram detetados outro tipo de afídeos (quase impercetíveis a olho nu) nas plantas de morangueiro. Segundo a Syngenta (2021), os afídeos são uma das pragas-chave da cultura do morangueiro, inviabilizando muitas vezes até a produção dos frutos. Foi realizado um tratamento com o produto à base de óleo de colza, que após alguns dias, aparentava ter resolvido o problema.

4.1.2.2 Oídio

O oídio foi um problema recorrente na cultura da lúcia-lima (Figura 59), tendo surgido ainda nos caules das plantas de alecrim, mas apenas uma única vez (Figura 60). Segundo bibliografia consultada, este é um problema fitossanitário frequente na cultura da lúcia-lima, principalmente em situações em que as folhas são molhadas nas horas de maior calor (Hortas biológicas, 2021). Isto não foi o que aconteceu, uma vez que o sistema de rega utilizado foi o gota-a-gota e que a rega foi sempre feita no substrato e não na planta. Em relação ao alecrim, também autores como Bastidas (2018) referem que esta é uma das principais doenças que podem surgir na cultura. Para o tratamento do oídio, usou-se sempre o produto à base de extrato de urtiga, que aparentemente controlou o problema. No caso da lúcia-lima, foi feito um total de 4 tratamentos e no caso alecrim um tratamento. A proximidade das duas culturas, que se encontravam lado a lado na parede, poderá explicar o aparecimento do fungo branco no alecrim.



Figura 59 - Oídio detetado nas plantas de lúcia-lima



Figura 60 - Oídio detetado nos caules do alecrim

4.1.2.3 Antracnose

No início, o manjeriço foi prejudicado por um fungo denominada de antracnose. Autores como Almeida (2006) referem que esta é uma cultura sensível a podridão por fungos (Almeida, 2006). E outros autores como Franciscan et al. (2014) indicam que a antracnose, causada pelo fungo patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*, tem causado grandes prejuízos económicos à cultura do manjeriço.

Os principais sintomas apresentados foram o amarelecimento das folhas e a presença de um fungo acastanhado. Assim, no dia 8 de julho de 2021 foi realizado um tratamento com o extrato de urtigas em todas as plantas de manjeriço, que apresentavam sintomas de antracnose, sendo também feita remoção das folhas mais doentes. Após alguns dias, já era possível verificar que o tratamento tinha sido eficaz, e o problema não voltou a surgir. Como este fungo debilitou muito as plantas, a produção das mesmas diminuiu e perderam-se duas. Contudo, após algum tempo, as restantes plantas acabaram por se recuperar e a produção aumentou.

4.1.2.4 Lagartas

Ao longo do tempo foi recorrente a presença de lagartas nas várias culturas (Figura 61) – manjeriço, orégãos, alface, hortelã-pimenta e couve-flor. Autores como Almeida (2006) referem que a cultura da hortelã pode ser atacadas por pragas como ácaros, lagartas ou afídeos. Tanto no caso da couve-flor, como no caso da hortelã-pimenta, foram realizados no total 3 tratamentos com o produto à base de óleo de colza, tendo a incidência de lagarta nas outras culturas sido menos recorrente. Foram também sendo retiradas manualmente todas as lagartas detetadas.



Figura 61 - Lagartas encontradas e retiradas das culturas

4.2 Valor económico da produção

Para o cálculo do valor económico da produção utilizou-se como referência os preços da superfície comercial Continente à data de 28 de setembro de 2021 (<https://www.continente.pt/>). Sendo que no caso da lúcia-lima e da perpétua roxa foi considerado o peso seco da produção e não o peso fresco. Com base na Tabela 17, é possível constatar que se obteve um valor total de produção de 66,98€, o que corresponde a um valor mensal de cerca de 22,32€/mês.

Tabela 17 - Cálculo do valor económico da produção ao longo dos cerca de 3 meses de estudo da parede verde

Cultura	Preço de referência (€/kg)	Quantidade produzida (kg)	Valor da produção (€)
Alecrim	69,50	0,041	2,85
Alface	3,45	0,210	0,72
Cebolinho	69,50	0,233	16,19
Hortelã-pimenta	15,80	0,640	10,11
Lúcia lima	37,80	0,042	1,59
Manjerição	69,50	0,133	9,24
Morango	2,98	0,071	0,21
Orégãos	69,50	0,110	7,65
Perpétua roxa	62,25	0,053	3,30
Pimento	5,96	1,837	10,95
Tomilho	69,50	0,060	4,17
TOTAL			66,98

4.3 Custos de instalação

Para a instalação de uma parede verde de 8,33 m² com cantoneiras, que permitiu a instalação de um total de 132 plantas, o custo total foi de 2021,38€ - incluindo todos os materiais estruturais da parede, o sistema de rega, o substrato e as próprias plantas (Tabela 18). Isto equivale a um custo de 242,66 €/m², sendo este valor bastante abaixo de valores referidos em bibliografia, uma vez que autores como Ottelé (2011) indicam como valores de referência para este tipo de sistemas modulares os valores de 400-600 €/m². De notar que, apesar do investimento inicial na estrutura para o jardim vertical modular, a mesma tem uma garantia de 10 anos para jardins interiores e de 5 anos para jardins exteriores (Landlab, 2016). Constatou-se que a nível da instalação da estrutura para a parede verde o valor mais alto foi em gastos que corresponderam à mão-de-obra. No que diz respeito às plantas, o custo total foi de 206,26€, mas há que ter em consideração que este valor depende varia muito consoante as plantas escolhidas pelo utilizador e consoante o local onde as mesmas são adquiridas, sendo os supermercados agrícolas os locais que geralmente praticam os preços mais competitivos. Em relação à quantidade de substrato utilizado, cujo preço também é referido na anterior tabela, concluiu-se que cada módulo do sistema utilizava cerca de 1408,8 g de substrato, o que corresponde a um total de 186 kg de substrato para todo o sistema (com a densidade de 520,65 kg/m³), uma vez que o sistema é constituído por 132 módulos.

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Tabela 18 – Custos indicativos de instalação da parede verde em estudo (Área = 8,33 m²)

Descrição		Preço unitário	Quantidade	Preço total
Materiais para a parede verde, sistema de rega e substrato fornecidos pela Neoturf	Placas grandes	1,39 €	196	272,44 €
	Placas pequenas	0,84 €	132	110,88 €
	Vasos	0,87 €	120	104,40 €
	Bolsas	2,04 €	120	244,80 €
	Pino de travamento	0,02 €	528	10,56 €
	Peça inicial / final	0,52 €	48	24,96 €
	Módulo cantoneira	0,84 €	24	20,16 €
	Vasos cantoneira	0,87 €	24	20,88 €
	Bolsas cantoneira	2,04 €	24	48,96 €
	Fornecimento e transporte de substrato em sacos de 70 L	6,20 €	5	31,00 €
	Fornecimento e transporte do material constituinte do sistema de rega			177,28 €
	Mão de obra para a instalação de todos os materiais			748,80 €
	TOTAL			1 815,12 €
Plantas	Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Cebolinho (<i>Allium schoenoprasum</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Morangueiro (<i>Fragaria x ananassa</i>)	1,99 €	11	21,89 €
	Orégãos (<i>Origanum vulgare</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Pimento (<i>Capsicum annum</i>)	4,95 €	11	54,45 €
	Lúcia lima (<i>Aloysia triphylla</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Alface Maravilha (<i>Lactuca sativa</i>)			3,75 €
	Manjerição (<i>Ocimum basilicum</i>)	1,40 €	11	15,40 €
	Perpétua-roxa (<i>Gomphrena globosa</i>)	1,50 €	11	16,50 €
	Hortelã-pimenta (<i>Mentha x piperita</i>)	1,50 €	11	16,50 €
	Couve-flor (<i>Brassica oleracea var. botrytis</i>)	0,07 €	11	0,77 €
	TOTAL			206,26 €
TOTAL FINAL				2 021,38 €

