

# Planeamento e Implementação de infraestruturas para o CTeSP em Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa*

António José Mota Velez

Agronomia

2025

ANTÓNIO JOSÉ MOTA VELEZ

## Planeamento e Implementação de infraestruturas para o CTeSP em Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa*

Relatório de estágio curricular do tipo III – Projeto apresentado para obtenção do grau de licenciado em Agronomia conferido pelo Instituto Politécnico de Portalegre

Orientador interno: Professor José Telo da Gama

Orientador Externo: Dra. Juliana Mendonça Campos

Arguente: Professora Ana Cordeiro

Presidente do Júri: Professora Carolina Balão Silva

Classificação: 18 valores

Escola Superior de Biociências de Elvas

2025

# Agradecimentos

Gostaria de iniciar este trabalho expressando a minha sincera gratidão a todo o corpo docente da Escola Superior de Biociências de Elvas, bem como aos funcionários da instituição, pela maneira sempre acolhedora e disponível com que fui recebido ao longo da frequência minha Licenciatura em Agronomia.

Um agradecimento especial é devido ao Professor José António Telo da Gama, por ter aceitado prontamente o desafio de ser o meu orientador de estágio. O seu apoio constante e a sua disponibilidade exemplar para esclarecer dúvidas e sugerir melhorias foram fundamentais para o sucesso deste trabalho final.

À Dra. Juliana Campos, minha orientadora externa, expresso igualmente o meu profundo reconhecimento pelo seu contributo essencial, pelo conhecimento partilhado e pelo apoio incondicional que me proporcionou ao longo do processo. Agradeço ainda ao Eng.º Luís Pombeiro, Agrónomo Chefe da MHI S.A., pelos valiosos contributos e pela ajuda prestada, sempre com o intuito de melhorar a qualidade do trabalho agora apresentado.

É igualmente necessário reconhecer a administração da MHI S.A., representada pela sua CEO, Dra. Vera Broder, e pelo COO, Eng.º Saghi Koshet, não só pela autorização para a realização deste trabalho nas instalações da empresa, mas também pela disponibilização empenhada dos recursos necessários, visando garantir a excelência deste projeto. Agradeço, ainda, a todos os colaboradores da MHI S.A. que, direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso e qualidade deste trabalho.

Aos meus colegas de curso e amigos, expresso o meu agradecimento pela constante partilha de ideias, pelo apoio mútuo nas matérias e pela amizade, que tornaram esta experiência académica, embora tardia, uma verdadeira sensação de dever cumprido.

Por fim, gostaria de manifestar um agradecimento muito especial à minha família, à minha esposa Cláudia, às minhas filhas Mariana e Margarida, e aos meus pais, pelo incentivo, força e carinho que me proporcionaram ao longo desta jornada, permitindo-me alcançar o sucesso que tanto almejava.

# Resumo

Este projeto foi desenvolvido na estufa de cultivo de *Cannabis sativa L.* medicinal, propriedade da empresa MHI S.A., localizada na Horta da Chancarina, em Campo Maior. Em virtude de um protocolo estabelecido entre a MHI S.A. e o Instituto Politécnico de Portalegre, com o objetivo de ministrar um Curso Técnico Superior (CTeSP), totalmente inovador a nível europeu, intitulado Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa*, surgiu a necessidade de criar uma área exclusiva para a investigação e o ensino prático do referido curso. A administração da MHI, prontamente sensível a esta necessidade, disponibilizou a sua estufa em Campo Maior para este fim. Este contexto levou à formulação deste projeto, cuja finalidade foi proporcionar à nova área as condições físicas e ambientais essenciais ao cultivo da planta, em conformidade com os padrões de qualidade da empresa e com os requisitos legais exigidos pelas entidades reguladoras, nomeadamente a Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde (INFARMED). Para alcançar o objetivo proposto, foi imprescindível proceder à identificação e avaliação das condições do local de implantação do projeto, ao levantamento das necessidades físicas e de equipamentos, ao desenho das novas instalações, bem como à estimativa dos custos envolvidos na implementação das infraestruturas necessárias.

Palavras-chave: Cultivo, Processamento, Cannabis medicinal, Estufa, INFARMED

# Abstract

This Project was developed in the medicinal Marijuana cultivation area owned by the company MHI S.A., located in Horta da Chancarina in Campo Maior. Due to the protocol signed between MHI S. A. and the Portalegre Polytechnic Institute, which aims to provide a totally innovative CTeSP course in Europe, called *Cannabis sativa* Production and Processing Technologies, the need arose, which was duly addressed by the MHI Administration, to create an area dedicated exclusively to research and teaching classes in a practical context of the aforementioned Course, and for this purpose MHI made this area available in its own greenhouse in Campo Maior. This fact led to the need to create this project, in order to provide the new area with physical and environmental conditions essential for cultivation and consistent with the quality standards in practice in the entity hosting the project and which satisfy the legal requirements demanded by regulatory entities, namely INFARMED. In order to achieve the proposed objective, it was necessary to identify the location where the project would be implemented, verify its conditions and characteristics and prepare a survey of the physical and equipment needs, design the new facilities, and budget the necessary implementations.

Key words: Cultivation, Post-harvest, Medicinal Cannabis, Greenhouse, INFARMED

# Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  – micromol por metro quadrado por segundo

AGAM – Nome vulgarmente dado a equipamento de desumidificação da mesma marca

CEO – Chief Executive Officer

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

COO – Chief Operating Officer

CTeSP – Curso Técnico Superior Especializado

EC- Eletrocondutividade ou Condutividade elétrica

ESBE – Escola Superior de Biociências de Elvas

GACP – Good Agricultural and Collection Practices (Boas Práticas de Cultivo)

GALCON- Nome vulgarmente dado ao sistema integrado de controle ambiental e rega da mesma marca comercial na estufa da MHI.

GMP – Good Manufacturing Practices (Boas Práticas de Fabrico)

HPLC- Cromatografia líquida de alto desempenho (High Performance Liquid Chromatography)

HR- Humidade Relativa

INFARMED – Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde I.P.

ISI – Indicador único atribuído a pesquisadores dentro do sistema “Web of Science”

MHI S.A. – Medicane Health Incorporated

OMS- Organização Mundial de Saúde - (WHO, World Health Organization)

PAR - Radiação Fotossinteticamente Ativa (Photosynthetically Active Radiation)

ppm – partes por milhão

SCImago- Grupo de investigação que analisa e representa informação científica

SCOPUS- Base de dados de resumos e citações de literatura científica

UC – Unidade Curricular

# Índice Geral

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Abstract .....	iii
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	iv
Índice Geral.....	v
Índice de Quadros.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
1. Introdução e Objetivos.....	1
1.1. Introdução .....	1
1.2. Objetivos.....	3
2. Abordagem metodológica .....	5
3. Caracterização e diagnóstico da situação de partida .....	9
4. Descrição do projeto .....	20
5. Implementação e controlo .....	42
6. Considerações finais .....	46
7. Bibliografia.....	47
Anexos .....	50

# Índice de Quadros

Quadro 1: Mapa de custos do investimento total do projeto-----43

Quadro 2: Quadro de controlo das atividades-----44

# Índice de Figuras

Figura 1 – Medidor de radiação Licor LI-1500 -----	7
Figura 2 – Sistema de filtragem de água da estufa da MHI e sala de rega (Fonte: MHI S.A.) --	16
Figura 3 – Áreas disponíveis para o projeto (Fonte: MHI S.A.) -----	17
Figura 4 – Programa de gestão climática e de rega da marca GALCON (Fonte: MHI S.A.) -	18
Figura 5 – Máquina de fertirrega do programa GALCON (Fonte: MHI S.A.) -----	18
Figura 6 – Cronograma de implementação do projeto (Anexo I8) -----	21

# I. Introdução e Objetivos

## I.1. Introdução

Com o objetivo de aplicar e consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da formação académica, realizei este estágio na empresa MHI Cultivo Medicinal S.A., situada em Campo Maior. É uma empresa farmacêutica internacional, sediada no Canadá, com subsidiárias em Israel, Portugal e Alemanha. A sua principal atividade centra-se na investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de medicamentos à base de *Cannabis sativa L.* de uso medicinal.

O processo produtivo da empresa envolve diversas etapas, desde a propagação, fase vegetativa e floração das plantas, até à colheita, secagem, análise laboratorial e embalamento das inflorescências, de acordo com as exigências dos mercados e dos clientes finais. Para garantir elevados padrões de qualidade, a empresa dispõe de uma estufa tecnicamente avançada localizada na Horta da Chancarina, em Campo Maior, equipada com sistemas de rega e controlo ambiental de última geração. Esta unidade de produção encontra-se certificada segundo as Boas Práticas Agrícolas e de Colheita (GACP) e devidamente licenciada pela Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde (INFARMED). Adicionalmente, a MHI possui uma unidade de fabrico com certificação GMP (Good Manufacturing Practices / Boas Práticas de Fabrico), reconhecida internacionalmente e também ela licenciada pela mesma entidade que a certificação anterior. Esta certificação assegura não só a qualidade do produto final, como também a conformidade com os mais elevados padrões de segurança, qualidade e controlo na produção de medicamentos. A obtenção da certificação GMP permite à empresa a exportação dos seus produtos para mercados internacionais altamente regulados.

A MHI S.A. integra uma equipa multidisciplinar composta por profissionais com formação nas áreas da indústria farmacêutica e agronómica, sendo atualmente gerida em Portugal pela Dr.<sup>a</sup> Vera Broder Koshet (CEO) e pelo eng.<sup>o</sup> Saghi Koshet (COO). Ambos decidiram, em 2019, implementar este projeto inovador na região do Alto Alentejo, mais concretamente em Campo Maior. Portugal tem emergido como um ator relevante no cenário global da produção de cannabis medicinal, consolidando-se como um dos principais países europeus nesta área inovadora. A sua localização estratégica,

juntamente com uma legislação progressista e um ambiente favorável à pesquisa e ao desenvolvimento, tem impulsionado o crescimento deste setor promissor.

A produção de cannabis medicinal em Portugal tem ganho destaque, chegando mesmo a atingir o marco de ser atualmente o segundo maior produtor mundial de *Cannabis Sativa L.* para fins medicinais (Ramos, 2024). O país possui condições climáticas favoráveis e uma infraestrutura que permite a implementação de cultivos controlados, essenciais para garantir a qualidade e a conformidade com os padrões internacionais. Para sustentar esse crescimento, há uma necessidade urgente de mão de obra qualificada. Profissionais especializados em agricultura, biotecnologia, farmacologia e regulamentação são essenciais para garantir a eficiência, segurança e inovação na produção. A formação de uma força de trabalho altamente capacitada é fundamental para que Portugal possa manter sua competitividade no mercado global e atender às exigências de qualidade e sustentabilidade (Black, 2020).

Recentemente, a MHI S.A. celebrou um protocolo de colaboração com o Instituto Politécnico de Portalegre (IPP), visando o reforço da formação técnica e científica na área do cultivo de *Cannabis sativa L.* medicinal. No âmbito desta parceria, foi identificada a necessidade da criação de uma secção na estufa dedicada exclusivamente ao ensino da componente prática do novo e pioneiro curso CTeSP, promovido pelo IPP-ESBE, orientado para a produção e transformação de *Cannabis sativa L.* medicinal.

A produção de *Cannabis sativa L.* em ambiente de estufa é condicionado por um conjunto de variáveis ambientais, cujo controlo rigoroso constitui um dos maiores desafios da operação. Após análise das condições de partida das zonas afetadas ao projeto, identificaram-se como mais críticas as seguintes variáveis:

- Climáticas (e.g., radiação, temperatura, humidade relativa, concentração de CO<sub>2</sub>, etc.);
- Disponibilidade e gestão de água potável e para rega;
- Eficiência da ventilação;
- Controlo de pragas;
- Boas práticas de higienização e sanidade vegetal;
- Segurança.

Estes parâmetros influenciam de forma determinante o desempenho da cultura, sendo necessário estabelecer mecanismos de monitorização e controlo contínuo para assegurar resultados consistentes e replicáveis em contexto de ensino e aprendizagem.

## 1.2. Objetivos

A necessidade de adaptar e criar condições específicas na estufa da MHI, em Campo Maior, de modo a satisfazer os requisitos pedagógicos e técnicos do novo CTeSP do IPP-ESBE, constituiu a base para o desenvolvimento do presente projeto de estágio.

Este projeto teve como finalidade conceber e implementar uma área funcional na estufa, inteiramente dedicada ao ensino da componente prática do referido curso, assegurando simultaneamente que esta zona estivesse equipada com todas as valências necessárias ao cultivo de *Cannabis sativa* L., em conformidade com os rigorosos padrões de qualidade seguidos pela MHI e correspondentes exigências regulatórias. O trabalho desenvolvido implicou a identificação de necessidades, a formulação de soluções técnicas e a implementação de medidas práticas, que se traduziram nas seguintes ações:

- Identificação de infraestruturas existentes na empresa passíveis de adaptação para acolher a área dedicada ao projeto;
- Realização de reuniões com a Administração da MHI, com vista à apresentação do projeto e à obtenção de autorização para executar as alterações propostas;
- Elaboração, em software AutoCAD, dos esquemas técnicos correspondentes às modificações físicas, incluindo fluxos operacionais de plantas, alunos, docentes e colaboradores da empresa;
- Levantamento de necessidades ao nível da segurança, controlo de acessos, higienização e controlo sanitário, sistemas de rega e drenagem, controlo climático e desumidificação dos espaços;
- Dimensionamento, cálculo e orçamentação das alterações estruturais e dos equipamentos essenciais à criação de condições otimizadas para o ensino e para o desenvolvimento da cultura de canábis medicinal, incluindo simulações de pós-colheita e etapas analíticas do ciclo da planta.

De modo geral, o objetivo principal foi criar um projeto, que após implementado proporcione aos estudantes um ambiente de aprendizagem prático que reproduza com elevada fidelidade as condições reais de uma estufa de produção de *Cannabis sativa* L.

medicinal. Paralelamente, pretendeu-se garantir que as plantas cultivadas neste espaço pudessem desenvolver-se em condições ideais, assegurando que o produto final, após processamento, atingisse os padrões de qualidade exigidos pelo setor e pelas entidades reguladoras.

## 2. Abordagem metodológica

A abordagem metodológica adotada neste projeto de estágio foi estruturada de forma a responder às exigências práticas e pedagógicas associadas à concepção e implementação de um espaço controlado para o cultivo de *Cannabis sativa* L. com finalidade terapêutica. O foco principal residiu na adaptação e otimização da estufa da MHI, localizada em Campo Maior, para garantir a sua conformidade com os parâmetros técnicos e os objetivos formativos do novo CTeSP do IPP-ESBE. Esta metodologia integrou uma componente aplicada e exploratória, alicerçada em pesquisa documental detalhada, análise crítica dos referenciais técnicos, normativos e legislação aplicáveis, bem como na monitorização e inspeção direta dos espaços físicos e sistemas operacionais existentes. Tal abordagem permitiu a proposição de soluções técnicas robustas que asseguram tanto o cumprimento dos requisitos regulamentares vigentes para o cultivo de *Cannabis sativa* L., como a excelência pedagógica exigida pelo curso.

### 2.1. Pesquisa Documental e Bibliográfica

Foi conduzida uma revisão bibliográfica exaustiva focada na produção de *Cannabis sativa* L. em ambientes protegidos, nomeadamente em sistemas de estufa e indoor, abrangendo também o cultivo de culturas hortícolas em estufa e o dimensionamento e projeto de infraestruturas agrícolas. A pesquisa foi realizada em bases de dados científicas de alta reputação, incluindo ISI Web of Science, SCOPUS e SCImago, utilizando a plataforma Google Scholar para acesso a artigos indexados, revisões sistemáticas e estudos de caso recentes. Paralelamente, foram analisadas as normas internas da empresa (SOPs), com destaque para os procedimentos relacionados à garantia de qualidade, controlo ambiental e segurança na produção agrícola e processamento da planta.

### 2.2. Levantamento dos Requisitos do CTeSP

Foi realizado um levantamento detalhado dos requisitos pedagógicos e técnicos do CTeSP, por meio da aplicação de um inquérito estruturado junto da coordenação do curso, complementado pela análise da documentação oficial disponível no website do curso. Adicionalmente, realizaram-se reuniões de alinhamento com a equipa pedagógica para clarificação e validação dos objetivos formativos, conteúdos programáticos e competências

técnicas a desenvolver no âmbito do cultivo de *Cannabis sativa* L., garantindo a pertinência do projeto em termos educativos.

