



Cânhamo Industrial: Cultivo, Produção e Valorização de Coprodutos

Dissertação

Mestrado em Agricultura Sustentável

ANDREIA DE FÁTIMA PIRES SARAGOÇA

Orientadores: Prof^ª Ana Isabel Cordeiro e Prof^ª Orlanda Póvoa

Elvas, 2026

ANDREIA DE FÁTIMA PIRES SARAGOÇA

Cânhamo Industrial: Cultivo, Produção e Valorização de Coprodutos

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em (Agricultura Sustentável) conferido pelo Instituto Politécnico de Portalegre.

Orientador: Prof.^a Doutora Ana Cordeiro e Prof.^a Doutora Orlanda Póvoa

Arguente principal: Doutor Patrick Materatski

Arguente: Prof.^a Doutora Noémia Farinha

Presidente do Júri: Prof. Doutor José Manuel Rato Nunes

Classificação: 18 valores

Escola Superior de Biociências de Elvas

2026

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À minha família, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo de todo o percurso académico. Aos meus amigos, por estarem sempre presentes, pelo companheirismo e pelos momentos de partilha que tornaram este caminho mais leve.

Ao meu namorado, pelo apoio constante, paciência e motivação nos momentos mais desafiantes, sendo um pilar fundamental ao longo deste percurso.

À Professora Ana Cordeiro, pela confiança depositada, pela orientação e por toda a ajuda prestada ao longo deste trabalho. Agradeço, de forma especial, todos estes anos de amizade, disponibilidade constante para ajudar em qualquer situação e pela sua dedicação e humanidade.

À Professora Orlanda, pela orientação, apoio e disponibilidade ao longo deste trabalho, bem como pela sua constante prontidão em ensinar e esclarecer dúvidas.

Ao projeto BGREENER (0066_BGREENER_4_E), financiado pelo programa Interreg VI-A España-Portugal (POCTEP) 2021-2027.

A todos, o meu muito obrigado.

Resumo

O presente trabalho foca-se no estudo do cânhamo industrial (*Cannabis sativa* L.), uma cultura de elevada versatilidade, sustentabilidade e interesse económico. Nesta cultura destaca-se o seu valor agronómico, ambiental e industrial, bem como a sua adaptação a diversas condições edafoclimáticas. O estudo teve como objetivo principal avaliar o comportamento agronómico de diferentes variedades em Elvas, incluindo parâmetros como desenvolvimento fenológico, produtividade, germinação, teor de THC e potencial fitotóxico. Os ensaios de germinação revelaram elevadas taxas de germinação em todas as variedades, variando entre 75,0% e 94,0%, sendo apenas observada uma redução significativa na variedade Santhica 27 entre os dois anos de avaliação. Os ensaios de profundidade de sementeira demonstraram que a profundidade de 3 cm proporcionou as melhores condições para a emergência e desenvolvimento inicial das plântulas. A análise dos teores de canabinóides por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) demonstrou que todas as variedades apresentaram teores de THC inferiores ao limite legal de 0,2%, variando entre valores residuais (<0,01%) e 0,10%. A variedade Futura 75 apresentou o maior teor de THC (0,03%), enquanto a Mona 16 registou o valor mais elevado (0,10%). Os ensaios de fitotoxicidade demonstraram que os diferentes extratos de cânhamo não afetaram significativamente a percentagem de germinação das sementes de alface, que variou entre 82,0% e 92,5%. Contudo, observaram-se efeitos significativos ao nível do crescimento radicular, particularmente nos extratos obtidos por decocção e em concentrações mais elevadas, evidenciando a presença de compostos com potencial alelopático. O comportamento agronómico do cânhamo industrial foi fortemente influenciado pelas condições edafoclimáticas e pelas práticas culturais, nomeadamente a data de sementeira, confirmando a importância do fotoperíodo e dos fatores ambientais na regulação do desenvolvimento e produtividade da cultura. Este estudo reforça o potencial do cânhamo industrial como cultura sustentável e multifuncional nas condições do Alentejo.

Palavras-chave: Agricultura sustentável; Aproveitamento de resíduos; *Cannabis sativa* L.; Determinação de biomassa; Ensaio de germinação; Sementes.

Abstract

This study focuses on industrial hemp (*Cannabis sativa* L.), a crop of considerable versatility, sustainability, and economic importance. Industrial hemp is recognised for its agronomic, environmental, and industrial value, as well as for its ability to adapt to a wide range of edaphoclimatic conditions. The main objective of this research was to evaluate the agronomic performance of different hemp varieties under the environmental conditions of Elvas, Portugal, including phenological development, productivity, seed germination, THC content, and phytotoxic potential. The germination assays revealed high germination rates across all varieties, ranging from 75.0% to 94.0%, with a significant reduction observed only in the Santhica 27 variety between the two years of evaluation. Sowing depth trials demonstrated that a depth of 3 cm provided the most favourable conditions for seedling emergence and early development. Cannabinoid analysis by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) showed that all varieties presented THC concentrations below the legal threshold of 0.2%, ranging from residual levels (<0.01%) to 0.10%. The Futura 75 variety exhibited the highest THC content (0.03%), whereas Mona I 6 recorded the highest value overall (0.10%). Phytotoxicity assays demonstrated that hemp extracts did not significantly affect the germination percentage of lettuce seeds, which ranged from 82.0% to 92.5%. However, significant effects were observed on root growth, particularly in extracts obtained by decoction and at higher concentrations, indicating the presence of compounds with allelopathic potential. The agronomic performance of industrial hemp was strongly influenced by edaphoclimatic conditions and cultivation practices, particularly sowing date, confirming the importance of photoperiod and environmental factors in regulating crop development and productivity. Overall, this study highlights the potential of industrial hemp as a sustainable and multifunctional crop under the environmental conditions of the Alentejo region.

Key words: Biomass determination; *Cannabis sativa* L.; Germination assay; Seeds; Sustainable agriculture; Waste valorization

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

C. sativa - *Cannabis sativa*

CBD - Canabidiol

cm - Centímetro

CO₂- Dióxido de carbono

CTAEX - Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario

DGAV - Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

EUA - Estados Unidos da América

gr - Gramas

HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

INIAV - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

m² - Metro quadrado

m³ - Metros cúbicos

mg - Miligramas

ml - Mililitros

mm - Milímetros

nm - Nanómetros

PAC - Política Agrícola Comum

THC - Delta-9-tetrahydrocannabinol

UE - União Europeia

Var. - Variedade

µm - Microlitros

Índice Geral

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	vi
Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	viii
Índice Geral	x
Índice de Figuras	xii
Índice de Quadros	xiv
1. Introdução e Objetivos	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivos	2
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. <i>Cannabis sativa</i> – Cânhamo Industrial	3
2.1.1. Origem do Cânhamo Industrial	3
2.1.2. Utilizações e Benefícios Ambientais do Cânhamo	4
2.1.3. Enquadramento Legal na União Europeia	7
2.2. Importância do Cânhamo Industrial a Nível Internacional, Europeu e Nacional	8
2.3. Morfologia	10
2.3.1. Composição das Sementes de Cânhamo	12
2.3.2. Estados Fenológicos do Cânhamo Industrial	13
2.3.3. Diferença Entre Cânhamo Industrial e Cannabis Medicinal	15
2.4. Itinerário da Cultura	16
3. Material e Métodos	20
3.1. Implantação da Cultura	20
3.2. Processamento das Amostras de Cânhamo Industrial	21
3.2.1. Ensaio de Germinação	21
3.2.2. Determinação da Profundidade de Sementeira	22
3.2.3. Determinação do Teor de Canabinóides	22
3.2.4. Ensaio de Fitotoxicidade	23
3.3. Ensaio de Campo	24
3.3.1. Dados Meteorológicos	24

3.3.2. Estados Fenológicos	25
3.3.3. Medição da Altura das Plantas	26
3.3.4. Determinação de Produção de Biomassa	26
3.4. Tratamento estatístico dos dados.....	26
4. Resultados.....	27
4.1. Ensaio de Laboratório.....	27
4.1.1. Ensaio de Germinação.....	27
4.1.2. Determinação da Profundidade de Sementeira	30
4.1.3. Teor de Canabinóides	32
4.1.4. Ensaio de Fitotoxicidade	33
4.2. Ensaio de Campo	35
4.2.1. Dados Meteorológicos	35
4.2.2. Estados fenológicos	36
4.2.3. Altura das Plantas de Cânhamo Industrial em 2024 e 2025	38
4.2.4. Produção de Biomassa.....	40
5. Discussão	42
6. Conclusões	46
7. Bibliografia.....	48
Anexos	64

Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução da área agrícola utilizada para o cultivo de fibra de cânhamo na união europeia entre 2015 e 2022 (em mil hectares)	9
Figura 2 - Folha composta de cânhamo industrial com 7 folíolos.....	10
Figura 3 - Flores de plantas de cânhamo industrial. a) planta dióica com flores masculinas; b) planta dióica com flores femininas; c) planta monóica com estruturas reprodutivas femininas e masculinas na mesma planta	11
Figura 4 - Sementes de cânhamo industrial	13
Figura 5 - Diferentes estados de germinação de sementes de cânhamo industrial, desde a emergência da radícula, do desenvolvimento dos cotilédones, até às primeiras folhas verdadeiras	14
Figura 6 - Diferenças fenotípicas entre as diferentes variedades de <i>Cannabis sativa</i>	16
Figura 7 - Esquema de campo - disposição das diferentes variedades e repetições do Projeto BGREENER nos dois ciclos de cultivo	20
Figura 8 - Condições de eluição do HPLC para determinação do teor de canabinóides	23
Figura 9 - Germinação acumulada (%) de sementes comerciais das variedades de cânhamo industrial obtidas em 2024 e 2025	28
Figura 10 - Registo das primeiras plântulas emergidas quando semeadas a 1 cm (tabuleiro à esquerda) e 3 cm (tabuleiro à direita). Tabuleiros do fundo (5 e 7 cm de profundidade) sem plântulas emergidas. Foto tirada 4 dias após instalação do ensaio	31
Figura 11 - Altura média das plântulas medidas 10 e 14 dias após a sementeira (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).....	32
Figura 12 - Percentagem de sementes de alface germinadas quando humedecidas com extratos de cânhamo diluídos obtidos através de Maceração (Mac), Infusão (Inf) e Decocção (Dec) de folhas verdes (V) e secas (S)	33
Figura 13 - Comprimento da radícula de sementes de alface germinadas quando humedecidas com extratos de cânhamo diluídos obtidos através de Maceração (Mac), Infusão (Inf) e Decocção (Dec) de folhas verdes (V) e secas (S).....	34
Figura 14 - Estado vegetativo das plantas de cânhamo industrial. 1002 – 1º par de folhas; 1004 – 2º par de folhas; 1006- 3º par de folhas; 1008 - 4º par de folhas	36

Figura 15 - Floração e formação de semente em plantas dióicas macho de cânhamo industrial. 2100 – Formação de flores; 2101 – Começo da floração; 2102- Floração; 2103 - Fim da floração	37
Figura 16 - Floração e formação de semente em plantas dióicas fêmea de cânhamo industrial. 2200 – Formação de flores; 2201 – Começo da floração; 2202- Floração...	37
Figura 17A - Floração e formação da semente em plantas monóicas de cânhamo industrial. 2300– Formação flores femininas; 2301 – Início floração feminina; 2302- Floração feminina; 2303 - Formação flores masculinas.....	38
Figura 17B - Floração e formação da semente em plantas monóicas de cânhamo industrial. 2304 – Floração masculina; 2305 – Início maturação semente; 2306- Maturação semente; 2307 - 4º Fim maturação semente	38
Figura 18 - Altura das plantas de cânhamo industrial com o eixo do y a representar a altura medida e o eixo do x a representar o dia em que foram medidas as plantas. A) altura das plantas da var. mona 16; b) altura das plantas da var. Santhica 27; C) altura das plantas da var. Futura 75; D) altura das plantas da var. Fibror 79	39
Figura 19 - Comparação da produção de biomassa dos caules das variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025	40
Figura 20 - Comparação da produção de biomassa das folhas das variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025	41
Figura 21 - Comparação da produção de sementes das diferentes variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025	41

Índice de Quadros

Quadro 1: Escala dos estados fenológicos da cultura do cânhamo industrial	25
Quadro 2: Germinação das sementes comerciais das diferentes variedades de cânhamo industrial obtidas em 2024 e em 2025 (média de 4 repetições).....	27
Quadro 3: Taxa germinativa das sementes comerciais obtidas em 2024 no momento da receção e após 8 meses (média de 4 repetições)	29
Quadro 4: Comparação da taxa de germinação das sementes comerciais obtidas em 2024 após 8 meses de armazenamento com a taxa de germinação das sementes comerciais obtidas em 2025 no momento da receção (média de 4 repetições)	29
Quadro 5: Emergência (%) de plântulas de cânhamo industrial quando semeadas a 1, 3, 5 e 7 cm de profundidade após 4, 7 e 10 dias (Médias de 4 repetições).....	30
Quadro 6: Teor de THC (%) e CBD (%) determinado por HPLC das variedades em estudo.....	33
Quadro 7: Resumo das condições meteorológicas registadas entre junho e setembro de 2024 e 2025 (T – temperatura).....	35

I. Introdução e Objetivos

I.1. Introdução

A *Cannabis sativa* L., de nome comum cânhamo ou cânhamo industrial, é uma das culturas mais antigas utilizada para a produção de fibras (García-Tejero et al., 2019). É uma planta angiosperma, dicotiledónea anual, C3, pertence à família Cannabaceae e pode ser dióica (com plantas masculinas altas e finas e plantas femininas mais arbustivas) ou monóica (Gill, Loveys, Cavagnaro & Burton, 2023). A polinização é realizada pelo vento e por insetos, embora não seja dependente da presença de polinizadores (Lipson Feder et al., 2021). É considerada uma cultura de alto rendimento e crescimento rápido (Gill et al., 2023) e tem a capacidade de crescer em locais com vasta gama de características edafoclimáticas, requerendo baixo consumo de água e fertilizantes. O cânhamo é também cultivado sem a necessidade de aplicar produtos fitofarmacêuticos para controlar infestantes, pragas e doenças. Além disso, todas as partes da planta têm utilizações potenciais, sendo que alguns coprodutos (antes designados de resíduos) do cânhamo podem ser utilizados como inseticidas para o controlo de pragas na agricultura biológica (García-Tejero et al., 2019). Esta cultura provoca um impacto ambiental positivo através da capacidade de adaptação em distintas situações de stress (García-Tejero et al., 2019). O cânhamo oferece uma das fibras naturais mais fortes que existem. A fibra liberiana de alta qualidade, extraída do floema secundário no caule, é um material precioso para a fabricação de cordas e fios, têxteis, incluindo tecidos e roupas, papel de alta qualidade, “plásticos” biodegradáveis, componentes de construção, além de materiais de isolamento (Gill et al., 2023). O cânhamo industrial contém um nível de delta-9-tetrahydrocannabinol (THC) inferior a 0.3% ou 0.2% da parte reprodutiva da planta feminina na floração (Bertoli, Tozzi, Pistelli & Angelini, 2010).

De modo a aprofundar o conhecimento sobre esta cultura foram realizados ensaios em campo e em laboratório. Foram utilizadas 4 variedades (var.) de cânhamo industrial (var. Futura 75, var. Fibror 79, var. Mona I6 e var. Santhica 27) e foram registadas atividades de campo realizadas ao longo do ciclo de cultivo para avaliar o comportamento agronómico desta cultura nas condições edafoclimáticas de Elvas, através do registo dos estados fenológicos, medição da altura das plantas em 3 períodos distintos e avaliação da produtividade a nível de caule, sementes e folhas de cada variedade. Foram efetuados

ensaios laboratoriais: a) ensaios de germinação de sementes comerciais; b) ensaio para determinar a profundidade de sementeira ideal para as sementes de cânhamo industrial; c) determinação do teor de THC das variedades de modo a avaliar a conformidade com os limites legais estabelecidos; d) ensaios de fitotoxicidade (alelopatia) com o objetivo de avaliar o potencial herbicida dos extratos de cânhamo industrial.

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto BGREENER (0066_BGREENER_4_E), financiado pelo programa Interreg VI-A Espanha-Portugal (POCTEP) 2021-2027 e desenvolvido na região transfronteiriça EUROACE (Centro de Portugal, Extremadura e Alentejo). Este projeto teve como principal objetivo criar novos espaços de forma a aumentar a biodiversidade através da cultura do cânhamo.

1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consistiu em avaliar o comportamento agronómico da cultura do cânhamo industrial em condições edafoclimáticas específicas de Elvas, Alentejo, Portugal e em condições de laboratório. A este propósito, destacam-se os seguintes objetivos:

- Monitorizar o desenvolvimento da cultura de cânhamo industrial no campo em dois ciclos de cultivo (2024 e 2025).
- Analisar a produção do cânhamo industrial ao longo dos dois ciclos de cultivo.
- Determinar o teor de THC nas variedades utilizadas.
- Testar a fitotoxicidade de extratos vegetais de resíduos de cânhamo, avaliando o seu potencial como herbicidas de origem biológica.
- Avaliar a germinação de sementes comerciais.
- Determinar a profundidade de sementeira ideal para as sementes de cânhamo industrial.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. *Cannabis sativa* – Cânhamo Industrial

2.1.1. Origem do Cânhamo Industrial

As plantas do género *Cannabis* são plantas herbáceas anuais que pertencem à família Cannabaceae (El Oihabi, Soultana, Ammari, Ben Allal & Fakih Lanjri, 2024). *C. sativa* Linnaeus (L.) foi classificada pela primeira vez em 1753 por Lineu (Pollio, 2016). Mais tarde, foram descritas outras duas espécies: *C. indica* Lam. e *C. ruderalis* Janisch (Pollio, 2016). No entanto, muitos autores reconhecem apenas *C. sativa* como uma espécie, considerando as outras como subespécies (Janischevsky, 1924). O grupo das subespécies inclui *C. sativa* subsp. *sativa*, *C. sativa* subsp. *indica*, *C. sativa* subsp. *ruderalis*, *C. sativa* subsp. *spontanea* e *C. sativa* subsp. *kafiristanca* (Pollio, 2016; Small, 2015; Small & Cronquist, 1976).

O termo *Cannabis sativa* (“cânhamo útil” em latim) refere-se tanto ao cânhamo industrial como à canábis medicinal, sendo a sua principal diferença o teor de THC (metabolito secundário psicoativo produzido pelas plantas de *C. sativa*) (Salehi, Puchalski, Shokoohinia, Zolfaghari & Asgary, 2022). O cânhamo contém menos de 1.5% de THC, enquanto a canábis medicinal pode conter 5–10% ou mais, tendo o cânhamo também um teor de canabidiol (CBD) abundante (metabolito secundário não psicoativo produzido pelas plantas de *C. sativa* com grande potencial terapêutico, especialmente para casos de epilepsia) (Reddy, 2023).