4.4 Custos de manutenção

4.4.1 Custos de água

Os custos de manutenção do sistema incluem essencialmente os custos da água que é consumida. Com base na Tabela 19, cada gotejador do sistema fornece aproximadamente $34,8 \text{ cm}^3$ de água durante 1 minuto (período normal de funcionamento diário do sistema). Assim, e tendo em conta que o sistema tem um total de 132 gotejadores, este gasta cerca de $4593,6 \text{ cm}^3/\text{dia}$, que correspondem a $0,0045936 \text{ m}^3/\text{dia}$ de água e a $0,1378 \text{ m}^3/\text{mês}$. Tendo em conta que a área é de $8,33 \text{ m}^2$ pode ainda dizer-se que o gasto mensal de água é de $0,0165 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Tabela 19 - Medições realizadas em 6 pontos diferentes da parede verde para calcular a média de água fornecida por gotejador durante 1 minuto (os gotejadores estão identificados com a mesma matriz que foi utilizada para identificar as plantas e que já foi referida na Figura 31)

B2 = 33 cm^3	B6 = 33 cm^3	B10 = 32 cm^3
K2 = 35 cm^3	K6 = 36 cm^3	K10 = 40 cm^3
Média diária de consumo de água por gotejador = $34,8 \text{ cm}^3$		

Segundo a INDAQUA (2021) a tarifa de consumo de água é de $1,0869 \text{ €/m}^3$, pelo que isto corresponde a um custo mensal de aproximadamente $0,15 \text{ €/mês}$. Este valor é coincidente, com as indicações do fornecedor do sistema que refere o seu reduzido consumo de água (Landlab, 2016). Por exemplo, na parede verde estudada por Raposo (2015), no Bessa Hotel Liberdade, em Lisboa, houve um consumo mensal total entre os 100 e os 250 m^3 dependendo dos meses em questão. Apesar da mesma ter 315 m^2 de área e do presente estudo ter apenas $8,33 \text{ m}^2$, quando comparamos os valores ajustados à área de cada uma, é possível perceber que o consumo de água da parede verde do presente estudo foi de facto muito reduzido. O elevado consumo do sistema de rega do Bessa Hotel Liberdade também pode ser justificado pelo facto da utilização do mesmo servir para fornecer nutrientes e água, sendo esta uma das desvantagens da fertirrigação, como já referido anteriormente.

4.4.2 Custos associados ao controlo de pragas e doenças

O custo total do controlo de pragas e doenças para os 3 meses de estudo foi de 53,95€ (Tabela 20) – este valor corresponde a um gasto mensal de cerca de 17,98€. Numa situação real este custo não será um custo mensal fixo visto que as pragas não têm um cariz permanente ao longo de todas as estações. Autores como Nagle et al. (2017) que usaram métodos caseiros nos seus estudos piloto para o controlo de pragas e doenças, relembram que apesar da desvantagem da falta de cariz científico, muitas vezes, os métodos caseiros têm a vantagem de serem mais acessíveis economicamente para o utilizador. Além disso, é ainda de referir que, tal como já foi anteriormente mencionado, o facto de esta parede verde estar inserida numa zona rural agrícola, poderá também ter contribuído para uma maior incidência de pragas e doenças, o que poderá não acontecer em meio urbano.

Tabela 20 - Custos com o controlo de pragas e doenças que surgiram na parede verde em estudo

Descrição		Preço unitário	Quantidade	Preço total
Produtos fitossanitários	Bio Polysect Pronto	11,99 €	3	35,97 €
	Extrato Urtigas Pronto	8,99 €	2	17,98 €
	TOTAL (3 meses)			53,95 €
	TOTAL MENSAL			17,98 €

4.4.3 Custo total de manutenção mensal

O sistema em estudo teve então um custo de manutenção mensal de cerca de 18,13€ (0,15€ de custos de água + 17,98€ de custos em controlo de pragas e doenças). Excluindo o valor da mão-de-obra e sendo que aqui o valor do controlo de pragas e doenças será sempre muito variável e dependente da forma de atuação do utilizador.

4.5 Balanço económico

Com base nos subcapítulos anteriores, é possível concluir que os custos mensais de manutenção (18,13€) foram ligeiramente inferiores ao valor económico mensal de produção (22,32€). Assim, pode concluir-se que após a amortização dos elevados custos de instalação (que demorarão a ser recuperados), a parede verde à partida, não será economicamente insustentável.

5. Conclusões

O aumento da população das cidades tem crescido exponencialmente. Durante a COP26, em Glasgow, foi lançado um guia denominado “Vencendo o Calor: um Manual de Arrefecimento Sustentável para Cidades”, que contém indicações para ajudar as cidades a combater o aquecimento global, lembrando que “a subida de temperatura em áreas urbanas está duas vezes acima da média global” e que “no final deste século, muitas cidades podem aquecer até 4 °C se as emissões de gases de efeito de estufa continuarem altas” (Nações Unidas, 2021).

A implementação de soluções baseadas na natureza como é o caso de infraestruturas como as paredes verdes é uma estratégia que pode servir para atenuar estes problemas ambientais, melhorar a conectividade ecológica, contribuir para um desenvolvimento urbano sustentável e criar comunidades mais saudáveis. As paredes verdes com produção alimentar têm a possibilidade de cultivo em pequenos espaços de forma sustentável, uma vez que os custos de manutenção aparentam ser relativamente inferiores ao valor da produção. Em comparação com as fábricas de plantas, estas infraestruturas têm a vantagem de não necessitar de *inputs* energéticos, apresentando adicionalmente um baixo consumo de água e sendo uma mais-valia para o utilizador, através da sua contribuição para a saúde mental e para a alimentação humana - fornecendo produtos de valor acrescentado frescos que permitem complementar a dieta mediterrânea e no caso das ervas aromáticas, promover o baixo consumo de sal.

Contudo, e apesar das inúmeras vantagens, é de ter em conta questões económicas como o elevado investimento inicial (que pode ser difícil de amortizar) e o controlo de pragas e doenças que aparentaram ser o principal problema neste estudo em específico. Não obstante, é possível concluir que as paredes verdes poderão ser um dos componentes da produção alimentar familiar nos centros urbanos, ainda que outras soluções também devam ser desenvolvidas.

6. Recomendações para trabalhos futuros

O presente documento pretende servir de base para futuros estudos sobre o tema. Assim, seguem-se algumas sugestões:

- Maior mistura das espécies utilizadas na parede (em termos de posicionamento das mesmas), numa tentativa de diminuir a incidência de pragas e doenças.
- Utilização de espécies mais resistentes a problemas fitossanitários ou que tenham propriedades repelentes para insetos indesejados.
- Aplicação de soluções caseiras no combate a pragas e doenças, diminuindo os custos de manutenção.
- Uso de sensores para medições de temperaturas e para uma monitorização mais detalhada.
- Realização de um estudo mais profundo sobre a biodiversidade associada a este tipo de sistemas.
- Instalação de um hotel de insetos junto da parede, de forma a atrair insetos polinizadores e insetos predadores de algumas pragas que prejudicam as culturas.