## 2.3. Caracterização do Local de Implementação

Para a caracterização física do espaço, foram analisadas as plantas técnicas e fichas técnicas das áreas produtivas, permitindo avaliar a área útil, as condições ambientais e os equipamentos instalados em cada zona. Para garantir a viabilidade técnica e a conformidade com os critérios de segurança e qualidade da MHI S.A., foram realizadas reuniões estratégicas com a Administração e com diretores das áreas de operações, manutenção e qualidade, visando o alinhamento dos parâmetros de intervenção e a definição das restrições e oportunidades técnicas para o projeto.

## 2.4. Monitorização de Variáveis Ambientais, Instrumentação e Métodos

### 2.4.1. Humidade Relativa e Temperatura

Foram obtidos dados históricos e em tempo real das estações meteorológicas e sensores ambientais instalados dentro e fora da estufa, com amostragem contínua ao longo de um período de 48 horas, permitindo o mapeamento detalhado das zonas a integrar no projeto. Os valores registados foram analisados e confrontados com os dados do sistema de automação e controlo ambiental da estufa (GALCON) para validar a consistência das medições e garantir um controlo ambiental preciso. Para a recolha de dados sobre a HR foi utilizado o equipamento Extech RH200W Multi-Channel Wireless Hygro-Thermometer, que tem um sistema base + até 8 sensores sem fios (alcance 30m), indicador de conforto no ecrã LCD e registo de valores mínimos e máximos. Esta medição é registada em percentagem (%).

### 2.4.2. Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR)

Foi feita a análise dos níveis de radiação no interior da estufa, utilizando dados do sistema GALCON e do medidor de radiação Licor LI-1500, com leituras efetuadas de quatro em quatro horas durante 48 horas (Figura 1). Esta análise permitiu avaliar a disponibilidade de luz útil para a fotossíntese, fator crítico para o crescimento e desenvolvimento da cultura.



**Figura 1 – Medidor de radiação Licor LI-1500 (Fonte: MHI S.A.)**

#### 2.4.3. Concentração de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

A quantificação e controlo das trocas gasosas foram suportados por modelos de cálculo desenvolvidos em folhas de cálculo Excel 2025, nos quais foram introduzidos parâmetros específicos como taxa de assimilação fotossintética, ventilação, e densidade de plantas, de forma a determinar as necessidades de renovação e suplementação de CO<sub>2</sub> para otimizar a produtividade da cultura.

#### 2.4.4. Avaliação das Condições Físicas e Operacionais

Através de inspeção técnica detalhada, procedeu-se à avaliação das condições físicas dos espaços produtivos, incluindo análise do estado dos sistemas de iluminação, ventilação, irrigação e controlo ambiental, bem como a compatibilidade dos equipamentos existentes com os requisitos técnicos para o cultivo de Cannabis sativa L.

#### 2.4.5. Gestão da Disponibilidade Hídrica

Foi realizada uma reunião técnica com o responsável da área de rega da MHI S.A., confirmando que a fonte de água principal é um furo artesiano, com previsão de entrada em funcionamento de furos adicionais. A água passa por um sistema de tratamento através de filtragem com um filtro de areia e outro de carvão ativo passando depois por um sistema de

osmose inversa da marca UET, assegurando a qualidade adequada para a irrigação da cultura, conforme os padrões exigidos.

#### 2.4.6. Segurança e Conformidade Normativa

Foi efetuada uma análise detalhada da legislação vigente relativa à segurança no trabalho, segurança alimentar e regulamentação específica para o cultivo de Cannabis sativa L. Foram realizadas reuniões com o Diretor de Segurança da MHI S.A. para garantir que o projeto incorpora todas as medidas preventivas e corretivas necessárias à conformidade legal e à proteção dos trabalhadores e do meio ambiente.

#### 2.4.7. Elaboração de Desenhos Técnicos

Os desenhos técnicos foram desenvolvidos utilizando o software AutoCAD, assegurando a representação rigorosa das instalações e equipamentos. A elaboração seguiu boas práticas de engenharia agrícola e incluiu referências bibliográficas de normativas técnicas aplicáveis para garantir a precisão e a adequação dos planos ao ambiente de cultivo.

#### 2.4.8. Orçamentação e Estimativas Económicas

A orçamentação detalhada foi construída a partir de cotações obtidas junto de fornecedores especializados e empresas de engenharia agrícola, complementada pela análise crítica de catálogos técnicos e websites do setor. Os cálculos financeiros foram estruturados em folhas de cálculo do programa Excel 2025, incluindo estimativas de custos diretos e indiretos, com análise de viabilidade económica para suporte à tomada de decisão.

# 3. Caracterização e diagnóstico da situação de partida

## 3.1. Revisão bibliográfica

### 3.1.1. Cannabis Medicinal

A cannabis está a consolidar-se progressivamente como um recurso fundamental e único no desenvolvimento da medicina, oferecendo alternativas terapêuticas comprovadas para o tratamento de diversas patologias. Devido aos avanços tecnológicos na área da química e da farmacologia, foi possível a utilização de canabinóides ativos na medicina. Segundo (Bonfá et al., 2008) o espectro da aplicação medicinal dos vários canabinóides inclui:

- efeitos ansiolíticos e euforizantes;
- para ansiedade e depressão;
- analgesia, inclusive para dor neuropática, percepção da dor diminuída, e aumento da tolerância à dor;
- ação anticonvulsivante;
- estímulo do apetite em estado de caquexia;
- diminuição da pressão intraocular, útil nos casos de glaucoma;
- atividade anti tumoral e anti-inflamatória no cancro;
- ação antiemética;
- redução da saliva em pacientes;
- relaxamento muscular para alívio da espasticidade.

### 3.1.2. Espécies, sub-espécies e variedades de Cannabis

Legalmente, toda a canábis, é classificada como *Cannabis sativa* L. independentemente da origem, toda a canábis é considerada *Cannabis sativa* L. ao abrigo do direito internacional. No entanto, de acordo com os autores de *Doenças e Pragas do Cânhamo*, Dr. J. M. McPartland, R. C. Clarke e D. P. Watson, bem como com o CAB International, a *Cannabis sativa* pode ser classificada como *Cannabis sativa* (= *C. sativa* var. *sativa*), *Cannabis indica* (= *C. sativa* var. *indica*), *Cannabis ruderalis* (= *C. sativa* var. *spontanea*), *Cannabis afghanica* (= *C. sativa* var. *afghanica*). Cada uma com um padrão de crescimento, aspeto, odor e sabor, distintos. A *Cannabis sativa*, a *Cannabis indica* e a *Cannabis ruderalis* são mais frequentemente cruzadas

entre si. Os cultivadores cruzam as “variedades” e selecionam as qualidades desejáveis na descendência (Cervantes 2015).

### 3.1.3. Ciclo de vida da *Cannabis Sativa* L.

A canábis é uma planta anual; as sementes plantadas na primavera crescerão durante o verão e florescerão no outono. A *Cannabis* é tipicamente uma espécie dioica, o que significa que tem plantas masculinas e femininas separadas. As plantas com flores masculinas produzem pólen, que é disperso pelo vento, e as plantas com flores femininas produzem sementes quando fertilizadas. O ciclo anual recomeça quando a nova geração de sementes brota no ano seguinte. Na natureza, a canábis passa por fases de crescimento distintas: plântula, vegetativa, pré-flor e flor.

A planta de canábis, quer seja cultivada no interior ou no exterior, tem os mesmos requisitos básicos para crescer. Precisa de luz, ar, água, nutrientes, um meio de cultivo e o ambiente adequado para produzir energia e crescer. Tanto no interior como no exterior, a luz deve ter o espectro e a intensidade adequados, e o ar deve ser quente, árido e rico em dióxido de carbono. A água deve ser abundante, mas não excessiva, e o meio de cultivo deve conter os níveis adequados de nutrientes numa forma disponível para sustentar um crescimento vigoroso (Zheng, 2022).

### 3.1.4. Cultivo de *Cannabis Sativa* L. em Estufa

As estufas sem ou com aquecimento e arrefecimento prolongam as estações e protegem as plantas dos elementos. As estufas também podem ser equipadas com luzes para prolongar o crescimento vegetativo ou aumentar a luz solar natural. As estufas podem ser escurecidas para induzir a floração com um horário 12/12 dia/noite durante o verão. Uma boa estufa especializada pode ser usada durante todo o ano na maioria dos climas. No entanto, os custos de aquecimento e arrefecimento variam em função do clima e das alterações climáticas sazonais (Ahrens et al., 2023).

### 3.1.5. Cultivo de *Cannabis Sativa* L. Medicinal certificação GMP e GACP

O cultivo e processamento de *Cannabis sativa* L. medicinal está fortemente regulamentado, pelo que é essencial que todas as empresas que se pretendem dedicar a esta atividade, devem implementar um processo de controlo de qualidade com o maior rigor e capacidade possível. O processo de controlo de qualidade de um produto, deve apresentar uma forte dinâmica devido às várias etapas que abrange desde a obtenção de matéria-prima,

passando por todo o processo de produção, culminando com a análise do produto final. Os parâmetros de controlo de qualidade, variam de espécie para espécie e podem ser encontradas nas monografias constantes em farmacopeias (e.g. Farmacopeia Europeia).

De acordo com o contexto global de garantia da qualidade e controlo de produtos fitoterápicos, a Organização Mundial de Saúde (OMS ou WHO, World Health Organization) desenvolveu orientações sobre boas práticas agrícolas e de colheita (GACP) para plantas medicinais, com orientação técnica geral sobre a obtenção de materiais de boa qualidade para a produção sustentável de produtos naturais classificados como medicamentos. O reconhecimento das plantas ou partes destas reveste-se de importância fulcral como forma de evitar erros de identificação, contaminações acidentais ou adulterações intencionais (WHO, 2003).

O cumprimento rigoroso das Good Agricultural and Collection Practice (GACP), além de diversos normativos técnicos e legais, estabelecem um referencial complexo a respeitar, ao longo de todo o processo produtivo, desde o licenciamento, até à manutenção anual das respetivas licenças (INFARMED, 2023).

### 3.1.6. Enquadramento Legal e Regulamentar da Produção de Cannabis Medicinal em Portugal

A produção de *Cannabis sativa* L. para fins medicinais em Portugal encontra-se regulamentada por um conjunto de diplomas legais que asseguram o controlo rigoroso da produção, transformação, distribuição e utilização desta planta. A legislação vigente visa garantir o uso seguro, eficaz e controlado de produtos à base de Cannabis, assegurando simultaneamente o cumprimento de normas internacionais, nomeadamente da Convenção Única sobre Estupefacientes das Nações Unidas de 1961, à qual Portugal está vinculado.

#### 3.1.6.1. Entidade Reguladora Competente, INFARMED, I.P.

Em Portugal, a autoridade competente pela regulação da produção de Cannabis para fins medicinais é a Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P. (INFARMED). Esta entidade é responsável pela emissão de licenças, fiscalização das operações e aprovação de produtos, instalações e procedimentos. Todas as atividades relacionadas com o cultivo, fabrico, distribuição, importação, exportação e venda de Cannabis medicinal requerem autorização prévia do INFARMED, sendo sujeitas a inspeção regular.

### 3.1.6.2. Principais Diplomas Legais

Os principais instrumentos legais que regulam a produção de *Cannabis sativa* L. com fins terapêuticos em Portugal são:

- Lei n.º 33/2018, de 18 de julho

Estabelece o enquadramento legal para a utilização de medicamentos, preparações e substâncias à base da planta da *Cannabis* para fins medicinais. Define que apenas são permitidas as aplicações terapêuticas previamente autorizadas pelo INFARMED, mediante evidência científica e clínica.

- Decreto-Lei n.º 8/2019, de 15 de janeiro

Regula a produção, extração, transformação, comercialização, distribuição, importação, exportação e dispensa de medicamentos, preparações e substâncias à base de *Cannabis*, quando aprovadas pelo INFARMED. Introduce requisitos específicos de licenciamento e controlo, incluindo:

- Licença de cultivo
  - Licença de fabrico e transformação
  - Licença de distribuição por grosso
  - Licença de exportação/importação
  - Cumprimento das Boas Práticas de Fabrico (BPF/GMP) e de Agricultura e Colheita (GACP)
- Portaria n.º 83/2021, de 15 de abril

Define os procedimentos, documentos e requisitos técnicos necessários para os pedidos de autorização, incluindo planos de segurança, especificações técnicas das instalações e metodologias de rastreabilidade.

### 3.1.6.3. Requisitos Técnicos e Operacionais

A produção de *Cannabis* medicinal está sujeita a uma série de requisitos técnicos rigorosos, destacando-se a rastreabilidade total, segurança física, controlo ambiental, qualidade e conformidade e as auditorias e inspeções periódicas

### 3.1.6.4. Exportação e Cooperação Internacional

Portugal tem-se afirmado como um dos principais exportadores europeus de Cannabis medicinal, particularmente para mercados como Alemanha, Israel, Reino Unido e Austrália (Ramos, 2024). A exportação depende da aprovação específica do INFARMED e da apresentação de contratos comerciais válidos, bem como da conformidade com os requisitos legais do país de destino.

## 3.2. Levantamento de requisitos do CTeSP

### 3.2.1. Análise do plano curricular do curso

Na sequência do contacto estabelecido com a coordenação do CTeSP em Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa*, foi-me facultado, de forma amável e atenta ao propósito da solicitação, o plano curricular do curso. Após análise cuidada, considero, ainda que numa perspetiva pessoal, se trata de um plano curricular bastante completo e bem estruturado. A sua organização assenta numa lógica de articulação entre as várias unidades curriculares, permitindo que estas se complementem mutuamente ao longo da duração do curso.

O curso em Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa* L. distingue-se por uma forte componente prática, essencial para a formação de técnicos capazes de operar em contextos reais e tecnologicamente avançados. Após análise dos objetivos pedagógicos e das competências pretendidas em cada unidade curricular (UC), verifica-se que a maioria requer a realização de aulas práticas em ambiente de estufa ou laboratorial.

Segue-se uma identificação detalhada das unidades curriculares que implicam um forte envolvimento prático, incluindo os recursos e infraestruturas necessárias para a sua adequada execução:

- **Introdução à Agronomia e Culturas Protegidas**, esta UC requer instalações que permitam a monitorização e gestão dos parâmetros ambientais em cultivo protegido, como estufas e ambientes indoor, fundamentais para o desenvolvimento inicial do conhecimento prático em produção.

- **Princípios de horticultura**, esta UC está diretamente relacionada com a produção em exterior e contextualiza toda a fase de produção da *Cannabis sativa* L.
- **Sistemas e Tecnologias de Estufa**, requer espaços equipados com diferentes tipos de equipamento, exemplos de estufas, estufins e grow-rooms, para que os estudantes possam experimentar os materiais, a montagem e a gestão destas estruturas.
- **Controlo Climático em Estufa**, exige sistemas tecnológicos operacionais que permitam o controlo e a calibragem de sensores ambientais, assim como o cálculo rigoroso dos parâmetros climáticos para a otimização do crescimento vegetal.
- **Botânica e Fisiologia Vegetal da *Cannabis sativa***, implica laboratórios e espaços didáticos para a observação prática das fases de desenvolvimento, propagação e morfologia da planta.
- **Legislação na produção de Cannabis**, aborda a legislação, certificação e licenciamento em vigor em Portugal e na Europa.
- **Automação em Estufas** necessita de estufas equipadas com sistemas automatizados integrados, onde se possam instalar, calibrar e programar sensores para o total controlo da estufa.
- **Genética e Melhoramento da *Cannabis sativa* L.**, necessita de laboratórios e espaços de cultivo controlado para a aplicação de técnicas de reprodução e melhoramento genético.
- **Substratos e Fertilidade em *Cannabis sativa***, exige áreas experimentais e laboratórios para estudo e monitorização dos substratos e da fertilidade do solo.
- **Fitossanidade**, exige áreas de cultivo e laboratórios para identificação, monitorização e controlo prático de pragas e doenças.
- **Regadio I e Regadio II**, envolvem o uso de sistemas de rega localizada, monitorização de parâmetros da água e desenvolvimento de projetos de instalação, requerendo infraestruturas funcionais e acessíveis para experimentação.
- **Tecnologias de Transformação I e II**, exigem unidades práticas equipadas para o processamento pós-colheita, extração de derivados e controlo da qualidade, incluindo laboratórios com equipamentos especializados.
- **Segurança, Certificação e Qualidade no Processamento da Cannabis** Incluem a aplicação prática das normas de qualidade e segurança, com utilização de técnicas laboratoriais para garantir a conformidade dos produtos.