O cultivo do cânhamo industrial remonta à China por volta de 2700 a.C., sendo expandido pela Ásia até chegar à Europa à 2.000-2.200 anos atrás (Callaway, 2004). O mais antigo registo fóssil de pólen compatível com a canábis foi encontrado em rochas com 19.6 milhões de anos (Início do Miocénico) do nordeste do Planalto Tibetano (atualmente China), que foi proposto como o centro de origem da canábis (Rull, 2022), onde é cultivado há 4.000-6.000 anos para produção de fibra e têxteis (Mcgrath, 2020). Num artigo relatado por Ren et al. (2021), indicam que *C. sativa* foi domesticada no Leste Asiático pela primeira vez, durante o início do Neolítico. Foi demonstrado que todas as variedades atuais de canábis descendem do mesmo grupo genético ancestral (Ren et al., 2021). Neste estudo é indicado que algumas plantas atualmente encontradas de cannabis

são descendentes de formas domesticadas que se tornaram espontâneas novamente, indicando que os progenitores puros de *C. sativa* poderão estar, de facto, extintos (Ren et al., 2021).

A produção de cânhamo sofreu um grande declínio na década de 1930, quando passou a ser associado à “marijuana” e acabou por ser proibido no Canadá pela Lei de Controlo de Narcóticos (Callaway, 2004). O setor também foi negativamente afetado pela aprovação da Lei Fiscal da Canábis em 1937 nos Estados Unidos da América (EUA) (Deitch, 2003). No entanto, durante a Segunda Guerra Mundial, os EUA enfrentava escassez de fibras importadas e, por este motivo, a proibição foi suspensa temporariamente e os agricultores foram incentivados a cultivá-lo (Callaway, 2004). Após a guerra, voltaram as restrições e os investimentos na indústria passaram a ser direcionados para outras culturas (Callaway, 2004; Shahzad, 2012) e, a partir daí, a produção de cânhamo na América do Norte deixou praticamente de existir, embora tenha continuado, ainda que de forma limitada, em países como China, União Soviética, França, Espanha e no Leste Europeu (Deitch, 2003).

2.1.2. Utilizações e Benefícios Ambientais do Cânhamo

O cânhamo industrial é uma cultura versátil e sustentável com uma vasta gama de aplicações. Na Europa o cânhamo é cultivado há séculos, principalmente para têxteis, cordas e outras aplicações industriais (Cortés, Ryu, Pauli, Barroso & Park, 2024). Como cultura de fibra, o cânhamo proporciona um elevado rendimento; produz mais 250% de fibra que o algodão e mais 600% de fibra que o linho, na mesma área plantada (Ranalli & Venturi, 2004). Devido à canópi e ao seu crescimento rápido, o cânhamo pode ser cultivado sem aplicação de produtos fitofármacos, uma vez que é um supressor natural de plantas infestantes e quebra os níveis de fungos e nemátodos no solo (Adesina, Bhowmik, Sharma & Shahbazi, 2020; Ranalli & Venturi, 2004). Para além disso, o cânhamo contribui para a manutenção da qualidade do solo através do seu sistema radicular, que evita a erosão do solo e a lixiviação de nutrientes. As raízes também conseguem extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo e são eficazes para a fitorremediação, absorvendo metais pesados do solo e armazenando-os no interior da planta (Mahmood, Rashid & Malik, 2013). Ainda pode ser introduzido na rotação de culturas, melhorando não só a saúde do solo, mas também quebra o ciclo das populações de pragas (Bedini et

al., 2016). Esta cultura ganhou considerável atenção graças à sua elevada tolerância a poluentes, capacidade de acumular metais pesados e potencial para estabilizar locais contaminados e tem vindo a ser utilizado na fitorremediação (Mahmood et al., 2013). Ao contrário de muitas outras plantas de fitorremediação, o cânhamo oferece a vantagem adicional de viabilidade comercial, pois pode ser usado em vários setores, como têxteis, medicamentos e materiais de base biológica. Esta multifuncionalidade aumenta o seu potencial como uma solução económica e de longo prazo para a poluição do solo em todo o mundo (Akkaya, Erdal & Tosun, 2025). É considerado uma das culturas mais ecológicas (Montford & Small, 1999), fornecendo diversas matérias-primas para inúmeras aplicações, incluindo construção, papel, biocombustíveis, bioplásticos, cosméticos e produtos de saúde (Crini, Lichtfouse, Chanet & Morin-Crini, 2020). O cânhamo usado na construção verde é um material renovável e, ao longo do ciclo de produção, desde a biomassa produzida no campo até à construção do bloco de cal/gesso, está envolvido em processos tecnológicos caracterizados por baixas emissões de carbono (Aversa et al., 2019).

O “plástico” de cânhamo é 100% biodegradável e reciclável. Pode ser 5 vezes mais rígido e 2.5 vezes mais resistente do que o polipropileno e não apresenta riscos para a saúde humana. Além disso, a sua flexibilidade é uma das principais vantagens em relação aos plásticos convencionais (Modi, Shahid, Saeed & Younas, 2018).

Estudos recentes indicam ainda o potencial da biomassa residual do cânhamo como matéria-prima na produção de biocombustíveis, contribuindo para os três pilares da sustentabilidade: económico, ambiental e social (Rehman et al., 2021). Nesse sentido, o cânhamo surge como uma solução ecológica no campo da gestão de resíduos vegetais, alinhando-se às recomendações da União Europeia para o desenvolvimento de energias renováveis (Ely & Fike, 2022; Sieracka, Frankowski, Wacławek & Czekala, 2023).

Os óleos essenciais obtidos a partir de sementes de cânhamo têm um alto valor de mercado (Nath, 2022). Além disso, o óleo essencial de cânhamo surgiu como uma ferramenta para controlar pragas (Crini et al., 2020). Assim, podem ser obtidos biopesticidas do cânhamo industrial, o que por sua vez pode reduzir a dependência de pesticidas sintéticos. Isso não só ajudará a afetar a praga alvo, mas também a proteger os inimigos naturais e outros organismos benéficos. Mais importante ainda, os biopesticidas à base de cânhamo apresentam risco mínimo para a saúde humana, bem como para o solo e o meio ambiente (Nath, 2022).

Embora o cânhamo seja tradicionalmente cultivado para a produção de fibra, nos últimos anos houve um interesse crescente na produção de semente devido ao seu elevado valor nutricional e à presença de fitoquímicos benéficos. As sementes de cânhamo são hoje reconhecidas como um alimento funcional equilibrado, rico em macronutrientes e compostos bioativos que podem ser utilizadas tanto na alimentação humana como na alimentação animal (Callaway, 2004; Vonapartis, Aubin, Seguin, Mustafa & Charron, 2015).

Um dos principais impactos ambientais positivos do cânhamo é que este é capaz de remover mais dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera do que emite durante o seu ciclo de vida. A quantidade de CO_2 absorvida por hectare varia conforme as práticas agrícolas e a produção de biomassa. Estudos comprovam que para uma produção entre 8 e 12 toneladas de biomassa por hectare, é possível sequestrar entre 10 e 15 toneladas de CO_2 (Melosini, 2017), podendo chegar até às 22 toneladas de CO_2 por hectare (Adesina et al., 2020).

Esta cultura também é considerada um forte aliado no combate ao declínio dos polinizadores. A biodiversidade global encontra-se atualmente sob forte ameaça, com os insetos entre os grupos mais afetados. Regista-se uma queda acentuada na sua diversidade e abundância, motivada por ações humanas como alterações no uso do solo e as mudanças climáticas (Outhwaite, McCann & Newbold, 2022). Esta tendência é especialmente preocupante, dada a importância ecológica dos insetos como polinizadores, controladores biológicos e agentes do ciclo de nutrientes. A sua redução pode comprometer redes tróficas e ecológicas, afetando diretamente os serviços ecossistêmicos e a resiliência ambiental (Soliveres et al., 2016). O cânhamo industrial apesar de não produzir néctar, gera grandes quantidades de pólen (O'Brien & Arathi, 2019), o que o torna um potencial recurso alimentar para insetos benéficos, especialmente durante períodos de escassez de flores entomófilas (Saunders, 2018). A presença de abelhas nas flores de cânhamo sugere que esta cultura pode favorecer a diversidade e abundância de polinizadores — organismos fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas (González-Varo et al., 2013; Potts et al., 2010).

2.1.3. Enquadramento Legal na União Europeia

A regulamentação do cânhamo industrial na União Europeia (UE) tem vindo a evoluir com o objetivo de promover práticas agrícolas sustentáveis e seguras. Em Portugal, o cultivo de *C. sativa* para fins industriais está sujeito a um conjunto de normas que definem os procedimentos de autorização, as obrigações dos produtores e os critérios técnicos e administrativos a cumprir. Este regime está considerado em diversos diplomas legais, incluindo o Decreto-Regulamentar n.º 61/94, articulado com o Decreto-Lei n.º 8/2019 e o Decreto-Regulamentar n.º 2/2020, sucessivamente alterado por legislação complementar até à Portaria n.º 14/2022.

A autorização para o cultivo é da responsabilidade da Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV) e apenas pode ser concedida para a produção de fibras e sementes para fins industriais, alimentares ou para rações animais. O pedido de autorização deve ser submetido anualmente, até 31 de julho, com um mínimo de 20 dias de antecedência relativamente à data prevista para a sementeira. O processo é formalizado por via eletrónica e exige a entrega de um conjunto detalhado de documentos, conforme estipulado no artigo 3.º da Portaria n.º 83/2021. Entre os documentos obrigatórios incluem-se: i) a identificação do agricultor ou da entidade requerente; ii) a calendarização das fases de desenvolvimento da cultura; iii) a origem e destino das sementes e da produção; iv) a localização exata das parcelas; v) documentação oficial que certifique o teor de THC das variedades a utilizar (Direção Geral de Alimentação Veterinária, 2024). As sementes devem ser certificadas, armazenadas em embalagens seladas com rótulo oficial e não podem exceder o teor de 0.2% de THC (Diário da República, I.ª série, n.º 73, 5, 2021). O cultivo deve ser efetuado exclusivamente ao ar livre, com uma área mínima admitida por exploração é de 0.5 hectares e a densidade de sementeira não pode ser inferior a 30 kg/ha. A DGAV exige ainda que os agricultores conservem, durante pelo menos um ano, as faturas de aquisição das sementes e as etiquetas oficiais das embalagens utilizadas. No caso de sobras de sementes não utilizadas, estas não podem ser reutilizadas em campanhas agrícolas seguintes e devem ser acompanhadas de prova documental do destino final.

O controlo da atividade agrícola é assegurado por entidades como o Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, podendo contar com a colaboração da Polícia Judiciária, da Guarda Nacional Republicana e da Polícia de Segurança Pública. Os

encargos decorrentes de eventuais análises laboratoriais são da responsabilidade dos produtores (Direção Geral de Alimentação Veterinária, 2024).

2.2. Importância do Cânhamo Industrial a Nível Internacional, Europeu e Nacional

Aproximadamente metade do fornecimento mundial de fibra de cânhamo é produzido pela China. A crescente procura por práticas agrícolas sustentáveis, assim como o reconhecimento das qualidades do cânhamo industrial, explicam o aumento no interesse desta cultura que tem vindo a ressurgir a nível mundial. No Canadá, foram emitidas 340 licenças de cultivo para agricultores de cânhamo industrial em 2011. Desde o início dos programas piloto estaduais para produzir cânhamo industrial nos EUA em 2014, a área total aumentou consideravelmente e o número de detentores de licenças aumentou de 292 para 3,852 em 2018. Desde a implementação da Lei Agrícola de 2018, a área cultivada aumentou ainda mais no final de 2019. Apesar deste crescimento, o futuro económico do setor permanece incerto. Existem desafios relacionados com a concorrência pelo uso do solo, especialmente com culturas mais lucrativas ou com a produção de cannabis medicinal. Há também competição a nível internacional, com países a aumentar a sua produção, o que poderá levar a um desequilíbrio entre a oferta e a procura, pressionando os preços e reduzindo a rentabilidade da cultura (Rupasinghe, Davis, Kumar, Murray & Zheljazkov, 2020).

A expansão global do cânhamo é impulsionada pela sua versatilidade e pelas suas novas aplicações. O mercado global de cânhamo industrial, em 2021, era de 4.13 mil milhões de dólares e prevê-se um crescimento anualmente de 16.8% entre 2022 a 2030 e, portanto, espera-se que atinja 10 mil milhões de dólares (Yano & Fu, 2023).

Na UE, nos últimos anos, a superfície cultivada de cânhamo industrial aumentou significativamente, passando de 20,540 hectares, em 2015, para 33,020 hectares, em 2022, o que representa um aumento de 60% (Figura 1) (Comissão Europeia, 2026).

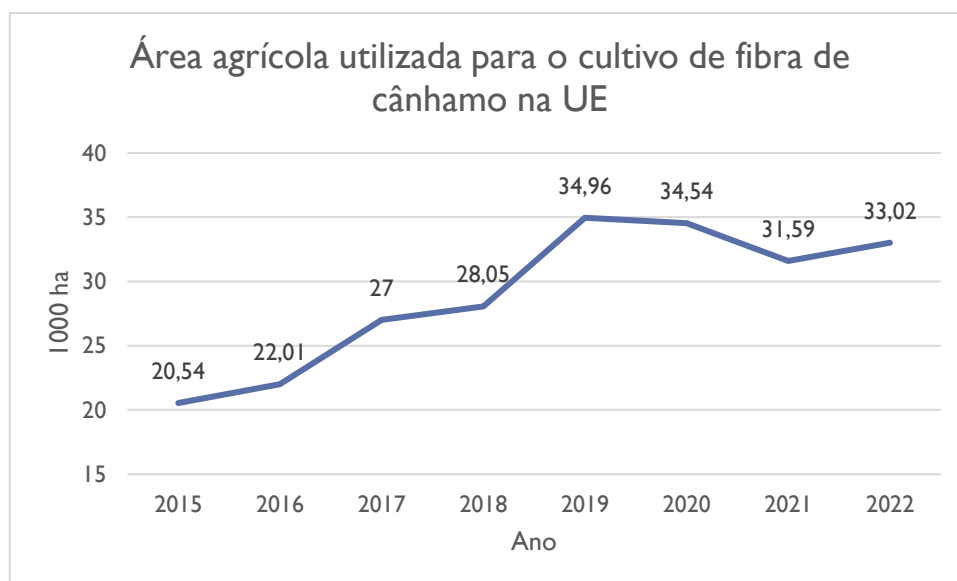


Figura I - Evolução da área agrícola utilizada para o cultivo de fibra de cânhamo na união europeia entre 2015 e 2022 (em mil hectares)
Adaptado de: Comissão Europeia, 2026

No mesmo período, a produção de cânhamo passou de 97,130 toneladas para 179,020 toneladas, o que significa um aumento de 84,3%. A França é o maior produtor de cânhamo da UE, representando mais de 60% da produção, seguida pelos Países Baixos (17%) e pela Áustria (5%) (Comissão Europeia, 2026).

Em relação a Portugal, não existem informações específicas sobre a produção de cânhamo industrial, mas as tendências gerais na UE e o contexto global sugerem que Portugal tem potencial para desenvolver o setor, uma vez que a Península Ibérica oferece condições ambientais ótimas para esta cultura (Cânhamor, 2025).

2.3. Morfologia

As plantas do género *Cannabis* são classificadas como angiospérmicas dicotiledóneas anuais, de via fotossintética C3 e pertencentes à família Cannabaceae. O seu caule é herbáceo e apresenta uma estrutura interna resistente e fibrosa, o que permite à planta atingir alturas de até 2 metros (m) e suportar ventos fortes. As folhas são pecioladas, simples na fase de plântula, de inserção oposta, passando posteriormente a ser folhas compostas digitadas e de inserção alterna na fase de desenvolvimento vegetativo, formadas por um número ímpar de folíolos lanceolados, com margens mais ou menos serrilhadas (Figura 2). A quantidade de folíolos varia de 1 a 11, dependendo de fatores como a idade da planta e a variedade. (Salami, 2024).



Figura 2 - Folha composta de cânhamo industrial com 7 folíolos

As plantas do género *Cannabis* são tipicamente dióicas (Faux, Berhin, Dauguet & Bertin, 2014), em que há plantas com apenas flores masculinas (Figura 3A) ou femininas (Figura 3B), no entanto, podem ser monóicas, ou seja, apresentar flores femininas e masculinas na mesma planta (Figura 3C) (Chandra, Lata, Khan & ElSohly, 2017; Petit et al., 2020; Punja & Holmes, 2020; Romero, Peris, Vergara & Matus, 2020; Salentijn, Petit & Trindade, 2019). A sua polinização ocorre através do vento, sendo que apresentam grandes inflorescências com uma elevada quantidade de flores (Lone, Kumar, Singh, Wani & Gairola, 2023). As flores masculinas estão dispostas em panículas terminais ou axilares. São flores actinomórficas, apresentando simetria radial e são curtamente

pediceladas. Possuem 5 estames com filetes reduzidos e anteras proeminentes. As flores femininas estão organizadas em espigas falsas, sendo cada flor acompanhada por uma bráctea semelhante a uma estípula (bractéola). O cálice e a corola não são visíveis e estão condensados no perianto. O estilete é curto e apresenta 2 estigmas que persistem até à frutificação (Rosenthal, Flannery & Bacca 2021).

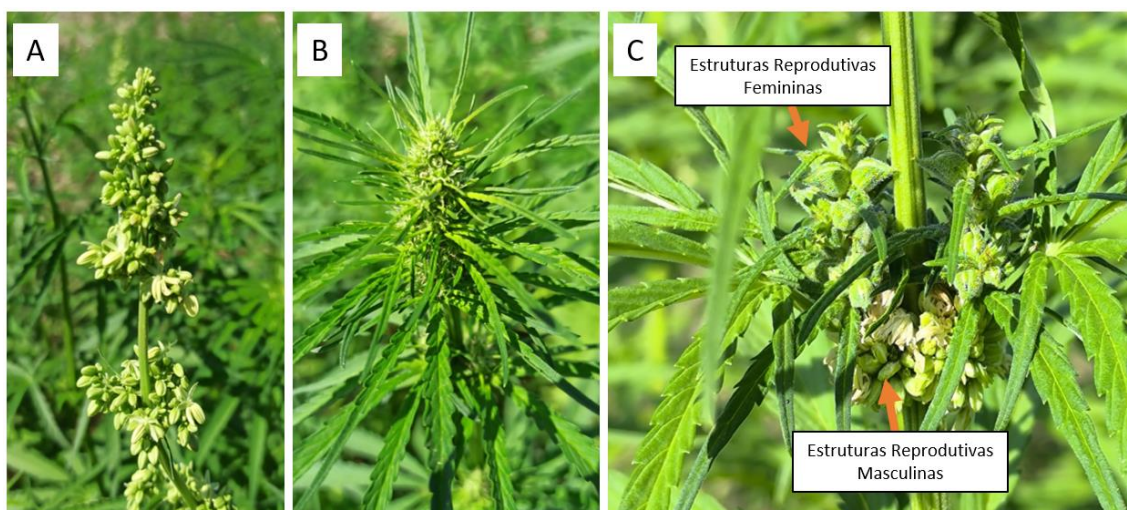


Figura 3 - Flores de plantas de cânhamo industrial. a) planta dióica com flores masculinas; b) planta dióica com flores femininas; c) planta monóica com estruturas reprodutivas femininas e masculinas na mesma planta

O fruto das plantas do género *Cannabis* são pequenos aquénios rodeados de perianto com 2-4 mm de tamanho, normalmente são de cor cinza escuro acastanhado, podendo ser castanho ou preto, também designado de semente. A sua maturação dura cerca de 20 a 40 dias, dependendo da variedade, das condições ambientais e do solo (Salami, 2024).