Referências bibliográficas

- Abdo, P., Huynh, B. P., Irga, P. J., & Torpy, F. R. (2019). Evaluation of air flow through an active green wall biofilter. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 75-84. doi:10.1016/j.ufug.2019.03.013
- Abiko, A. K., Almeida, M. A., & Barreiros, M. A. (1995). *Urbanismo: História e Desenvolvimento*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Retirado de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4405055/mod_resource/content/2/urbanismo-historiaedesenvolvimento.pdf
- Afroza, B., & Rana, M. K. (2017). *Vegetable Crops Science*. CRC Press ISBN: 9781315116204
- Aguiar, D. M., Fernandes, A. J., & Furlan, M. R. (2017). Propagação assexuada do alecrim. *Revista Eletrônica Thesis*. Retirado de http://www.cantareira.br/thesis2/ed_27/materia2.pdf
- Alexandria, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43(4), 480-493. doi:10.1016/j.buildenv.2006.10.055
- Almeida, D. (2006). *Manual de Culturas Hortícolas - Volume I*. Editorial Presença. Lisboa. ISBN: 9789722335515
- Almeida, D. (2014). *Manual de Culturas Hortícolas - Volume II*. Editorial Presença. Lisboa. ISBN: 9789722335683
- Ascione, F., De Masi, R. F., Mastellone, M., Ruggiero, S., & Vanoli, G. P. (2020). Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches. *Energies*, 13(9), 39. doi:10.3390/en13092296
- Bahls, A. V. S. (1998). *O verde na metrópole: a evolução das praças e jardins em Curitiba (1885-1916)*. Pós-Graduação em História. Universidade Federal do Paraná - Setor de Ciências Humanas. Retirado de <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24659/D%20-%20BAHLS%2c%20APARECIDA%20VAZ%20DA%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bahrami, P. (2014). Green Walls in High-Rise Buildings. *Images Publishing Group*,. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/265376113_Green_Walls_in_High-Rise_Buildings

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

- Bass, B. (2007). *Green Roofs and Green Walls: Potential Energy Savings in the Winter*. Retirado de <http://www.regroupementdelachine.org/wp-content/uploads/2016/09/rapport-green-roofs-green-walls.pdf>
- Bastidas, M. (2018). Boas práticas de domesticação de plantas aromáticas e medicinais - alecrim e rosmaninho verde. Retirado de <http://www.valuepam.eu/files/socios/andanatura/Boas%20Pr%C3%A1ticas%20de%20Domestica%C3%A7%C3%A3o%20de%20Plantas%20Arom%C3%A1ticas%20e%20Medicinais%20pt.pdf>
- Beltrami, S. (2020). How to Minimize the Impact of Coronavirus on Food Security. Acedido a 29-04-2021 em: <https://www.wfp.org/stories/how-minimize-impact-coronavirus-food-security>
- Bianchini, R. (2019). The vertical gardens of Patrick Blanc. Retirado de <https://www.inexhibit.com/case-studies/patrick-blanc-vertical-gardens/>
- Biggs, T. (1980). *Culturas hortícolas : produtos hortícolas para saladas, couves e nabos e para aproveitamento de caules, vagens, raízes e frutos, plantas condimentares*. P. Europa-América. ISBN: 972-1-02773-1
- Bruse, M., Thönnessen, M., & Radtke, U. (1999). Pratical and theoretical investigation of the influence of facade greening on the distribution of heavy metals in urban streets. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/242131013_PRACTICAL_AND_THEORETICAL_INVESTIGATION_OF_THE_INFLUENCE_OF_FACADE_GREENING_ON_THE_DISTRIBUTION_OF_HEAVY_METALS_IN_URBAN_STREETS
- Carroll, J. (2021). Oregano Problems – Information On Pests And Diseases Affecting Oregano Plants. *Gardening Know How*. Retirado de <https://www.gardeningknowhow.com/edible/herbs/oregano/oregano-problems.htm>
- Chambel, T. (2021a). Como cultivar cebolinho. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/como-cultivar-cebolinho/>
- Chambel, T. (2021b). Como cultivar couve-flor. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/cultivar-couve-flor/>
- Chambel, T. (2021c). Como cultivar manjeriço. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/como-cultivar-manjericao/>
- Chambel, T. (2021d). Conheça melhor o seu alecrim. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/conheca-melhor-o-seu-alecrim/>

- Chandran, R. (2020). Analysis - Urban Farms to Traffic Bans: Cities Prep for Post-Coronavirus Future. Retirado de <https://news.trust.org/item/20200421073605-d7mba>
- Charoenkit, S., & Yiemwattana, S. (2016). Living walls and their contribution to improved thermal comfort and carbon emission reduction: A review. *Building and Environment*, 105, 82-94. doi:10.1016/j.buildenv.2016.05.031
- Charoenkit, S., & Yiemwattana, S. (2017). Role of specific plant characteristics on thermal and carbon sequestration properties of living walls in tropical climate. *Building and Environment*, 115, 67-79. doi:10.1016/j.buildenv.2017.01.017
- Charoenkit, S., Yiemwattana, S., & Rachapradit, N. (2020). Plant characteristics and the potential for living walls to reduce temperatures and sequester carbon. *Energy and Buildings*, 225, 15. doi:10.1016/j.enbuild.2020.110286
- Collins, R., Schaafsma, M., & Hudson, M. D. (2017). The value of green walls to urban biodiversity. Retirado de <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.landusepol.2017.02.025&toKen=WzI5ODQ2MzcsljEwLjEwMTYvai5sYW5kdXNlcG9sLjIwMTcuMDluMDI1I0.8ras0Jw--6DpUAwpUfIWR9Dstjc>
- Comissão Europeia. (2020). Soluções baseadas na natureza - benefícios e oportunidades. Acedido a 09-10-2021 em: <https://cordis.europa.eu/article/id/421771-nbs-benefits-and-opportunities-wild-et-al-2020/pt>
- Cooper, C., & Browning, B. (2015). Human Spaces: the global impact of biophilic design in the workplace. Retirado de https://greenplantsforgreenbuildings.org/wp-content/uploads/2015/08/Human-Spaces-Report-Biophilic-Global_Impact_Biophilic_Design.pdf
- Correia, R. O., Rodolpho, J. M. A., Dejana, N. N., Souza, L. C., Oliveira, S. R. P., Neris, D. M., Vieira, P. C., Silva, J. A., Magalhães, L. G., Rodrigues, V., Silva, L. V. S., Melo, D. G., & Anibal, F. F. (2010). Atividade esquistossomicida *Mentha piperita* L. contra vermes adultos de *Schistosoma mansoni*, in vitro. *Revista Saúde*. Retirado de <http://revistas.ung.br/index.php/saude/article/view/700>
- Eumorfopoulou, E. A., & Kontoleon, K. J. (2009). Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behaviour of building envelopes. *Building and Environment*, 44(5), 1024-1038. doi:10.1016/j.buildenv.2008.07.004
- European Data Journalism Network. (2018). European cities are becoming hotter. Portugal is at the bottom of the list. Retirado de

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

<https://www.europeandatajournalism.eu/eng/News/Data-news/European-cities-are-becoming-hotter.-Portugal-is-at-the-bottom-of-the-list>