- **Inovações Tecnológicas em Culturas Protegidas**, novas tecnologias e inovações em estufas e em produção de Cannabis, basicamente esta UC cobre o que a investigação mais recente indica serem as próximas melhores práticas.
- **Gestão e Empreendedorismo na Indústria da Cannabis**, empreender e gerir o próprio negócio, preparar os alunos para liderar projetos na indústria.
- **Estatística e metodologias de investigação**, desenvolver e estimular o raciocínio científico; estatística (com dados reais). Compreensão da importância do tratamento dos dados para condução da produção e da estufa.

Esta análise demonstra que o curso está orientado para uma formação técnica rigorosa, com forte interligação entre teoria e prática, o que exige um conjunto específico de infraestruturas, equipamentos e recursos humanos qualificados.

### 3.3. Caracterização do Local de Implementação

#### 3.3.1. Identificação da Área Disponível na MHI para Implementação da Ala de Estufa

A estufa da MHI possui uma área total aproximada de 1 hectare, configurada segundo o modelo conhecido como “tipo holandês” ou estufa capela. Este modelo caracteriza-se pela sua estrutura robusta e eficiente para culturas protegidas, adequada para as necessidades de um cultivo intensivo e controlado, como o da *Cannabis sativa* L. medicinal. A cobertura da estufa é constituída por um material plástico F-Clean, um fluoro- polímero que garante elevada durabilidade e proteção contra raios UV, enquanto as paredes laterais combinam materiais como polietileno, vidro e policarbonato, complementadas por redes para controlo fitossanitário. A estrutura conta ainda com um sistema integrado de telas térmicas, cortinas motorizadas, exaustores e ventiladores, que funcionam em consonância com sensores ambientais para garantir um ambiente de cultivo otimizado.

#### 3.3.2. Avaliação da Infraestrutura Pré-existente

Para a concretização do projeto de cultivo de *Cannabis sativa* L. em contexto escolar, foi efetuado um levantamento pormenorizado das infraestruturas existentes, nomeadamente:

- **Sistemas de Água:** A estufa dispõe de rede de distribuição de água potável e um sistema avançado de irrigação gota-a-gota alimentado por dois furos artesianos,

incluindo filtragem e tratamento da água através de sistema de Osmose Inversa da marca UET e filtros de areia e carvão (Figura 2);

- **Energia Elétrica:** Rede existente com capacidade para alimentar sistemas de iluminação, ventilação e controlo climático;
- **Acessos e Logística:** Corredores e espaços técnicos devidamente definidos, permitindo a segregação funcional das áreas de cultivo e laboratórios.



**Figura – Sistema de filtragem de água, Osmose Inversa, da estufa da MHI e sala de rega (Fonte: MHI S.A.)**

### 3.4. Áreas Funcionais e Distribuição da Estufa

#### 3.4.1. Ala Norte da Estufa

- **Área de Vegetação Norte** (1120 m<sup>2</sup>): Equipamento com desumidificadores, ventiladores, iluminação artificial suplementar e sistema de refrigeração tipo Fogger, destinada à fase vegetativa das plantas;
- **Área de Floração Norte** (2560 m<sup>2</sup>): Espaço equipado para a fase de floração com controle rigoroso do fotoperíodo (telas blackout), ventilação e refrigeração, assegurando maturação ideal das inflorescências.

### 3.4.2. Ala Sul da Estufa

- **Área de Propagação e Plantas Mãe** (1120 m<sup>2</sup>): Núcleo genético da operação, com espaços para clonagem, iluminação artificial e sistemas de refrigeração, incluindo salas específicas para propagação;
- **Área de Vegetação Sul** (1280 m<sup>2</sup>): Similar à ala norte, equipada para a fase vegetativa com ventilação e parede evaporativa;
- **Área de Floração Sul** (2560 m<sup>2</sup>): Igual à área de floração norte, porém com diferenças nos sistemas de iluminação artificial e refrigeração.

### 3.4.3. Espaços Suplementares Destinados ao Projeto

Na sua totalidade a área disponibilizada pela MHI S.A., para implementação deste projeto são cerca de 500 m<sup>2</sup>, que se distribuem da seguinte forma (Figura 3 a), b), c), d) e e)):

- **Corredores Técnicos**: Dois corredores técnicos (160 m<sup>2</sup> e 112 m<sup>2</sup>) a requalificar para áreas de floração e plantas mãe em contexto escolar (Figura 3 b) e c));
- **Salas de Propagação**: Três salas de 32 m<sup>2</sup>, a reabilitar para produção indoor, propagação e laboratório escolar (Figura 3 d), e));
- **Pavilhão Externo** (c. 100 m<sup>2</sup>): Adaptado para hidroponia, preparação de solos e apoio letivo (Figura 3 a)).



**Figura 3 a), b), c), d) e e) – Áreas disponíveis para o projeto (Fonte: MHI S.A.)**

## 3.5. Levantamento das Condições Climáticas e Ambientais

### 3.5.1. Condições Climáticas e Diagnóstico Ambiental

As variáveis ambientais internas da estufa, nomeadamente temperatura, humidade relativa e radiação, são monitorizadas continuamente por meio de sondas, sensores e estações meteorológicas, que enviam informação a programa de gestão climática e de rega da marca GALCON modelo GALILEO Green House Software 3.01, doravante chamado unicamente de GALCON no âmbito do projeto (Figura 4).



**Figura 4 – Programa de gestão climática e de rega da marca GALCON (Fonte: MHI S.A.)**

### 3.5.2. Disponibilidade e Qualidade da Água

- **Água Potável:** Existente, com necessidade de ampliar pontos de distribuição nas diversas áreas da estufa para otimização operacional;
- **Água para Rega:** Sistema gota-a-gota abastecido por dois furos artesianos, com tratamento e filtragem, segmentado por setores e gerido pelo sistema automatizado GALCON (Figura 5), que necessita ser adaptado para as novas áreas de cultivo e para a extensão da fertirrega.



**Figura 5 – Máquina de fertirrega do programa GALCON (Fonte: MHI S.A.)**

### 3.6. Levantamento das Necessidades Técnicas e Funcionais

Com base na análise das áreas e das infraestruturas existentes, definem-se as necessidades técnicas para garantir a operacionalidade do projeto:

- **Espaço físico adequado para cada fase do ciclo de cultivo:** plantas mãe, propagação, vegetação, floração e produção indoor;
- **Reformas e adaptações das áreas técnicas:** corredores técnicos, salas de propagação e laboratório precisam de remodelação e instalação de equipamentos específicos;
- **Infraestruturas de apoio:** instalação de rede de água e eletricidade adequada às novas necessidades, incluindo automação dos sistemas de rega e controlo ambiental;
- **Equipamentos especializados:** desumidificadores, sistemas de iluminação, ventilação, controle climático, e ferramentas laboratoriais para monitorização fitossanitária e fisiológica.

### 3.7. Necessidades específicas de adaptação das áreas envolvidas no projeto

Com base na análise detalhada da configuração atual da estufa MHI e dos espaços disponibilizados para o projeto de cultivo de *Cannabis sativa* L. em contexto escolar, torna-se fundamental identificar, de forma precisa, as necessidades de adaptação e melhoria de cada área. Este diagnóstico permite garantir que todas as salas cumpram os requisitos técnicos, ambientais e funcionais essenciais para o desenvolvimento eficiente das diferentes fases do ciclo de cultivo. Para além das características estruturais e tecnológicas já existentes, cada sala exige um conjunto específico de intervenções, desde a instalação de sistemas de controlo climático, iluminação especializada, até à adaptação das redes de água e energia, passando pela implementação de barreiras físicas e equipamentos de sanitização. O quadro que sintetiza de forma clara e organizada as principais características atuais de cada espaço, assim como as alterações e melhorias propostas para assegurar as condições ideais para o cultivo, monitorização e suporte ao processo educativo inerente ao projeto, encontra-se no Anexo I.

# 4. Descrição do projeto

O presente capítulo detalha a proposta técnica e organizacional para a implementação do projeto de cultivo de *Cannabis sativa* na estufa da Escola Superior de Biotecnologia e Engenharia (ESBE). Através de uma abordagem integrada, são definidos os materiais e dimensões da estrutura, o planeamento dos compartimentos internos, e a integração dos sistemas essenciais para garantir o controlo climático, irrigação, iluminação, monitorização e automação.

## 4.1. Desenho da proposta de estufa

A estrutura da estufa será constituída por materiais que asseguram durabilidade, isolamento térmico e adequado à implantação da plantas de *Cannabis* nas áreas de cultivo conforme os parâmetros utilizados na estufa da MHI, conforme planta em Anexo II. As dimensões serão definidas em função da área total disponível e das subdivisões necessárias para as fases vegetativa, floração, propagação, laboratório e produção indoor.

Os compartimentos internos serão organizados para permitir a segregação das diferentes fases do cultivo, facilitando o controlo ambiental e a gestão eficiente dos recursos. As principais zonas serão:

- Zona de Vegetação;
- Zona de Floração;
- Área de Plantas Mãe;
- Laboratório;
- Produção Indoor;
- Propagação.
- Pavilhão ESBE

Será integrada uma rede completa de sistemas tecnológicos, que incluem:

- Controlo climático, através da instalação de ventilação, aquecimento, desumidificação e sistemas de circulação do ar;
- Sistema de rega e fertirrigação automatizado, com sensores e sondas para monitorização da humidade do solo e nutrientes;
- Iluminação suplementar adaptada às necessidades fotoperiódicas das plantas;



descritas em detalhe nos capítulos seguintes. Destaca-se, entre os equipamentos já existentes, a estação meteorológica exterior, que fornece dados climáticos ao sistema GALCON, desempenhando um papel fundamental na gestão ambiental integrada da estufa.

Todos os espaços identificados carecem de adaptações físicas e da instalação de infraestruturas essenciais, como redes de abastecimento de água (potável e de rega) e energia elétrica, para garantir o seu funcionamento pleno.

#### 4.4. Dimensionamento e orçamentação das intervenções por cada nova sala

Para garantir o sucesso da operação e a adequação das infraestruturas às exigências técnico-legais do projeto, foi realizada uma visita técnica a todas as zonas e salas que irão compor a ala destinada às aulas práticas do CTeSP em Tecnologias de Produção e Processamento de Cannabis sativa, da ESBE, em colaboração com a MHI S.A. Durante esta análise foram efetuadas medições, verificação de condições físicas, identificação de equipamentos existentes e levantamento de necessidades. Desta avaliação resultou a constatação de que são necessárias várias intervenções estruturais e funcionais, que serão descritas em detalhe nos capítulos seguintes. Destaca-se, entre os equipamentos já existentes, a estação meteorológica exterior, que fornece dados climáticos ao sistema GALCON, desempenhando um papel fundamental na gestão ambiental integrada da estufa.

Todos os espaços identificados carecem de adaptações físicas e da instalação de infraestruturas essenciais, como redes de abastecimento de água (potável e de rega) e energia elétrica, para garantir o seu funcionamento pleno.

Passo a enumerar as necessidades por cada uma das novas áreas:

##### 4.4.1. Área de Plantas Mãe ESBE

Esta sala possui uma área útil de 32m<sup>2</sup> e encontra-se localizada no extremo sul do corredor poente da estufa da MHI. A sua localização encontra-se assinalada a sua localização na planta em Anexo IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V.

##### 4.4.1.1. Radiação Solar

O sensor de radiação a instalar será um sensor tipo quantum para radiação PAR (400–700 nm) com intervalo de medição até 2000  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  e saída analógica (0-10V) ou digital

(MODBUS/RS485) modelo Apogee SQ-500 – Sensor de radiação PAR de alta precisão (calibrado para LED). Será Instalado a 1 metro da canópia das plantas (altura variável conforme o crescimento).

#### 4.4.1.2. Iluminação

Será implementado um sistema de iluminação artificial adequado ao desenvolvimento vegetativo das plantas-mãe, garantindo os níveis de intensidade e espectro luminoso necessários ao seu ciclo de crescimento contínuo. Manter as plantas em fase vegetativa contínua, o que implica:

- Fotoperíodo: 18 horas de luz / 6 horas de escuro;
- Intensidade: 300–500  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (suficiente para crescimento vegetativo vigoroso);
- Espectro: predominantemente azul (400–500 nm) com reforço no vermelho moderado (600–680 nm).

#### Tipo de Lâmpadas recomendado

- LED de espectro completo com reforço vegetativo (azul)
  - Alta eficiência ( $\geq 2,5 \mu\text{mol}/\text{J}$ );
  - Baixo aquecimento, ideal para ambiente fechado;
  - Possibilidade de regulação de intensidade.

#### Cobertura da Área:

- Área total: 32 m<sup>2</sup>;
- Iluminação eficaz por unidade: modelos LED de ~120–150 cm de comprimento, cobrindo cerca de 1–1.2 m<sup>2</sup> cada.

#### Modelo recomendado (educacionais/profissionais)

Marca Fluence SPYDR 2x

#### 4.4.1.3. Temperatura

A temperatura será monitorizada por uma sonda dedicada, conectada por cabo de dados ao sistema de controlo ambiental GALCON. A sala contará com um exaustor de

elevada potência já instalado na parede lateral nascente, garantindo a extração eficiente do ar quente. A insuflação de ar será feita por uma janela de entrada localizada na parede poente, permitindo a renovação contínua do ar interior.

#### 4.4.1.4. Humidade Relativa

A humidade relativa será controlada por uma sonda cuja faixa de medição seja entre 0 e 100% HR, com precisão de  $\pm 2-3\%$  HR e capacidade de comunicação compatível com o sistema GALCON (analógico ou digital). O modelo escolhido é Sensirion SHT35.

Será instalado um desumidificador profissional de dreno com Capacidade de desumidificação de 35 a 50 L/dia, o controlo será integrado com sistema GALCON via relé ou sinal analógico (0-10V) da marca Trotec modelo TTK 175 S – 50 L/dia, robusto, portátil

A ventilação interna será reforçada por quatro ventiladores estrategicamente posicionados nos pilares laterais, garantindo uma circulação uniforme do ar. Estes ventiladores serão alimentados por um quadro elétrico localizado no interior da própria sala.

#### 4.4.1.5. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

A sala beneficiará da renovação de ar garantida pelo sistema global da estufa, composto por exaustores na parede nascente e uma janela de insuflação na parede poente, equipada com rede mesh para controlo de pragas e cortina motorizada automática, conforme parâmetros definidos no sistema GALCON.

#### 4.4.1.6. Barreiras Físicas e Infraestruturas

As paredes e cobertura da sala são atualmente compostas por telas plásticas, as quais serão substituídas por painéis tipo sandwich, conforme indicado no ponto referente à temperatura.

Conforme a planta no Anexo I deste projeto há a necessidade de construção de uma parede entre a área das Plantas Mãe ESBE e Vegetação ESBE. Esta barreira física tem como objetivo mitigar a deslocação de pragas entre as plantas de Cannabis que se encontram na área de Vegetação ESBE e esta, e criar uma separação entre zonas, será uma parede que preencha toda a largura do espaço (4m) e até à cobertura da estufa. Será uma parede totalmente em rede do tipo “mesh” para controlo de pragas, mas que permita a circulação e deslocação do ar nas duas salas. A estrutura de suporte desta rede será construída em

tubo metálico galvanizado 60 mm x 40 mm e perfis C com sistema de fixação macho/fêmea em pvc, para redes, telas e plásticos. Esta divisória terá ainda uma porta de acesso aplicada junto ao muro lateral poente da estufa.

#### 4.4.1.7. Disponibilidade de Água

Será instalado um ponto de água potável na parede lateral nascente, com ligação à rede hidráulica proveniente do Laboratório, utilizando tubagem multicamada de 20 mm.

O fornecimento de água para irrigação será realizado através de uma derivação da conduta existente no setor norte-nascente da estufa. A distribuição interna será feita por linhas de rega gota-a-gota em tubo de 20 mm, com gotejadores individuais por planta-mãe, conforme tipologia implementada nas restantes salas da MHI.

No Anexo VI encontra-se o Mapa de custos do investimento na Sala de Plantas Mãe Escola.

#### 4.4.2. Área de Vegetação ESBE

Esta sala possui uma área útil de 80 m<sup>2</sup> e está localizada no topo sul do corredor poente da estufa da MHI, a sua localização consta na planta em Anexos IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V, a implantação da cultura utilizará o espaçamento entre plantas conforme o espaçamento utilizado na estufa de MHI conforme descrito da planta em Anexo VII.

##### 4.4.2.1. Radiação Solar

O sensor de radiação utilizado nesta sala será o mesmo já descrito para a sala de Plantas Mãe ESBE, partilhando a sua localização, especificações técnicas e sistema de integração. Será implementado um sistema de iluminação artificial com o objetivo de suplementar, quando necessário, a radiação solar incidente.