As plantas do género *Cannabis* produzem uma grande variedade de compostos químicos, tendo sido identificados mais de 1600, dos quais mais de 500 são metabolitos secundários e, entre estes, mais de 180 tipos distintos de canabinóides. Estes canabinóides são compostos terpénico-fenólicos com propriedades medicinais e/ou psicotrópicas (De Medeiros Dantas, Chastel, Wolfaardt, Ghislain & Lavoie 2023; Silva-Reis, Silva, Oliveira & Cardoso, 2023) e são sintetizados como mecanismos de fitoproteção. São maioritariamente sintetizados nos tricomas florais, especialmente nas inflorescências femininas, durante a fase final do seu desenvolvimento. Esta produção ocorre predominantemente nos chamados tricomas glandulares, também conhecidos como tricomas bulbosos (Apicella, Sands, Ma & Berkowitz, 2022; Chandra, Lata,

Mehmedic, Khan & ElSohly, 2015; Xie et al., 2023). Embora nestas plantas também existam tricomas pedicelados com cabeça grande e sésseis com cabeça grande, é nos tricomas bulbosos que se concentra quase toda a produção de canabinóides (Tahir, Shahbazi, Rondeau-Gagné & Trant, 2021). No entanto, as flores masculinas tendem a produzir menores teores de canabinóides, dado que possuem um número inferior de tricomas comparativamente às flores femininas (Tahir et al., 2021). Portanto, as plantas dióicas com flores femininas não fertilizadas produzem altas concentrações destes compostos através dos seus tricomas glandulares capitados (Kotiranta, Pihlava, Kotilainen & Palonen, 2024).

2.3.1. Composição das Sementes de Cânhamo

As sementes de cânhamo (Figura 4) distinguem-se pelo seu elevado valor nutricional, reunindo uma combinação única de proteínas de alta qualidade, ácidos gordos essenciais, fibras dietéticas e diversos compostos bioativos (Montserrat-de La Paz, Marín-Aguilar, García-Giménez & Fernández-Arche, 2014; Small & Marcus, 2002). Os seus principais constituintes incluem proteínas de fácil digestão (20–25%), ácidos gordos polinsaturados, lípidos abundantes (25–35%) e hidratos de carbono (20–30%) ricos em fibra insolúvel (Callaway, 2004; Matthäus & Brühl, 2008; Vonapartis et al., 2015). A proteína da semente de cânhamo é adequada para consumo humano e animal, consistindo principalmente em proteínas de alta qualidade e de fácil digestão, edestina e albumina, que são abundantes em aminoácidos essenciais (Callaway, 2004; Matthäus & Brühl, 2008; Vonapartis et al., 2015). A rica fonte de ácidos gordos polinsaturados, ácido linoléico e ácido alfa-linolénico, é favorável e considerada equilibrada para a nutrição humana (Ditrói, Kleiner, Böszörményi, Szentmihályi & Fébel, 2013; Schultz et al., 2020; Vonapartis et al., 2015). As concentrações de ácido linoléico variam entre 64 a 72% da composição total em ácidos gordos. Estes resultados dependem da variedade, das técnicas de cultivo, bem como das condições de processamento e armazenamento.



Figura 4 - Sementes de cânhamo industrial

O óleo de sementes de cânhamo contém isômeros de tocoferol: beta-tocoferol, gama-tocoferol, alfatocoferol e delta-tocoferol, estando o derivado gama-tocoferol presente em maior quantidade (Kriese et al., 2004; Oomah, Busson, Godfrey & Drover, 2002; Vonapartis et al., 2015). Os tocoferóis são antioxidantes naturais que podem reduzir o risco de distúrbios relacionados com a degeneração oxidativa (Kriese et al., 2004; Vonapartis et al., 2015). Além disso, foram detectados terpenos e polifenóis, que contribuem para o odor e sabor e atividade antioxidante (Vonapartis et al., 2015). Entre os compostos fenólicos, os flavonóides, como as flavanonas, flavonóis, flavanóis e isoflavonas, são os mais abundantes, dependendo da variedade, condições de armazenamento e técnicas de cultivo (Smeriglio et al., 2016).

2.3.2. Estados Fenológicos do Cânhamo Industrial

A *C. sativa* passa por vários estados fenológicos distintos durante seu ciclo de crescimento. Compreender estes estados é fundamental para otimizar as práticas de cultivo. A fenologia de *C. sativa* pode ser dividida em quatro grandes fases do ciclo produtivo: i) germinação e emergência, ii) crescimento vegetativo, iii) floração e formação de sementes e iv) senescência.

- i. Germinação e Emergência: a germinação inicia-se após a imbibição da semente, com o surgimento da radícula, seguido pela emergência do hipocótilo e pelo desdobramento dos cotilédones acima do solo (Figura 5). Este processo ocorre, geralmente, em 3 a 7 dias, com temperatura ótima em torno de 24.0°C (Mediavilla, Jonquera & Schmid-Slembrouck, 1998).



Figura 5 - Diferentes estados de germinação de sementes de cânhamo industrial, desde a emergência da radícula, do desenvolvimento dos cotilédones, até às primeiras folhas verdadeiras

- ii. **Crescimento Vegetativo:** esta fase decorre entre a emergência e o início do desenvolvimento dos órgãos reprodutores. É marcada pelo alongamento do caule e pela formação sequencial de folhas compostas, cujo número de folíolos aumenta progressivamente. A primeira folha verdadeira tem apenas um folíolo, a segunda possui três, a terceira cinco, e assim por diante, podendo chegar a onze folíolos por folha. A identificação dos estados vegetativos é feita pelo número de pares de folhas completamente desenvolvidas. O crescimento inicial é lento, com entrenós curtos. Em condições ideais, a planta desenvolve 7 a 12 pares de folhas durante esta fase (Mediavilla et al., 1998).
- iii. **Floração e Formação de Sementes:** o início da floração é indicado pela mudança na filotaxia (posição das folhas) de oposta para alternada. A partir desse momento, surgem os primórdios florais, ainda indistinguíveis quanto ao sexo. Nesta fase, o alongamento do caule abrandar. O aparecimento dos primórdios florais, assim como o processo de floração, ocorre da base para o topo da inflorescência (Clarke 1997).
 - **Plantas Dióicas Masculinas:** após a formação das flores estaminadas segue-se a abertura das primeiras flores, a floração plena (50% abertas) e o final da floração (95% abertas ou murchas) (Mediavilla et al., 1998).
 - **Plantas Dióicas Femininas:** define-se como o início da formação da flor feminina quando os primeiros estigmas se tornam visíveis. A floração plena é atingida quando 50% das brácteas estão formadas, independentemente da presença de pistilos com estigmas visíveis. A maturação das sementes ocorre em três fases: início da maturação (primeiras sementes duras), maturação parcial (50% das sementes duras) e fim da maturação (95% duras ou já dispersas) (Mediavilla et al., 1998).

- Plantas Monóicas: plantas monóicas desenvolvem flores femininas e masculinas. A formação das flores femininas inicia-se com brácteas sem pistilos, seguidas da emergência dos pistilos e da floração plena (50% das brácteas formadas). As flores masculinas geralmente aparecem durante a floração feminina nas extremidades dos ramos femininos. A maturação das sementes segue as mesmas etapas das plantas dióicas (Mediavilla et al., 1998).
- iv. Senescência: após a floração dos machos ou a maturação das sementes nas fêmeas e monóicas, inicia-se a fase de senescência, caracterizada pela dessecação das folhas, queda foliar e dessecação do caule. Com o tempo, ocorre a decomposição dos tecidos do caule (Mediavilla et al., 1998).

2.3.3. Diferença Entre Cânhamo Industrial e Cannabis Medicinal

A distinção entre o cânhamo industrial e a canábis medicinal é feita sobretudo ao nível químico e taxonómico, nomeadamente com base nos teores de THC e nas variedades a que pertencem. O cânhamo industrial (*C. sativa* var. *sativa*) e a canábis medicinal (*C. sativa* var. *indica*) têm sido diferenciados principalmente pelos seus níveis de produção de THC. As plantas de canábis medicinal podem chegar a produzir mais de 10% de THC, enquanto a maior parte das variedades de cânhamo tem um teor de THC de 0.3% ou menos (Russo, 2007).

No entanto, a nível morfológico encontram-se várias diferenças entre os diferentes grupos taxonómicos de canábis:

- Altura: as plantas de *C. sativa* var. *sativa* são as que atingem maior altura, podendo alcançar entre 3 a 6 m, com um aspeto aberto e ramificado que permite uma melhor captação de luz por toda a planta. Por outro lado, *C. sativa* var. *indica* apresenta um porte mais arbustivo, com altura entre 1 e 2 m. A *C. sativa* var. *ruderalis* (ou *spontanea*) é a de menor porte, raramente ultrapassando os 60 cm, com uma parte aérea pouco ramificada.
- Estrutura foliar: tanto *C. sativa* var. *sativa*, como *C. sativa* var. *indica* possuem folhas compostas digitadas. No entanto, em *C. sativa* var. *sativa*, os folíolos são mais alongadas, estreitos e com coloração mais clara, enquanto em *C. sativa* var. *indica*, as folhas são mais largas, curtas e escuras, conferindo um aspeto de maior densidade.

As folhas de *C. sativa* var. *ruderalis* apresentam um aspeto intermédio, com menor número de folíolos (Figura 6) (Murovec, Eržen, Flajšman & Vodnik, 2022).

- Caule: mais lenhoso em *C. sativa* var. *indica* do que em *C. sativa* var. *sativa*, sendo mais delgado e ligeiramente fibroso em *C. sativa* var. *ruderalis*.
- Ciclo: o ciclo vegetativo, assim como a maturação, é mais curto e precoce em *C. sativa* var. *indica* e *C. sativa* var. *ruderalis* (de 7 a 9 semanas), enquanto em *C. sativa* var. *sativa* pode demorar até 16 semanas até à floração (Basile, Tedone, Pulvento, De Mastro & Ruta, 2023; Murovec et al., 2022; Tahir et al., 2021).

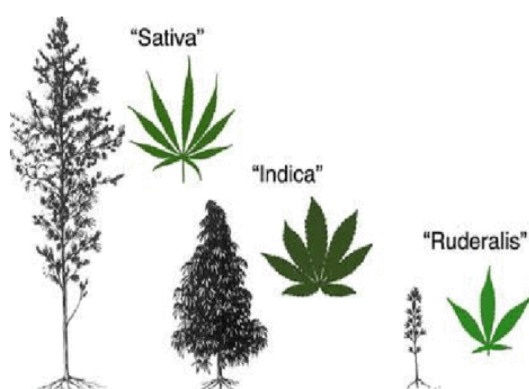


Figura 6 - Diferenças fenotípicas entre as diferentes variedades de *Cannabis sativa* (McPartland, 2018)

2.4. Itinerário da Cultura

O cânhamo tem sido frequentemente caracterizado como uma cultura tolerante a diversos fatores de stresses abióticos (García-Tejero et al., 2020; Rehman et al., 2021), além de ser uma cultura capaz de crescer em condições ambientais adversas (Burczyk, Grabowska, Kołodziej & Strybe, 2008; Parvez, Lewis & Afzal, 2021). No entanto, para a instalação da cultura é necessário ter em conta vários critérios.

- Preparação do terreno: a preparação de um solo bem descompactado e uniforme é essencial para assegurar uma emergência homogénea das plantas (Struik et al., 2000). Na preparação do solo para o cânhamo recomenda-se, especialmente em solos argilosos, a realização de uma lavoura no outono ou inverno (a 30–40 cm de

profundidade), seguida da preparação de uma superfície fina e nivelada na primavera, pouco antes da sementeira e de acordo com as características físicas do solo (Desanlis, Cerruti & Warner, 2013).

- Características do solo: um solo adequado para o cultivo do cânhamo deve ter pH de 6.0 a 7.5; deve ser profundo, rico em nutrientes e ter boa capacidade de retenção de água. O solo franco-arenoso é o melhor para o cultivo do cânhamo, seguido pelo franco- argiloso , enquanto solo argiloso pesado e solo arenoso não são adequados (Amaducci et al., 2015).
- Sementeira: a data de sementeira é definida com base na temperatura do solo e deve ocorrer quando a temperatura do solo ultrapasse os 8.0°C (Amaducci et al., 2015) e com base no fotoperíodo que define a duração da fase vegetativa e, finalmente, o rendimento de caules e sementes (Amaducci, Colauzzi, Bellocchi & Venturi, 2008; Cosentino, Riggi, Testa, Scordia & Copani, 2013). A densidade de sementeira depende do objetivo de produção. Para produção de sementes a densidade ótima varia entre 30 a 75 plantas por metro quadrado (m²), enquanto que para a produção de fibra existe uma maior amplitude de valores, com densidades entre 50 a 750 plantas por m² (Amaducci et al., 2015). Em Itália, as variedades dióicas para produção de fibra são cultivadas com uma densidade de sementeira entre 90 e 100 plantas por m², enquanto na China varia entre 120 a 150 plantas por m². Para a sementeira do cânhamo industrial são utilizadas semeadoras com uma profundidade de 2 a 3 cm e espaçamento entre linhas de 9 a 17 cm (Amaducci et al., 2015).
- Nutrientes: os fertilizantes geralmente são aplicados na primavera, antes da preparação final do solo (fósforo e potássio ou matéria orgânica), enquanto o azoto é geralmente aplicado simultaneamente ou pouco antes da época de sementeira (Amaducci et al., 2015). Shiponi & Bernstein (2021) indicam que concentrações de Fósforo entre 30 e 90 mg/L são ótimas para o desenvolvimento da planta, sendo 30 mg/L suficientes para 80% do rendimento máximo (Shiponi & Bernstein, 2021). O azoto é crucial para o crescimento vegetativo. Os níveis ideais de azoto para plantas do género *Cannabis* variam entre 60 e 210 mg/L (Dilena, Close, Hunt & Garland, 2023). No entanto, o excesso de azoto pode reduzir o rendimento geral da biomassa (Dilena et al., 2023). Em relação ao potássio, tanto o cloreto de potássio quanto o sulfato de potássio são eficazes para esta cultura, sem diferenças significativas na altura do caule, diâmetro ou rendimento (Varga et al., 2025).

- **Material Vegetal:** para uma maior produção de fibra deve-se optar por cultivares tardias, que apresentam um crescimento vegetativo prolongado, uma vez que as cultivares precoces atingem maiores rendimentos em semente. Dado que o rendimento do caule e da fibra é determinado pela duração da fase vegetativa, um atraso na data de sementeira resulta sempre numa redução da produção. Contudo, sementeiras demasiado precoces podem levar a um período de floração excessivamente prolongado, resultando numa maturação heterogênea das sementes (Amaducci et al., 2015). Para a produção de fibras, a melhor escolha deve recair sobre um genótipo que tenha um ciclo vegetativo longo e maior teor de fibras. A escolha de uma variedade tardia pode apresentar algumas desvantagens. No caso de uma cultura de cânhamo de dupla finalidade (fibra e semente), um período de floração tardio pode não deixar tempo suficiente para o amadurecimento das sementes e a colheita tardia pode coincidir com períodos húmidos e frios, desfavoráveis à secagem do caule (Amaducci et al., 2015).
- **Rega:** no clima mediterrânico, a produtividade da biomassa do cânhamo é significativamente afetada pela diminuição da disponibilidade de água durante a estação de crescimento, com perdas de entre 20.0% a 25.0% (Cosentino et al., 2013; García-Tejero et al., 2019). De modo geral, o cânhamo parece ser relativamente tolerante à seca temporária, mas períodos prolongados de escassez hídrica com elevada evapotranspiração podem levar a reduções críticas de produtividade (Tang, Fracasso, Struik, Yin & Amaducci, 2018). O cânhamo é uma cultura tolerante ao stress hídrico (García-Tejero et al., 2020) devido à capacidade de desenvolver um sistema radicular profundo, que pode chegar a atingir 130 cm, sendo que a densidade de raízes é mais elevada nos primeiros 10-20 cm de profundidade (Amaducci et al., 2008). No entanto, o cânhamo é suscetível à escassez de água durante as fases de germinação, emergência e durante os estágios iniciais de seu crescimento (Struik et al., 2000).
- **Radiação:** a produção de biomassa do cânhamo industrial está relacionada com a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura. A eficiência com que a planta converte a radiação em biomassa é conhecida como eficiência do uso da radiação. Estes 2 mecanismos são determinantes na produtividade em cultivo de exterior. Durante as primeiras semanas após a emergência, o cânhamo direciona a maior parte da matéria seca para as folhas, o que promove um fechamento rápido

do copado, aumentando a capacidade de intercetação da radiação (Meijer, Van Der Werf, Mathijssen & Van Den Brink, 1995). Este fechamento precoce do dossel, particularmente na primavera (quando a radiação fotossinteticamente ativa é elevada), permite maior intercetação de luz e, conseqüentemente, aumento da produção de biomassa. A queda na eficiência do uso da radiação após a floração está associada à senescência foliar, maior respiração associada à síntese de gordura e proteínas nas sementes, redução da fotossíntese bruta do dossel e acumulação de lignina nos caules (Meijer et al., 1995). Além disso, a eficiência do uso da radiação pode ser reduzida mesmo antes da floração sob condições de radiação excessiva, devido à saturação de luz nas folhas superiores do dossel (Meijer et al., 1995), ou em situações de stress hídrico (Cosentino et al., 2013).

- Fitossanidade: a produção de cânhamo industrial enfrenta diversos desafios relacionados a pragas e doenças que podem comprometer a qualidade e o rendimento das colheitas. Entre as principais pragas que afetam a cultura destacam-se: i) lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) que afeta principalmente os botões florais, causando danos significativos (Cranshaw et al., 2019); ii) pulgões (*Aphididae*) que são vetores de vírus e reduzem o crescimento das plantas e a produção de rebentos (McPartland & Rhode, 2005); iii) broca-europeia-do-milho (*Ostrinia nubilalis*) que causa danos e redução de rendimento de sementes (Runno-Paurson et al., 2024). Entre as principais doenças que afetam o cânhamo industrial destacam-se: i) *Fusarium* spp. que causa murchidão e podridão de flores e folhas (Thiessen, Schappe, Cochran, Hicks & Post, 2020); ii) *Botrytis cinerea* que provoca podridão, afetando principalmente as partes florais e caules (McPartland & Rhode, 2005; Thiessen et al., 2020); iii) *Pythium* spp. que está associado a doenças de raízes em ambientes de muita humidade (Thiessen et al., 2020).

3. Material e Métodos

3.1. Implantação da Cultura

O ensaio com cânhamo industrial estava localizado no Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), em Elvas. A região de Elvas é considerada uma área de clima temperado, com verões quentes e secos. No mês mais frio, a temperatura média varia entre 0.0°C e 18.0°C, enquanto durante o verão se verifica um período marcadamente seco, com a temperatura média do mês mais quente a exceder os 22.0°C. O município de Elvas apresentou uma temperatura média anual de 17.1°C em 2024 e uma precipitação média anual de 534.5 mm (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2024).