- Ferreira, M. E., & Barreiro, G. (2016). *Mãos à horta*. Publindústria - Edições Técnicas. Porto. ISBN: 9789897231964
- Florentino, C. (2011). *Jardins Verticais - Uma Alternativa Ecológica*. Lisboa: Arte & Construção.
- Francis, J., Hall, G., Rayer, J., Jones, M., McElroy, E., Ayrey, K., Ramachandran, L., & Alsop, N. (2014). Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia. Retirado de https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Growing-Green-Guide-A-guide-to-green-roofs-walls-and-facades-in-Melbourne-and-Victoria-Australia?language=en_US
- Francis, R. A., & Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *Journal of Environmental Management*, 92(6), 1429-1437. doi:10.1016/j.jenvman.2011.01.012
- Franciscon, H., Stangarlin, J. R., Yassue, R. M., Achre, D., Egewarth, V. A., & Cruz, M. I. F. (2014). Patologia de sementes de *Ocimum basilicum*. *Scientia Agraria Paranaensis* - SAP. Retirado de <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/13313>
- GhaffarianHoseini, A., Dahlan, N. D., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., Makaremi, N., & GhaffarianHoseini, M. (2013). Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 25, 1-17. doi:10.1016/j.rser.2013.01.010
- Gilman, E., & Howe, T. (2019). *Gomphrena globosa*. University of Florida - Institute of Food and Agricultural Sciences. Retirado de http://hort.ufl.edu/database/documents/pdf/shrub_fact_sheets/gomgloa.pdf
- Golasz-Szolomicka, H., Szolomicki, J., & Iop. (2019). Vertical Gardens in High-Rise Buildings - Modern Form of Green Building Technology. *4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium - Wmcaus*, 603. doi:10.1088/1757-899x/603/2/022067
- He, Y., Yu, H., Ozaki, A., Dong, N. N., & Zheng, S. L. (2017). An investigation on the thermal and energy performance of living wall system in Shanghai area. *Energy and Buildings*, 140, 324-335. doi:10.1016/j.enbuild.2016.12.083

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

- Hindle, R. L. (2012). Um jardim vertical: origens do Sistema e Estrutura Arquitetônica Portadora de Vegetação (1938). *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes*. doi:10.1080/14601176.2011.653535
- Hortas biológicas. (2021). Lúcia-lima. Retirado de <https://www.hortasbiologicas.pt/aromaticas-lucia-lima.html>
- INDAQUA. (2021). Tarifário para 2021. Acedido a 22-09-2021 em: https://www.indaguavconde.pt/wp-content/uploads/sites/8/2021/01/VDC_Tarifario-Agua-2021.pdf
- Instituto Nacional de Estatística. (2020). *Estatísticas do Ambiente - 2019*. Retirado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICAC_OESpub_boui=470719178&PUBLICACOESmodo=2
- International Energy Agency. (2021). Buildings - A source of enormous untapped efficiency potential. Acedido a 01-03-2021 em: <https://www.iea.org/topics/buildings>
- IPMA. (2021). Clima de Portugal Continental. Acedido a 22-09-2021 em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>
- IUCN. (2016). *Nature-based Solutions definition*. Retirado de https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/wcc_2016_res_069_en.pdf
- Jorge, M. H. A., Melo, R. A. d. C. e., Resende, F. V., Costa, E., Silva, J. d., & Guedes, Í. M. R. (2020). Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças. Retirado de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125796/1/DOC-180-18-set-2020.pdf>
- Khan, M. M., Akram, M. T., Janke, R., Qadri, R. W. K., Al-Sadi, A. M., & Farooque, A. A. (2020). Urban Horticulture for Food Secure Cities through and beyond COVID-19. *Sustainability*, 12(22), 21. doi:10.3390/su12229592
- Koyama, T., Yoshinaga, M., Hayashi, H., Maeda, K., & Yamauchi, A. (2013). Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green facades using freestanding walls. *Building and Environment*, 66, 96-103. doi:10.1016/j.buildenv.2013.04.020
- Laboratório da Paisagem de Guimarães. (2020). Plantas Aromáticas e Medicinais. Retirado de <https://www.pegadasguimaraes.pt/wp-content/uploads/2020/10/PAM.pdf>

- Lal, R. (2020). Home gardening and urban agriculture for advancing food and nutritional security in response to the COVID-19 pandemic. *Food Security*, 12(4), 871-876. doi:10.1007/s12571-020-01058-3
- Landlab. (2016). WallGreen - Jardim vertical. Acedido a 04-07-2021 em: <https://www.landlab.pt/pt/marcas/wallgreen>
- Lau, J. T., & Mah, D. Y. S. (2018). Green Wall for Retention of Stormwater. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 26(1), 283-297. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/322921333_Green_wall_for_retention_of_stormwater
- Liberalesso, T., Cruz, C. O., Silva, C. M., & Manso, M. (2020). Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives. *Land Use Policy*, 96, 13. doi:10.1016/j.landusepol.2020.104693
- Loh, S. (2008). Living walls - a way to green the built environment. *BEDP Environ Des Guide*, 1. Retirado de <https://www.jstor.org/stable/26149051>
- Lundholm, J. (2006). Green Roofs and Facades: A Habitat Template Approach. *Urban Habitats*, 4. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/242701921_Green_Roofs_and_Facades_A_Habitat_Template_Approach
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871. doi:10.1016/j.rser.2014.07.203
- Manso, M., & Castro-Gomes, J. P. (2016). Thermal analysis of a new modular system for green walls. *Journal of Building Engineering*, 7, 53-62. doi:10.1016/j.job.2016.03.006
- Margaço, S. (2018). Aromáticas, codimentares & medicinais. *Advice.AgriBusiness*. Retirado de <https://adv-agri.com/files/200000102-4a6c34b6f8/Cat%C3%A1logo%20Bolster%20-%20Arom%C3%A1ticas%203.pdf>
- Martensson, L. M., Wuolo, A., Fransson, A. M., & Emilsson, T. (2014). Plant performance in living wall systems in the Scandinavian climate. *Ecological Engineering*, 71, 610-614. doi:10.1016/j.ecoleng.2014.07.027
- Mayrand, F., & Clergeau, P. (2018). Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? *Sustainability*, 10(4), 13. doi:10.3390/su10040985
- McCullough, M. B., Martin, M. D., & Sajady, M. A. (2018). Implementing Green Walls in Schools. *Frontiers in Psychology*, 9, 5. doi:10.3389/fpsyg.2018.00619