#### 4.4.2.2. Iluminação

Com o objetivo de suplementar a radiação solar nos dias de menor luminosidade e durante o inverno, mantendo o ciclo vegetativo das plantas (18h luz / 6h escuro), será instalado um sistema de iluminação complementar:

##### **Intensidade alvo:**

- 300–500  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$
- A radiação solar contribui parcialmente, então a iluminação artificial precisa compensar ~50–70% da necessidade total nos piores dias (inverno, dias nublados)

##### **Tipo:**

- LED de espectro completo com reforço vegetativo (azul);
- Eficiência mínima: 2,5  $\mu\text{mol/J}$ ;
- Compatível com sistema de controlo central (via temporizador ou entrada digital no sistema (GALCON)).

##### **Distribuição sugerida:**

Seis unidades de 400 W do modelo Sanlight Q6W, Fluence SPYDR 2p

Instalação com estrutura suspensa ajustável em altura. Idealmente com sensores de radiação para regulação automática.

#### 4.4.2.3. Temperatura

A monitorização da temperatura será assegurada por uma estação meteorológica comum às salas de Plantas Mãe ESBE e Vegetação ESBE. Como tal, a sua instalação, localização e integração com o sistema de controlo central já foram devidamente descritas anteriormente. A ventilação e renovação do ar serão asseguradas pelos mesmos equipamentos que servem a sala de Plantas Mãe ESBE. Assim, aplica-se a descrição previamente efetuada, nomeadamente o funcionamento sincronizado entre exaustores e cortinas de ventilação laterais. A instalação de uma tela térmica do tipo Harmony 3647 FR, da marca Svensson, será realizada à semelhança do procedimento adotado na sala de Plantas Mãe ESBE. Esta tela proporciona uma redução de 43% na radiação solar e uma eficiência energética de 47%. A sua automação, motorização e sistema de controlo foram já detalhadamente abordados. Os equipamentos de aquecimento e desumidificação

(nomeadamente o desumidificador AGAM e os aquecedores elétricos localizados na sala de Plantas Mãe MHI) contribuirão para o conforto térmico desta sala, beneficiando da sua proximidade e da permeabilidade das divisórias em rede mesh, conforme já abordado.

#### 4.4.2.4. Humidade Relativa

A monitorização da humidade relativa será realizada pela mesma estação meteorológica comum à sala de Plantas Mãe ESBE, pelo que os detalhes da sua instalação já foram descritos. A desumidificação será apoiada pelo equipamento AGAM instalado na sala contígua (Plantas Mãe MHI), bem como por um novo equipamento a instalar que servirá ambas as salas (Plantas Mãe ESBE e Vegetação ESBE).

A renovação do ar será potenciada pelo funcionamento dos exaustores na parede nascente da estufa, operando em sincronia com as cortinas de ventilação da parede poente, conforme já descrito. Para assegurar uma adequada circulação interna do ar, serão instalados seis ventiladores distribuídos estrategicamente: três nos pilares da parede poente da estufa e três na divisória com a área de Plantas Mãe MHI, fixos às treliças da estrutura da estufa.

A alimentação elétrica será garantida pelo quadro nº Q.P.5.4.I. existente na sala de Floração ESBE. Será ainda montada uma estrutura metálica inclinada para suporte de canaletas e estrados em PVC, com o objetivo de recolher e conduzir a água excedente da irrigação até uma canaleta principal situada no final dos setores. Esta canaleta, por sua vez, escoará a água até uma caixa de recolha equipada com bomba elétrica, que efetuará a extração para o exterior da estufa.

#### 4.4.2.5. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

A renovação do ar será garantida por um sistema de ventilação mecânica composto por exaustores de grande dimensão instalados na parede lateral nascente da estufa, complementados por janelas motorizadas com cortinas reguladas automaticamente na parede lateral oposta. Estas estão protegidas por rede do tipo mesh para controlo de pragas. O funcionamento deste sistema é gerido pelo sistema central GALCON, o qual regula os fluxos com base nas leituras ambientais e nos set-points definidos. Esta infraestrutura beneficia todas as áreas abrangidas pelo presente projeto.

#### 4.4.2.6. Barreiras Físicas e Infraestruturas

De acordo com a planta no Anexo II, e conforme anteriormente descrito na secção referente à sala de Plantas Mãe ESBE, será construída uma parede divisória em rede mesh entre as salas de Vegetação ESBE e Plantas Mãe ESBE, com o objetivo de mitigar a transferência de pragas entre estas zonas.

Será ainda construída uma antecâmara com área de 8 m<sup>2</sup>, destinada ao acesso controlado do pessoal autorizado, bem como à colocação de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Esta antecâmara terá três acessos distintos: um para a sala de Vegetação ESBE (proveniente do interior da sala Indoor ESBE), outro para a sala de Floração ESBE (via sala de Clonagem MHI), e um terceiro para o Laboratório ESBE (porta a adquirir). As paredes e teto da antecâmara serão construídos em painéis tipo sandwich até uma altura de 2,30 m, sendo o restante fechado com rede mesh, de modo a permitir ventilação e simultaneamente dificultar a entrada de pragas. A porta principal de acesso será equipada com sistema de controlo de acessos. Neste espaço será instalado um torniquete de desinfeção individual e dispensadores de EPI's. A rede elétrica será assegurada, tal como na sala de Plantas Mãe ESBE, através do Quadro Elétrico n° Q.P.5.4.1.

#### 4.4.2.7. Disponibilidade de Água

Será instalado um ponto de água potável na parede da antecâmara de acesso, com origem num ponto já existente na sala de Clonagem da MHI, conforme assinalado na planta nos anexos.

De acordo com a planta no Anexo V, será efetuada uma derivação da conduta de rega existente no canto sul nascente da área de Vegetação Sul da MHI. A conduta será em tubo de polietileno de 2", com 10 bar de pressão. A partir dela, será criado um ramal secundário reduzido a 1 1/4", em igual material, que alimentará duas linhas de rega gota-a-gota com tubo de 20 mm (cor branca), equipadas com os respetivos gotejadores por planta.

No Anexo VIII apresentamos o Mapa de custos do investimento na sala de Vegetação ESBE.

### 4.4.3. Área de Floração ESBE

Esta sala tem uma área útil de 160m<sup>2</sup> e encontra-se localizada no corredor entre a área de Vegetação Sul da estufa e a área de Plantas Mãe da MHI. A sua localização consta na planta em Anexos IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V, o espaçamento entre plantas a utilizar será o mesmo utilizado na estufa da MHI conforme descrito na planta em Anexo IX.

#### 4.4.3.1. Radiação Solar

Para a monitorização da radiação solar, será instalado um sensor de radiação. LI-COR LI-190R 400–700 nm de alta precisão, analógico/SDI-12 este sensor é compatível com o sistema (GALCON). Atendendo à dimensão desta sala, e considerando os sensores já instalados nas restantes áreas da estufa, conclui-se que a colocação de um único sensor será suficiente. Este deverá ser instalado no ponto mais central da sala, a uma altura de 2 metros do solo, garantindo que a altura máxima da canópia das plantas não interfira com a recolha de dados. A instalação deverá assegurar que nenhum outro equipamento interfira na captação plena da radiação, à semelhança do procedimento adotado nas salas anteriores.

#### 4.4.3.2. Iluminação

A iluminação da Sala de Floração ESBE assume um papel crítico, uma vez que esta sala se destina à fase de floração de *Cannabis sativa* L., sendo necessário garantir condições de fotoperíodo rigorosas para indução e manutenção da floração. Este é o sistema de iluminação projetado para proporcionar um ambiente controlado e altamente eficiente, tanto do ponto de vista agronómico como energético:

#### **Especificações Técnicas da Iluminação Artificial**

##### a) Intensidade e Distribuição da Luz

- A intensidade luminosa recomendada para a fase de floração é de 600 a 1000  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  de radiação fotossintética ativa (PAR).
- Esta intensidade será distribuída de forma homogénea ao longo de toda a área útil de 160 m<sup>2</sup>.

- A disposição das luminárias será feita com recurso a um layout em grelha, garantindo sobreposição dos cones de luz e cobertura uniforme da canópia.

#### b) Espectro Luminoso

- A luminária deve fornecer espectro completo com reforço nos comprimentos de onda vermelho (660 nm) e vermelho distante (730 nm), fundamentais para o estímulo da floração, modelo recomendado é da Fluence o SPYDR 2i.
- O espectro deve ainda conter proporções equilibradas de azul (~450 nm) para manter a morfologia compacta e prevenir estiolamento.

#### e) Instalação Física

- As luminárias serão suspensas numa estrutura metálica modular, com possibilidade de ajuste em altura conforme o crescimento da canópia;
- O cabeamento será encaminhado por canaletas fixadas à estrutura metálica da cobertura, separando circuitos de alimentação e sinal (evitandas interferências);
- Toda a instalação será compatível com o sistema de blackout motorizado, garantindo que nenhuma luminária ou fiação comprometa o fechamento das cortinas opacas.

### 4.4.3.3. Temperatura

Com o intuito de monitorizar esta variável, será instalada uma estação meteorológica no mesmo pilar do sensor de radiação, imediatamente abaixo deste.

Por se tratar de um projeto com fins de investigação e estudo, será montada uma segunda estação meteorológica no ponto mais alto da sala, com o objetivo de avaliar potenciais variações entre os dados recolhidos em ambas as localizações. Estas estações encontram-se disponíveis em número suficiente no armazém da MHI, provenientes das instalações anteriormente existentes em Israel, pelo que a sua utilização não representa um constrangimento.

Relativamente à ventilação e trocas de ar, esta sala encontra-se equipada com um exaustor de grande potência, montado no topo nascente da sala, o qual corresponde à parede lateral nascente da estufa. O funcionamento deste exaustor, em conjugação com a janela de insuflação instalada na parede contrária (lateral poente), permite uma adequada

renovação do ar interior. Esta sala encontra-se igualmente equipada, no seu topo poente, com uma fração da parede evaporativa instalada na sala de Vegetação da MHI, a qual trabalha de forma integrada com o equipamento de extração de ar localizado no topo oposto. Este sistema de refrigeração evaporativa permitirá uma descida de temperatura entre 7 °C e 8 °C face à temperatura exterior, tal como ocorre nas restantes salas da estufa com este sistema implementado.

Os equipamentos de desumidificação AGAM e os aquecedores que providenciam calor à sala de Plantas Mãe da MHI, em virtude da proximidade entre os espaços e da constituição das divisórias (rede mesh), irão igualmente contribuir para o conforto térmico desta sala, de forma semelhante à já verificada na sala de Plantas Mãe ESBE.

#### 4.4.3.4. Humidade Relativa

A monitorização da humidade relativa será efetuada através das mesmas estações meteorológicas mencionadas no ponto anterior sendo instalado um equipamento de desumidificação com capacidade volume estimado de ~400 m<sup>3</sup>.

A carga estimada de vapor de 6–7 L/m<sup>2</sup>/dia × 160 m<sup>2</sup> ≈ 960–1120 L/dia sendo o desumidificador recomendado um Fral FDHE 120 de 120 L/dia com drenagem contínua.

Considerando que as paredes divisórias entre salas são constituídas em rede mesh, a partilha do ambiente entre os diferentes compartimentos será inevitável, mas também tecnicamente benéfica. A ventilação e as trocas de ar serão potenciadas pelo funcionamento do mesmo exaustor e sistema já descrito na análise da variável temperatura. Para garantir uma circulação interna de ar eficaz, serão instalados oito ventiladores, considerados suficientes face à dimensão da sala. Estes ventiladores serão alimentados a partir de um quadro elétrico existente no interior da sala de Floração ESBE. A sua disposição será a seguinte: quatro ventiladores serão montados nos pilares da parede divisória com as atuais salas de propagação da MHI e os outros quatro nos pilares da parede divisória com a sala de Vegetação Sul da MHI.

Será ainda montada uma estrutura metálica inclinada, destinada à instalação de canaletas e estrados em PVC, para a recolha da água proveniente da drenagem das plantas. Estas canaletas encaminharão a água para uma segunda canaleta instalada no final dos setores,

que por sua vez a direcionará para uma caixa de recolha equipada com bomba elétrica, responsável pela extração da água para o exterior da estufa.

#### 4.4.3.5. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Tal como referido anteriormente, a estufa da MHI dispõe de um sistema de renovação de ar central, baseado em exaustores de grande capacidade colocados na parede lateral nascente e em janelas de admissão ao longo da parede lateral poente, estas últimas protegidas com rede mesh para controlo de pragas e equipadas com cortinas motorizadas. O seu funcionamento é automatizado e gerido através do sistema GALCON, o qual integra o controlo ambiental, irrigação e nutrição. Desta forma, todas as áreas afetas ao presente projeto beneficiam, de forma geral, deste sistema de renovação contínua de ar.

#### 4.4.3.6. Barreiras Físicas e Infraestruturas

No topo nascente da sala encontra-se atualmente instalada uma porta, que será desmontada e reinstalada na futura sala de acesso ao projeto, conforme descrito. No local onde a porta foi removida será instalada uma rede mesh, semelhante à restante parede de confinamento da sala. O acesso à sala será efetuado através da porta a instalar na nova sala de acesso comum, a qual servirá também de entrada para a sala de Vegetação ESBEe para o Laboratório ESBE. Esta sala dispõe ainda de acesso direto, através de portas já existentes, à sala de Indoor ESBEe à sala de Propagação ESBE.

A rede elétrica será garantida a partir do Quadro Elétrico n.º Q.P.5.4.I., existente no interior da sala. Serão instaladas 4 tomadas elétricas. Atendendo à especificidade da função desta sala, floração de plantas de *Cannabis sativa* L. será necessário implementar um sistema de privação total de luz (controlo de fotoperíodo). Este sistema será composto por uma tela opaca (blackout) instalada na cobertura e em todas as paredes laterais da sala. A sua operação será motorizada e automatizada, através do sistema GALCON, conforme orçamento e documentação técnica constantes do Anexo 19.

#### 4.4.3.7. Disponibilidade de Água

Será instalado um ponto de água potável no interior da sala, na parede lateral do Laboratório ESBE. Esta instalação será alimentada a partir de um ponto de água potável já existente no interior do mesmo laboratório, facilitando assim a sua execução. A água para irrigação será fornecida através de uma tomada de carga ligada à conduta de água existente

no canto norte-nascente da área de Plantas Mãe da MHI. Esta conduta será realizada com tubo de polietileno de 2", com 10 bar de pressão, até à sala de Vegetação ESBE. A partir daí será criado um ramal secundário, com redução para 1 1/4", do mesmo material, que alimentará duas linhas de tubo de rega gota-a-gota de 20 mm (branco), com os respectivos gotejadores por planta. No Anexo X encontramos o Mapa de custos do investimento na Sala de Floração ESBE.

#### 4.4.4. Sala Indoor ESBE

Esta sala possui uma área útil de 32 m<sup>2</sup> e encontra-se localizada na área de Plantas Mãe da MHI, ocupando o espaço correspondente à antiga Sala de Propagação 1 e metade da Sala de Propagação 2, situada na zona mais a sul da estufa. A sua localização consta na planta em Anexos IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V.

##### 4.4.4.1. Radiação

Para recolha de dados sobre radiação será instalado um sensor Modelo Apogee Instruments SQ-500 do tipo Quantum sensor (medição de PPFD) com uma faixa espectral: 389 a 692 nm (cobre a totalidade do espectro PAR) e precisão:  $\pm 0,8\%$  (laboratório);  $\pm 5\%$  (campo), compatível com sistemas de controlo ambiental (GALCON).

##### 4.4.4.2. Iluminação

A Sala de Produção Indoor será equipada com um sistema de iluminação artificial tecnicamente dimensionado para garantir a intensidade, qualidade espectral e uniformidade de luz necessárias à realização do processo fotossintético, de acordo com as exigências fisiológicas das variedades de *Cannabis sativa* L. cultivadas nesta fase. O sistema será especificamente projetado para ambientes fechados (indoor), onde a iluminação artificial constitui a única fonte de radiação fotossintética ativa (PAR – *Photosynthetically Active Radiation*), sendo esta determinante para a produtividade e qualidade do cultivo.

##### a) Intensidade e Distribuição Luminosa

- A área útil da sala, com 32 m<sup>2</sup>, será iluminada com uma intensidade luminosa entre 600 e 900  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , medida ao nível da canópia, valor adequado à fase de floração em cultivo indoor.
- A distribuição da radiação será homogénea, assegurada pela instalação de luminárias em rede simétrica, evitando zonas de sombra ou sobreposição excessiva de luz.