Para preparação da cama de semente foi realizada uma gradagem, seguida de uma fresagem, realizada no período de sazão do solo. A marcação do terreno foi efetuada de acordo com o esquema de campo (Figura 7) recorrendo a medições com fita métrica e delineadas com cal. Foram semeadas 4 variedades de cânhamo industrial – var. Futura 75, var. Fibror 79, var. Mona 16 e var. Santhica 27 (sementes comerciais certificadas), com uma densidade de sementeira de 60.0 kg/ha.

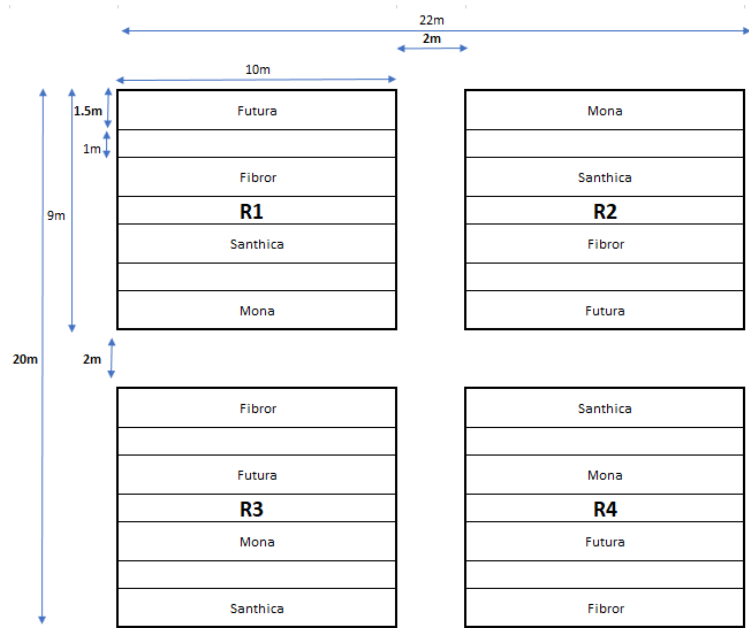


Figura 7 - Esquema de campo - disposição das diferentes variedades e repetições do Projeto BGREENER nos dois ciclos de cultivo

Semearam-se 4 repetições de cada variedade em parcelas com aproximadamente 12 m². A sementeira foi realizada com um semeador de linhas, com 6 linhas de sementeira e com um espaçamento entre linhas de aproximadamente 15 cm. No primeiro ano a sementeira foi realizada a 25 de junho e no segundo ano a 03 de junho. As diferentes datas de sementeira foram definidas com o objetivo de comparar a produção de biomassa, a evolução dos estados fenológicos e a altura das plantas nos dois ciclos de cultivo em estudo. Foi instalado um sistema de rega gota-a-gota que debita 4 metros cúbicos (m³) por hora em todo o ensaio. Neste ensaio não foram realizados quaisquer tratamentos fitossanitários, nem foram aplicados adubos ou fertilizantes, apenas água foi fornecida à cultura. Para este efeito, foram consultadas análises de solo do local (Anexo i).

3.2. Processamento das Amostras de Cânhamo Industrial

3.2.1. Ensaio de Germinação

Os ensaios de germinação foram levados a cabo no Laboratório de Biologia Vegetal da Escola Superior de Biociências de Elvas no dia 15 de maio de 2024 e no dia 26 de maio de 2025. De forma a determinar a percentagem de germinação das sementes comerciais foram contabilizadas 100 sementes e colocadas em placas de Petri com algodão e papel de filtro. Foram realizadas 4 repetições por variedade e as placas foram humedecidas com água destilada até saturação do algodão e colocadas numa câmara de germinação (Fitoclima S600) com 12 horas de luz e 12 horas de escuro a 22.0°C. As sementes germinadas foram sendo contabilizadas ao longo dos dias até a taxa germinativa estabilizar.

A determinação da taxa de germinação foi efetuada com as sementes comerciais recebidas em 2024 e 2025. Para as sementes comerciais de 2024, o ensaio foi repetido após um ano de acondicionamento em frigorífico (aproximadamente 5.0°C) para cálculo da perda de capacidade germinativa.

3.2.2. Determinação da Profundidade de Sementeira

Os ensaios de determinação da profundidade de sementeira foram levados a cabo no Laboratório de Biologia Vegetal da Escola Superior de Biociências de Elvas no dia 4 de fevereiro de 2025. O ensaio foi conduzido em 4 tabuleiros alveolares de polietileno preto, cada com 40 alvéolos de 5 cm de lado e 15 cm de profundidade. Efetuaram-se 4 repetições por cada profundidade de sementeira: 1, 3, 5 e 7 cm. Foram semeadas 5 sementes de var. Mona 16 (obtidas na colheita de 2024 do ensaio do projeto BGREENER) por alvéolo e semearam-se 10 alvéolos por repetição (um total de 50 sementes por repetição). O substrato utilizado foi composto por: 40 a 50% de humidade; 40.0 a 50.0% de matéria orgânica; 1.0 a 1.3% de azoto; 0.7 a 1.0% de fósforo; 0.8 a 1.1% de potássio; 0.6 a 0.8% de cálcio; 0.1 a 0.2% de magnésio; pH entre 5.5 e 6.5. Os tabuleiros semeados foram mantidos a uma temperatura de 25.0°C com luz natural e o substrato foi regado a cada 2-3 dias. As plântulas emergidas foram contabilizadas e medida a sua altura (2 plântulas por repetição) nos dias 6 e 10 após a sementeira, até ao término do ensaio (após 13 dias).

3.2.3. Determinação do Teor de Canabinóides

O ensaio de determinação do teor de canabinóides foi realizado no Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario (CTAEX), em Badajoz, Extremadura, Espanha. Para determinar o teor de THC das plantas através de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) foram colhidas 5 plantas verdes por variedade e por repetição de modo aleatório durante a floração.

A determinação do perfil de canabinóides foi efetuada através de um equipamento de HPLC Agilent 1260 Infinity II, equipado com: bomba quaternária modelo G7111A Quaternary Pump VL; injetor automático modelo G7129A Vialsampler; detetor de arranjo de díodos modelo G7115A 1260 DAD WR. A separação foi efetuada numa coluna Poroshell 120 EC-C18 (4,6 × 150 mm, 4 µm; Agilent Technologies) contendo fase estacionária de dimetil-n-octadecil silano imobilizado em sílica porosa. A temperatura da coluna foi mantida em 25,0 ± 0,8 °C e a deteção foi realizada a 240 nm. A fase móvel foi constituída por: solução tampão de ácido fórmico/formatos de amónio

(pH = 3,20) preparada com água ultrapura (A); acetonitrilo HPLC-grade (B). As condições de eluição seguiram um gradiente previamente estabelecido (Figura 8).

Time [min]	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Flow [mL/min]	Max. Pressure Limit [bar]
0.00	40.0	60.0	0.0	0.0	1.000	400.00
11.00	5.0	95.0	0.0	0.0	1.500	---
12.01	5.0	95.0	0.0	0.0	1.000	---
15.00	40.0	60.0	0.0	0.0	1.500	---
16.00	40.0	60.0	0.0	0.0	1.000	---

Figura 8 - Condições de eluição do HPLC para determinação do teor de canabinóides

O material vegetal de *C. sativa* foi previamente seco a temperatura ambiente. Após secagem, as amostras foram trituradas em moinho e peneiradas para uniformização da granulometria. Para cada amostra, pesou-se 0.10 gr (3 repetições) num copo medidor de 50ml. Em seguida, adicionaram-se 50ml de etanol 96% (v/v) de grau HPLC. A extração foi conduzida em banho de ultrassons por 30 minutos, assegurando que a temperatura da água não ultrapassasse 40.0°C (com troca de água, se necessário). Após a extração, o conteúdo foi transferido para um balão volumétrico de 50.0 ml, perfazendo com etanol 96% (v/v), se necessário. Em seguida, a solução foi filtrada utilizando seringa com filtro (descartando os primeiros 0.2 ml) e o extrato filtrado foi colocado em frasquinhos (vials) identificados para análise. Os vials foram colocados no equipamento e foi obtido o resultado do teor de canabinóides.

3.2.4. Ensaio de Fitotoxicidade

Os ensaios de fitotoxicidade foram levados a cabo no Laboratório de Biologia Vegetal da Escola Superior de Biociências de Elvas no dia 15 de julho de 2025. Para realização do ensaio de fitotoxicidade foram obtidos extratos de cânhamo industrial com material vegetal da var. Fibror 79 através de maceração, decocção e infusão. O material vegetal utilizado foi colhido durante a floração (ainda verde) e após a colheita (seco) e colocado a secar a temperatura ambiente e posteriormente triturado.

- Maceração: em 200 ml de água destilada foram adicionados 20 gr de material vegetal seco triturado e a mistura foi reservada durante 24 horas no escuro. Passadas as 24 horas a mistura foi filtrada.
- Infusão: colocaram-se 200 ml de água a ferver, adicionando-se 20 g de material vegetal seco triturado, deixando-se em infusão durante 5 minutos.
- Decocção: colocou-se a ferver 200 ml de água destilada e após atingir o ponto de ebulição foram adicionados 20 gr de material vegetal seco triturado, fervendo durante 10 minutos.

Todos os extratos foram diluídos com água destilada a 25, 10 e 5%. Para cada diluição de cada extrato e para o controlo negativo e positivo foram realizadas 4 repetições. Em cada placa de Petri colocou-se algodão e papel de filtro e foram colocadas 50 sementes comerciais de alface e humedeceram-se com 15 ml de cada extrato. As placas foram colocadas numa câmara de germinação (Fitoclima S600) com 12 horas de luz e 12 horas de escuro a 22.0°C durante 7 dias (Chaves Lobón, Félix & Alías Gallego, 2023). O herbicida Podium® foi utilizado como controlo positivo, tendo sido diluído a 0,6 ml por cada 100 ml de água destilada e como controlo negativo foi utilizada água destilada. Passados os 7 dias foram contabilizadas as sementes germinadas e foi medido o comprimento da radícula de 5 plântulas germinadas em cada placa de Petri.

3.3. Ensaio de Campo

Durante o ensaio foi feito um acompanhamento da cultura, onde foi medida a altura das plantas e foi feito o registo dos estados fenológicos.

3.3.1. Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo (temperatura mínima média, temperatura máxima média, temperatura mínima absoluta, temperatura máxima absoluta, precipitação total e velocidade do vento) foram obtidos a partir da estação do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) localizada no INIAV, em Elvas.

3.3.2. Estados Fenológicos

O registo dos estados fenológicos foi realizado através de observação visual, 2 a 3 vezes por semana, e foram anotados de acordo com a escala de Mediavilla et al. (1998), de acordo com o Quadro I. Apenas era designado um determinado estado fenológico quando 50% das plantas do mesmo talhão se encontravam nesse mesmo estado.

Quadro I: Escala dos estados fenológicos da cultura do cânhamo industrial
Adaptado de: Mediavilla et al. (1998)

Código	Definição
Estado Vegetativo	
1002	1º par de folhas
1004	2º par de folhas
1006	3º par de folhas
1008	4º par de folhas
Floração e Formação da Semente	
2001	Primórdio floral
Planta Díóica	Macho
2100	Formação de flores
2101	Começo da floração
2102	Floração
2103	Fim da floração
Planta Díóica	Fêmea
2200	Formação de flores
2201	Começo da floração
2202	Floração
Planta Monóica	
2300	Formação flores femininas
2301	Início floração feminina
2302	Floração feminina
2303	Formação flores masculinas
2304	Floração masculina
2305	Início maturação semente

2306	Maturação semente
2307	Fim maturação semente
Senescência	
3001	Dessecação de folhas

3.3.3. Medição da Altura das Plantas

Foi medida a altura na vertical de 25 plantas desde a base até ao topo da planta, por variedade e por repetição 22, 36 e 58 dias após a sementeira, com recurso a uma fita métrica. As plantas foram selecionadas para medição de forma aleatória, medindo sempre a planta mais alta e a mais baixa do talhão.

3.3.4. Determinação de Produção de Biomassa

Após a colheita, os caules foram separados manualmente das folhas (folhas e brácteas) e das sementes. As sementes foram posteriormente separadas das folhas com recurso a uma máquina de debulha. Após a separação, cada componente da planta foi pesado individualmente, de modo a determinar a produção de sementes, folhas e caules para cada variedade e respetivas repetições.

3.4. Tratamento estatístico dos dados

O cálculo de médias e desvio padrão foi efetuado com Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016). A análise de variância foi efetuada com recurso ao programa Statistica (StatSoftinc, 2007), utilizando ANOVA unifatorial, teste de Duncan (com $p < 0,05$) para separação de médias.

4. Resultados

4.1. Ensaio de Laboratório

4.1.1. Ensaio de Germinação

4.1.1.1. Ensaio de Germinação de Sementes Comerciais Adquiridas em 2024 e 2025

O ensaio de germinação foi efetuado com as sementes comerciais adquiridas para os ensaios em 2024 e em 2025. Após os 7 dias de incubação foram contabilizadas as sementes germinadas e foi determinada a taxa de germinação de cada uma das variedades (Quadro 2).

Quadro 2: Germinação das sementes comerciais das diferentes variedades de cânhamo industrial obtidas em 2024 e em 2025 (média de 4 repetições)

Variedade	Germinação Média (%)		Significância	p-value
	2024	2025		
Fibror 79	90.25 a	85.00 a	n.s	0.176
Futura 75	91.50 a	87.00 a	n.s	0.404
Mona 16	94.00 a	89.75 a	n.s	0.225
Santhica 27	92.25 a	75.00 b	*	0.002

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - diferença estatística significativa; n.s. - sem diferença estatística significativa (ANOVA, teste de Duncan, $p \leq 0,05$), comparando os dois anos para as mesmas variedades.

No Quadro 2 pode-se observar que apesar do decréscimo na germinação das sementes comerciais obtidas em 2025, em comparação com as sementes obtidas em 2024, apenas se observaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na var. Santhica 27.

Na Figura 9 está representada a percentagem de germinação acumulada das sementes comerciais das variedades de cânhamo industrial em estudo obtidas em 2024 e 2025. Em 2024, observou-se um rápido aumento da germinação acumulada entre o dia 17 de maio e o dia 20 de maio em todas as variedades. A partir do dia 20 de maio os valores

tendem a estabilizar, atingindo cerca de 90% de germinação em todas as variedades no último dia de contagem. Em 2025, a germinação aumentou de forma gradual ao longo do tempo quando comparada com 2024. Todas as variedades atingiram valores finais de germinação mais baixos do que em 2024.

De modo geral, os resultados mostram diferenças na germinação entre as variedades e entre os anos de obtenção das sementes, tendo existido uma maior percentagem final de germinação em 2024 em comparação com 2025.

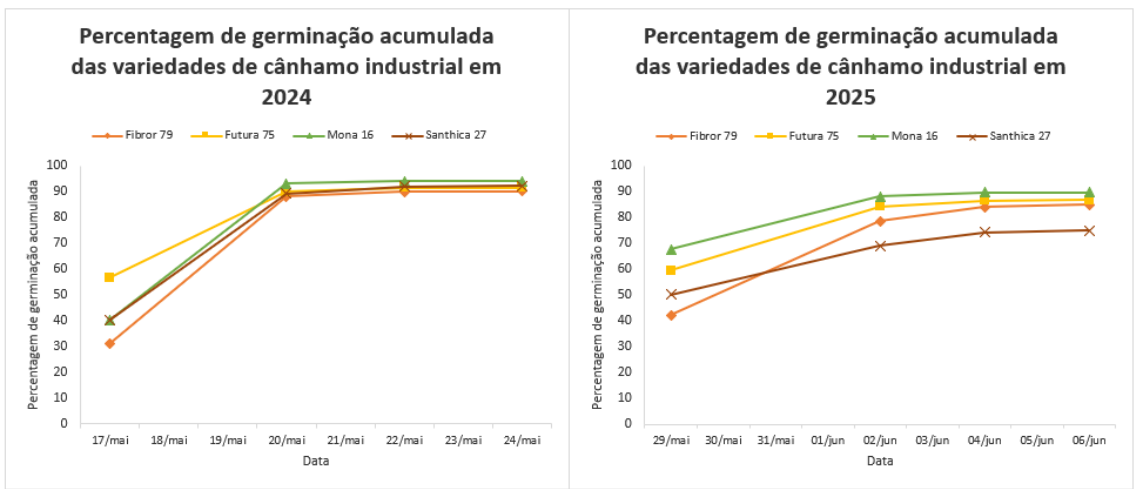


Figura 9 - Germinação acumulada (%) de sementes comerciais das variedades de cânhamo industrial obtidas em 2024 e 2025

4.1.1.2. Avaliação da Viabilidade das Sementes Comerciais ao Longo do Tempo

Para avaliar a viabilidade das sementes ao longo do tempo foram utilizadas sementes comerciais adquiridas em 2024 e testadas em 2 períodos distintos (maio de 2024 e janeiro de 2025) de apenas 3 variedades (var. Futura 75, var. Mona 16 e var. Santhica 27), dado que, na sementeira, foram utilizadas a totalidade das sementes da variedade em falta neste ensaio (var. Fibror 79) (Quadro 3).

Quadro 3: Taxa germinativa das sementes comerciais obtidas em 2024 no momento da receção e após 8 meses (média de 4 repetições)

Variedade	Germinação Média (%)		Significância	p-value
	maio de 2024	janeiro de 2025		
Futura 75	91.50 a	87.50 a	n.s	0.448
Mona 16	94.00 a	85.50 b	*	0.003
Santhica 27	92.25 a	88.50 a	n.s	0.210

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - diferença estatística significativa; n.s. - sem diferença estatística significativa (ANOVA, teste de Duncan, $p \leq 0,05$), comparando os dois anos para as mesmas variedades.

De acordo com o Quadro 3 pode-se observar que apenas existem diferenças significativas na germinação das sementes da var. Mona 16 passados 8 meses, enquanto que as restantes variedades, apesar de existir um decréscimo na taxa germinativa, o mesmo não apresenta diferenças significativas.

Comparando a taxa de germinação das sementes obtidas em 2024 após 8 meses de armazenamento e das sementes obtidas em 2025 no momento da receção, como mostra o Quadro 4, pode-se observar que as sementes da var. Futura 75 e var. Mona 16 de 2024, mesmo após 8 meses de armazenamento não demonstraram diferenças significativas na taxa de germinação quando comparadas com as sementes comerciais obtidas em 2025 no momento da receção. Para a var. Santhica 27, as sementes armazenadas desde 2024 tiveram resultados estatisticamente superiores às sementes adquiridas em 2025. Neste contexto, pode-se concluir que a viabilidade das sementes em condições adequadas de armazenamento (refrigeração a aproximadamente 5.0°C) se mantém pelo menos durante 1 ano.

Quadro 4: Comparação da taxa de germinação das sementes comerciais obtidas em 2024 após 8 meses de armazenamento com a taxa de germinação das sementes comerciais obtidas em 2025 no momento da receção (média de 4 repetições)

Variedade	Germinação Média (%)		Significância	p-value
	Sementes 2024 - após 8 meses	Sementes 2025 - receção		
Futura 75	87.50 a	87.00 a	n.s	0.876
Mona 16	85.50 a	89.75 a	n.s	0.198
Santhica 27	88.50 a	75.00 b	*	0.001

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - diferença estatística significativa; n.s. - sem diferença estatística significativa (ANOVA, teste de Duncan, $p \leq 0,05$), comparando os dois anos para as mesmas variedades.