- Mir, M. A., Haas, E. M., Ottelé, M., Timmeren, A. V., & Houben, L. J. M. (2011). *Green facades and Building structures*. Faculty of Civil Engineering. Retirado de <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Af262c218-8801-4425-818f-08726dde5a6c>
- Moreira, R. (2019). Receitas caseiras e naturais para eliminar o piolho da sua horta. Acedido a 28-09-2021 em: <https://acientistaagricola.pt/eliminar-o-piolho-nas-plantas/>
- Moreira, R. (2021). Como cultivar cebolinho: tudo o que deve saber para o cultivo desta aromática. *A cientista agrícola*. Retirado de <https://acientistaagricola.pt/como-cultivar-cebolinho-tudo-o-que-deve-saber-para-o-cultivo-desta-aromatica/>
- Nações Unidas. (2021). Novo lançamento na COP26 detalha como “refrescar” as cidades. *ONU News*. Retirado de <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1769482>
- Nagle, L., Echols, S., & Tamminga, K. (2017). Food production on a living wall: pilot study. *Journal of Green Building*. Retirado de https://www.researchgate.net/publication/320122601_Food_production_on_a_living_wall_Pilot_study
- Nan, X. G., Yan, H., Wu, R. W., Shi, Y., & Bao, Z. Y. (2020). Assessing the thermal performance of living wall systems in wet and cold climates during the winter. *Energy and Buildings*, 208, 18. doi:10.1016/j.enbuild.2019.109680
- Neoturf. (2017). Neoturf. Acedido a 22-02-2021 em: <https://www.neoturf.pt/pt>
- Neto, F. C., Morgado, J., & Dias, S. (2021). A cultura de plantas aromáticas e medicinais - Custos e benefícios. Retirado de http://www.drapn.min-agricultura.pt/drapn/conteudos/cen_documentos/outros/pam_e_capa.pdf
- Ottelé, M. (2011). *The green building envelope: vertical greening*. Civil Engineering and Geosciences - Materials & Environment chair Sustainability. Retirado de <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d>
- Pinho, R., & Lopes, L. (2007). A importância dos espaços verdes urbanos no ensino da educação ambiental - Trilho: à descoberta do Parque Infante D. Pedro. *Património - ADERAV*.
- Plants for a future. (2021). Acedido a 30-08-2021 em: <https://pfaf.org/user/Default.aspx>
- Póvoa, O., & Delgado, F. (2014). Guia para a produção de plantas aromáticas e medicinais em Portugal. Retirado de https://epam.pt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_epam_tipos-e-especies_mai2015.pdf
- Preedy, V. (2016). *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press. ISBN: 9780124166448

- Pugh, T. A. M., MacKenzie, A. R., Whyatt, J. D., & Hewitt, C. N. (2012). Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. *Environmental Science & Technology*, 46(14), 7692-7699. doi:10.1021/es300826w
- Radic, M., Dodig, M. B., & Auer, T. (2019). Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits. *Sustainability*. doi:10.3390/su11174579
- Rafael, S., Martins, H., Sá, E., Carvalho, D., Borrego, C., & Lopes, M. (2016). Influence of urban resilience measures in the magnitude and behaviour of energy fluxes in the city of Porto (Portugal) under a climate change scenario. *Sci Total Environ*, 566-567, 1500-1510. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.06.037
- Rahman, A. M. A., Foong, S. Y., & Amir, A. (2011). The building thermal performance and carbon sequestration evaluation for Psophocarpus tetragonobulus on biofaçade wall in the tropical environment. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 76, 86-94. Retirado de <https://zenodo.org/record/1332500#.YZUcytDP3IU>
- Raji, B., Tenpierik, M. J., & van den Dobbelsteen, A. (2016). An assessment of energy-saving solutions for the envelope design of high-rise buildings in temperate climates: A case study in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 124, 210-221. doi:10.1016/j.enbuild.2015.10.049
- Ramos-González, R., Orozco-Almanza, M., Monroy-Ata, A., & Rojas-Cortés, M. d. (2019). Cultivo de tres especies aromáticas en un huerto vertical con dos abonos orgánicos. *Agro productividad*. Retirado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1151>
- Raposo, M. M. (2015). *O potencial das infraestruturas verdes verticais na requalificação urbana - caso de estudo cidade de Lisboa*. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa. Retirado de <https://docplayer.com.br/62218394-O-potencial-das-infraestruturas-verdes-verticais-na-requalificacao-urbana-caso-de-estudo-cidade-de-lisboa.html>
- Rau, P. (2021a). Como cultivar pimentos. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/cultivar-pimentos/>
- Rau, P. (2021b). Cultura da hortelã-pimenta. *Revista Jardins*, Rau, P. Retirado de <https://revistajardins.pt/cultura-do-hortela-pimenta/>
- Rau, P. (2021c). Morangos: saiba como plantar. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/morangos-saiba-como-plantar/>

- Riley, B. (2017). The state of the art of living walls: Lessons learned. *Building and Environment*, 114, 219-232. doi:10.1016/j.buildenv.2016.12.016
- Ronque, E. R. V. (1998). *Cultura do morangueiro: revisão e prática*. EMATER/PR. Curitiba.
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, 103, 682-703. doi:10.1016/j.solener.2012.07.003
- Schiller, N. (2021). How to plant and grow Globe Amaranth. *Gardener's Path*. Retirado de <https://gardenerspath.com/plants/flowers/globe-amaranth/>
- Sheweka, S., & Magdy, N. (2011). The living walls as an approach for a healthy urban environment. In C. Salame, H. ElCharif, F. E. Hassan, & M. ElTahchi (Eds.), *Impact of integrated clean energy on the future of the mediterranean environment* (Vol. 6, pp. 592-599). Amsterdam: Elsevier Science Bv.
- Shiah, K., & Kim, J. (2011). An investigation into the application of vertical garden at the new SUB atrium. doi:10.14288/1.0108430
- Skar, S. L. G., Pineda-Martos, R., Timpe, A., Pölling, B., Bohn, K., Külvik, M., Delgado, C., Pedras, C. M. G., Paço, T. A., Čujić, M., Tzortzakis, N., Chrysargyris, A., Peticila, A., Alencikienė, G., Monsees, H., & Junge, R. (2020). Urban agriculture as a keystone contribution towards securing sustainable and healthy development for cities in the future. *Blue-Green Systems*, 2(1), 1-27. doi:10.2166/bgs.2019.931
- Souza, L. A. G., Filho, D. F. S., Benavente, C. A. T., & Noda, H. (2018). *Ciência e tecnologia aplicada aos agrossistemas da Amazônia Central*. Inpa. 1ª Edição. Brasil. ISBN: 978-85-211-0176-5
- Syngenta. (2021). Afídeos em Morangueiro. Acedido a 26-09-2021 em: <https://www.syngenta.pt/afideos-em-morangueiro>
- Teng, P. (2020). Assuring food security in Singapore, a small island state facing COVID-19. *Food Security*, 12(4), 801-804. doi:10.1007/s12571-020-01077-0
- Timur, Ö. r. B., & Karaca, E. (2012). Vertical Gardens. doi:10.5772/55763
- Tujeira, R. (2021). Afídeos ou pulgões - saiba como combater. *Revista Jardins*. Retirado de <https://revistajardins.pt/afideos-ou-pulgoes-saiba-como-combater/>
- United Nations. (2018). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. Acedido a 29-09-2021 em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

- United Nations. (2019). World urbanization prospects: the 2018 revision. Retirado de <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Urban-Imbeault, T. (2014). Vertical gardening in a northern city; Speculations for Winnipeg. Retirado de https://issuu.com/tamara.urben-imbeault/docs/issuu_version_urben-imbeault_tama
- Van Renterghem, T., Hornikx, M., Forssen, J., & Botteldooren, D. (2013). The potential of building envelope greening to achieve quietness. *Building and Environment*, 61, 34-44. doi:10.1016/j.buildenv.2012.12.001
- Vialard, N. (2010). *Jardinons À La Verticale*. Rustica. França. ISBN: 9782840389866
- Wong, N. H., Tan, A. Y. K., Tan, P. Y., Chiang, K., & Wong, N. C. (2010). Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls. *Building and Environment*, 45(2), 411-420. doi:10.1016/j.buildenv.2009.06.017
- World Health Organization. (2017). Urban green spaces: a brief for action. Retirado de https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0010/342289/Urban-Green-Spaces_EN_WHO_web3.pdf
- Worldometers.info. (2021). *World Population*. Retirado de <https://www.worldometers.info/world-population/>
- Yoshimi, J., & Altan, H. (2011). Thermal simulations on the effects of vegetated walls on indoor building environments. *Proceedings of Building Simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association*. Retirado de https://www.aivc.org/sites/default/files/P_1479.pdf
- Zenati, R. d. S., Furtado, F. A. W., Texeira, T. B., & Miranda, A. Z. (2016). *Parede verde: a integração do ambiente construído com a natureza*. Paper presented at the 4º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental. Retirado de <http://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeee/eeeea2016/paper/view/678>
- Zhang, X. L. (2013). Going green: Initiatives and technologies in Shanghai World Expo. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 25, 78-88. doi:10.1016/j.rser.2013.04.011

Apêndices

Atividades paralelas realizadas no âmbito deste trabalho

Durante o período de realização deste estudo, foram realizadas atividades com vista na divulgação do mesmo.