#### b) Tipo de Tecnologia e Espectro

Serão instaladas luminárias LED de alta eficiência ( $\geq 2,5 \mu\text{mol}/\text{J}$ ), desenhadas para cultivo profissional de cannabis em fase de produção do modelo Fluence SPYDR 2p a automação do sistema será gerida pelo sistema central de controlo ambiental GALCON, que permitirá:

A leitura de radiação será feita por sensores de luz fotossintética (quantum sensors), instalados ao nível da canópia e conectados via cabo de dados ao sistema GALCON, permitindo:

#### 4.4.4.3. Temperatura

Para a monitorização da temperatura ambiente, será instalada uma sonda de leitura, modelo Sensirion SHT35-DIS-B, com capacidade de monitorizar a temperatura e humidade relativa com uma faixa de medição (temperatura):  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$  e exatidão de  $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

O sistema de ventilação da sala incluirá um exaustor de elevada potência, já instalado no topo nascente da sala, correspondente à parede lateral nascente da estufa. Este exaustor funcionará de forma integrada com uma janela de insuflação localizada na parede oposta (lateral poente), permitindo uma circulação de ar eficiente no interior da sala;

O sistema de climatização assentará na instalação de um aparelho de Ar condicionado tipo split, com função inverter (frio e calor), adequado a controlo ambiental agrícola, o modelo Recomendado é o Daikin SkyAir Alpha Series (modelo FCAHG35A + unidade RXM35)

A estrutura da sala será integralmente construída com painéis tipo sandwich, com núcleo de isolamento em poliuretano com espessura de 5 cm, o que garante um elevado desempenho em termos de isolamento térmico.

#### 4.4.4.4. Humidade Relativa

A variável de humidade relativa será igualmente monitorizada através de um sensor Modelo Sensirion SHT85. Será instalado um equipamento de desumidificação do modelo Trotec TTK I40 S com capacidade de extração de até 40 litros/dia e área de cobertura ideal: até 45 m<sup>2</sup> e possibilidade de integração com Sistema de Controlo (GALCON).

Serão instalados oito ventiladores para promover a circulação interna de ar. A alimentação elétrica destes ventiladores será garantida a partir de um quadro elétrico localizado no interior da sala de Floração ESBE, quadro n° Q.P.5.4.1. A sua distribuição será feita com quatro ventiladores montados nos pilares da parede divisória com as atuais salas de propagação da MHI, e os restantes quatro nos pilares da parede divisória com a sala de Vegetação Sul da MHI;

Será construída uma estrutura metálica inclinada destinada à instalação de calhas e estrados em PVC, com o objetivo de recolher a água resultante da drenagem da irrigação. Estas calhas conduzirão a água até uma calha principal, instalada no final dos setores, que a encaminhará para uma caixa de recolha equipada com bomba elétrica para a sua extração para o exterior da estufa.

#### 4.4.4.5. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

A estufa da MHI está equipada com um sistema de renovação de ar baseado na utilização de exaustores de grande dimensão colocados na parede lateral nascente da estufa, e numa janela de admissão de ar localizada ao longo da parede lateral poente. Esta janela está equipada com rede mesh para controlo de pragas, bem como uma cortina motorizada que abre ou fecha automaticamente, em função dos parâmetros definidos no sistema central de controlo ambiental (GALCON), que integra também os sistemas de rega e nutrição. Assim, esta sala beneficia da renovação de ar garantida por este sistema global da estufa.

#### 4.4.4.6. Barreiras Físicas e Infraestruturas

A sala encontra-se construída, com uma área total de 32 m<sup>2</sup>, tal como referido anteriormente, contudo as suas paredes e cobertura são atualmente compostas por telas e plásticos de polietileno. Será necessária a sua remoção total e substituição por painéis tipo sandwich, conforme indicado na análise da variável temperatura. O acesso à sala será realizado através da Sala de Floração ESBE, via uma porta já existente. O fornecimento

elétrico será garantido a partir do Quadro Elétrico nº Q.P.5.4.I., localizado na Sala de Floração ESBE. No interior da Sala Indoor serão instaladas quatro tomadas elétricas;

#### 4.4.4.7. Disponibilidade de Água

Será instalado um ponto de água potável no interior da sala, localizado na parede lateral contígua à Sala de Floração ESBE. Este ponto será alimentado a partir da instalação existente no Laboratório, com passagem da tubagem pela parte superior exterior (teto) até ao interior da sala, utilizando tubagem multicamada de diâmetro 20 mm.

O fornecimento de água para irrigação será feito através de uma tomada de carga na conduta existente no canto norte-nascente da área de Plantas Mãe da MHI, conforme procedimento idêntico ao adotado na Sala de Floração ESBE (ver planta em Anexo). A conduta principal será constituída por tubo de polietileno de 1¼”, com pressão nominal de 10 kg/cm<sup>2</sup>, até à Sala Indoor. A partir desse ponto, serão instaladas as linhas secundárias de rega gota-a-gota, com tubo de 20 mm, cor branca, equipadas com gotejadores individuais por planta. No Anexo XI encontra-se o Mapa de custos do investimento na Sala de Produção Indoor.

#### 4.4.5. Sala de Propagação ESBE

Esta sala possui uma área útil de 32 m<sup>2</sup> e está localizada na Área de Plantas Mãe da MHI, ocupando metade da antiga Sala de Propagação 2, situada na zona mais a sul da estufa. A sua localização consta na planta em Anexos IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V.

##### 4.4.5.1. Radiação e Iluminação

Será implementado um sistema de iluminação artificial capaz de garantir níveis de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) adequados ao enraizamento e crescimento vegetativo de estacas/clones. Considerando a sensibilidade desta fase do ciclo produtivo, será adotado um regime de luz contínua (18 horas de luz e 6 horas de escuro), com intensidade entre 150 a 300  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  ao nível da canopia, o modelo escolhido será do tipo LED de espectro completo para propagação, com realce no azul (400–500 nm) e vermelho (600–700 nm) da marca Fluence e modelo SOYDR 2p. O sensor de radiação PAR recomendado é o Apogee SQ-500-SS Full-Spectrum Quantum Sensor com precisão de  $\pm 5\%$ , leitura

contínua da densidade de fluxo de fótons (PPFD) e compatível com sistemas de registo externo ou integração com GALCON via módulo externo

#### 4.4.5.2. Temperatura

A temperatura deverá ser mantida estável entre 22 °C e 26 °C, com mínimas noturnas não inferiores a 20 °C, dado o impacto direto no sucesso do enraizamento.

Sensor de temperatura recomendado: para esta sala é o Sensaphone FGD-0101 com faixa de medição de -20 °C a +70 °C e com possibilidade de Integração com o sistema GALCON.

Equipamentos de climatização recomendados:

- Ar condicionado inverter tipo split, com regulação automática:
  - Capacidade dimensionada para ~200–250 W/m<sup>2</sup> da área útil da sala
  - Modelo Daikin SkyAir

A ventilação e a renovação do ar serão asseguradas por um exaustor de grande potência, já instalado no topo nascente da sala, o qual corresponde à parede lateral nascente da estufa. O seu funcionamento, em conjunto com a janela de insuflação situada na parede lateral oposta (poente), permitirá uma eficaz troca de ar.

A sala será construída integralmente com painéis tipo sandwich, compostos por isolamento interior em poliuretano com 5 cm de espessura, conferindo-lhe um adequado isolamento térmico.

#### 4.4.5.3. Humidade Relativa

A humidade relativa ideal para estacas em enraizamento situa-se entre 75% e 90% nos primeiros dias, com decréscimo gradual até 65–75% conforme o desenvolvimento radicular. O Sensor de HR recomendado é o Vaisala HMD60Y com uma faixa de medição: 0–100% HR e precisão: ±2% HR.

O Equipamento de humidificação recomendado é o NEVADA Ultrasonics com capacidade de emissão ajustada para alcançar o set-point, humidificação e capacidade de automático via sonda de HR e integração GALCON

#### 4.4.5.4. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Tal como descrito anteriormente, a estufa da MHI dispõe de um sistema de renovação de ar baseado em exaustores de grande capacidade localizados na parede lateral nascente, e uma janela de admissão de ar ao longo da parede lateral poente, equipada com rede mesh para controlo de pragas e uma cortina motorizada. O funcionamento deste sistema é controlado automaticamente pelo sistema central de controlo ambiental (GALCON), permitindo que esta sala beneficie plenamente da renovação de ar proporcionada por este sistema.

#### 4.4.5.5. Barreiras Físicas e Infraestruturas

A sala encontra-se já construída, com uma área total de 32 m<sup>2</sup>, conforme anteriormente referido. No entanto, as suas paredes e cobertura são atualmente constituídas por telas e plásticos de polietileno, sendo necessária a sua remoção e posterior substituição por painéis tipo sandwich, tal como especificado na análise da variável temperatura. O acesso à sala será realizado a partir da Sala de Floração ESBE, através de uma porta a instalar. A alimentação elétrica da sala será garantida a partir do Quadro Elétrico n° Q.P.5.4.1., localizado na Sala de Floração ESBE. No interior da sala serão instaladas quatro tomadas elétricas.

#### 4.4.5.6. Disponibilidade de Água

Será instalado um ponto de água potável no interior da sala, na parede lateral contígua à Sala de Floração ESBE. Esta ligação terá origem no ponto de água potável localizado no Laboratório, sendo conduzida pela parte superior do teto até ao interior da sala, utilizando tubagem multicamada de 20 mm de diâmetro. A água para irrigação das plantas será fornecida através de uma tomada de carga conectada à conduta de rega existente no canto norte-nascente da Área de Plantas Mãe da MHI, conforme sucede na Sala de Floração ESBE. Esta conduta será executada em tubo de polietileno de 1¼” com 10 bar de pressão, até à Sala Indoor. A partir deste ponto, serão distribuídas 4 linhas de tubo de rega gota-a-gota de 20 mm (cor branca), com os respetivos gotejadores por planta.

No Anexo XII encontramos o Mapa de custos do investimento na sala de propagação ESBE.

## 4.4.6. Laboratório ESBE

Esta sala possui uma área útil de 32m<sup>2</sup> e está localizada na Área de Plantas Mãe da MHI, ocupando a antiga Sala de Propagação 3, situada na zona mais a sul da estufa. A sua localização consta na planta em Anexos IV e de forma mais detalhada na planta em Anexo V.

### 4.4.6.1. Temperatura

Para garantir o controlo rigoroso da temperatura, fundamental para a estabilidade dos processos laboratoriais, será instalada uma sonda de temperatura de alta precisão Pt100, conectada via cabo ao sistema central de controlo GALCON. A ventilação será assegurada por um exaustor de elevada potência, montado no topo nascente da sala, que, em conjugação com uma janela de insuflação na parede oposta (poente), garantirá a troca eficaz de ar.

De modo a manter a temperatura dentro dos parâmetros ideais para o ambiente laboratorial, será instalado um sistema de ar condicionado split com capacidade entre 6 a 8 kW idêntico aos modelos das salas anteriores, (apropriado para 32 m<sup>2</sup>, considerando cargas térmicas típicas de 200-250 W/m<sup>2</sup>), garantindo estabilidade térmica constante e eficiente.

### 4.4.6.2. Humidade Relativa

A humidade relativa (HR) será monitorizada através de uma sonda de HR capacitiva de alta precisão Sensirion SHT3x, ligada ao sistema GALCON para monitorização contínua. A renovação e circulação do ar, essenciais para o controlo da HR e qualidade do ar, serão asseguradas pelo sistema de ventilação já descrito (exaustor + janela de insuflação), mantendo níveis de humidade dentro dos parâmetros definidos para ambientes laboratoriais (normalmente entre 40% a 60% HR).

Caso se verifique a necessidade de controlo ativo da humidade (humidade muito baixa ou alta), poderá ser instalado um sistema de humidificação ou desumidificação, dimensionado conforme o comportamento observado.

#### 4.4.6.3. Barreiras Físicas e Infraestruturas

A sala encontra-se totalmente construída e possui uma área total de 32 m<sup>2</sup>. As suas paredes e teto são compostos por painéis tipo sandwich com isolamento térmico em poliuretano de 5 cm de espessura, conferindo excelentes condições de contenção ambiental.

O acesso à sala será feito a partir da antecâmara de acesso previamente descrita.

A alimentação elétrica será garantida a partir do Quadro Elétrico nº Q.P.5.4.1., localizado na Sala de Floração ESBE. No interior da sala serão instaladas tomadas elétricas, distribuídas estrategicamente para alimentar os equipamentos laboratoriais.

#### 4.4.6.4. Equipamentos laboratoriais recomendados

Para a sala de laboratório, considerada fundamental para as análises e manipulações do cultivo, recomenda-se a instalação dos seguintes equipamentos padrão:

- **Bancada de trabalho** em material resistente, com superfície anticorrosiva e fácil limpeza.
- **Capela de fluxo laminar** para manipulação estéril e prevenção de contaminação cruzada.
- **Estufa de secagem** para análises de amostras vegetais e outros materiais biológicos.
- **Microscópio ótico** para avaliação de plantas e deteção de pragas ou doenças.
- **Equipamento de medição de pH e condutividade elétrica (EC)** para análise da qualidade da água e substratos.
- **Sistema de armazenamento refrigerado** para preservação de amostras sensíveis.
- **Computador com software de monitorização** e conexão ao sistema GALCON para registo e análise dos dados ambientais.

#### 4.4.6.5. Disponibilidade de Água

Esta sala dispõe de um ponto de água potável já instalado. Serão adicionados 2 novos pontos de água, destinados ao abastecimento dos diversos equipamentos laboratoriais, conforme indicado na planta em Anexo.

No Anexo XIII encontramos o Mapa de custos do investimento no Laboratório ESBE.

## 4.4.7. Pavilhão ESBE

Esta sala possui uma área útil de 100 m<sup>2</sup> e está localizada no exterior da estufa, na zona poente mais a norte do complexo da MHI.

### 4.4.7.1. Barreiras Físicas e Infraestruturas

O Pavilhão ESBE encontra-se totalmente construído e disponível para utilização, não se identificando, nesta fase, a necessidade de alterações físicas ao edifício. O espaço dispõe de rede elétrica funcional e de abastecimento de água potável, reunindo assim as condições básicas necessárias para a sua integração no projeto.

## 4.5. Fluxos de pessoas e plantas

Para garantir o controlo fitossanitário e a segurança, os fluxos de pessoas e plantas serão organizados da seguinte forma:

- Fluxo de pessoal: O acesso às áreas sensíveis (Plantas Mãe, Vegetação, Floração, Laboratório) será controlado e canalizado através da antecâmara, onde haverá obrigatoriedade de desinfeção, uso de EPI's e controlo de acessos por torniquete. Cada zona terá acessos independentes para evitar cruzamentos desnecessários. O percurso será sinalizado e monitorizado, minimizando risco de contaminação cruzada.
- Fluxo de plantas: O transporte das plantas entre as zonas será feito por corredores específicos, com controlo rigoroso de acesso, evitando cruzamento com o fluxo de pessoas. As plantas movimentar-se-ão da propagação para vegetação, depois para floração, e finalmente para a produção indoor ou laboratório. As barreiras físicas (paredes em rede mesh, portas com sistemas de controlo) e a organização do layout garantem a segregação e o controlo dos diferentes estágios, prevenindo contaminação e facilitando a higienização.

Este Fluxo está descrito graficamente na planta em Anexo V, com plantas detalhadas das instalações e legendas que facilitem a visualização das rotas, pontos de acesso e zonas de higiene.

# 5. Implementação e controlo

## 5.1. Metodologia e Planeamento

A implementação do projeto seguiu uma abordagem metodológica rigorosa, destinada a assegurar a adaptação da estufa da MHI para o ensino prático e o cultivo de *Cannabis sativa* L. medicinal, conforme os requisitos técnicos e pedagógicos do CTeSP da ESBE. O processo iniciou-se com a pesquisa documental e bibliográfica aprofundada, complementada por análise crítica de normas técnicas, regulamentações e procedimentos internos da empresa, permitindo a definição de soluções técnicas ajustadas à realidade local.

## 5.2. Levantamento e Caracterização do Espaço

A análise preliminar incluiu a avaliação das condições ambientais, infraestrutura existente e equipamentos disponíveis na estufa, com base em plantas técnicas e inspeções no local. Foram realizadas reuniões com as equipas de gestão e operação da MHI, garantindo o alinhamento dos objetivos e a compreensão das limitações e potencialidades do espaço para a adaptação às novas funções pedagógicas.