4.1.2. Determinação da Profundidade de Sementeira

Para determinar a profundidade de sementeira ideal para as sementes de cânhamo industrial foi realizado um ensaio onde se testaram 4 profundidades distintas: 1, 3, 5 e 7 cm. No Quadro 5 pode-se observar que quando as sementes de cânhamo industrial são semeadas a 3 cm de profundidade (sem diferença estatística significativa da profundidade de 5 cm) têm uma taxa média de emergência mais elevada passados 10 dias após a sementeira, em comparação com as profundidades de 1 cm e 7 cm, tendo demonstrado que existem diferenças significativas entre as mesmas ($p=0,001995$).

Quadro 5: Emergência (%) de plântulas de cânhamo industrial quando semeadas a 1, 3, 5 e 7 cm de profundidade após 4, 7 e 10 dias (Médias de 4 repetições).

Profundidade de sementeira	Emergência (%) 4 dias	Emergência (%) 7 dias	Emergência (%) 10 dias	Total de plântulas emergidas (%)
1 cm	14	20	21	21 a
3 cm	29	52	52	52 b
5 cm	1	46	49	49 b
7 cm	0	18	31	31 a
Significância	*	*	*	*
p-value	0,000001	0,000098	0,001995	0,001995

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si. * - diferença estatística significativa; n.s. - sem diferença estatística significativa (ANOVA, teste de Duncan, $p \leq 0,05$).

Numa das repetições realizadas, as sementes de cânhamo industrial apresentaram a maior taxa de emergência quando semeadas a 5 cm (30 sementes emergidas na repetição 2), contudo, a média observada nesta profundidade é relativamente mais baixa, comparada à média observada na profundidade de 3 cm, apesar disso, estas 2 profundidade não apresentam diferenças significativas entre si.

Quando semeadas a uma profundidade de sementeira de 1 ou 7 cm, as sementes de cânhamo industrial apresentaram uma taxa média de emergência mais reduzida, tendo demorado entre 6 a 7 dias a emergir quando semeadas a 7 cm, enquanto que, quando

semeadas a 3 e 5 cm, as primeiras plântulas emergiram 4 dias após a data de sementeira (Figura 10).



Figura 10 - Registo das primeiras plântulas emergidas quando semeadas a 1 cm (tabuleiro à esquerda) e 3 cm (tabuleiro à direita). Tabuleiros do fundo (5 e 7 cm de profundidade) sem plântulas emergidas. Foto tirada 4 dias após instalação do ensaio

Na Figura 11 está representada a altura média das plântulas emergidas 10 e 14 dias após a sementeira em função da profundidade (1, 3, 5 e 7 cm). Verifica-se que as alturas médias mais elevadas, tanto na primeira medição como na segunda, foram nas profundidades 1 e 3 cm. A profundidade de 3 cm, para além de apresentar maior número de plântulas emergidas, também teve maiores valores de altura média nas duas medições.

À medida que a profundidade de sementeira aumenta, verifica-se uma redução na altura média das plântulas, especialmente na profundidade de 7 cm.

Observou-se que na segunda medição as plântulas apresentaram valores de crescimento mais elevados, indicando o seu crescimento ao longo do tempo.

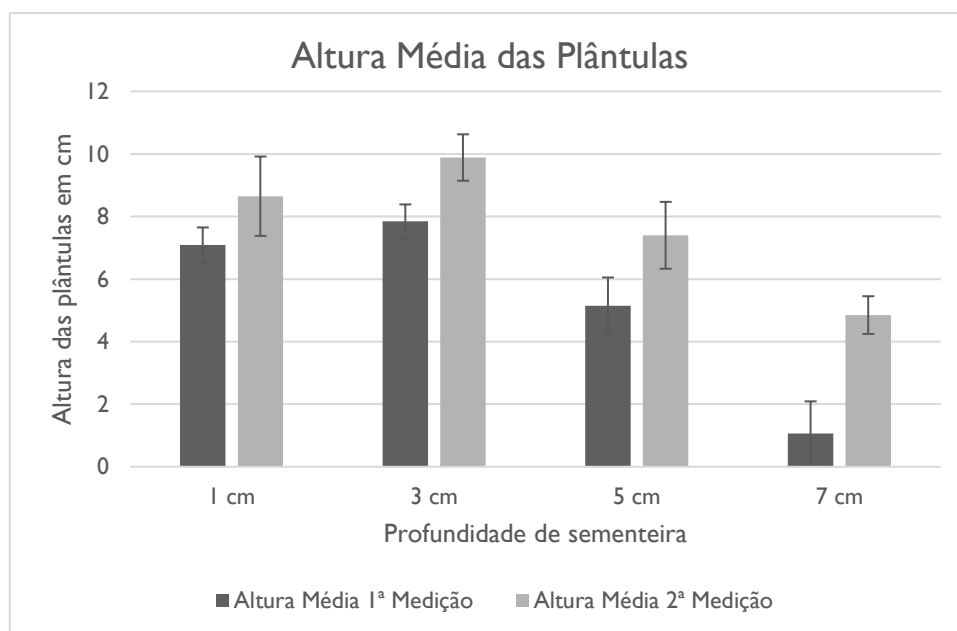


Figura 11 - Altura média das plântulas medidas 10 e 14 dias após a sementeira (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, teste de Duncan ($p \leq 0,05$)))

4.1.3. Teor de Canabinóides

De modo a determinar se as plantas não excedem o limite legal estabelecido de teor de THC de 0.2%, foi realizada uma análise por HPLC. Os resultados obtidos (Quadro 6) indicam que o teor de THC das 4 variedades analisadas se encontram dentro dos valores permitidos por lei.

De acordo com o Quadro 6 verifica-se que a variedade Mona 16 apresentou um teor de THC mais elevado, em comparação com as restantes variedades, enquanto que a variedade Fibror 79 e Santhica 27 apresentaram teores residuais de THC. Relativamente ao teor de CBD, as variedades Fibror 79 e Futura 75 apresentaram valores mais elevados, quando comparadas com as restantes variedades em estudo. O teor de CBD nas variedades Mona 16 e Santhica 27 é praticamente residual.

Quadro 6: Teor de THC (%) e CBD (%) determinado por HPLC das variedades em estudo

Variedade	Média (%) THC	Média (%) CBD
Futura 75	0.03 b	0.10 a
Fibror 79	<0.01 a	0.12 a
Mona 16	0.10 c	<0.01 b
Santhica 27	<0.01 a	<0.01 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).

4.1.4. Ensaio de Fitotoxicidade

Na Figura 12 está representada a percentagem de sementes de alface germinadas quando humedecidas com extratos de cânhamo diluídos em água destilada obtidos através de maceração, infusão e decocção de folhas verdes e secas. Verificou-se que não houve diferenças significativas entre os controlos e os extratos em relação à quantidade de sementes germinadas ($p=0,362417$), tendo existido percentagens de germinação entre 82 e 92.5%.

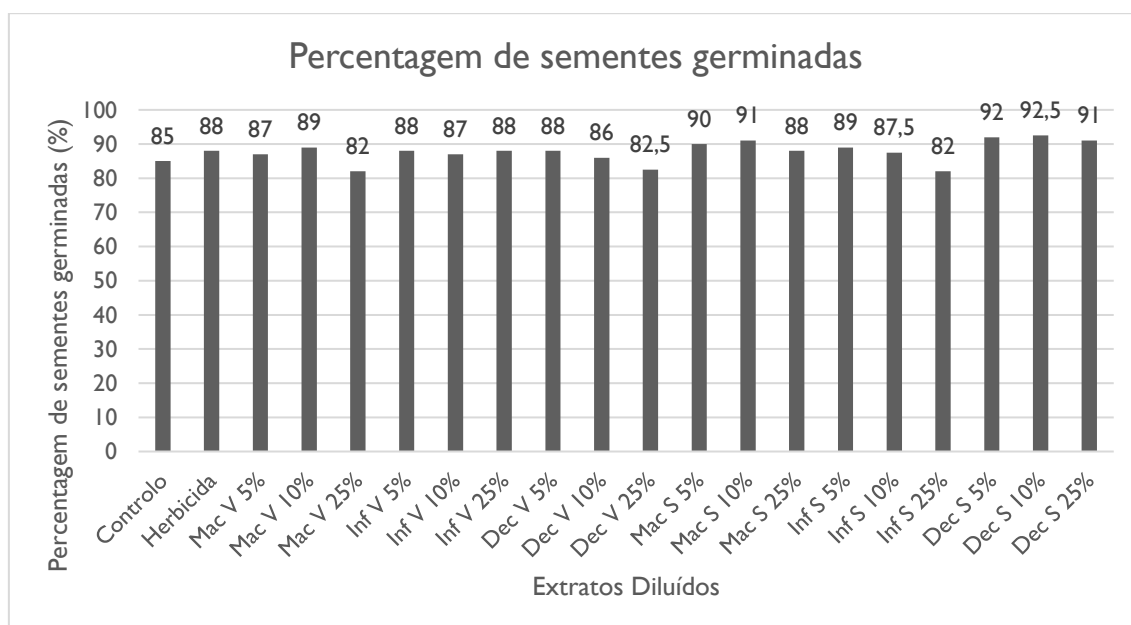


Figura 12 - Percentagem de sementes de alface germinadas quando humedecidas com extratos de cânhamo diluídos obtidos através de Maceração (Mac), Infusão (Inf) e Decocção (Dec) de folhas verdes (V) e secas (S)

Em relação ao comprimento da radícula de sementes germinadas de alface, foi possível observar que houve diferenças significativas entre controlos e extratos ($p=0,000000$), tendo-se observado radículas mais pequenas quando as sementes de alface foram humedecidas com extratos obtidos através de decocção e diluídos a 25%, não havendo diferenças entre o tipo de material vegetal utilizado (Figura 13). Estes resultados indicam que os coprodutos (antes designados de resíduos) da debulha de sementes de cânhamo industrial podem ser utilizados numa ótica de economia circular para retardar o crescimento de plantas, tendo potencial como herbicida.

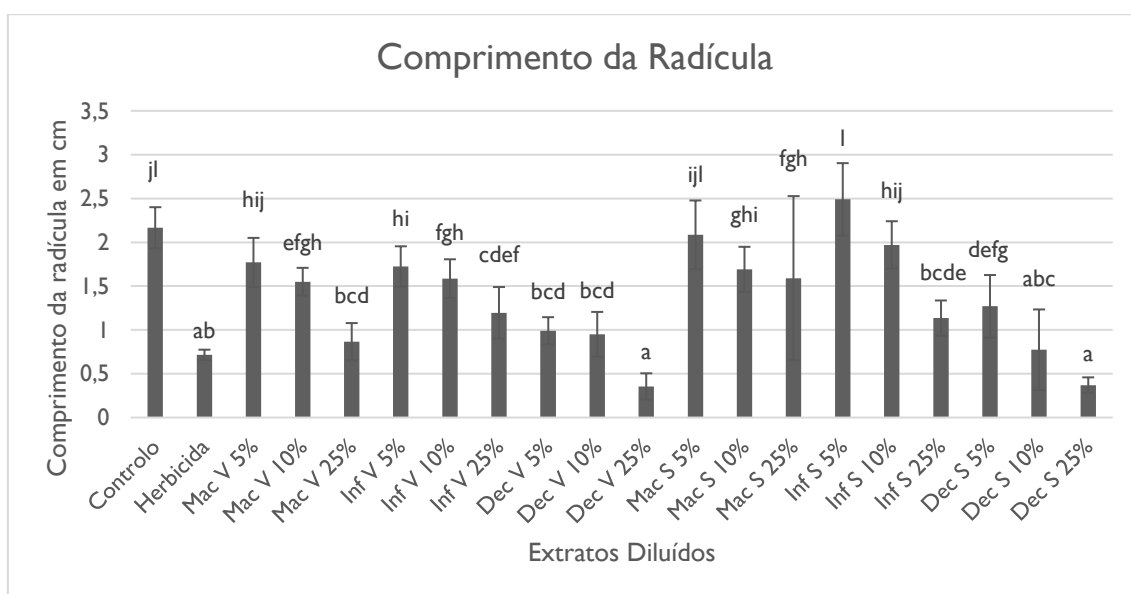


Figura 13 - Comprimento da radícula de sementes de alface germinadas quando humedecidas com extratos de cânhamo diluídos obtidos através de Maceração (Mac), Infusão (Inf) e Decocção (Dec) de folhas verdes (V) e secas (S)

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, Teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).

4.2. Ensaio de Campo

4.2.1. Dados Meteorológicos

Durante os ciclos de cultivo de 2024 e 2025 as condições meteorológicas apresentaram diferenças relevantes (Quadro 7).

Quadro 7: Resumo das condições meteorológicas registadas entre junho e setembro de 2024 e 2025 (T – temperatura)
Adaptado de IPMA (s.d.)

		Média Tmínima (°C)	Média Tmáxima (°C)	T Média (°C)	Tmínima absoluta (°C)	Tmáxima absoluta (°C)	Precipitação total (mm)	Velocidade do vento (km/h)
2024	Junho	14.0	29.4	21,7	9.9	38.3	13.6	51.8
	Julho	16.0	35.4	25,7	10.2	41.8	9.8	52.2
	Agosto	17.1	36.2	26,7	12.4	40.6	0.0	51.8
	Setembro	14.2	29.8	22,0	8.7	36.8	5.4	48.6
2025	Junho	15.6	33.4	24,5	11.0	42.7	0.8	53.6
	Julho	16.4	34.3	25,4	12.6	40.3	0.7	47.5
	Agosto	17.2	35.7	26,5	14.4	43.1	0.0	19.0
	Setembro	14.0	30.3	22,2	9.0	37.7	0.1	28.0

Em 2025, as temperaturas máximas médias foram superiores às registadas em 2024, assim como as temperaturas máximas absolutas. A precipitação esteve praticamente ausente durante o período de verão, com valores muito baixos em 2024, entre junho (13.6 mm) e setembro (5.4 mm), e valores extremamente reduzidos em 2025. A velocidade do vento foi semelhante entre os anos, embora consideravelmente inferior em agosto de 2025 (19.0 km/h), em comparação com os valores consistentemente mais elevados observados ao longo de 2024. De um modo geral, ambos os anos foram caracterizados por condições quentes e secas, típicas do clima mediterrânico da região do Alentejo. Comparando os dados de 2024 e 2025 com as normais climatológicas do IPMA para Elvas (1971–2000), verifica-se que ambos os anos apresentaram temperaturas superiores aos valores médios históricos, sobretudo nas temperaturas máximas de verão. As temperaturas máximas médias em julho e agosto de 2024 e de 2025

excederam os valores normais da estação meteorológica de Elvas, confirmando a ocorrência de verões particularmente quentes (IPMA, 2001).

4.2.2. Estados fenológicos

Os estados fenológicos foram registados segundo a escala de Mediavilla et al. (1998), através de observação visual das plantas, onde foram anotadas as datas em que cada estado fenológico era observado (Anexo ii e iii). Em 2024 e 2025, o primeiro estado fenológico observado foi no estado vegetativo (Figura 14), após a emergência das plantas, quando estas já apresentavam o primeiro par de folhas verdadeiras (estado fenológico 1002). Em 2024 isso ocorreu 13 dias após a sementeira, já em 2025 isso aconteceu apenas 7 dias depois, em todas as repetições e variedades.

	1002	1004	1006	1008
Estado Vegetativo				

Figura 14 - Estado vegetativo das plantas de cânhamo industrial. 1002 – 1º par de folhas; 1004 – 2º par de folhas; 1006- 3º par de folhas; 1008 - 4º par de folhas

Em relação à fase da floração, tanto em 2024, como em 2025, a formação das flores das plantas dióicas masculinas (Figura 15) (estado fenológico 2100) e das flores das plantas dióicas femininas (Figura 16) (estado fenológico 2200) variou levemente entre variedades, tendo a var. Fibror 79 apresentado as primeiras flores 1 a 2 dias após as restantes variedades. A var. Fibror 79 mostrou ser uma variedade de floração ligeiramente mais tardia (Anexo ii e iii).

Floração e Formação da Semente	2100	2101	2102	2103
Planta Dioica Macho				

Figura 15 - Floração e formação de semente em plantas dióicas macho de cânhamo industrial. 2100 – Formação de flores; 2101 – Começo da floração; 2102- Floração; 2103 - Fim da floração

Floração e Formação da Semente	2200	2201	2202
Planta Dioica Fêmea			

Figura 16 - Floração e formação de semente em plantas dióicas fêmea de cânhamo industrial. 2200 – Formação de flores; 2201 – Começo da floração; 2202- Floração

A Figura 17 A e B mostra os diferentes estados fenológicos das plantas monóicas de cânhamo industrial, que vão desde a formação das flores femininas até ao final da maturação da semente. Na fase do início da formação da semente (estado fenológico 2305), em 2024 as plantas levaram entre 43 a 46 dias a atingir este estado fenológico, enquanto que em 2025 levaram entre 59 a 63 dias, o que está diretamente relacionado com a data de sementeira, sendo que em 2025 o ensaio foi instalado mais cedo do que no ano anterior. A diferença no tempo necessário para atingir o estado fenológico 2305 entre os anos de 2024 e 2025. Uma hipótese de explicação pode ser a sensibilidade ao fotoperíodo desta cultura, a planta deteta a diminuição das horas de luz e entra em floração nessa fase (Amaducci et al., 2008), no entanto, a sensibilidade ao fotoperíodo varia entre variedades.

Floração e Formação da Semente	2300	2301	2302	2303
Planta Monoica				

Figura 17A - Floração e formação da semente em plantas monóicas de cânhamo industrial. 2300– Formação flores femininas; 2301 – Início floração feminina; 2302- Floração feminina; 2303 - Formação flores masculinas

Floração e Formação da Semente	2304	2305	2306	2307
Planta Monoica				

Figura 187B - Floração e formação da semente em plantas monóicas de cânhamo industrial. 2304 – Floração masculina; 2305 – Início maturação semente; 2306- Maturação semente; 2307 - 4º Fim maturação semente

4.2.3. Altura das Plantas de Cânhamo Industrial em 2024 e 2025

Para um melhor conhecimento da cultura do cânhamo industrial, foram medidas as alturas das plantas em 2 ciclos de cultivo, o que contribui para determinar a data de semeadura adequada para produção de plantas mais altas, visto que o objetivo da produção de cânhamo industrial, de modo geral, é a produção de fibra e semente. Na Figura 18 estão representadas as alturas medidas das diferentes variedades de cânhamo industrial no ciclo produtivo de 2024 e de 2025. As plantas foram medidas 22, 36 e 58 dias após a semeadura.