No dia 5 de maio de 2021 a autora participou na 14ª edição do IJUP (<https://ijup.up.pt/2021/>) – um encontro de investigação jovem. O poster da sua participação encontra-se no Apêndice A.

Já no dia 13 de setembro de 2021, a autora participou no WETPOL 2021 (<http://wetpol.com/>) – um simpósio internacional organizado pela Universidade de Boku, localizada em Viena, na Áustria. O poster referente a esta participação corresponde ao Apêndice B, sendo que este poster foi também premiado pela organização do simpósio.

Logo após, no dia 23 de setembro de 2021, a autora participou na 2ª edição da Blue Think Conference (<https://phdcommittee.wixsite.com/bluethinkconference>) – uma conferência organizada pelo CIIMAR (Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental) para todos os estudantes que estão relacionados ao mesmo e querem divulgar os seus trabalhos. O poster da sua participação corresponde ao apêndice C.

Além da participação nas conferências descritas acima, foi também elaborado pela autora um poster de divulgação do trabalho que foi colocado no local do estudo (no Campus Agrário de Vairão) antes do começo do mesmo. Este poster encontra-se no Apêndice D.

Apêndice A – Poster de participação no IJUP 2021



Food production in vertical gardens: a pilot study

Cristina Calheiros¹ (cristina@calheiros.org), **Patrícia Alves²** (up201605910@fc.up.pt),
Paulo Palha³ (paulopalha@neoturf.pt), **Ruth Pereira⁴** (ruth.pereira@fc.up.pt)

¹CIIMAR/CIMAR - Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Terminal de Cruzeiros do Porto de Leixões, 4450-208 Matosinhos, Portugal

²Faculty of Sciences, University of Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

³Neoturf, Rua das Amoreiras 155, 4460-210 Senhora da Hora, Portugal

⁴GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre & Biology Department, Faculty of Sciences, University of Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

Introduction

- Given the increasing concentration of human population in urban and peri-urban areas and the need to reduce the carbon footprint of food, it is crucial to produce closer to the urban agglomerations. In this sense, edible vertical gardens can represent an opportunity for local food production for families' own consumption and can contribute to the sustainable development of cities and peri-urban areas, and consequently shorten the food supply chains.
- These structures also present themselves as an opportunity to deliver several ecosystem services to different extents, such biodiversity promotion, well-being and human comfort, carbon sequestration, air purification and positive effects on the microclimate (Figure 1). However, there are still lack of knowledge concerning operational aspects such irrigation needs, selection of the most adequate plant species and needed adjustments of the system when facing abiotic stresses (e.g., lack/excess of water, extreme air temperature oscillations).
- Therefore, technical guidelines on the establishment, maintenance, viability and productivity of this type of green walls are needed.

Objective

This work has two objectives:

- Understand if these systems can be a profitable solution for the future of urban agriculture, as well as for the supply of family needs when there is no availability of soil or other infrastructure for food production;
- And study the installation, maintenance, viability and yield of an ornamental and edible polyculture vertical garden.

Materials & Methods

A pilot vertical garden will be implemented at Campus Agrário de Vairão (GreenUPorto headquarters) with the collaboration of the company Neoturf (www.neoturf.pt) that will install for the first time a mixed wall with ornamental and food plants.

Materials

- Structure for the wall
- Modules
- Pots
- Bags for placing the plants
- Irrigation system
- Substrate
- Selected horticultural and ornamental species - chosen based on their adaptation to the wall, climate conditions and considering seasonality

System Outdoor Vertical Modular Garden

Installation End of April

Features

- Area = 8,33 m²
- Made with recycled plastic - some from the sea
- Easy maintenance
- Automatic and individual irrigation
- Minimum water consumption
- Minimum maintenance
- Dismountable for transport and plant replacement

Some of the parameters that will be evaluated

- Wall evolution and development of the chosen plants
- Physiological condition of the plants
- Biomass production
- Photosynthesis
- Pigment content
- Oxidative stress
- Water consumption
- Fertilizer consumption
- Turnover of plants in the system
- Daily temperature control in a room under the wall
- Registration of weather conditions



Fig. 1: Example of a vertical garden at Porto Office Park Building (Neoturf Project)

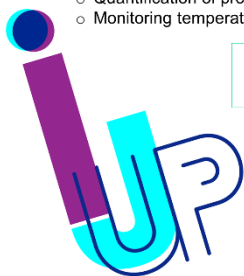
Expected Results

- An understanding of the costs of the wall
- Species selection that are best suited to the wall (taking into consideration factors such as seasonality)
- Quantification of productivity rates
- Monitoring temperature differences that may happen as a result of the wall

Conclusions

This study will provide good prospects for further implementation of these systems in urban or peri-urban areas in the future.

It is also important to establish bridges like this one where universities work together with companies, so that in the future, more sustainable solutions can be found and environmental impacts can be reduced.



Apêndice B – Poster de participação no WETPOL 2021

Vertical gardens: Towards the sustainability of water usage for food production in cities



Patrícia Alves^{1*}, Cristina Calheiros², Paulo Palha³, Ruth Pereira⁴

*patricia.alves@gmail.com



¹ Faculty of Sciences, University of Porto, Portugal

² Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research (CIIMAR/CIMAR), University of Porto, Portugal

³ Neoturf, Senhora da Hora, Portugal

⁴ GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre & Biology Department, Faculty of Sciences, University of Porto, Portugal

Introduction

- With the increase of human population in urban and peri-urban areas and the need to reduce the carbon footprint of food, it is becoming crucial to produce perishable foods closer to urban agglomerations.
- Edible vertical gardens (VG) can represent an opportunity for local food production for families' own consumption and can contribute to the sustainable development of cities and peri-urban areas.
- VG also have the potential to deliver several ecosystem services, such as biodiversity promotion, urban environment and edifications thermal regulation and thus promoting well-being and human comfort, carbon sequestration and, recycling of some urban externalities (e.g., grey waters).
- There is still a lack of knowledge concerning operational aspects such irrigation needs, selection of the most adequate plant species and maintenance of the system when facing abiotic stresses (e.g., lack/excess of water, extreme air temperature oscillations).
- Technical guidelines on the establishment, maintenance, viability, and productivity of this type of green walls are needed.

Objectives

Understand if these systems can be a cost-effective and a feasible solution for the future of urban agriculture.

Study the installation, maintenance, viability and yield of an ornamental and edible polyculture vertical garden.

Methodology



Strawberry (*Fragaria x ananassa*)



Basil (*Ocimum basilicum*)



Rosemary (*Rosmarinus officinalis*)



Peppermint (*Mentha x piperita*)



Thyme (*Thymus vulgaris*)



Oregano (*Origanum vulgare*)



Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)



Gomphrena (*Gomphrena globosa*)



Lemon Verbena (*Aloysia triphylla*)



Sweet pepper (*Capsicum annuum*)



Lettuce (*Lactuca sativa*)



Chives (*Allium schoenoprasum*)

A pilot vertical garden was implemented at Campus Agrário de Vairão (GreenUPorto headquarters) with the collaboration of the company Neoturf (www.neoturf.pt) that installed for the first time a green wall with food production.