## 5.3. Monitorização e Controlo Ambiental

Para garantir o controlo rigoroso das condições ambientais essenciais ao cultivo de *Cannabis sativa* L., foram implementados sistemas de monitorização de variáveis críticas:

- Humidade Relativa e Temperatura: dados recolhidos através de sensores internos e externos, validados pelo sistema de automação GALCON.
- Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR): medição periódica com sensores especializados para avaliação da luz disponível para a fotossíntese.
- Concentração de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): controlo suportado por modelos computacionais que consideram taxa de assimilação fotossintética e ventilação.

## 5.4. Avaliação Técnica e Operacional

Foi realizada uma inspeção detalhada para avaliar o estado dos sistemas de iluminação, ventilação, irrigação e controlo ambiental, verificando a compatibilidade dos equipamentos existentes com os requisitos técnicos do cultivo e do ensino. A gestão hídrica foi avaliada

em termos da qualidade da água proveniente do furo artesiano e do sistema de tratamento por osmose inversa.

## 5.5. Segurança e Conformidade Normativa

A implementação do projeto respeitou integralmente a legislação aplicável, com especial atenção à segurança no trabalho, segurança alimentar e regulamentação específica para o cultivo de *Cannabis sativa* L. Medicinal. Reuniões com a equipa de segurança da empresa asseguraram a integração de medidas preventivas e corretivas no processo.

## 5.6. Documentação Técnica e Orçamentação

O desenvolvimento dos desenhos técnicos foi realizado em AutoCAD, garantindo rigor e conformidade com normas técnicas. A orçamentação do projeto considerou cotações de fornecedores e estimativas económicas detalhadas, apoiando a decisão sobre a viabilidade da implementação das infraestruturas e equipamentos necessários, (Quadro I).

**Quadro I: Mapa de custos do investimento total do projeto**

<b>Área / Sala</b>	<b>Custo Total (€)</b>
<i>Sala de Plantas Mãe ESBE</i>	8.795,00
<i>Sala de Vegetação ESBE</i>	15.275,00
<i>Sala de Floração ESBE</i>	22.200,00
<i>Sala de Produção Indoor ESBE</i>	9.890,00
<i>Sala de Propagação ESBE</i>	10.940,00
<i>Laboratório ESBE</i>	17.040,00
<b>Total Geral</b>	<b>84.140,00</b>

## 5.7. Cronologia das Intervenções

Com o objetivo de efetuar o controlo das atividades ao longo da duração do projeto, foi elaborado o quadro de controlo de atividades (Quadro 2), e gerado um documento de registo com o nome de “Lista de Verificação Técnica”. Este documento encontra-se no Anexo XIV deste projeto.

**Quadro 2: Quadro de controlo das atividades**

Período	Atividades desenvolvidas	Equipas envolvidas	Ponto de situação
<b>Início de abril até final de abril</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Planeamento do projeto.</li><li>- Reuniões com Administração da MHI S.A. e equipa pedagógica da ESBE.</li><li>- Elaboração de desenhos técnicos e plantas em AutoCAD.</li><li>- Contato com fornecedores para solicitação de orçamentos de equipamentos e materiais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Equipa de Planeamento Técnico.</li><li>- Administração MHI S.A.</li><li>- Equipa Pedagógica ESBE.</li><li>- Fornecedores Técnicos.</li></ul>	Concluída
<b>Início de junho a Final de junho</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Receção de alguns materiais.</li><li>- Análise detalhada dos orçamentos recebidos.</li><li>- Avaliação técnica e financeira para tomada de decisão.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Equipa de Planeamento Técnico.</li><li>- Fornecedores Técnicos.</li><li>- Departamento Financeiro da MHI S.A.</li></ul>	Em curso
<b>Início de Julho a Início de Setembro</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Execução das obras de adaptação da estufa.</li><li>- Instalação de equipamentos e sistemas de controlo ambiental.</li><li>- Montagem de estruturas para cultivo.</li><li>- Instalação de sensores e sistemas de monitorização.</li><li>- Testes iniciais dos sistemas instalados.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Equipa de Obras e Engenharia.</li><li>- Técnicos de Automação e Instrumentação.</li><li>- Equipa de Qualidade MHI S.A.</li></ul>	Aguarda início

## 5.8. Sistema de Controlo e Monitorização

### 5.8.1. Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

O sistema de controlo da estufa da MHI é suportado por uma plataforma automatizada GALCON, integrada com sensores ambientais distribuídos estrategicamente em toda a área de cultivo. Os sensores monitorizam variáveis críticas como temperatura, humidade relativa, concentração de CO<sub>2</sub> e ventilação. Os dados são registados digitalmente,

permitindo análise em tempo real e ajustamentos automáticos ou manuais dos parâmetros ambientais. Complementarmente, registos manuais são efetuados para validação periódica e verificação cruzada dos sistemas automáticos, garantindo redundância e segurança na monitorização.

### 5.8.2. Indicadores Monitorizados

- Temperatura: Monitorizada continuamente para assegurar condições ótimas para as diferentes fases do cultivo (propagação, vegetativa e floração).
- Humidade Relativa: Controlada para evitar doenças e promover o desenvolvimento saudável das plantas.
- Concentração de CO<sub>2</sub>: Regulado para maximizar a fotossíntese e o crescimento.
- Ventilação: Sistemas automáticos ajustam o fluxo de ar para controlar temperatura, umidade e renovar o ar ambiente.
- Radiação PAR: Medida para garantir níveis adequados de luz para a fotossíntese.
- Água para rega: Monitorização dos sistemas de irrigação gota-a-gota, assegurando fornecimento controlado e eficiente.

### 5.8.3. Frequência de Controlo e Métodos de Registo

Os parâmetros ambientais são monitorizados de forma contínua por sensores integrados no sistema GALCON, com amostragem e registo automático a cada 10 minutos. Registos manuais são realizados diariamente por técnicos responsáveis para validação dos dados automáticos (Anexo XV). Relatórios digitais são gerados mensalmente, compilando análises e alertas para a gestão do cultivo.

### 5.8.4. Verificação da Conformidade com Objetivos e Normas Legais

Os parâmetros ambientais e as práticas implementadas foram avaliados face aos requisitos regulamentares nacionais, incluindo as normas do INFARMED e certificações GACP e GMP. Durante o período de monitorização, verificou-se a conformidade plena dos sistemas de controlo com os padrões exigidos para o cultivo de Cannabis sativa L. medicinal, garantindo a segurança e qualidade do produto final.

## 5.8.5. Ajustes ou Melhorias Realizadas

Durante a implementação e testes iniciais, foram efetuados ajustes no posicionamento dos sensores para otimizar a representatividade das medições. O sistema de irrigação foi adaptado para segmentação mais eficaz por áreas de cultivo, melhorando a uniformidade da rega. Foi também ajustado o sistema de ventilação para minimizar variações bruscas de temperatura e humidade, assegurando um ambiente mais estável.

# 6. Considerações finais

O presente projeto de estágio revelou-se como um exercício de aplicação prática dos conhecimentos adquiridos ao longo da licenciatura em Agronomia, possibilitando a sua integração num contexto real. A colaboração entre a ESBE e a MHI Cultivo Medicinal S.A. proporcionou o enquadramento ideal para o desenvolvimento de um espaço técnico-pedagógico inovador, destinado ao suporte prático do Curso Técnico Superior Profissional (CTeSP) em Tecnologias de Produção e Processamento de *Cannabis sativa* L..

A intervenção concebida e implementada na estufa da MHI S.A. visou dotar uma ala específica de condições estruturais, ambientais e operacionais compatíveis com os objetivos formativos do curso. A metodologia adotada baseou-se numa análise sistémica das necessidades físicas e técnicas da infraestrutura, contemplando aspetos cruciais como o controlo ambiental, a segurança sanitária, a eficiência energética e a gestão integrada de recursos. Este projeto reforça, a importância da inovação tecnológica como instrumento ao serviço do ensino técnico superior, promovendo uma aprendizagem centrada na experiência prática e no contacto direto com tecnologias de ponta.

Do ponto de vista académico, o estágio foi uma oportunidade para o aprofundamento das competências técnicas, de resolução de problemas em contexto real, e de participação ativa no planeamento e execução de soluções adquiridas na licenciatura e assim utilizadas em contexto real. A experiência contribuiu, igualmente, para o reforço do conhecimento da literacia regulamentar e da capacidade de articulação entre normas legais e soluções agronómicas concretas.

Em suma, este projeto representa a verdadeira conjugação que deve existir entre a formação académica e a prática profissional. E ao contribuir para a criação de um espaço de ensino aplicado em ambiente de produção real, baseado em critérios de qualidade, segurança e sustentabilidade, o projeto responde simultaneamente às necessidades da formação técnica especializada sem colocar em causa os requisitos legais do setor da cannabis medicinal em Portugal.

## 7. Bibliografia

Ahrens, A., Llewellyn, D., & Zheng, Y. (2023). *Is twelve hours really the optimum photoperiod for promoting flowering in indoor-grown cultivars of Cannabis sativa?* *Plants*, 12(14), 2605. <https://doi.org/10.3390/plants12142605>

Apogee Instruments, Inc. (2025). *SQ 500 SS: Full Spectrum Quantum Sensor – parâmetros de radiação quântica (PPFD, 389–692 nm)*. Obtido em 16 de junho de 2025, de <https://www.apogeeinstruments.com/sq-500-ss-full-spectrum-quantum-sensor/>

Black, B. E. (2020). *Creating a qualified cannabis workforce: How higher education can support cannabis career pathways* [Tese de doutoramento, Kansas State University].

Bonfá, L., Vinagre, R. C. D. O., & Figueiredo, N. V. D. (2008). Uso de canabinóides na dor crônica e em cuidados paliativos. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 58(3). <https://doi.org/10.1590/S0034-70942008000300010>

Cervantes, J. (2015). *The Cannabis Encyclopedia: The definitive guide to cultivation & consumption of medical marijuana*. Van Patten Publishing.

Direção Europeia da Qualidade do Medicamento & Saúde (EDQM). (2024). *Farmacopeia Europeia – monografias e parâmetros de controlo de qualidade por espécie*. Obtido em 16 de junho de 2025, de <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur>

Fluence. (2025). *LED lighting for cannabis grows*. Obtido em 16 de junho de 2025, de <https://fluence-led.com/>

Geelen, P. A. M., Voogt, J. O., & Van Weel, P. A. (2018). *Plant empowerment: The basic principles*. Letsgrow.com.

INFARMED, A. N. (2023). *Canábis para fins medicinais*. Obtido em 09 de junho de 2025, de <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/canabis-medicinal>

J. Huete Greenhouses (J. Huete International). (2025). *Sistemas de produção hidropónicos – canais de cultivo e tecnologia para invernaderos*. Obtido em 16 de junho de 2025, de <https://jhuete.es/equipamiento/sistemas-de-produccion/>

LI COR Environmental. (2025). *Quantum Sensor LI 190R e outros sensores de radiação – parâmetros e aplicações (PAR, 400–700 nm)*. Obtido em 16 de junho de 2025, de <https://www.licor.com/products/light/quantum>

Ramos, L. (2024, 12 de dezembro). Portugal is the world's second largest exporter of medicinal cannabis, exceeding 20 tonnes in 2024. *CannaReporter*. <https://www.cannareporter.eu/en/2024/12/12/Portugal-is-the-world%27s-second-largest-exporter-of-medicinal-cannabis%2C-surpassing-20-tons-in-2024/>

Sensirion AG. (2025). *SHT31 ARP B: Sensor de humidade e temperatura com saída analógica (0–100 % RH; –40 °C a 125 °C; precisão ±2 % RH, ±0,3 °C)*. Obtido em 16 de

junho de 2025, de

<https://www.digikey.pt/pt/products/detail/sensirion%20ag/SHT31%20ARP%20B/5872251>

Trotec. (2024). *Desumidificadores HomeComfort – parâmetros de desempenho e aplicação doméstica*. Obtido em 16 de junho de 2025, de

<https://pt.trotec.com/shop/desumidificadores/desumidificador-para-casa.html>

World Health Organization. (2003). *Guidelines on Good Agricultural and Collection Practices (GACP) for medicinal plants*.

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42783/9241546271.pdf?sequence=1>

Zheng, Y. (Ed.). (2022). *Handbook of cannabis production in controlled environments*. CRC Press.

# Anexos

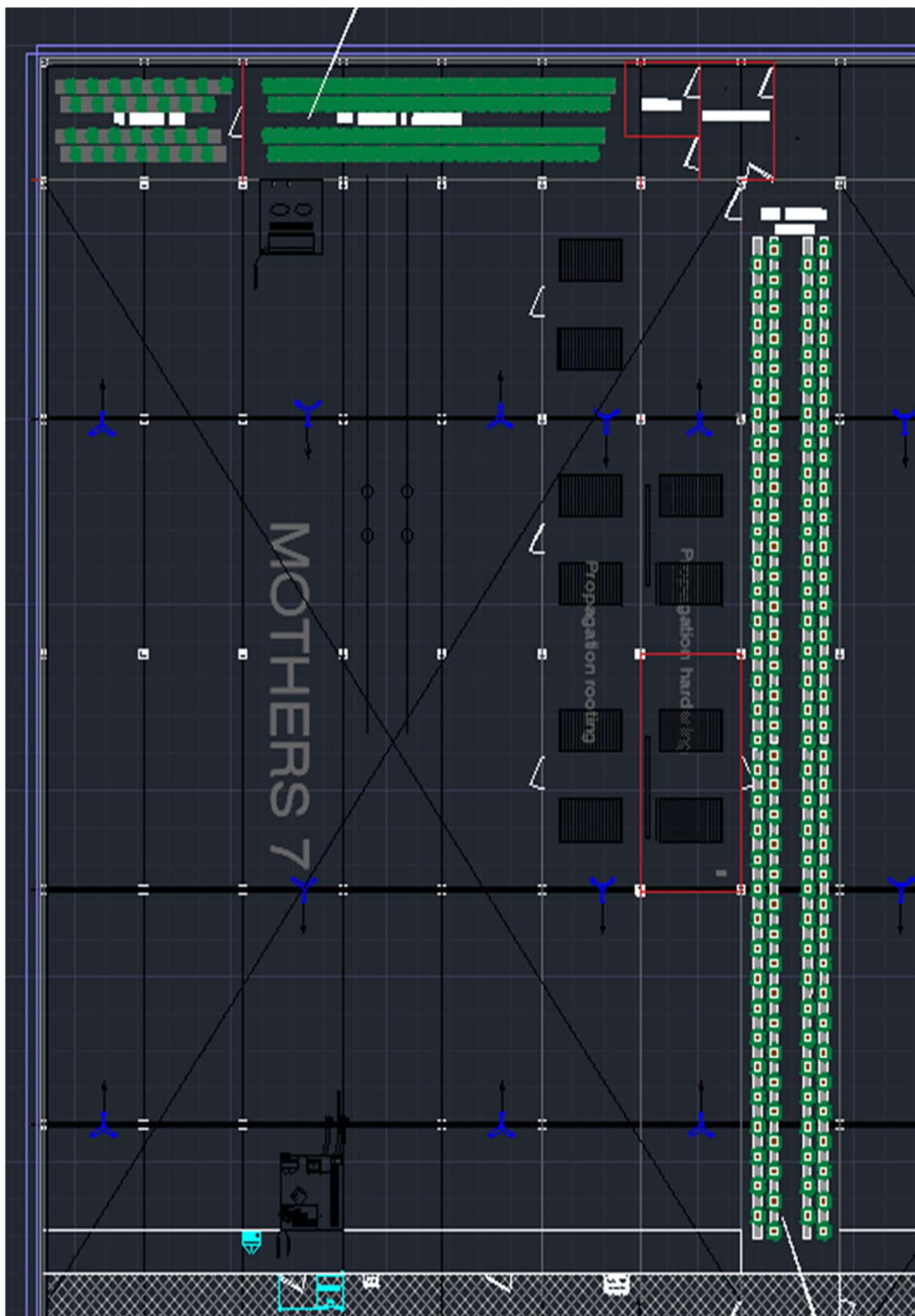
## Anexo I – Mapa de características atuais e necessidades das áreas afetas ao projeto