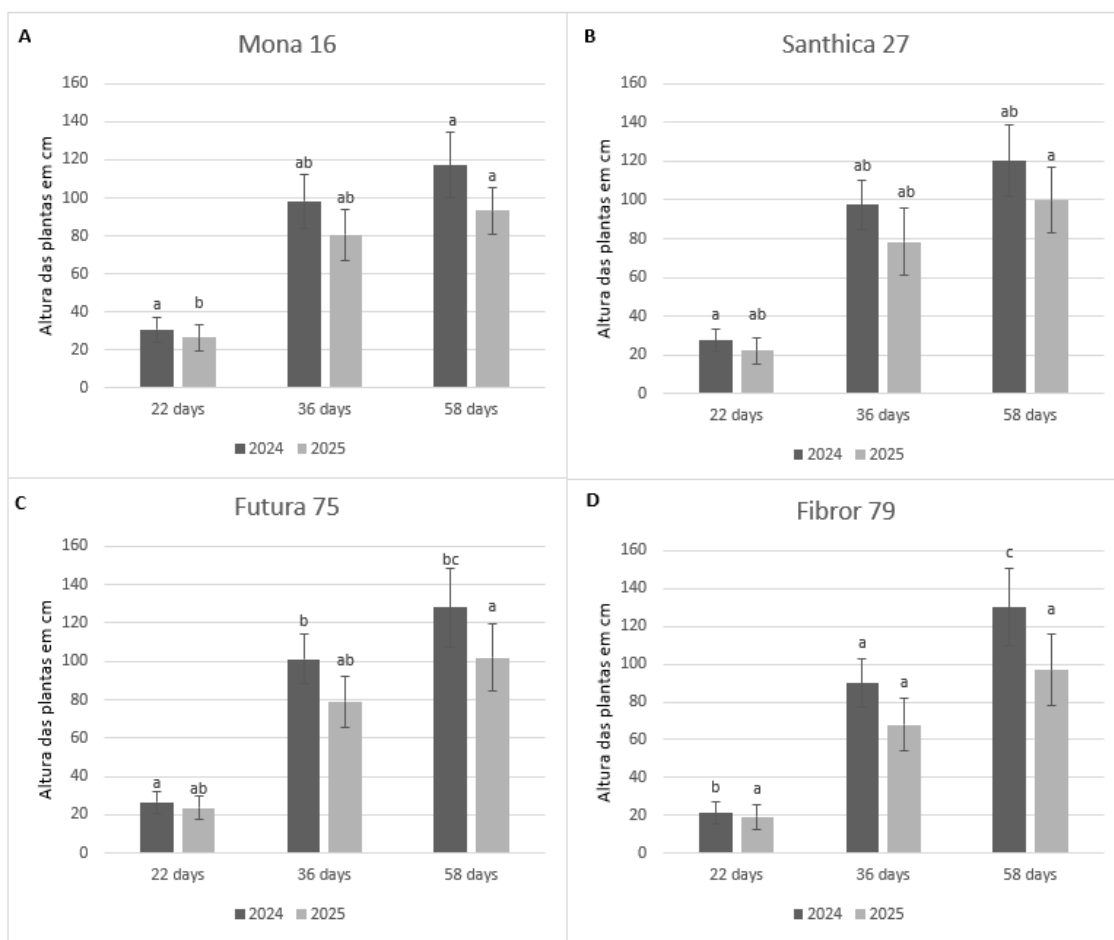


Figura 19 - Altura das plantas de cânhamo industrial com o eixo do y a representar a altura medida e o eixo do x a representar o dia em que foram medidas as plantas. A) altura das plantas da var. mona 16; b) altura das plantas da var. Santhica 27; C) altura das plantas da var. Futura 75; D) altura das plantas da var. Fibror 79

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).

Com base na Figura 18 foi possível observar que as plantas obtiveram um crescimento em altura mais elevado no ano de 2024. Comparando os ciclos de cultivo, a var. Mona 16 apenas apresentou diferenças significativas na altura das plantas quando medidas aos 22 dias após a sementeira, a var. Santhica 27 não apresentou diferenças significativas nos dois ciclos de cultivo aos 36 dias, na var. Futura 75 foram observadas diferenças significativas em todos os momentos de medição, enquanto que na var. Fibror 79, não se observaram diferenças significativas aos 36 dias de medição.

Comparando a altura média de todas as variedades em estudo por ciclo de cultivo e dia de medição, em 2024, as alturas médias das plantas medidas 36 dias após a sementeira

não apresentaram diferenças significativas ($p=0,098$). Já em 2025, as alturas médias das plantas medidas 58 dias após a sementeira não apresentaram diferenças significativas ($p=0,167$). As restantes medições (exceto a medição de 2024 aos 36 dias e em 2025 aos 58 dias) em ambos os anos apresentaram diferenças significativas ($p\leq 0,05$) entre variedades.

4.2.4. Produção de Biomassa

Os dois ciclos de cultivo apresentaram níveis distintos de produção de biomassa. As diferenças de produção entre 2024 e 2025 podem ser observadas nos caules (Figura 19), nas folhas (Figura 20) e nas sementes (Figura 21). Para todos os componentes de produção analisados, a produção de biomassa foi superior na campanha de 2024, tendo-se verificado uma redução acentuada em 2025. A análise estatística confirmou diferenças significativas entre os dois ciclos de cultivo na produção de biomassa, com valores de p de 0,000149 para as folhas, 0,00047 para as sementes e 0,0002175 para os caules.

Apesar de a variedade Mona 16 ter apresentado a maior redução na produção de sementes e folhas numa das repetições, a variedade Santhica 27 apresentou a maior redução média na produção de caules, folhas e sementes entre os dois anos de cultivo.

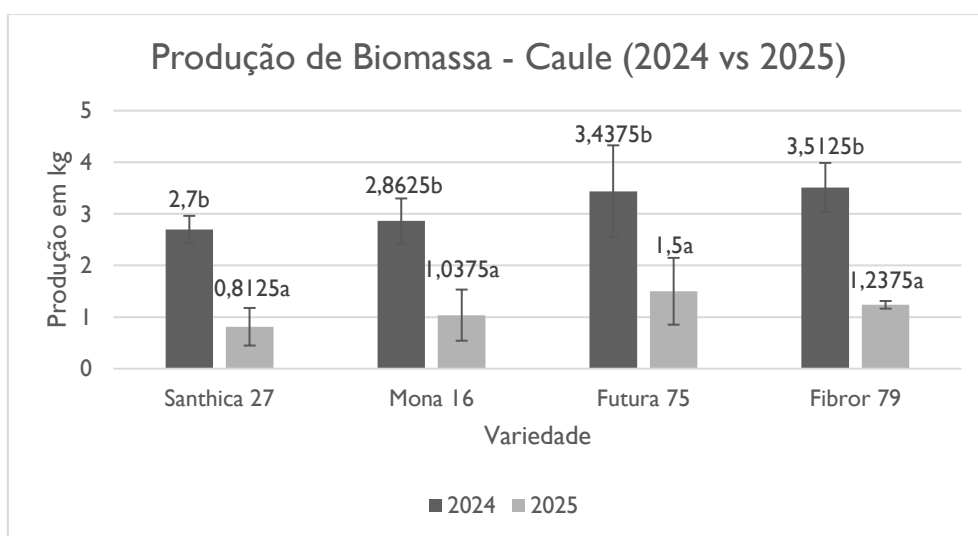


Figura 19 - Comparação da produção de biomassa dos caules das variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025.

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, Teste de Duncan ($p\leq 0,05$))

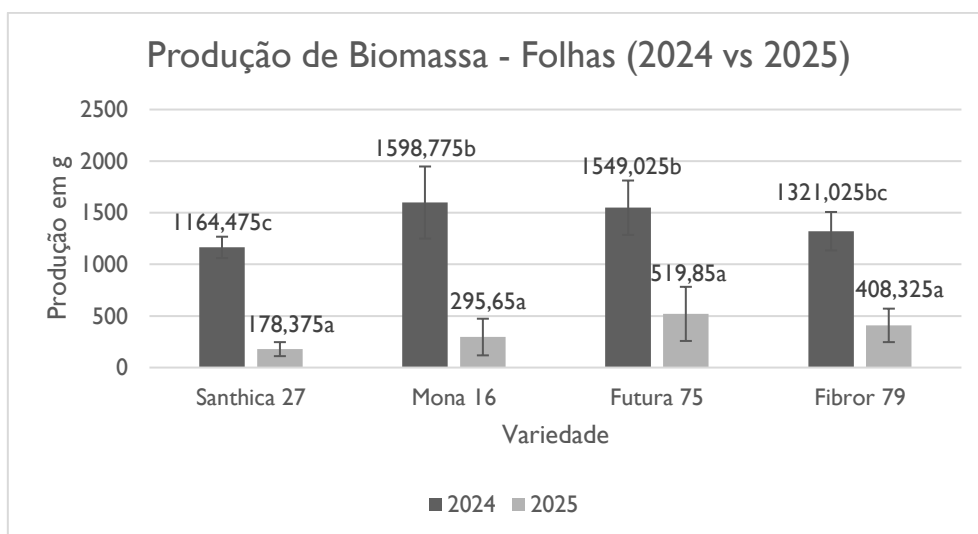


Figura 200 - Comparação da produção de biomassa das folhas das variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025.

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, Teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).

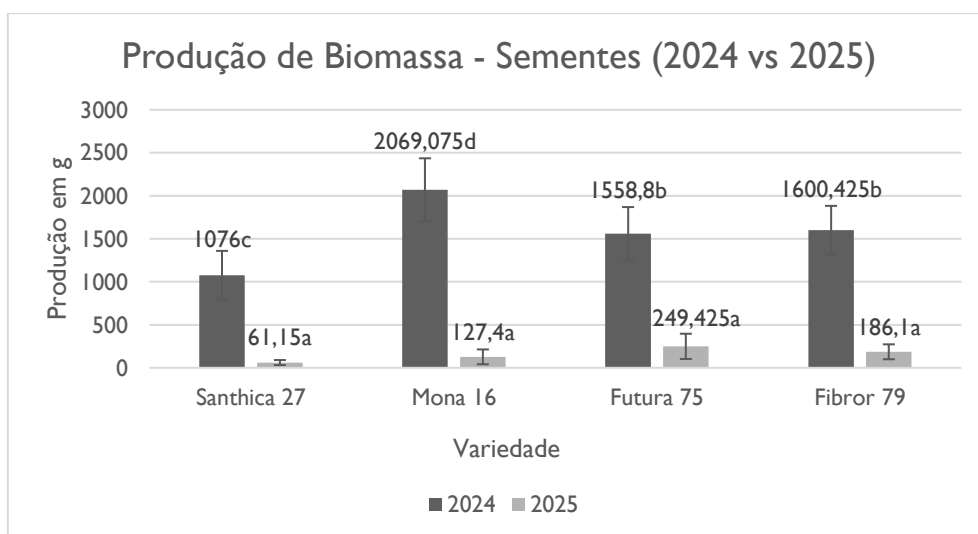


Figura 21 - Comparação da produção de sementes das diferentes variedades de cânhamo comparando os ciclos de cultivo de 2024 e 2025

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (ANOVA, Teste de Duncan ($p \leq 0,05$)).

5. Discussão

Relativamente aos ensaios de germinação, os resultados apresentaram elevadas taxas de germinação em todas as variedades, embora com um ligeiro decréscimo nas sementes obtidas em 2025, sendo apenas significativo na variedade Santhica 27. Ainda assim, a taxa de germinação das sementes obtidas, tanto em 2024 como em 2025, cumpre com o padrão de certificação de sementes que exige um mínimo de 75% de germinação (Hempit, 2026). As diferenças observadas entre lotes podem refletir variações nas condições de produção e na qualidade fisiológica inicial das sementes, fatores conhecidos por influenciar a germinação no cânhamo (Islam, Rengel, Storer, Siddique & Solaiman, 2022). A diferença observada entre variedades, particularmente na Santhica 27, pode indicar maior sensibilidade desta variedade a variações nas condições de produção, podendo ser influenciada por condições de stress, refletindo diferenças intrínsecas ao nível fisiológico (Hu, Liu & Liu, 2018).

Relativamente ao armazenamento, os dados obtidos indicam que o armazenamento em condições controladas pode ser uma estratégia eficaz para manter a viabilidade das sementes ao longo do tempo. Embora a germinação do cânhamo seja sensível a fatores ambientais como a temperatura, a qualidade fisiológica inicial das sementes é um dos principais determinantes do sucesso germinativo (Geneve, Janes, Kester, Hildebrand & Davis., 2022).

Em relação aos resultados obtidos nos ensaios de profundidade de sementeira, estes indicam que a profundidade de sementeira influencia significativamente na emergência e no desenvolvimento inicial das plântulas de cânhamo, sendo a profundidade de 3 cm a profundidade utilizada onde se obtiveram melhores resultados. Esta profundidade apresentou maior percentagem de emergência e emergência mais rápida, o que indica que proporciona condições mais favoráveis para a germinação e estabelecimento inicial. As profundidades de 3 e 5 cm não apresentaram diferenças significativas em relação à percentagem de plântulas emergidas, tendo revelado melhor desempenho comparativamente às profundidades de 1 e 7 cm. A profundidade de sementeira é um fator crítico no estabelecimento do cânhamo, devendo assegurar um equilíbrio entre humidade adequada e capacidade de emergência, sendo recomendada a sementeira a uma profundidade de 2-3 cm de forma a maximizar o desempenho agronómico do cânhamo (Baldini et al., 2018; Visković et al., 2023).

A maior altura média das plântulas observada nas profundidades de 1 e 3 cm reforça que profundidades mais reduzidas favorecem o crescimento inicial. No entanto, profundidades de 7 cm resultaram em plântulas menos desenvolvidas.

Os resultados obtidos em relação ao teor de canabinóides, demonstraram que todas as variedades analisadas apresentam teores de THC inferiores ao limite legal de 0.2%, confirmando que são adequadas para produção de cânhamo industrial. As diferenças observadas entre variedades, com a Futura 75 a apresentar valores mais elevados de THC e as variedades Fibror 79 e Santhica 27 valores residuais, refletem a forte influência do genótipo na síntese de canabinóides. Relativamente ao CBD, verificou-se que as variedades Fibror 79 e Futura 75 apresentaram maiores concentrações, enquanto Mona 16 e Santhica 27 revelaram valores residuais. Esta variabilidade no teor de canabinóides está de acordo com estudos que indicam que o perfil de canabinóides é altamente dependente da variedade, sendo determinado geneticamente, embora possa ser modulado por fatores agronómicos (Bruce, Connelly & Ellison, 2022). Estes resultados obtidos reforçam que o teor de canabinóides pode variar. No entanto, práticas agrícolas, como a fertilização, podem influenciar o crescimento e a produtividade, sem alterar significativamente a relação entre CBD e THC (Kakabouki et al., 2021). Os dados confirmam que a escolha da variedade é o principal fator determinante do teor de THC e CBD de acordo com as exigências legais.

De acordo com os ensaios de fitotoxicidade, os resultados obtidos demonstraram que os diferentes extratos de cânhamo não tiveram um efeito significativo na percentagem de germinação das sementes de alface, indicando que, a inibição da germinação foi idêntica em todos os extratos testados, incluindo o herbicida. Por outro lado, verificou-se um efeito significativo ao nível do crescimento da radícula, com reduções mais acentuadas sobretudo nos extratos obtidos por decocção a concentrações mais elevadas (25%). Alguns estudos indicam que os efeitos alelopáticos do cânhamo podem não se manifestar na germinação, mas sim em fases posteriores do desenvolvimento (Pudelko, Majchrzak & Narożna, 2014; Shikanai & Gage, 2022). Este resultado sugere que os compostos alelopáticos presentes no cânhamo afetam principalmente o crescimento inicial das plântulas, sendo este parâmetro mais sensível do que a germinação. Este comportamento tem sido descrito em outros estudos, uma vez que o alongamento radicular é um dos primeiros processos fisiológicos a ser afetado por aleloquímicos (Mahmoodzadeh, Ghasemi & Zanganeh, 2015; Singh & Thapar, 2003).

A maior inibição observada nos extratos obtidos por decocção pode estar relacionada com uma maior extração de compostos bioativos devido à utilização de temperaturas mais elevadas, aumentando a disponibilidade de substâncias com potencial alelopático. Estudos recentes indicam que o método de extração influencia significativamente a concentração e atividade dos aleloquímicos presentes no cânhamo (Kojić et al., 2025; Poonsawat, Srilasak & Koodkaew, 2024).

De forma geral, os resultados confirmam o potencial alelopático do cânhamo, sobretudo ao nível do crescimento inicial das plântulas, reforçando a sua possível aplicação em estratégias de controlo de infestantes em produção biológica.

No que diz respeito aos ensaios de campo, os resultados obtidos ao longo dos dois ciclos de cultivo evidenciam diferenças claras no comportamento fenológico e no crescimento das quatro variedades de cânhamo industrial, influenciadas sobretudo pela data de sementeira e pelas condições meteorológicas. A variação observada entre 2024 e 2025 confirma que o cânhamo responde de forma sensível ao fotoperíodo e à temperatura, fatores determinantes na progressão fenológica da cultura (Amaducci et al., 2008). De facto, verificou-se que a sementeira tardia de 2024 promoveu uma progressão fenológica mais rápida e um crescimento vegetativo mais acentuado, enquanto a sementeira precoce de 2025 resultou num ciclo mais longo e numa floração mais tardia.

Os diferentes estados de desenvolvimento observados estão de acordo com a escala BBCH para o cânhamo (Mishchenko et al., 2017), seguindo a progressão habitual desde o crescimento vegetativo até à floração e maturação. No entanto, a escala utilizada neste trabalho (Mediavilla et al., 1998) assim como em outros estudos (Babaei et al., 2024; Saragoça et al., 2026; Zhang et al., 2021), permitiu uma caracterização mais detalhada, uma vez que distingue explicitamente entre plantas monóicas e dióicas e entre fases masculinas e femininas. Esta diferenciação não é contemplada na escala BBCH, constituindo uma limitação quando se pretende analisar com maior precisão o comportamento reprodutivo da cultura, o que se torna importante em estudos comparativos entre variedades.

As diferenças observadas entre variedades, nomeadamente o desenvolvimento ligeiramente mais tardio da Fibror 79, reforçam a existência de variabilidade genética na resposta ao fotoperíodo e à temperatura. Estas diferenças tornam-se evidentes na fase

de floração, cuja duração e início variaram entre genótipos (Candelario-Guerrero et al., 2023).

A influência das condições meteorológicas foi também evidente. Em 2024, apesar de se registarem temperaturas inferiores às de 2025, estas foram mais próximas do intervalo ótimo para o desenvolvimento da cultura, favorecendo um crescimento vegetativo mais rápido e resultando em plantas de maior altura. Em contraste, em 2025, as temperaturas mais elevadas poderão ter ultrapassado o ótimo fisiológico, contribuindo para um crescimento mais lento. De facto, temperaturas elevadas associadas a elevada radiação podem potenciar o crescimento do cânhamo, desde que não ocorram níveis excessivos de stress (Cosentino et al., 2013). A literatura confirma que aumentos bruscos de temperatura acima do intervalo ótimo podem comprometer significativamente o desenvolvimento das plantas. A gravidade dos danos causados pelo stress térmico depende da intensidade e duração desse stress, bem como do estado de desenvolvimento da planta (Wahid et al., 2007). Temperaturas elevadas podem induzir o fecho dos estomas como mecanismo de redução da perda de água, limitando a entrada de CO₂ e, consequentemente, a taxa fotossintética, o que conduz a uma menor produção de assimilados e à redução do crescimento vegetal e da produtividade (Mahajan et al., 2025). Para além disso, sementeiras tardias tendem a reduzir o período vegetativo disponível antes da indução floral, levando a plantas mais curtas em latitudes elevadas, mas em climas quentes, como o Alentejo, podem promover um crescimento mais rápido devido às temperaturas mais elevadas no início do ciclo (Sengloung et al., 2009). Estes resultados alinham com esta última tendência, uma vez que a sementeira tardia de 2024 proporcionou condições mais favoráveis ao crescimento inicial, resultando em maior altura final das plantas. Por outro lado, a sementeira precoce de 2025, ao decorrer sob temperaturas mais elevadas, terá contribuído para um crescimento mais lento, mas permitiu um prolongamento da fase vegetativa. Estas diferenças refletiram-se também na produtividade, tendo-se observado um desempenho superior em 2024 relativamente a 2025, o que reforça o impacto das condições climáticas no crescimento e rendimento em biomassa desta cultura.

6. Conclusões

Os resultados obtidos ao longo deste estudo permitiram caracterizar o comportamento agronômico de quatro variedades diferentes de cânhamo industrial, evidenciando a influência de fatores como a qualidade da semente, a profundidade de sementeira, a data de instalação da cultura e as condições meteorológicas.

Relativamente à germinação, verificou-se que todas as variedades apresentaram elevadas taxas germinativas (entre 75 e 94%), embora com alguma variabilidade entre anos e genótipos, destacando-se a importância da qualidade do lote de sementes. Confirmou-se que o armazenamento em condições controladas permite manter a viabilidade das sementes por períodos prolongados, sem perdas significativas na maioria das variedades, mantendo valores de germinação entre 85.5 e 88.5%, no entanto, seriam necessários mais ensaios, nomeadamente com um maior período de conservação, para confirmar esta tendência.

No que diz respeito à instalação da cultura, a profundidade de sementeira revelou-se um fator crítico, tendo a profundidade de 3 cm proporcionado melhores resultados em termos de emergência, rapidez de estabelecimento e crescimento inicial das plântulas. Profundidades extremas comprometeram a emergência, demonstrando a importância da correta instalação da cultura.

Relativamente à composição química, todas as variedades apresentaram teores de THC inferiores ao limite legal, variando entre <0.01 e 0.10%, confirmando que são adequadas para a produção de cânhamo industrial.

Os ensaios de fitotoxicidade evidenciaram que os extratos de cânhamo não afetaram significativamente a germinação (82-92.5%), mas influenciaram negativamente o crescimento radicular, indicando que o potencial alelopático da cultura se manifesta sobretudo nas fases iniciais de desenvolvimento das plântulas.

A análise fenológica demonstrou que o desenvolvimento do cânhamo é altamente dependente da interação entre o genótipo e as condições ambientais, particularmente a temperatura. As diferenças observadas entre os dois anos de estudo evidenciaram que

temperaturas mais elevadas nem sempre se traduzem em maior crescimento, podendo induzir stress térmico e limitar o seu desenvolvimento.

De forma global, este estudo confirma que o sucesso do cultivo de cânhamo industrial depende da otimização de práticas agronómicas, particularmente em condições mediterrânicas como as do Alentejo. Para dar continuidade a estes resultados, será desejável que em trabalhos futuros sejam realizadas datas de sementeira distintas, avaliando o seu efeito na produtividade, qualidade da fibra e rendimento em semente.

7. Bibliografia

- Adesina, I., Bhowmik, A., Sharma, H., & Shahbazi, A. (2020). A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and Utilities of Hemp in the United States. *Agriculture*, 10(4), 129.
<https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
- Akkaya, G. K., Erdal, İ., & Tosun, İ. (2025). Phytoremediation potential of industrial hemp grown in sewage sludge: Growth performance and environmental impact. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 13(4), 117173.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117173>
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., & Venturi, G. (2008). Modelling post-emergent hemp phenology (*Cannabis sativa* L.): Theory and evaluation. *European Journal of Agronomy*, 28(2), 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.05.006>
- Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., & Cosentino, S. L. (2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>
- Apicella, P. V., Sands, L. B., Ma, Y., & Berkowitz, G. A. (2022). Delineating genetic regulation of cannabinoid biosynthesis during female flower development in *Cannabis sativa*. *Plant Direct*, 6(6), e412. <https://doi.org/10.1002/pld3.412>
- Aversa, P., Daniotti, B., Dotelli, G., Marzo, A., Tripepi, C., Sabbadini, S., Lauriola, P., & Luprano, V. A. M. (2019). Thermo-hygrometric behavior of hempcrete walls for sustainable building construction in the Mediterranean area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012020>
- Babaei, M., Nemati, H., Arouiee, H., & Torkamaneh, D. (2024). Characterization of indigenous populations of cannabis in Iran: A morphological and phenological study. *BMC Plant Biology*, 24(1), 151. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04841-y>

- Baldini, M., Ferfua, C., Piani, B., Sepulcri, A., Dorigo, G., Zuliani, F., Danuso, F., & Cattivello, C. (2018). The Performance and Potentiality of Monoecious Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars as a Multipurpose Crop. *Agronomy*, 8(9), 162. <https://doi.org/10.3390/agronomy8090162>
- Basile, G. N., Tedone, L., Pulvento, C., De Mastro, G., & Ruta, C. (2023). Establishment of an Efficient In Vitro Propagation Protocol for *Cannabis sativa* L. subsp. *Ruderalis* Janish. *Horticulturae*, 9(11), 1241. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111241>
- Bedini, S., Flamini, G., Cosci, F., Ascrizzi, R., Benelli, G., & Conti, B. (2016). *Cannabis sativa* and *Humulus lupulus* essential oils as novel control tools against the invasive mosquito *Aedes albopictus* and fresh water snail *Physella acuta*. *Industrial Crops and Products*, 85, 318–323. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.008>
- Bertoli, A., Tozzi, S., Pistelli, L., & Angelini, L. G. (2010). Fibre hemp inflorescences: From crop-residues to essential oil production. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 329–337. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.05.012>
- Bruce, D., Connelly, G., & Ellison, S. (2022). Different Fertility Approaches in Organic Hemp (*Cannabis sativa* L.) Production Alter Floral Biomass Yield but Not CBD:THC Ratio. *Sustainability*, 14(10), 6222. <https://doi.org/10.3390/su14106222>
- Burczyk, H., Grabowska, L., Kołodziej, J., & Strybe, M. (2008). Industrial Hemp as a Raw Material for Energy Production. *Journal of Industrial Hemp*, 13(1), 37–48. <https://doi.org/10.1080/15377880801898717>
- Callaway, J. C. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140(1–2), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>
- Candelario-Guerrero, D. A., Calabria Parodi, L. E., Pardey-Rodríguez, C., & Vargas- Sanchez, J. J. (2023). Fenología de diez cultivares de *Cannabis sativa* L. bajo las condiciones ambientales de Palomino Guajira. *Intropica*, 65–78. <https://doi.org/10.21676/23897864.4672>

- Cânhamor. (2025). *Plantar cânhamo para a indústria de construção—O caminho para a sustentabilidade*. Cânhamor Ecoblocos Ibéria.
<https://www.canhamorhemp.com/blog/plantar-canhamo-para-a-industria-de-construcao/> Acedido a 17 de novembro de 2025.
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). *Cannabis sativa* L.: Botany and Horticulture. Em S. Chandra, H. Lata, & M. A. ElSohly (Eds.), *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology (pp. 79–100). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_3
- Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2015). Light dependence of photosynthesis and water vapor exchange characteristics in different high Δ^9 -THC yielding varieties of *Cannabis sativa* L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(2), 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.03.002>
- Chaves Lobón, N., González Félix, M., & Alías Gallego, J. C. (2023). Comparison of the Allelopathic Potential of Non-Native and Native Species of Mediterranean Ecosystems. *Plants*, 12(4), 972. <https://doi.org/10.3390/plants12040972>
- Comissão Europeia. (2026). *A produção de cânhamo na UE*. Agriculture and rural development. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_pt#hempproductionintheeu. Acedido a 26 de janeiro de 2026.
- Cortés, J. G., Ryu, B. R., Pauli, C., Barroso, L. R., & Park, S.-H. (2024). Industrial Applications of Hemp Fiber in Europe and Evolving Regulatory Landscape. *Journal of Natural Fibers*, 21(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2024.2435047>
- Cosentino, S. L., Riggi, E., Testa, G., Scordia, D., & Copani, V. (2013). Evaluation of European developed fibre hemp genotypes (*Cannabis sativa* L.) in semi-arid Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 50, 312–324.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.059>
- Cranshaw, W., Schreiner, M., Britt, K., Kuhar, T. P., McPartland, J., & Grant, J. (2019). *Developing Insect Pest Management Systems for Hemp in the United States: A Work*

- in Progress. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1), 26.
<https://doi.org/10.1093/jipm/pmz023>
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G., & Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(5), 1451–1476. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01029-2>
- De Medeiros Dantas, J. M., Chastel, C. F., Wolfaardt, F. J., Ghislain, T., & Lavoie, J.-M. (2023). Cannabis-based biofuels in a biorefinery approach. *Industrial Crops and Products*, 204, 117225. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117225>
- Deitch, R. (2003). *Hemp—American History Revisited: The Plant with a Divided History*. New York, USA: Algora Publishing.
- Desanlis, F., Cerruti, N., & Warner, P. (2013). Hemp agronomics and cultivation. Em *Hemp Industrial Production and Uses* (P. Bouloc, pp. 98–124). CABI.
- Diário da República, 1.ª série, n.º 73, 5 (2021), Portaria n.º 83/2021, de 15 de abril.
<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/83-2021-161433504>. Acedido a 14 de novembro de 2025.
- Dilena, E., Close, D. C., Hunt, I., & Garland, S. M. (2023). Investigating how nitrogen nutrition and pruning impacts on CBD and THC concentration and plant biomass of *Cannabis sativa*. *Scientific Reports*, 13(1), 19533. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46369-5>
- Direção Geral de Alimentação Veterinária (DGAV). (2024). *Cânhamo Industrial—O (Re)Nascer da Fileira em Portugal*. https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2024/02/APRESENTACAO-CANHAMO_BEJA_30-JANEIRO24_compressed.pdf. Acedido a 04 de agosto de 2025.
- Ditrói, K., Kleiner, D., Böszörményi, A., Szentmihályi, K., & Fébel, H. (2013). The alimentary impact of the hemp seed. *Acta Alimentaria*, 42(3), 410–416.
<https://doi.org/10.1556/AAlim.42.2013.3.14>

- El Oihabi, M., Soultana, M., Ammari, M., Ben Allal, L., & Fakhri Lanjri, A. (2024). Diversity and variability of bioactive compounds in *Cannabis sativa*: Effects on therapeutic and environmental uses and orientations for future research. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100732. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100732>
- Ely, K., & Fike, J. (2022). Industrial Hemp and Hemp Byproducts as Sustainable Feedstuffs in Livestock Diets. In *Cannabis/Hemp for Sustainable Agriculture and Materials* (pp. 145–162). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8778-5_6
- Faux, A.-M., Berhin, A., Dauguet, N., & Bertin, P. (2014). Sex chromosomes and quantitative sex expression in monoecious hemp (*Cannabis sativa* L.). *Euphytica*, 196(2), 183–197. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-1023-y>
- García-Tejero, I. F., Durán Zuazo, V. H., Sánchez-Carnenero, C., Hernández, A., Ferreiro-Vera, C., & Casano, S. (2019). Seeking suitable agronomical practices for industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation for biomedical applications. *Industrial Crops and Products*, 139, 111524. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111524>
- García-Tejero, I. F., Hernández, A., Ferreiro-Vera, C., Zuazo, V. H. D., García, J. H., Sánchez-Carnerero, C., & Casano, S. (2020). Yield of new hemp varieties for medical purposes under semi-arid Mediterranean environment conditions. *Comunicata Scientiae*, 11, e3264. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3264>
- Geneve, R. L., Janes, E. W., Kester, S. T., Hildebrand, D. F., & Davis, D. (2022). Temperature Limits for Seed Germination in Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Crops*, 2(4), 415–427. <https://doi.org/10.3390/crops2040029>
- Gill, A. R., Loveys, B. R., Cavagnaro, T. R., & Burton, R. A. (2023). The potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an emerging drought resistant fibre crop. *Plant and Soil*, 493(1–2), 7–16. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06219-9>
- González-Varo, J. P., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S. G., Schweiger, O., Smith, H. G., Steffan-Dewenter, I., Szentgyörgyi, H., Woyciechowski, M., & Vilà, M. (2013).

- Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(9), 524–530. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.05.008>
- Hemp-it. (2026). *Poids de mille grains et conseils de culture*. <https://www.hemp-it.coop/en/poids-de-mille-grains-et-conseils-de-culture-gb/>. Acedido a 31 de março de 2026.
- Hu, H., Liu, H., & Liu, F. (2018). Seed germination of hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivars responds differently to the stress of salt type and concentration. *Industrial Crops and Products*, 123, 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.089>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2001). *Normais climatológicas 1971–2000: Elvas*. https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_71-00_ELVAS.pdf. Acedido a 09 de março de 2026.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (2024). *Normais climatológicas 1991–2020: Elvas (Versão 1.0)*. https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_91-20_ELVAS.pdf. Acedido a 27 de janeiro de 2026.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). (s.d.). *Boletins Climatológicos*. <https://www.ipma.pt/pt/publicacoes/boletins.jsp?cmbDep=cli&cmbTema=pcl&cmbAno=2024&idDep=cli&idTema=pcl&curAno=2024>. Acedido a 23 de novembro de 2025.
- Islam, M. J., Ryu, B. R., Rahman, M. H., Rana, M. S., Cheong, E. J., Wang, M.-H., Lim, J.-D., Hossain, M. A., & Lim, Y.-S. (2022). Cannabinoid accumulation in hemp depends on ROS generation and interlinked with morpho-physiological acclimation and plasticity under indoor LED environment. *Frontiers in Plant Science*, 13, 984410. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984410>
- Janischevsky D. E. (1924). A form of hemp in wild areas of southeastern Russia. *N. G. Chernyshevsky University Proceedings*, 2, 3–17.
- Kakabouki, I., Kousta, A., Folina, A., Karydogianni, S., Zisi, C., Kouneli, V., & Papastylianou, P. (2021). Effect of Fertilization with Urea and Inhibitors on Growth, Yield and CBD Concentration of Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Sustainability*, 13(4), 2157. <https://doi.org/10.3390/su13042157>

- Kojić, M., Samardžić, N., Popov, M., Gavarić, A., Vidović, S., Teslić, N., Zeremski, T., Koren, A., & Konstantinović, B. (2025). Impact of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Extracts on Seed Germination and Seedling Growth: Evaluating Allelopathic Activity Across Various Extraction Methods. *Agronomy*, 15(3), 684.
<https://doi.org/10.3390/agronomy15030684>
- Kotiranta, S., Pihlava, J.-M., Kotilainen, T., & Palonen, P. (2024). The morphology, inflorescence yield, and secondary metabolite accumulation in hemp type *Cannabis sativa* can be influenced by the R:FR ratio or the amount of short wavelength radiation in a spectrum. *Industrial Crops and Products*, 208, 117772.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117772>
- Kriese, U., Schumann, E., Weber, W. E., Beyer, M., Brühl, L., & Matthäus, B. (2004). Oil content, tocopherol composition and fatty acid patterns of the seeds of 51 *Cannabis sativa* L. genotypes. *Euphytica*, 137(3), 339–351.
<https://doi.org/10.1023/B:EUPH.0000040473.23941.76>
- Lipson Feder, C., Cohen, O., Shapira, A., Katzir, I., Peer, R., Guberman, O., Procaccia, S., Berman, P., Flaishman, M., & Meiri, D. (2021). Fertilization Following Pollination Predominantly Decreases Phytocannabinoids Accumulation and Alters the Accumulation of Terpenoids in Cannabis Inflorescences. *Frontiers in Plant Science*, 12, 753847. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.753847>
- Lone, J. F., Kumar, B., Singh, K., Wani, I. A., & Gairola, S. (2023). Pollen morphology and variability among the wild *Cannabis sativa* L. from the western Himalaya, India. *Flora*, 305, 152342. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152342>
- Mahajan, S., Thakur, P., Das, S., Sharma, R. P., Manuja, S., Jha, P. K., Saini, A., Sahoo, C., & Fayeizadeh, M. R. (2025). Impression of contemporary heat stress complexities in agricultural crops: A review. *Plant Growth Regulation*, 105(6), 1805–1823.
<https://doi.org/10.1007/s10725-025-01382-8>

- Mahmood, A., Rashid, S., & Malik, R. N. (2013). Determination of toxic heavy metals in indigenous medicinal plants used in Rawalpindi and Islamabad cities, Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(1), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.005>
- Mahmoodzadeh, H., Ghasemi, M., & Zanganeh, H. (2015). Allelopathic effect of medicinal plant *Cannabis sativa* L. on *Lactuca sativa* L. seed germination. *Acta Agriculturae Slovenica*, 105(2). <https://doi.org/10.14720/aas.2015.105.2.06>
- Matthäus, B., & Brühl, L. (2008). Virgin hemp seed oil: An interesting niche product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 655–661. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700311>
- Mcgrath, C. (2020). 2019 Hemp Annual Report (CH20200018; pp. 1–12). United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://www.fas.usda.gov/data/china-2019-hemp-annual-report>. Acedido a 29 de junho de 2025.
- McPartland, J. M. (2018). *Cannabis* Systematics at the Levels of Family, Genus, and Species. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 3(1), 203–212. <https://doi.org/10.1089/can.2018.0039>
- McPartland, J. M., & Rhode, B. (2005). New Hemp Diseases and Pests in New Zealand. *Journal of Industrial Hemp*, 10(1), 99–108. https://doi.org/10.1300/J237v10n01_08
- Mediavilla, V., Jonquera, M., & Schmid-Slembrouck, I. (1998). Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.). 5(2), 68–74. https://www.researchgate.net/publication/228540733_Decimal_code_for_growth_stages_of_hemp_Cannabis_sativa_L. Acedido a 29 de agosto de 2025.
- Meijer, W. J. M., Van Der Werf, H. M. G., Mathijssen, E. W. J. M., & Van Den Brink, P. W. M. (1995). Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *European Journal of Agronomy*, 4(1), 109–117. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80022-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80022-1)

- Melosini, D. M. M. (2017). *La Canapa per Assorbire CO2 Atmosferica*. DolceVita Magazine.
https://www.researchgate.net/publication/321129173_La_Canapa_per_Assorbire_CO2_Atmosferica. Acedido a 18 de agosto de 2025.
- Microsoft Corporation. (2016). Microsoft Excel. Versão 2016. Redmond, WA: Microsoft Corporation, 2016 [Software].
- Mishchenko, S., Mokher, J., Laiko, I., Burbulis, N., Kyrychenko, H., & Dudukova, S. (2017). Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): Codification and description according to the BBCH scale. *Žemės Ūkio Mokslai*, 24(2).
<https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v24i2.3496>
- Modi, A. A., Shahid, R., Saeed, M. U., & Younas, T. (2018). Hemp is the Future of Plastics. *E3S Web of Conferences*, 51, 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185103002>
- Montford, S., & Small, E. (1999). Measuring harm and benefit: The biodiversity friendliness of *Cannabis sativa*. *Global Biodiversity*, 8(4), 2–13.
- Montserrat-de La Paz, S., Marín-Aguilar, F., García-Giménez, M. D., & Fernández-Arche, M. A. (2014). Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil: Analytical and Phytochemical Characterization of the Unsaponifiable Fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1105–1110. <https://doi.org/10.1021/jf404278q>
- Murovec, J., Eržen, J. J., Flajšman, M., & Vodnik, D. (2022). Analysis of Morphological Traits, Cannabinoid Profiles, THCAS Gene Sequences, and Photosynthesis in Wide and Narrow Leaflet High-Cannabidiol Breeding Populations of Medical Cannabis. *Frontiers in Plant Science*, 13, 786161. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.786161>
- Nath, M. K. (2022). Benefits of Cultivating Industrial Hemp (*Cannabis sativa* ssp. *sativa*)—A Versatile Plant for a Sustainable Future. *The 1st International Online Conference on Agriculture - Advances in Agricultural Science and Technology*, 14.
<https://doi.org/10.3390/iocag2022-12359>

- O'Brien, C., & Arathi, H. S. (2019). Bee diversity and abundance on flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Biomass and Bioenergy*, 122, 331–335.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.015>
- Oomah, B. D., Busson, M., Godfrey, D. V., & Drover, J. C. G. (2002). Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 76(1), 33–43. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00245-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00245-X)
- Outhwaite, C. L., McCann, P., & Newbold, T. (2022). Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. *Nature*, 605(7908), 97–102.
<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04644-x>
- Parvez, A. M., Lewis, J. D., & Afzal, M. T. (2021). Potential of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) for bioenergy production in Canada: Status, challenges and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110784. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110784>
- Petit, J., Salentijn, E. M. J., Paulo, M.-J., Thouminot, C., Van Dinter, B. J., Magagnini, G., Gusovius, H.-J., Tang, K., Amaducci, S., Wang, S., Uhrlaub, B., Müssig, J., & Trindade, L. M. (2020). Genetic Variability of Morphological, Flowering, and Biomass Quality Traits in Hemp (*Cannabis sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11, 102.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00102>
- Pollio, A. (2016). The Name of *Cannabis*: A Short Guide for Nonbotanists. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 1(1), 234–238. <https://doi.org/10.1089/can.2016.0027>
- Poonsawat, T., Srilasak, N., & Koodkaew, I. (2024). Allelopathic characterization and allelochemicals identification of hemp (*Cannabis sativa* L.) leaf residue. *Industrial Crops and Products*, 222, 120003. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120003>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

- Pudelko, K., Majchrzak, L., & Narożna, D. (2014). Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. *Industrial Crops and Products*, 56, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.028>
- Punja, Z. K., & Holmes, J. E. (2020). Hermaphroditism in Marijuana (*Cannabis sativa* L.) Inflorescences – Impact on Floral Morphology, Seed Formation, Progeny Sex Ratios, and Genetic Variation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 718. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00718>
- Ranalli, P., & Venturi, G. (2004). Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*, 140(1–2), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4749-8>
- Reddy, D. S. (2023). Therapeutic and clinical foundations of cannabidiol therapy for difficult-to-treat seizures in children and adults with refractory epilepsies. *Experimental Neurology*, 359, 114237. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2022.114237>
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., Liu, L., Liu, F.-H., & Deng, G. (2021). Evaluation of Hemp (*Cannabis sativa* L.) as an Industrial Crop: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52832–52843. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16264-5>
- Ren, G., Zhang, X., Li, Y., Ridout, K., Serrano-Serrano, M. L., Yang, Y., Liu, A., Ravikanth, G., Nawaz, M. A., Mumtaz, A. S., Salamin, N., & Fumagalli, L. (2021). Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of *Cannabis sativa*. *Science Advances*, 7(29), eabg2286. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg2286>
- Romero, P., Peris, A., Vergara, K., & Matus, J. T. (2020). Comprehending and improving cannabis specialized metabolism in the systems biology era. *Plant Science*, 298, 110571. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110571>
- Rosenthal, E., Flannery, R., & Bacca, A. (2021). *Cannabis grower's handbook: The complete guide to marijuana and hemp cultivation*. Quick Trading Company.

- Rull, V. (2022). Origin, early expansion, domestication and anthropogenic diffusion of Cannabis, with emphasis on Europe and the Iberian Peninsula. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 55, 125670. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125670>
- Runno-Paurson, E., Mäeorg, E., Kurina, O., Õunap, E., Kännaste, A., Niinemets, Ü., & Lääniste, P. (2024). Widespread Occurrence of European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis*) and Damage of Industrial Hemp (*Cannabis sativa*) Crop in Northern Europe. *Journal of Crop Health*, 76(2), 437–444. <https://doi.org/10.1007/s10343-023-00940-2>
- Rupasinghe, H. P. V., Davis, A., Kumar, S. K., Murray, B., & Zheljazkov, V. D. (2020). Industrial Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) as an Emerging Source for Value-Added Functional Food Ingredients and Nutraceuticals. *Molecules*, 25(18), 4078. <https://doi.org/10.3390/molecules25184078>
- Russo, E. B. (2007). History of Cannabis and Its Preparations in Saga, Science, and Sobriquet. *Chemistry & Biodiversity*, 4(8), 1614–1648. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200790144>
- Salami, M. (2024). *Cánnabis sativa—Botánica y Técnicas de Cultivo* (1ª). Editorial Melusina.
- Salehi, A., Puchalski, K., Shokoohinia, Y., Zolfaghari, B., & Asgary, S. (2022). Differentiating Cannabis Products: Drugs, Food, and Supplements. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 906038. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.906038>
- Salentijn, E. M. J., Petit, J., & Trindade, L. M. (2019). The Complex Interactions Between Flowering Behavior and Fiber Quality in Hemp. *Frontiers in Plant Science*, 10, 614. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00614>
- Saragoça, A., Manuelito, C., Gallego, J. C. A., Lobón, N. C., Garrido, A. O., & Cordeiro, A. I. (2026). Phenological Development and Growth Responses of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) to Sowing Dates and Climatic Conditions in Elvas, Portugal. *Agronomy*, 16(2), 271. <https://doi.org/10.3390/agronomy16020271>
- Saunders, M. E. (2018). Insect pollinators collect pollen from wind-pollinated plants: Implications for pollination ecology and sustainable agriculture. *Insect Conservation and Diversity*, 11(1), 13–31. <https://doi.org/10.1111/icad.12243>

- Schultz, C. J., Lim, W. L., Khor, S. F., Neumann, K. A., Schulz, J. M., Ansari, O., Skewes, M. A., & Burton, R. A. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
- Sengloung, T., Kaveeta, L., & Nanakorn, W. (2009). *Effect of Sowing Date on Growth and Development of Thai Hemp (Cannabis sativa L.)*. *Nat. Sci.* 43(3).
https://www.researchgate.net/publication/266355662_Effect_of_Sowing_Date_on_Growth_and_Development_of_Thai_Hemp_Cannabis_sativa_L. Acedido a 11 de dezembro de 2025.
- Shahzad, A. (2012). Hemp fiber and its composites – a review. *Journal of Composite Materials*, 46(8), 973–986. <https://doi.org/10.1177/0021998311413623>
- Shikanai, A., & Gage, K. L. (2022). Allelopathic Potential of Hemp: Implications for Integrated Weed Management. *Frontiers in Agronomy*, 4, 832471.
<https://doi.org/10.3389/fagro.2022.832471>
- Shiponi, S., & Bernstein, N. (2021). Response of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.) genotypes to P supply under long photoperiod: Functional phenotyping and the ionome. *Industrial Crops and Products*, 161, 113154. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113154>
- Sieracka, D., Frankowski, J., Wacławek, S., & Czekala, W. (2023). Hemp Biomass as a Raw Material for Sustainable Development. *Applied Sciences*, 13(17), 9733.
<https://doi.org/10.3390/app13179733>
- Silva-Reis, R., Silva, A. M. S., Oliveira, P. A., & Cardoso, S. M. (2023). Antitumor Effects of *Cannabis sativa* Bioactive Compounds on Colorectal Carcinogenesis. *Biomolecules*, 13(5), 764. <https://doi.org/10.3390/biom13050764>
- Singh, N. B., & Thapar, R. (2003). Allelopathic influence of *Cannabis sativa* on growth and metabolism of *Parthenium hysterophorus*. *Allelopathy Journal*, 12(1), 61–70.
https://www.researchgate.net/publication/282618038_Allelopathic_influence_of_Canna

- bis_sativa_on_growth_and_metabolism_of_Parthenium_hysterophorus. Acedido a 28 de março de 2026.
- Small, E. (2015). Evolution and Classification of *Cannabis sativa* (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. *The Botanical Review*, 81, 189–294. <https://doi.org/10.1007/s12229-015-9157-3>
- Small, E., & Cronquist, A. (1976). A Practical and Natural Taxonomy for Cannabis. *Taxon*, 25(4), 405-435. <https://doi.org/10.2307/1220524>
- Small, E., & Marcus, D. (2002). Hemp: A New Crop with New Uses for North America. Em *Trends in new crops and new uses* (J. Janick; A. Whipkey). ASHS Press.
- Smeriglio, A., Galati, E. M., Monforte, M. T., Lanuzza, F., D'Angelo, V., & Circosta, C. (2016). Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of Cold-Pressed Seed Oil from Finola Cultivar of *Cannabis sativa* L. *Phytotherapy Research*, 30(8), 1298–1307. <https://doi.org/10.1002/ptr.5623>
- Soliveres, S., Van Der Plas, F., Manning, P., Prati, D., Gossner, M. M., Renner, S. C., Alt, F., Arndt, H., Baumgartner, V., Binkenstein, J., Birkhofer, K., Blaser, S., Blüthgen, N., Boch, S., Böhm, S., Börschig, C., Buscot, F., Diekötter, T., Heinze, J., ... Allan, E. (2016). Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature*, 536(7617), 456–459. <https://doi.org/10.1038/nature19092>
- StatSoftinc. (2007). *Statistica (data analysis software system), version 8.0*. www.statsoft.com
- Struik, P. C., Amaducci, S., Bullard, M. J., Stutterheim, N. C., Venturi, G., & Cromack, H. T. H. (2000). Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*. 11(2-3), 107-118. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(99\)00048-5](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(99)00048-5)
- Tahir, M. N., Shahbazi, F., Rondeau-Gagné, S., & Trant, J. F. (2021). The biosynthesis of the cannabinoids. *Journal of Cannabis Research*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00062-4>

- Tang, K., Fracasso, A., Struik, P. C., Yin, X., & Amaducci, S. (2018). Water- and Nitrogen-Use Efficiencies of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Based on Whole-Canopy Measurements and Modeling. *Frontiers in Plant Science*, 9, 951. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00951>
- Thiessen, L. D., Schappe, T., Cochran, S., Hicks, K., & Post, A. R. (2020). Surveying for Potential Diseases and Abiotic Disorders of Industrial Hemp (*Cannabis sativa*) Production. *Plant Health Progress*, 21(4), 321–332. <https://doi.org/10.1094/PHP-03-20-0017-RS>
- Varga, I., Markulj Kulundžić, A., Krolo, P., Iljkić, D., Tišma, M., & Kraus, I. (2025). Industrial Hemp Finola Variety Photosynthetic, Morphometric, Biomechanical, and Yield Responses to K Fertilization Across Different Growth Stages. *Agronomy*, 15(2), 496. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020496>
- Visković, J., Zheljazkov, V. D., Sikora, V., Noller, J., Latković, D., Ocamb, C. M., & Koren, A. (2023). Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Agronomy and Utilization: A Review. *Agronomy*, 13(3), 931. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030931>
- Vonapartis, E., Aubin, M.-P., Seguin, P., Mustafa, A. F., & Charron, J.-B. (2015). Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.11.004>
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., & Foolad, M. (2007). Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, 61(3), 199–223. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.05.011>
- Xie, Z., Mi, Y., Kong, L., Gao, M., Chen, S., Chen, W., Meng, X., Sun, W., Chen, S., & Xu, Z. (2023). *Cannabis sativa*: Origin and history, glandular trichome development, and cannabinoid biosynthesis. *Horticulture Research*, 10(9), uhad150. <https://doi.org/10.1093/hr/uhad150>
- Yano, H., & Fu, W. (2023). Hemp: A Sustainable Plant with High Industrial Value in Food Processing. *Foods*, 12(3), 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>

Zhang, M., Anderson, S. L., Brym, Z. T., & Pearson, B. J. (2021). Photoperiodic Flowering Response of Essential Oil, Grain, and Fiber Hemp (*Cannabis sativa* L.) Cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 12, 694153. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.694153>

Anexos

Anexo i Análise de solo do local de ensaio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS CERTIFICATE OF ANALYSIS

Nº registro Laboratorio / lab record number: 2.24.9751 / v. 1



		Datos del cliente / customer data			
Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario Extremadura - CTAEX					
Dirección / address					
Ctra. de Villafranco a Balboa km 1,2					
CIF / NIF		Cód cliente / customer code		email	
G08334478		CTAEX		ctaex@ctaex.com	
Código postal code		Localidad / town - city		Provincia / province	
06195		Villafranco del Guadiana		BADAJOZ	
				País / State - country	
				España	
Descripción de muestra por el laboratorio Laboratory description			SUELO		
Fecha recepción Entry date		27/11/24	Envase Container	PLÁSTICO	Transportado a CTAEX por Carried to Ctaex by
					EN PERSONA

Referencia del cliente / customer reference (**)

B

Determinación / parameter	Metodología / method	Resultado / result
---------------------------	----------------------	--------------------

ANÁLISIS DE SUELOS

SUELO COMPLETO

pH (suelo/agua 1/2,5)	Electroquímico	7,14
Conductividad (extracto 1/5 µS/cm)	Conductimetría	30,20
Nitrógeno (%)	Kjeldahl	0,12
Relación C / N	Cálculo	10,25
Fósforo (Olsen, ppm P)	ICP	43,98
CATIONES DE CAMBIO (MEQ / 100 G)		
Potasio (meq / 100 g)	ICP	0,46
Calcio (meq / 100 g)	ICP	13,14
Magnesio (meq / 100 g)	ICP	3,72
Sodio (meq / 100 g)	ICP	0,41
MATERIA ORGÁNICA (%)		
Carbono orgánico oxidable (%)	Oxidación Cr2O7K2	1,22
Materia orgánica oxidable (%)	Oxidación Cr2O7K2	2,74
Materia orgánica total (%)	Oxidación Cr2O7K2	2,74
OLIGOELEMENTOS (PPM)		
Cobre (ppm)	ICP	1,208
Hierro (ppm)	ICP	20,27
Manganeso (ppm)	ICP	28,81
Zinc (ppm)	ICP	8,238
Boro (ppm)	ICP	0,1214

TEXTURA

Los resultados contenidos en el presente documento sólo afectan a las muestras sometidas a ensayo tal y como fueron recibidas en el laboratorio.
El laboratorio no se hace responsable de la información aportada por el cliente.

La incertidumbre está calculada y a disposición del cliente.

Queda prohibida la reproducción parcial del informe sin la aprobación por escrito del laboratorio.

** Información aportada por el cliente. El laboratorio no es responsable de dicha información y no está cubierta por la acreditación.

Anexo ii Registo dos estados fenológicos das variedades de cânhamo em estudo em 2024

Código	Definição	FUTURA 75	FIBROR 79	MONA 16	SANTHICA 27
Estado Vegetativo					
1002	1º par de folhas	08/07/2024	08/07/2024	08/07/2024	08/07/2024
1004	2º par de folhas	11/07/2024	11/07/2024	11/07/2024	11/07/2024
1006	3º par de folhas	15/07/2024	15/07/2024	15/07/2024	15/07/2024
1008	4º par de folhas	17/07/2024	17/07/2024	17/07/2024	17/07/2024
Floração e Formação da Semente					
2001	Primórdio floral	20/07/2024	22/07/2024	20/07/2024	20/07/2024
Planta Díóica Macho					
2100	Formação de flores	22/07/2024	24/07/2024	22/07/2024	22/07/2024
2101	Começo da floração	24/07/2024	30/07/2024	24/07/2024	24/07/2024
2102	Floração	30/07/2024	06/08/2024	30/07/2024	30/07/2024
2103	Fim da floração	06/08/2024	09/08/2024	06/08/2024	06/08/2024
Planta Díóica Fêmea					
2200	Formação de flores	24/07/2024	30/07/2024	24/07/2024	24/07/2024
2201	Começo da floração	30/07/2024	06/08/2024	30/07/2024	30/07/2024
2202	Floração	06/08/2024	09/08/2024	06/08/2024	06/08/2024
Planta Monóica					
2300	Formação flores femininas	24/07/2024	30/07/2024	24/07/2024	24/07/2024
2301	Início floração feminina	30/07/2024	06/08/2024	30/07/2024	30/07/2024
2302	Floração feminina	06/08/2024	09/08/2024	06/08/2024	06/08/2024
2303	Formação flores masculinas	22/07/2024	24/07/2024	22/07/2024	22/07/2024
2304	Floração masculina	30/07/2024	06/08/2024	30/07/2024	30/07/2024
2305	Início maturação semente	09/08/2024	09/08/2024	06/08/2024	06/08/2024
2306	Maturação semente	21/08/2024	21/08/2024	21/08/2024	21/08/2024
2307	Fim maturação semente	20/09/2024	20/09/2024	20/09/2024	20/09/2024

Senescência					
3001	Dessecação de folhas	02/09/2024	02/09/2024	02/09/2024	02/09/2024

Anexo iii Registo dos estados fenológicos das variedades de cânhamo em estudo em 2025

Código	Definição	FUTURA 75	FIBROR 79	MONA 16	SANTHICA 27
Estado Vegetativo					
1002	1º par de folhas	-	-	-	-
1004	2º par de folhas	16/06/2025	16/06/2025	16/06/2025	16/06/2025
1006	3º par de folhas	20/06/2025	20/06/2025	20/06/2025	20/06/2025
1008	4º par de folhas	23/06/2025	23/06/2025	23/06/2025	23/06/2025
Floração e Formação da Semente					
2001	Primórdio floral	07/07/2025	08/07/2025	07/07/2025	-
Planta Dióica Macho					
2100	Formação de flores	09/07/2025	10/07/2025	09/07/2025	-
2101	Começo da floração	15/07/2025	17/07/2025	15/07/2025	-
2102	Floração	17/07/2025	19/07/2025	17/07/2025	-
2103	Fim da floração	25/07/2025	28/07/2025	25/07/2025	-
Planta Dióica Fêmea					
2200	Formação de flores	16/07/2025	17/07/2025	16/07/2025	16/07/2025
2201	Começo da floração	20/07/2025	22/07/2025	20/07/2025	20/07/2025
2202	Floração	22/07/2025	25/07/2025	22/07/2025	22/07/2025
Planta Monóica					
2300	Formação flores femininas	16/07/2025	17/07/2025	16/07/2025	16/07/2025
2301	Início floração feminina	20/07/2025	22/07/2025	20/07/2025	20/07/2025

2302	Floração feminina	22/07/2025	25/07/2025	22/07/2025	22/07/2025
2303	Formação flores masculinas	09/07/2025	10/07/2025	09/07/2025	09/07/2025
2304	Floração masculina	17/07/2025	19/07/2025	17/07/2025	17/07/2025
2305	Início maturação semente	31/07/2025	04/08/2025	31/07/2025	31/07/2025
2306	Maturação semente	27/08/2025	27/08/2025	18/08/2025	25/08/2025
2307	Fim maturação semente	17/09/2025	17/09/2025	15/09/2025	17/09/2025
Senescência					
3001	Dessecação de folhas	27/08/2025	27/08/2025	27/08/2025	27/08/2025