System Outdoor Vertical Modular Garden

Installation May

Features

- Area = 8.33 m²
- Made with recycled plastic - some from the sea
- Easy maintenance
- Automatic and individual irrigation
- Minimum water consumption
- Minimum maintenance
- Dismountable for transport and plant replacement

Some of the parameters evaluated



- Water consumption
- Spectral measurements - vegetation cover and photosynthetic activity
- Plant development monitoring
- Fresh weight of harvested foodstuffs
- Pests and diseases

Final considerations

- This study will support future studies conducted on the topic to find out if vertical gardens are a feasible solution for food production in the context of urban agriculture.
- It is also important to establish bridges like this one where universities work together with companies, so that in the future, more sustainable solutions can be found and environmental impacts can be reduced.



Acknowledgments:

This research was supported by national funds through FCT-Foundation for Science and Technology within the scope of UIDB/05748/2020 e UIDP/05748/2020, UIDB/04423/2020 and UIDP/04423/2020

Apêndice C – Poster de participação na Blue Think Conference 2021

Agro-ornamental green walls as an ecological solution for food production in urban and peri-urban areas

Patrícia Alves^{1,2} (up201605910@fc.up.pt), Cristina Calheiros³ (cristina@calheiros.org), Paulo Palha⁵ (paulopalha@neoturf.pt), Ruth Pereira^{1,4} (ruth.pereira@fc.up.pt)

¹GreenUPorto – Sustainable Agrifood Production Research Centre, Faculty of Sciences of the University of Porto, Edifício das Ciências Agrárias, Rua da Agrária (FCV2) 747, 4485-646 Vairão, Portugal

²Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007, Porto, Portugal

³CIMAR – Centro de Investigação Interdisciplinar do Ambiente e do Mar, Terminal de Cruzeiros de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n 4450-208 Matosinhos, Portugal

⁴Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007, Porto, Portugal

⁵Neoturf, Rua das Amoreiras Nº155, Porto, Portugal

Introduction

Given the increasing concentration of human population in urban and peri-urban areas and the need to reduce the carbon footprint of food, it is crucial to produce closer to the urban agglomerations. In this sense, edible vertical gardens can represent an opportunity for local food production for families' own consumption and can contribute to the sustainable development of cities and peri-urban areas, and consequently shorten the food supply chains. These structures also present themselves as an opportunity to deliver several ecosystem services to different extents, such as biodiversity promotion, well-being and human comfort, carbon sequestration, air purification and positive effects on the microclimate. However, there are still lack of knowledge concerning operational aspects such as irrigation needs, selection of the most adequate plant species and needed adjustments of the system when facing abiotic stresses (e.g., lack/excess of water, extreme air temperature oscillations). Therefore, technical guidelines on the establishment, maintenance, viability and productivity of this type of green walls are needed.

Objectives

Understand if these systems can be a profitable solution for the future of urban agriculture, as well as for the supply of family needs when there is no availability of soil or other infrastructure for food production. And study the installation, maintenance, viability and yield of an ornamental and edible polyculture vertical garden.

Methodology

A pilot vertical garden was implemented at Campus Agrário de Vairão (GreenUPorto headquarters) with the collaboration of the company Neoturf (www.neoturf.pt) that installed for the first time with dual purposes – ornamental and food production.



Parameters evaluated



- Plant establishment and maintenance
- Water consumption
- Spectral measurements – vegetation cover and photosynthetic activity
- Productivity (fresh biomass of edible parts of plants)
- Occurrence of pests and diseases

System Outdoor Vertical Modular Garden Installation June 25th 2021

Features

- Area = 8.33 m²
- 132 modules made with recycled plastic
- 11 plant per specie
- Minimum and easy maintenance
- Automatic and individual irrigation
- Minimum water consumption
- Dismountable for transport and plant replacement



Peppermint (*Mentha x piperita*)



Oregano (*Origanum vulgare*)



Thyme (*Thymus vulgaris*)



Lettuce (*Lactuca sativa*)



Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)



Chives (*Allium schoenoprasum*)



Rosemary (*Rosmarinus officinalis*)



Basil (*Ocimum basilicum*)



Strawberry (*Fragaria x ananassa*)



Sweet pepper (*Capsicum annuum*)



Gomphrena (*Gomphrena globosa*)



Lemon Verbena (*Aloysia triphylla*)

Final Considerations

Although this is an ongoing study, it is possible to conclude that the vast majority of the plants have adapted well to the system and the productivity ratios are promising. We hope that this study can support future projects in order to understand whether vertical gardens are a feasible solution for food production in the context of urban agriculture. A closer partnership between academic institutions and companies is essential and a key factor when it comes to testing more sustainable solutions for food production.

Acknowledgments:

This research was supported by national funds through FCT-Foundation for Science and Technology within the scope of UIDB/05748/2020 e UIDP/05748/2020, UIDB/04423/2020 and UIDP/04423/2020

GREENUPORTO

Sustainable Agrifood Production Research Centre

U. PORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

NEOTURF

ciimar

Apêndice D – Poster colocado no Campus Agrário de Vairão para divulgação do trabalho



Anexos

Anexo A – Dados recolhidos da estação meteorológica do Campus Agrário de Vairão durante o período de estudo no ano de 2021

Mês	Dia	Temperatura (°C) Méd.	Temperatura (°C) Min.	Temperatura (°C) Máx.	Humidade (%) Méd.	Humidade (%) Min.	Humidade (%) Máx.
junho	22	17,5	12,6	21,7	80,2	60,5	98,0
	23	17,2	10,1	23,4	70,0	49,0	90,5
	24	21,3	13,4	29,9	61,5	35,0	83,0
	25	22,8	15,4	31,3	60,8	40,0	82,5
	26	16,3	14,1	19,1	87,6	76,5	95,0
	27	16,1	13,2	18,8	79,7	61,5	95,0
	28	15,4	10,6	20,0	81,1	62,5	95,5
	29	15,3	10,1	20,6	80,5	59,5	96,0
	30	15,6	11,3	21,2	85,7	68,5	97,0

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Mês	Dia	Temperatura (°C) Méd.	Temperatura (°C) Min.	Temperatura (°C) Máx.	Humidade (%) Méd.	Humidade (%) Min.	Humidade (%) Máx.
julho	1	17,0	14,1	20,5	86,5	75,0	95,5
	2	17,1	14,4	22,1	88,6	73,5	96,0
	3	18,7	15,5	22,2	87,8	73,0	98,5
	4	18,3	16,2	20,3	90,5	80,5	96,5
	5	18,2	16,6	20,7	92,8	79,5	98,0
	6	17,2	13,9	20,3	87,1	70,5	98,5
	7	17,1	12,9	21,3	83,3	66,0	97,5
	8	16,6	11,6	22,7	82,1	65,5	97,0
	9	17,9	11,4	23,9	82,4	64,0	98,5
	10	20,1	15,2	26,3	75,1	54,0	92,0
	11	17,4	14,2	23,2	86,9	69,0	96,5
	12	16,4	12,5	20,3	81,9	65,0	96,0
	13	16,3	10,8	21,2	80,0	63,0	95,5
	14	20,1	12,9	27,2	76,4	55,5	97,0
	15	24,9	16,7	33,9	56,4	37,0	80,0
	16	26,8	21,6	36,3	47,0	31,5	68,5
	17	23,8	18,3	32,3	64,8	39,0	91,5
	18	17,9	16,4	19,9	90,2	81,5	95,0
	19	17,1	15,6	21,3	91,3	75,5	97,5
	20	17,3	15,3	20,3	91,4	83,0	96,5
	21	17,8	15,0	21,1	88,6	78,0	95,5
	22	16,6	15,0	19,2	92,2	82,5	97,5
	23	18,0	15,4	21,7	89,3	77,0	97,5
	24	18,2	14,5	22,9	88,0	68,0	98,5
	25	18,0	15,4	21,7	92,9	86,0	97,5
	26	17,8	12,7	24,2	86,9	68,5	99,0
	27	17,9	12,7	23,1	85,1	68,0	99,0
	28	18,8	13,3	25,2	80,6	61,0	98,0
	29	17,4	12,4	23,5	82,9	65,5	97,5
	30	17,0	12,3	22,4	85,9	74,5	98,0
	31	17,0	13,7	21,1	77,2	61,0	91,5

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Mês	Dia	Temperatura (°C) Méd.	Temperatura (°C) Min.	Temperatura (°C) Máx.	Humidade (%) Méd.	Humidade (%) Min.	Humidade (%) Máx.
agosto	1	16,0	11,1	21,3	87,4	60,5	97,5
	2	19,4	14,7	25,0	85,8	66,0	98,5
	3	17,6	12,6	22,4	85,5	65,5	98,0
	4	19,8	17,5	23,8	89,0	77,5	98,0
	5	19,0	16,6	23,4	87,8	73,5	95,5
	6	19,2	16,4	23,0	78,5	60,5	90,0
	7	18,1	14,3	22,0	82,5	67,0	97,5
	8	16,5	11,1	22,9	79,7	57,5	96,5
	9	16,9	11,6	23,2	82,2	59,5	96,5
	10	17,6	12,6	24,1	86,0	62,5	98,5
	11	18,6	15,1	24,0	88,3	70,0	98,0
	12	18,8	15,4	23,9	89,4	72,5	98,0
	13	18,8	13,0	25,8	86,6	65,5	98,5
	14	18,3	14,2	24,1	89,1	74,0	98,5
	15	18,3	12,5	26,2	85,1	60,5	98,5
	16	19,4	13,5	26,2	78,3	55,5	97,5
	17	20,3	14,2	27,5	71,2	50,0	88,0
	18	19,0	12,4	27,8	73,2	48,5	92,5
	19	16,7	11,6	23,1	83,3	61,5	97,0
	20	17,1	14,1	22,3	87,5	72,0	96,0
	21	19,0	13,4	25,3	87,0	68,5	98,0
	22	19,4	14,1	26,8	85,4	65,0	99,0
	23	21,4	14,8	29,6	81,5	59,0	98,0
	24	22,9	17,1	31,0	68,7	40,5	92,5
	25	19,1	16,4	22,4	90,1	79,0	97,5
	26	19,3	15,3	23,6	86,6	72,0	97,0
	27	18,4	14,7	23,3	87,5	73,0	97,5
	28	18,2	14,9	22,1	89,2	76,0	98,0
	29	18,3	14,8	23,1	88,7	74,0	98,0
	30	18,9	15,4	23,6	87,2	70,0	97,5
	31	18,6	13,2	26,2	85,6	64,5	98,5

Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares

Mês	Dia	Temperatura (°C) Méd.	Temperatura (°C) Min.	Temperatura (°C) Máx.	Humidade (%) Méd.	Humidade (%) Min.	Humidade (%) Máx.
setembro	1	19,5	15,9	24,7	88,9	68,0	98,0
	2	19,6	16,1	24,1	87,0	72,0	98,5
	3	19,2	15,1	24,6	85,9	64,5	98,5
	4	18,8	14,5	24,7	85,4	68,5	97,5
	5	21,1	14,1	30,2	72,7	45,5	97,5
	6	22,0	18,1	26,0	71,0	60,0	89,5
	7	21,0	19,0	24,3	89,8	78,5	95,0
	8	20,4	19,2	23,4	93,1	80,0	96,5
	9	19,6	17,6	22,9	94,0	81,0	98,5
	10	18,8	16,1	23,7	91,4	74,0	99,0
	11	19,6	14,2	26,8	84,5	60,5	99,0
	12	21,1	16,6	28,9	81,2	58,5	97,0
	13	21,2	17,4	27,7	81,5	61,5	94,0
	14	19,5	16,3	25,2	89,4	68,0	98,0
	15	19,7	17,4	23,6	91,3	78,5	98,0
	16	18,8	13,7	24,5	89,2	68,5	99,5
	17	17,4	14,1	23,2	90,9	71,5	98,5
	18	16,1	11,4	22,0	83,6	64,0	97,5
	19	16,4	11,1	22,8	82,0	59,0	95,0
	20	18,3	11,4	25,8	72,7	51,0	95,0
	21	18,7	10,9	27,7	62,7	38,5	85,5
	22	19,2	14,5	25,7	59,0	42,0	74,0
	23	17,9	13,7	28,2	69,9	46,0	80,0
	24	19,2	15,3	24,4	78,3	61,0	94,0
	25	17,6	14,8	20,6	91,1	82,0	97,0
	26	18,6	16,2	21,7	88,0	75,5	96,0
	27	17,9	14,4	20,8	90,1	79,5	96,5
	28	16,1	12,6	20,4	78,8	55,5	96,5
	29	16,0	10,1	22,2	82,9	66,0	94,5
	30	16,3	11,6	24,1	83,8	61,0	97,0

Anexo B – Características dos substratos utilizados

1. Substrato Landlab – Substrato técnico para coberturas extensivas, intensivas e semi-intensivas

1.1 Natureza e qualidade do substrato

O substrato técnico Landlab Pro é desenvolvido segundo a normativa FLL, constituído por componentes especiais com base mineral, que lhe conferem uma textura meia-grossa, capilaridade e drenagem elevadas e equilibradas. Este substrato isento de parasitas, espécies infestantes e germes fito patogénicos e grande resistência estrutural.

1.2 Características do substrato

- pH corrigido para 5.5-6.5
- Densidade quando saturado: 700 kg/m³
- Capacidade de ar CA (AC): 32,25% v/v
- Taxa de água de reserva AR (WBC): 5,40% v/v
- Densidade aparente do substrato húmido (Dap h): 0,715
- Densidade aparente do substrato seco (Dap s): 0,214
- Taxa de contração do volume do substrato por secagem: 11,00%

2. Substrato Siro Plant

2.1 Natureza e qualidade do substrato

Siro Plant é um substrato universal de qualidade "SILVER" ideal para plantação e transplante de uma vasta gama de plantas, com a exceção de plantas que requerem pH ácido. É enriquecido com adubo de libertação controlada e lenta durante 9 meses. Os ácidos húmicos e fúlvicos naturais presentes no húmus promovem ótimas condições para o crescimento do sistema radicular das plantas.

2.2 Características do substrato

- Fertilização: NPK 19-10-10 (Longevidade 9 meses): 2kg/m³
- Composição: Siro Agro 1 (Húmus de casca de pinho - certificado pela RAL), Turfa loira de *Sphagnum* e Adubo mineral de libertação controlada e lenta até 9 meses.
- Características Físico-químicas: pH em CaCl₂: 5.5-6.5 Condutividade: 50-100 µs/cm
- Granulometria 0-15mm
- Matéria Orgânica >70%