Nome da sala	Área m2	Características atuais	Alterações e melhorias
Floração Escola	160	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em betão.</li> <li>• 1 exaustor.</li> <li>• Parede evaporativa com 4m.</li> <li>• Ponto de água de rega.</li> <li>• Ponto de energia elétrica.</li> <li>• Paredes em Plástico polietileno.</li> <li>• Pé direito 4,30m.</li> <li>• Altura à cumeeira 5,40m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de barreiras físicas para controlo de pragas.</li> <li>• Instalação de equipamentos de sanitização.</li> <li>• Instalação de estações meteorológicas, sensores e sondas e sua comunicação com o sistema GALCON.</li> <li>• Instalação de Canaletas e sistema de drenagem para as plantas.</li> <li>• Instalação de ventiladores e circuladores de ar.</li> <li>• Instalação de desumidificadores.</li> <li>• Adaptação de rede elétrica.</li> <li>• Adaptação de rede e sistema de rega.</li> <li>• Instalação de sistema de iluminação das plantas.</li> <li>• Adaptação do sistema de arrefecimento.</li> <li>• Montagem de telas de controlo climático.</li> <li>• Montagem de telas de gestão de fotoperíodo (blackout);</li> <li>• Montagem de estrutura de suporte a redes tutoras.</li> <li>• Colocação de mobiliário de suporte ao cultivo.</li> <li>• Colocação de meios de combate a incêndios.</li> </ul>
Vegetação Escola	80	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em betão.</li> <li>• Paredes que variam entre os plásticos polietileno, redes de controlo de pragas e alvenarias em blocos de cimento.</li> <li>• Pé direito 4,30m.</li> <li>• Altura à cumeeira 5,40m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação de divisória física entre esta sala e a sala destinada a plantas mãe Escola.</li> <li>• Instalação de barreiras físicas para controlo de pragas.</li> <li>• Instalação de estações meteorológicas, sensores e sondas e sua comunicação com o sistema central de controlo climático da estufa e sistema de rega e fertilização.</li> <li>• Instalação de equipamentos de sanitização.</li> <li>• Instalação de Canaletas e sistema de drenagem para as plantas.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de ventiladores e circuladores de ar.</li> <li>• Instalação de desumidificadores.</li> <li>• Adaptação de rede elétrica.</li> <li>• Adaptação de rede de água e sistema de rega.</li> <li>• Instalação de sistema de iluminação das plantas.</li> <li>• Montagem de telas de controlo climático.</li> </ul>
Plantas Mãe Escola	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em betão.</li> <li>• Paredes que variam entre os plásticos polietileno, redes de controlo de pragas e alvenarias em blocos de cimento.</li> <li>• Pé direito 4,30m.</li> <li>• <b>Altura à cumeeira 5,40m</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação de divisória física entre esta sala e sala destinada a vegetação da escola.</li> <li>• Instalação de barreiras físicas para controlo de pragas.</li> <li>• Instalação de estações meteorológicas, sensores e sondas e sua comunicação com o sistema central de controlo climático da estufa e sistema de rega e fertilização.</li> <li>• Instalação de equipamentos de sanitização.</li> <li>• Instalação de Canaletas e sistema de drenagem para as plantas.</li> <li>• Instalação de ventiladores e circuladores de ar.</li> <li>• Instalação de desumidificadores.</li> <li>• Adaptação de rede de água e sistema de rega.</li> <li>• Instalação de sistema de iluminação das plantas.</li> <li>• Criação de sistema de arrefecimento.</li> <li>• Montagem de telas de controlo climático</li> </ul>
Laboratório Escola	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em betão.</li> <li>• Paredes em painel tipo sandwich.</li> <li>• Aparelho de Ar condicionado</li> <li>• Iluminação</li> <li>• Pontos de energias elétrica.</li> <li>• Ponto de água potável.</li> <li>• Pé direito 2,30m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de equipamentos de sanitização.</li> <li>• Nova pintura do pavimento existente.</li> <li>• Requalificação da instalação elétrica existente.</li> <li>• Requalificação do sistema de fornecimento de água potável.</li> <li>• Criação de rede de esgotos.</li> <li>• Colocação de sondas de leitura de temperatura e humidade</li> </ul>
Produção Indoor Escola	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes laterais e teto em plástico polietileno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição de paredes e teto em plástico polietileno por painéis tipo sandwich.</li> </ul>

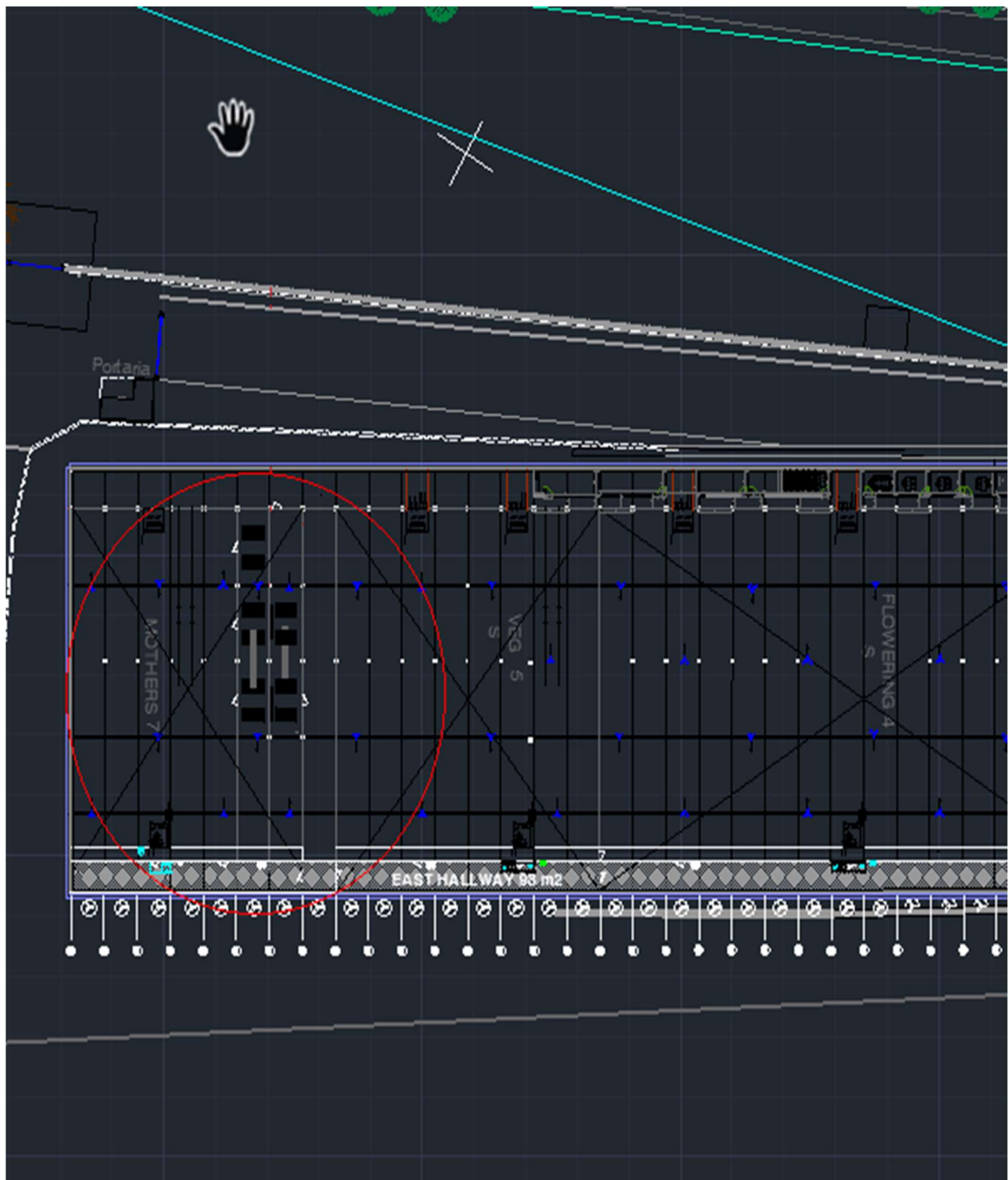
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em tela de solos.</li> <li>• Pé direito 2,30m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação de pavimento.</li> <li>• Instalação de estações meteorológicas, sensores e sondas e sua comunicação com o sistema central de controlo climático da estufa e sistema de rega e fertilização.</li> <li>• Instalação de equipamentos de sanitização.</li> <li>• Instalação de Canaletas e sistema de drenagem para as plantas.</li> <li>• Instalação de ventiladores e circuladores de ar.</li> <li>• Instalação de desumidificadores.</li> <li>• Adaptação de rede elétrica.</li> <li>• Adaptação de rede de água e sistema de rega.</li> <li>• Instalação de sistema de iluminação das plantas.</li> <li>• Instalação de equipamentos de climatização do interior da sala;</li> </ul>
Propagação Escola	32	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes laterais e teto em plástico polietileno</li> <li>• Pavimento em tela de solos.</li> <li>• Pé direito 2,30m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição de paredes e teto em plástico polietileno por painéis tipo sandwich.</li> <li>• Colocação de pavimento.</li> <li>• Instalação de estações meteorológicas, sensores e sondas e sua comunicação com o sistema central de controlo climático da estufa e sistema de rega e fertilização.</li> <li>• Instalação de Canaletas e sistema de drenagem para as plantas.</li> <li>• Instalação de ventiladores e circuladores de ar.</li> <li>• Instalação de desumidificadores.</li> <li>• Adaptação de rede elétrica.</li> <li>• Adaptação de rede de água e sistema de rega.</li> <li>• Instalação de sistema de iluminação das plantas.</li> <li>• Instalação de equipamentos de climatização do interior da sala;</li> </ul>
Pavilhão ESBE	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pavimento em betão.</li> <li>• Rede elétrica.</li> <li>• Rede de água potável.</li> <li>• Portões metálicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não necessita de intervenção</li> </ul>

## Anexo II – Planta de implantação das culturas

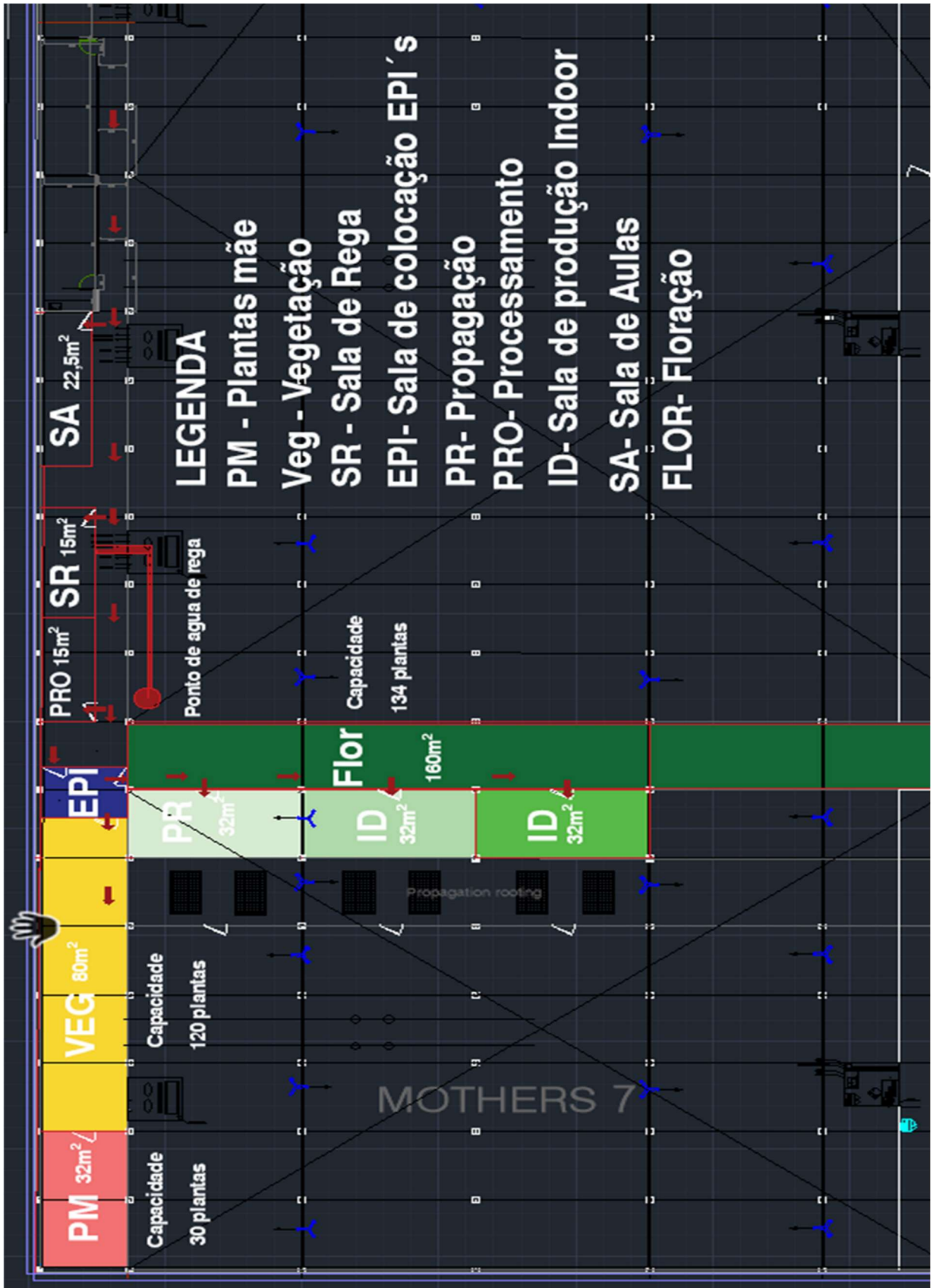




## Anexo IV – Planta de localização do projeto



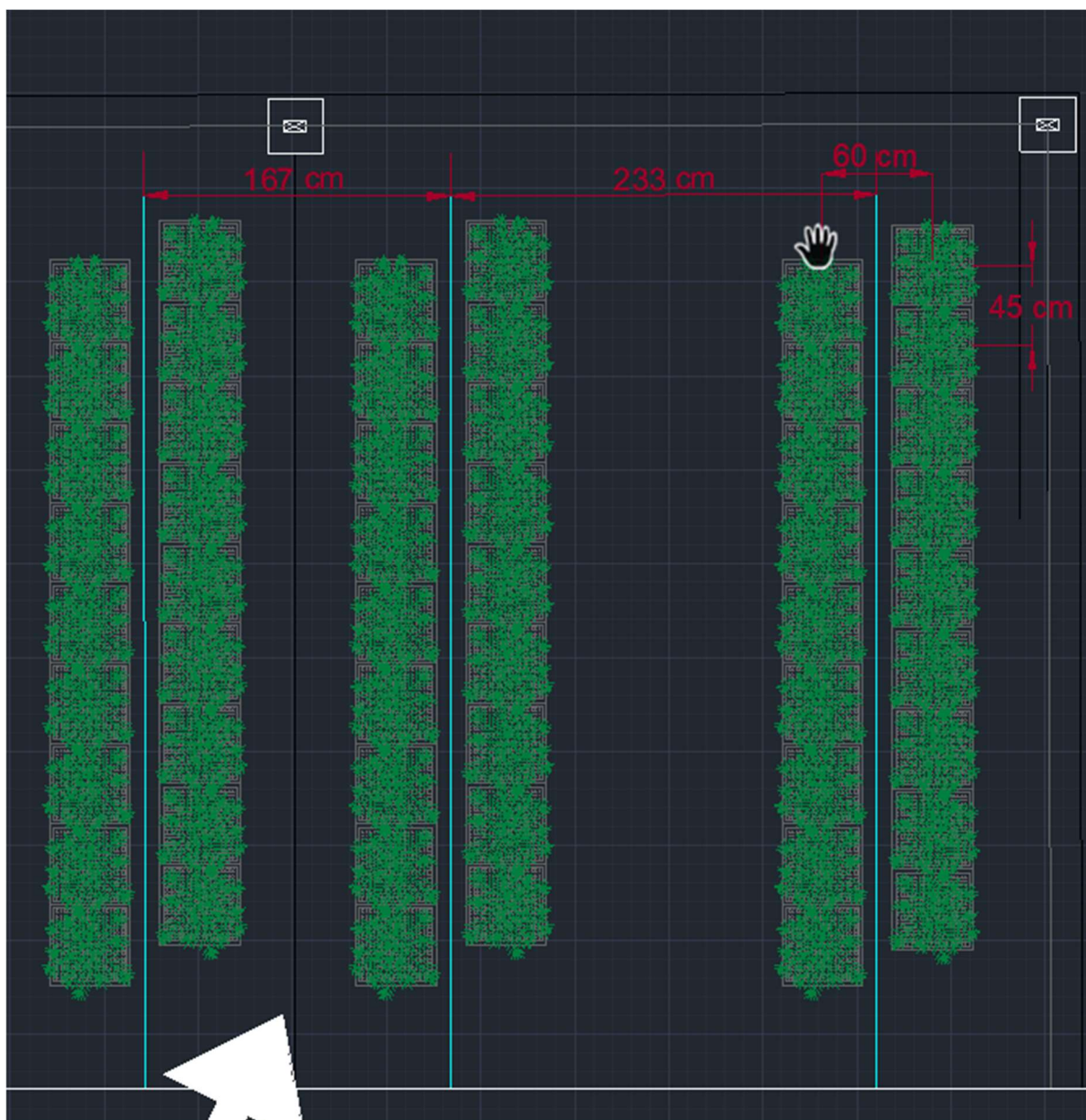
**Anexo V – Planta de implementação do projeto**



## Anexo VI – Mapa de custos para a área de Plantas mãe escola

Item / Equipamento	Descrição	Quantidade	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
<b>Sensor de radiação PAR</b>	Apogee SQ-500	1	1.200,00	1.200,00
<b>Sistema de iluminação LED</b>	Painéis LED Fluence SPYDR 2x	4	1.200,00	4.800,00
<b>Sonda de humidade e temperatura</b>	Sensirion SHT35 (0-100% HR, ±2-3%)	1	150,00	150,00
<b>Desumidificador</b>	Trotec TTK 175 S	1	700,00	700,00
<b>Ventiladores internos</b>	ventiladores para circulação interna	4	80,00	320,00
<b>Rede mesh + cortina motorizada</b>	Sistema de controlo pragas e cortina automática	1	1.200,00	800,00
<b>Porta lateral (manutenção)</b>	Manutenção ou substituição, se necessário	1	200,00	200,00
<b>Instalação elétrica</b>	tomadas internas	1	25,00	25,00
<b>Ponto de água potável + tubagem</b>	Tubagem multicamada 20 mm + instalação	1	100,00	100,00
<b>Sistema rega gota-a-gota tubo 20 mm com gotejadores individuais</b>	tubo 20 mm com gotejadores individuais	1	500,00	500,00
<b>TOTAL</b>				<b>8.795,00</b>

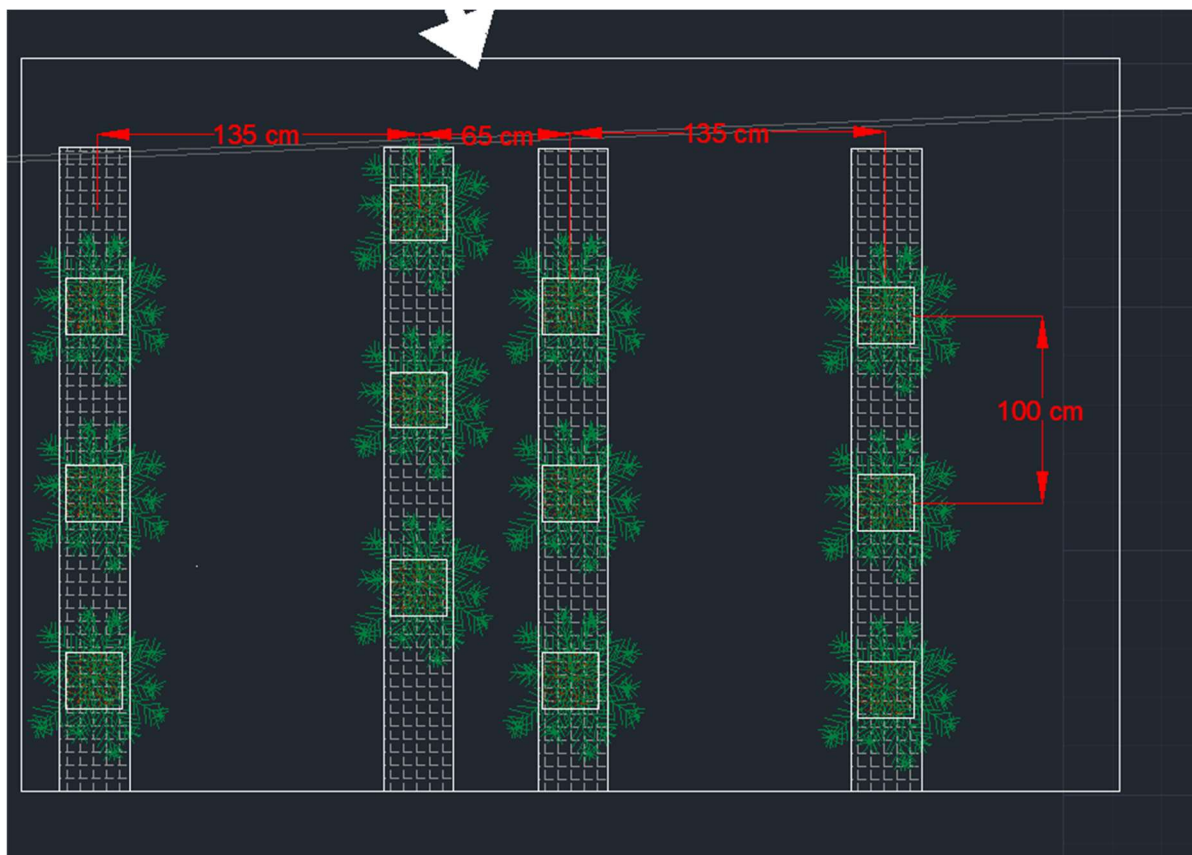
## Anexo VII – Planta de implantação e espaçamento das plantas de cannabis em vegetação



## Anexo VIII – Mapa de custos para a área de vegetação escola

Item / Equipamento	Descrição	Quantidade	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
<b>Sensor de Radiação</b>	Partilhado com sala Plantas Mãe Escola	0 (partilhado)	0,00	0,00
<b>Luminária LED 400W</b>	Sanlight Q6W ou Fluence SPYDR 2p - espectro completo c/ reforço azul	6	550,00	3.300,00
<b>Suporte suspenso ajustável</b>	Estrutura metálica regulável em altura	6	65,00	390,00
<b>Tela Térmica Harmony 3647 FR</b>	Tela motorizada para controlo de radiação solar	1 conjunto	1.800,00	1.800,00
<b>Ventiladores internos</b>	Circulação interna do ar (parede poente + divisória)	6	120,00	720,00
<b>Desumidificador adicional</b>	Equipamento novo para ambas as salas	1	1.500,00	1.500,00
<b>Estrutura suporte drenagem</b>	Canaletas e estrados em PVC + estrutura metálica	1 conjunto	950,00	950,00
<b>Bomba de extração de água</b>	Para caixa de recolha de água excedente	1	280,00	280,00
<b>Divisória em rede mesh</b>	Entre salas de Vegetação e Plantas Mãe Escola	1	600,00	600,00
<b>Ante-câmara de acesso</b>	Com torniquete, 3 portas, EPIs, painéis sandwich, rede mesh	1 conjunto	3.200,00	3.200,00
<b>Torniquete de desinfeção</b>	Para antecâmara	1	850,00	850,00
<b>Dispensadores de EPIs</b>	Montagem na antecâmara	3	45,00	135,00
<b>Ponto de água potável</b>	Derivação da Clonagem MHI	1	150,00	150,00
<b>Sistema de rega gota-a-gota</b>	Conduitas 2" e 1 1/4", tubo 20 mm + gotejadores	1 sistema	1.400,00	1.400,00
<b>TOTAL</b>				15.275,00

**Anexo IX** – Planta de implantação e espaçamento das plantas de cannabis em floração



## Anexo X – Mapa de custos do investimento na sala de floração escola

Item / Equipamento	Descrição	Quantidade	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
<b>Sensor de Radiação</b>	LI-COR LI-190R, 400–700 nm, compatível GALCON	1	520,00	520,00
<b>Luminária LED 400W</b>	Fluence SPYDR 2i, espectro florativo	16	550,00	8.800,00
<b>Suporte suspenso ajustável</b>	Estrutura metálica regulável em altura	16	65,00	1.040,00
<b>Tela Térmica Harmony 3647 FR</b>	Tela opaca blackout motorizada para controlo de fotoperíodo	1 conjunto	2.500,00	2.500,00
<b>Ventiladores internos</b>	Circulação interna do ar (8 unidades)	8	120,00	960,00
<b>Estações meteorológicas</b>	Para monitorização térmica e higrométrica em dois pontos	2	600,00	1.200,00
<b>Desumidificador Fral FDHE120</b>	Capacidade 120 L/dia com drenagem contínua	3	1.200,00	3.600,00
<b>Estrutura suporte drenagem</b>	Canaletas e estrados em PVC + estrutura metálica	1 conjunto	950,00	950,00
<b>Bomba de extração de água</b>	Para caixa de recolha de água excedente	1	280,00	280,00
<b>Divisória em rede mesh</b>	Substituição de porta por rede mesh no topo nascente	1	600,00	600,00
<b>Tomadas elétricas</b>	Instalação de 4 pontos elétricos	4	50,00	200,00
<b>Ponto de água potável</b>	Ligação a ponto existente no Laboratório Escola	1	150,00	150,00
<b>Sistema de rega gota-a-gota</b>	Conduitas 2" e 1 1/4", tubo 20 mm + gotejadores	1 sistema	1.400,00	1.400,00
<b>TOTAL</b>				22.200,00

## Anexo XI – Mapa de custos do investimento na sala de produção Indoor ESBE

Item / Equipamento	Descrição	Quantidade	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
<b>Sensor de Radiação</b>	Apogee Instruments SQ-500, Quantum Sensor, 389–692 nm, compatível GALCON	1	450,00	450,00
<b>Luminária LED 660W</b>	Fluence SPYDR 2p, $\geq 2.5 \mu\text{mol/J}$ , espectro completo para floração	8	520,00	4.160,00
<b>Sensor T/H</b>	Sensirion SHT35-DIS-B – Temperatura e humidade relativa ( $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ )	1	180,00	180,00
<b>Sensor HR adicional</b>	Sensirion SHT85 – Humidade relativa	1	200,00	200,00
<b>Desumidificador</b>	Trotec TTK 140 S, capacidade 40L/dia, área até 45 m <sup>2</sup> , integração GALCON	1	600,00	600,00
<b>Ventiladores</b>	Ventiladores axiais para circulação de ar (montagem em pilares)	8	60,00	480,00
<b>Ar Condicionado</b>	Daikin SkyAir Alpha (FCAHG35A + RXM35), tipo split com função inverter	1	1.200,00	1.200,00
<b>Estrutura suporte drenagem</b>	Estrutura metálica inclinada + calhas e estrados em PVC	1 conjunto	500,00	500,00
<b>Bomba de extração de água</b>	Para caixa de recolha de água de drenagem	1	200,00	200,00
<b>Tomadas elétricas</b>	4 pontos elétricos instalados a partir do Q.P.5.4.1	4	50,00	200,00
<b>Ponto de água potável</b>	Ligação à rede existente + instalação multicamada 20 mm	1	150,00	150,00
<b>Sistema de rega gota-a-gota</b>	Tubo PEAD 1¼" + secundárias de 20 mm + gotejadores individuais	1 sistema	1.470,00	1.470,00
<b>TOTAL</b>				9.890,00

## Anexo XII – Mapa de custos do investimento na sala de propagação ESBE

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (€)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
<b>Sensor Quantum Apogee SQ-500-SS</b>	1	460,00	460,00
<b>Luminárias LED Fluence SOYDR 2p (6 unidades)</b>	6	510,00	3.060,00
<b>Sensor Sensaphone FGD-0101</b>	1	160,00	160,00
<b>Ar Condicionado Daikin SkyAir</b>	1	1.250,00	1.250,00
<b>Sensor Vaisala HMD60Y</b>	1	360,00	360,00
<b>Humidificador Nevada Ultrasonics</b>	1	800,00	800,00
<b>Painéis tipo sandwich (PU 5 cm)</b>	-	-	1.200,00
<b>Porta técnica de acesso</b>	1	250,00	250,00
<b>Instalação de tomadas elétricas (4 unidades)</b>	4	50,00	200,00
<b>Ponto de água potável</b>	1	170,00	170,00
<b>Sistema de rega gota-a-gota</b>	1	1.450,00	1.450,00
<b>Mão-de-obra elétrica e ligações</b>	-	-	1.580,00
<b>TOTAL</b>			<b>10.940,00</b>

### Anexo XIII – Mapa de custos do investimento no laboratório ESBE

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário (€)</b>	<b>Subtotal (€)</b>
<b>Sonda de temperatura Pt100 (alta precisão)</b>	1	600,00	600,00
<b>Sistema de ar condicionado split (6 a 8 kW)</b>	1	3.200,00	3.200,00
<b>Exaustor de alta potência para ventilação</b>	1	1.000,00	1.000,00
<b>Janela de insuflação (instalação)</b>	1	400,00	400,00
<b>Sonda de humidade relativa Sensirion SHT3x</b>	1	500,00	500,00
<b>Painéis tipo sandwich (PU 5 cm) com isolamento térmico</b>	-	2.500,00	2.500,00
<b>Tomadas elétricas internas (instalação)</b>	6	70,00	420,00
<b>Bancada de trabalho (material resistente, anti-corrosiva)</b>	1	1.000,00	1.000,00
<b>Capela de fluxo laminar</b>	1	2.200,00	2.200,00
<b>Estufa de secagem</b>	1	1.300,00	1.300,00
<b>Microscópio ótico</b>	1	950,00	950,00
<b>Equipamento medição pH e condutividade elétrica (EC)</b>	1	600,00	600,00
<b>Sistema de armazenamento refrigerado</b>	1	1.000,00	1.000,00
<b>Computador com software GALCON</b>	1	770,00	770,00
<b>Pontos de água potável (existente + 2 novos)</b>	3	100,00	300,00
<b>TOTAL</b>			<b>17.040,00</b>

## Anexo XIV — Lista de Verificação Técnica

Item	Critério	Status	Observações
<b>1. Planeamento do Projeto</b>	Desenhos AutoCAD completos	[✓ / X]	
<b>2. Aquisição de Equipamentos</b>	Orçamentos validados	[✓ / X]	
<b>3. Instalação Estrutural</b>	Montagem conforme especificação	[✓ / X]	
<b>4. Instalação de Sensores</b>	Sensores instalados e calibrados	[✓ / X]	
<b>5. Testes de Funcionamento</b>	Sistema GALCON em operação	[✓ / X]	
<b>6. Monitorização Inicial</b>	Dados recolhidos e validados	[✓ / X]	
<b>7. Ajustes Técnicos</b>	Correções realizadas	[✓ / X]	

## Anexo XIV — Relatório Técnico Interno

**Projeto:** Implementação do Espaço Controlado para Cultivo de *Cannabis sativa L.*

**Período:** Data Início \_\_\_\_\_ – Data de fim \_\_\_\_\_

**Responsável Técnico:**

**Versão:** 1.0

### 1. Introdução

Este relatório sumariza os dados recolhidos, análises, ocorrências e intervenções efetuadas durante o período referido, relativas à implementação e monitorização da estufa da MHI para cultivo de *Cannabis sativa L.* medicinal.

### 2. Dados de Monitorização

Variável	Intervalo Medido	Valor Médio	Observações
Temperatura (°C)	18 – 26	22	Condições adequadas
Humidade Relativa (%)	55 – 75	65	Ajustes realizados em
Concentração CO <sub>2</sub> (ppm)	400 – 800	600	Controlado via GALCON
Radiação PAR (µmol/m <sup>2</sup> /s)	200 – 600	450	Variações conforme horário

### 3. Análise de Conformidade

- Todos os parâmetros monitorizados estão dentro dos limites definidos pela legislação e boas práticas agrícolas.
- Ajustes foram necessários na ventilação e irrigação para estabilizar humidade e temperatura.

### 4. Ocorrências e Intervenções

Data	Ocorrência	Ação Corretiva	Responsável	Status
15/07/2025	Flutuação brusca na humidade	Reajuste do sistema de ventilação	Técnico A	Resolvido
22/07/2025	Atraso na entrega de sensores	Contato com fornecedor	Técnico B	Em curso

**5. Recomendações:** Continuar monitorização com frequência mínima semanal, atualizar calibragem dos sensores trimestralmente e melhorar registos manuais para aumentar confiabilidade.

## Anexo XV — Declaração de Utilização de IAG

### Declaração de Utilização de IAG

Declaro, para os devidos efeitos, que utilizei a ferramenta baseada em Inteligência Artificial ChatGPT na elaboração do presente trabalho, com a finalidade de correção sintática e ortográfica de linguagem. Comprometo-me a garantir a autoria e integridade do presente trabalho.

07 de julho de 2025 Assinatura:



