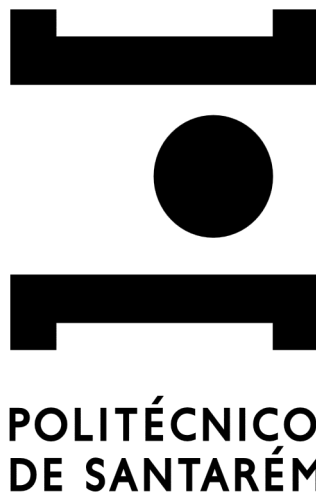


**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**  
**Escola Superior Agrária de Santarém**



**Estudo da aplicação de um regenerador de solos numa  
parcela de tomate de indústria.**

Aplicação de um regenerador de solos à base de microrganismos benéficos, para  
redução do desenvolvimento de microrganismos fitopatogénicos como nemátodes,  
bactérias e fungos de solo.

**Dissertação**

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

**Maria Madalena Cipriano Januário**

**Orientação:**

**Doutora Elsa de Jesus Centeio Valério (orientadora)**

**Maria do Céu Costa Godinho (co-orientadora)**

Novembro, 2022

## Agradecimentos

Agradeço do fundo do meu coração a todos os que me ajudaram na realização deste trabalho.

Começo por agradecer à orientadora Professora Doutora Elsa Valério e co-orientadora Professora Engenheira Maria do Céu Godinho, por toda a orientação, ajuda, sugestões e apoio prestado ao longo de todo o ensaio, desde a estrutura do ensaio, ao seu desenvolvimento e à conclusão de todo o trabalho. Agradeço também por me terem inserido no projeto MaisSolo e poder contribuir para este estudo a decorrer na nossa escola.

Ao Professor Doutor Igor Dias e à Engenheira Conceição Tovar Faro por toda a disponibilidade e ajuda que me deram, e pela cedência do laboratório da escola.

À Professora Doutora Ana Ambrósio pelo seu tempo e por toda a sua ajuda na análise estatística.

Agradeço ao meu chefe Luís Cavaleiro por todo o apoio que me deu ao longo dos dias, pela sua paciência comigo, pelo seu envolvimento neste trabalho, por toda a sua ajuda e ensinamentos e pela doação do produto em ensaio.

Ao Exmo. Sr. João Geada pela disponibilização do seu campo, plantas e funcionários por todo o seu tempo e paciência comigo e pela sua preciosa ajuda.

Ao meu irmão, João Maria que me ajudou em toda a colheita dos frutos e sua respetiva pesagem.

Ao meu namorado, Afonso Pereira da Silva por toda a sua ajuda, o seu precioso apoio incondicional e em especial por toda a paciência que teve comigo ao longo desta caminhada atribulada sem nunca me deixar desistir.

Ao meu Pai e à minha mãe pela educação que deram e toda a força, bem como a todos os meus familiares e amigos deixo a minha profunda gratidão por todo o apoio dado ao longo deste percurso e deixo as minhas sinceras desculpas pela minha ausência.

Agradeço também à minha Psicóloga Inês Maia Fernandes por todo o seu trabalho e ajuda incondicional nesta minha caminhada.

## Abreviaturas

ha – hectare

kg – quilograma

g - grama

mm – milímetro

DAP – dias após plantação

N – azoto

ml – mililitro

Ca – cálcio

P – fósforo

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – pentóxido de fósforo

K<sub>2</sub>O – oxido de potássio

SO<sub>3</sub> – enxofre

UFC – unidade formação de colónias

h - hora

L - litro

dS.m – decisiemens por metro

pH – potencial de hidrogénio

°C – graus centígrados

KOH – hidróxido de potássio

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – peróxido de potássio

NaCl – cloreto de sódio

µg – micrograma

## Resumo

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de um regenerador de solos (NEMAGREEN), um produto biológico à base de microrganismos, nomeadamente *Azotobacter choococcum* na cultura de tomate para indústria (*Solanum lycopersicum* L.).

Dada a crescente necessidade de se desenvolverem práticas mais ecológicas e sustentáveis no setor agrícola, este produto surge como uma alternativa que visa melhorar a estrutura do solo e o sistema radicular das plantas, fornecer microrganismos benéficos ao solo, evitando o desenvolvimento de organismos fitopatogénicos, em particular, nemátodes, bactérias e fungos de solo.

Foi realizado um ensaio em dois setores de rega com 2,9 ha, numa parcela com 18 ha, onde foram testadas duas modalidades: (i) A ensaio em branco, não se aplicou o regenerador e (ii) B onde se aplicou o regenerador de solos (20L/ha). Este trabalho experimental foi realizado com amostras aleatórias em três repetições com trinta plantas, em cada modalidade/repetição.

A avaliação dos parâmetros microbiológicos do solo, assim como as análises de solo foram feitas antes da plantação e imediatamente antes da colheita. O registo dos parâmetros de desenvolvimento das plantas foi efetuado, 30, 60 e 90 dias após plantação e a produção estimada assim como os parâmetros de qualidade dos frutos foi realizada no final do ensaio.

O regenerador de solos foi aplicado na rega e avaliou-se o desenvolvimento radicular das plantas, macronutrientes primários presentes no solo, população de nemátodes, bactérias, fungos micorrízicos, artrópodes, produção estimada e grau brix.

Os resultados mostraram que a aplicação do regenerador de solos tem efeitos benéficos no desenvolvimento radicular das plantas, resultando num aumento de produção e qualidade dos frutos. Verificou-se um aumento das micorrizas, a vida do solo (atividade B-glucosidade), número de frutos por planta e diminuição na percentagem de frutos verdes.

Apesar de não se terem verificado diferenças significativas relativamente à presença de artrópodes, azoto disponível, fosforo assimilável, nemátodes, bactérias fixadoras de azoto, vida no solo (atividade desidrogenase), brix, cor e calibre houve uma melhoria após a aplicação do regenerador de solos. Estes resultados indicam que a aplicação continuada do regenerador de solos poderá ser uma boa alternativa mais agroecológica para a melhoria da saúde do solo.

**Palavras-chave:** Tomate (*Solanum lycopersicum* L.); solo; regenerador; microrganismos; *Azotobacter choococcum*; sustentabilidade; agroecologia.

## Abstract

This study aimed to evaluate the effects of the application of a soil regenerator (NEMAGREEN), a biological product based on microorganisms, namely *Azotobacter chocoocum*, in the tomato crop for industry (*Solanum lycopersicum L.*).

Given the growing need to develop more ecological and sustainable practices in the agricultural sector, this product appears as an alternative that aims to improve the structure of the soil and the root system of plants, provide beneficial microorganisms to the soil, preventing the development of phytopathogenic organisms, in particular, soil nematodes, bacteria and fungi.

A test was carried out in two irrigation sectors with 2.9 ha, in a plot with 18 ha, where two modalities were tested: (i) A blank test, the regenerator was not applied and (ii) B where the regenerator was applied of soils (20L/ha). This experimental work was carried out with random samples in three replications with thirty plants, in each modality/repetition.

The evaluation of soil microbiological parameters, as well as soil analyzes were carried out before planting and immediately before harvesting. The recording of plant development parameters was performed 30, 60 and 90 days after planting and the estimated production as well as the fruit quality parameters were performed at the end of the trial.

The soil regenerator was applied in irrigation and the root development of plants, primary macroelements present in the soil, population of nematodes, bacteria, mycorrhizal fungi, arthropods, estimated production and brix degree were evaluated.

The results showed that the application of the soil regenerator has beneficial effects on the root development of plants, resulting in an increase in production and fruit quality. There was an increase in mycorrhiza, soil life (B-glucosity activity), number of fruits per plant and a decrease in the percentage of green fruits.

Although there were no significant differences regarding the presence of arthropods, available nitrogen, assimilable phosphorus, nematodes, nitrogen fixing bacteria, soil life (dehydrogenase activity), brix, color and gauge, there was an improvement after the application of the soil regenerator. These results indicate that the continued application of the soil regenerator may be a good, more agroecological alternative for improving soil health.

**Keywords:** Tomato (*Solanum lycopersicum L.*); ground; regenerator; microorganisms; *Azotobacter chocoocum*; sustainability; agroecology.

## Índice de Figuras

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA PARCELA .....	30
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DO ENSAIO EXPERIMENTAL .....	31
FIGURA 3 - PLANTAÇÃO (PLANTADORA AUTOMOTRIZ).....	33
FIGURA 4 - MARCAÇÃO DO CAMPO DE ENSAIO .....	34
FIGURA 5 - INSTALAÇÃO DAS ARMADILHAS PITFALL .....	34
FIGURA 6 - VISTA DA ARMADILHA .....	34
FIGURA 7 - COLOCAÇÃO DA PROTEÇÃO CONTRA PRECIPITAÇÃO .....	34
FIGURA 8 - ESQUEMA EXPERIMENTAL E RESPECTIVA LEGENDA .....	37
FIGURA 9 - DEMOSTRAÇÃO DA DIVERSIDADE DE ARTRÓPODES EM ABRIL E EM JULHO .....	42
FIGURA 10 - PERCENTAGEM DE AZOTO DISPONÍVEL EM ABRIL E EM JULHO.....	43
FIGURA 11 - UNIDADES DE FÓSFORO ASSIMILÁVEL EM ABRIL E EM JULHO .....	43
FIGURA 12 - NÚMERO DE NEMÁTODES POR GRUPO TRÓFICO EM ABRIL E EM JULHO .....	44
FIGURA 13 - FREQUÊNCIA DE ARBÚSCULOS EM ABRIL E EM JULHO .....	45
FIGURA 14 - BACTÉRIAS FIXADORAS DE AZOTO EM ABRIL (MÉDIA DAS RÉPLICAS).....	46
FIGURA 15- BACTÉRIAS FIXADORAS DE AZOTO EM JULHO (MÉDIA DAS RÉPLICAS) .....	46
FIGURA 16 - ATIVIDADE DA DESIDROGENASE EM ABRIL (MÉDIA DAS RÉPLICAS) .....	47
FIGURA 17 - ATIVIDADE DA DESIDROGENASE EM JULHO (MÉDIA DAS RÉPLICAS) .....	47
FIGURA 18 - ATIVIDADE DA B-GLUCOSIDADE EM ABRIL (MÉDIA DAS RÉPLICAS) .....	48
FIGURA 19 - ATIVIDADE DA B-GLUCOSIDADE EM JULHO (MÉDIA DAS RÉPLICAS) .....	48
FIGURA 20 - PLANTAS INFETADAS COM BACTÉRIAS E FUNGOS DE SOLO (SINTOMAS ÁREA FOLIAR) .....	49
FIGURA 21 -RAIZ DE UMA PLANTA DE CADA REPETIÇÃO .....	49
FIGURA 22 - A1 .....	49
FIGURA 23 - A2 .....	49
FIGURA 24 - A3 .....	49
FIGURA 25 - B1 .....	49
FIGURA 26 - B2 .....	49
FIGURA 27 - B3 .....	49
FIGURA 28 - RAIZ DE UMA PLANTA DE CADA REPETIÇÃO .....	50
FIGURA 29 - A1 .....	50
FIGURA 30 - A2 .....	50
FIGURA 31 - A3 .....	50
FIGURA 32 - B1 .....	50
FIGURA 33 - B2 .....	50
FIGURA 34 - B3 .....	50
FIGURA 35 - RAIZ DE UMA PLANTA POR REPETIÇÃO .....	50
FIGURA 36 - RAIZ ABERTA DE UMA PLANTA POR REPETIÇÃO .....	50
FIGURA 37 - PRODUÇÃO MÉDIA DE SEIS PLANTAS POR REPETIÇÃO .....	51
FIGURA 38 - IMAGEM DA PESAGEM E SELEÇÃO DE TOMATES PARA MEDIÇÕES EM LABORATÓRIO .....	51
FIGURA 39 - MÉDIA DE GRAU BRIX DE UM FRUTO POR PLANTA .....	52
FIGURA 40 - UM TOMATE DE CADA PLANTA PESADA PRONTOS PARA MEDIÇÃO DE BRIX, COR E CALIBRE .....	52
FIGURA 41 - ANÁLISE DA COR DE UM FRUTO POR PLANTA (A*) .....	53
FIGURA 42 - ANÁLISE DA COR DE UM FRUTO POR PLANTA (B*) .....	53
FIGURA 43 - MÉDIA DO CALIBRE DE UM FRUTO POR PLANTA .....	54
FIGURA 44 - IMAGEM DE UMA DAS PLANTAS PESADAS .....	54

## Índice de Quadros

QUADRO 1 - DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	36
QUADRO 2 - NÚMERO DE NEMÁTODES POR GRUPO TRÓFICO EM ABRIL E EM JULHO .....	44
QUADRO 3 - FREQUÊNCIA DE ARBÚSCULOS (VALORES MÉDIOS).....	45
QUADRO 4 - ATIVIDADE DA DESIDROGENASE (VALORES MÉDIOS) .....	47
QUADRO 5- ATIVIDADE DA B-GLUCOSIDADE (VALORES MÉDIOS) .....	48
QUADRO 6 - PRODUÇÃO (SOMA, MÉDIA E VARIÂNCIA).....	51
QUADRO 7 - GRAU BRIX (SOMA, MÉDIA E VARIÂNCIA).....	52
QUADRO 8 - CALIBRE (SOMA, MÉDIA E VARIÂNCIA) .....	54

# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>II</b>
<b>Abreviaturas</b> .....	<b>III</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>IV</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>VI</b>
<b>Índice de Quadros</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Revisão bibliográfica</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Enquadramento socioeconómico do tomate de indústria</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 O Tomate de indústria</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Nota histórica.....	5
2.2.2 Situação da Cultura do Tomate no Mundo .....	5
2.2.3 Características botânicas e morfológicas.....	5
2.2.4 Fatores Edafo-Climáticos .....	7
2.2.5 Fertilização .....	8
2.2.6 Pragas, Doenças e Acidentes fisiológicos.....	10
2.2.7 Cultivares .....	10
2.2.8 Produção.....	11
<b>2.3 Biodiversidade do solo e a importância da sua conservação</b> .....	<b>13</b>
2.3.1 Biodiversidade do solo.....	13
2.3.2 Importância da conservação do solo .....	14
<b>2.4 Microbioma do solo</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5 Bactérias fixadoras de azoto</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6 Bactérias e fungos</b> .....	<b>22</b>
<b>2.7 Nemátodes</b> .....	<b>22</b>
<b>2.8 Micorrizas</b> .....	<b>24</b>
<b>2.9 Caracterização do regenerador de solos: NEMAGREEN</b> .....	<b>26</b>
<b>3. Material e métodos</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1 Localização</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2 Caracterização da parcela</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3 Tecnologia cultural e instalação do campo</b> .....	<b>33</b>
3.3.1 Preparação do terreno.....	33
3.3.2 Instalação da cultura.....	33
3.3.3 Rega .....	35
<b>3.4 Delineamento experimental</b> .....	<b>36</b>
3.4.1 Variáveis observadas .....	38
<b>4. Resultados e discussão</b> .....	<b>42</b>

<b>4.1</b>	<b>Artrópodes .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>Azoto disponível e fosforo assimilável .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3</b>	<b>Nemátodes .....</b>	<b>44</b>
<b>4.4</b>	<b>Fungos micorrízicos .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5</b>	<b>Presença de bactérias fixadoras de azoto e vida no solo (actividade desidrogenase e atividade <math>\beta</math>-glucosidase) .....</b>	<b>46</b>
4.5.1	Bactérias fixadora de azoto.....	46
4.5.2	Vida no solo – atividade da desidrogenase.....	47
4.5.3	Vida no solo – atividade $\beta$ -glucosidase .....	48
<b>4.6</b>	<b>Observação de plantas.....</b>	<b>49</b>
<b>4.7</b>	<b>Produção .....</b>	<b>51</b>
<b>4.8</b>	<b>Grau brix – Sólidos solúveis .....</b>	<b>52</b>
<b>4.9</b>	<b>Cor.....</b>	<b>53</b>
<b>4.10</b>	<b>Calibre .....</b>	<b>54</b>
<b>5.</b>	<b><i>Notas conclusivas e perspetivas .....</i></b>	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b><i>Referências bibliográficas .....</i></b>	<b>57</b>
<b>7.</b>	<b><i>Anexos.....</i></b>	<b>62</b>

## 1. Introdução

O tomate é a cultura hortícola para transformação industrial com mais destaque em Portugal. Representa uma fileira marcada por elevada qualidade do produto, perfil empresarial dinâmico ao nível da inovação e especialização tecnológicas. No entanto, têm surgido alguns problemas de produção. A cultura tem pontos fortes, como a qualidade da produção, os solos e clima dos locais onde se produz, o conhecimento técnico dos produtores e a consequente boa produtividade. (Gomes, P. 2021). Estes indicadores têm apresentado uma progressão muito significativa nos últimos 20 anos (1,6%/ano em Portugal e 1,5%/ano no Ribatejo e Oeste), menos evidente ao longo desta última década. O crescimento da produtividade média deve-se à adoção das novas tecnologias e à opção por novas variedades com maior potencial. Os valores de produtividade média atual são de 84.783 kg/ha, em Portugal, e 85.277 kg/ha, no Ribatejo e Oeste. (INE, 2019)

Segundo a ONU (2017) a população mundial nos últimos anos tem vindo a aumentar de forma significativa e estima-se que possa chegar a 8,6 biliões até 2030. Para poder alimentar a população mundial é fundamental respeitar e proteger os recursos naturais de forma mais ecológica e sustentável. A gestão inadequada de recursos dos últimos anos tem vindo a colocar pressão sobre os sistemas globais e estima-se que um a seis biliões de hectares (até 30%) de solos estarão degradados a nível mundial. A degradação do solo afeta negativamente 3,2 biliões de pessoas, sendo também um dos principais contributos para as alterações climáticas e perda de biodiversidade.

Os solos abrigam mais de 25% da biodiversidade total da Terra e sustentam a vida na terra, água, ciclo de nutrientes, produção de alimentos, regulação da poluição e regulação do clima. (Bach et al., 2020)

No que diz respeito à proteção das culturas, um solo rico em biodiversidade é mais resiliente e por isso mais eficiente no controlo de pragas e doenças, uma vez que contém uma maior variedade de espécies benéficas e uma oferta variada de nutrientes. Geralmente, uma maior biodiversidade no sistema irá proporcionar um melhor equilíbrio entre populações e uma maior capacidade de impedir o desenvolvimento de pragas e doenças. (Melim, 2021)

Neste trabalho, apresenta-se como objetivo avaliar as vantagens da utilização de um regenerador de solos (NEMAGREEN) que é um produto biológico à base de

microrganismos, nomeadamente *Azotobacter chococum*. Este produto fornece microrganismos benéficos ao solo, evitando o desenvolvimento de outros, em particular microrganismos fitopatogénicos como nemátodes, bactérias e fungos de solo. Sendo o tomate de indústria, na maioria da sua área, produzido em sistemas de monocultura, as dificuldades de produção vão sendo cada vez maiores, sobretudo porque é necessário evitar a constante aplicação de produtos fitofarmacêuticos, que contribuem, ainda mais, para a degradação da vida do solo, poluição do ambiente e saúde humana.

Para a realização deste trabalho contou-se com a colaboração da EIBOL Portugal, que disponibilizou o regenerador de solos para o ensaio, do INIAV para realização das análises microbiológicas e enzimáticas bem como da ESAS para a realização das análises sumárias do solo e separação e identificação dos artrópodes de solo capturados.

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos. Numa primeira parte introduz-se a relevância deste estudo e apresenta-se o objetivo. No capítulo seguinte apresenta-se uma revisão bibliográfica do tema abordado, no terceiro capítulo são descritos os materiais e métodos usados. No quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos e por fim, no último capítulo, são apresentadas as conclusões.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 Enquadramento socioeconómico do tomate de indústria

Em Portugal, ao longo dos últimos 20 anos, a área de tomate de indústria decresceu, em média, à taxa de -1,0% ao ano, na região do Ribatejo e Oeste cresceu a uma taxa de 0,1%/ano.

Entre 2010 e 2018, a área de tomate de indústria no Alentejo teve um decréscimo de 11%, pelo que não beneficiou do desenvolvimento das infraestruturas do Alqueva, tendo decrescido 2% em termos nacionais.

A produtividade de tomate de indústria tem apresentado uma progressão muito significativa nos últimos 20 anos (1,6%/ano em Portugal e 1,5%/ano no Ribatejo e Oeste), menos evidente ao longo desta última década.

O Crescimento da produtividade média deve-se á adoção de novas tecnologias e à opção por novas variedades com maior potencial e maior resistência a nível de pragas e doenças. Os valores de produtividade média atual são de 84.783kg/ha, em Portugal, e 85.277kg/ha, no Ribatejo e Oeste. (INE, 2019)

O tomate é a cultura hortícola para transformação industrial que tem ganho mais destaque em Portugal. Representa uma fileira marcada por elevada qualidade do produto, perfil empresarial dinâmico ao nível da inovação e especialização tecnológica. No entanto, têm surgindo alguns problemas de produção. A cultura tem pontos fortes, como a qualidade da produção, os solos e clima dos locais onde se produz, o conhecimento técnico dos produtores e a consequente boa produtividade. (Gomes, P. 2021).

O volume de produção de tomate de indústria tem contrariado a tendência de diminuição das áreas de tomate de indústria, tendo, em 2015, sido alcançados máximos dos últimos 20 anos (1,8 milhões de toneladas em Portugal e 1,6 milhões de toneladas no Ribatejo e Oeste). Estes valores resultam de taxas de crescimento médio anual de 0,6%/ano em termos nacionais e de 1,7%/ano na região do Ribatejo e Oeste.

Desde 2015 que as ajudas à produção são pagas em função da área de produção, com um valor de referência de 240€/ha.

Na última década, o preço médio do tomate para indústria, após atingir o mínimo em 2011, registou um crescimento, tendo desde 2016 estabilizado em torno dos 75€/t..

Refira-se que o preço praticado pelas diferentes indústrias é função do respetivo grau-brix e cor, pelo que a variância em cada ano é relativamente elevada, podendo variar também entre indústrias. (INE, 2019)

A produção de transformados de tomate na última década tem crescido de forma muito significativa, em função do aumento de produtividade de tomate de indústria e da introdução de variedades com maior rendimento industrial. Este aumento, nos últimos dez anos, atingiu uma taxa de crescimento médio anual de 3,9%/ano em Portugal, 6,7%/ano no caso da polpa de tomate e 2,6%/ano no concentrado de tomate. O volume de negócios total associado à produção de derivados de tomate de indústria tem evoluído de forma muito positiva, tendo atingido um máximo absoluto no ano de 2018, -264 milhões de euros. Esta evolução favorável reflete a conjugação do aumento dos volumes produzidos. O saldo da balança comercial dos transformados de tomate tem evoluído de forma muito positiva, apresentando em 2018 um excedente de cerca de 189 milhões de euros (crescimento de 68% na última década).

Portugal é dos únicos países que exporta quase a totalidade da sua produção de tomate transformado (77%). Reino Unido, Japão, Espanha e Alemanha são os principais destinos das nossas exportações. As importações são provenientes, quase exclusivamente, de Espanha e alguma quantidade de Itália. (Agronews, 2019) (INE, 2019)

A área de tomate para indústria tenderá a manter-se nos próximos anos, permitindo satisfazer a capacidade industrial atualmente existente, sendo, no entanto, de esperar eventuais ajustamentos que decorram da revisão dos apoios públicos atualmente em vigor (reforma da PAC).

Apesar das perspetivas de crescimento sustentado do mercado à escala global e das excelentes condições naturais que Portugal apresenta para a produção de tomate é de esperar que os preços médios anuais para o tomate de indústria estabilizem próximo de 75€/t de tomate, permitindo assim o escoamento dos stocks existentes à escala global (Agronews, 2019).

## 2.2 O Tomate de indústria

### 2.2.1 Nota histórica

O tomate é originário das montanhas dos Andes, no Peru e no Equador, onde o tomateiro silvestre ainda existe. Os nativos utilizam-no para a alimentação e difundiram-no até ao México, mesmo antes da chegada dos europeus (Mesquita, 2001).

O tomate foi introduzido na Europa no século XVI pelos navegadores espanhóis, primeiro em Espanha e posteriormente em Itália, França e por último o Norte da Europa, tal como todas as solanáceas (Figueiredo, 2003).

A utilização do tomateiro como planta de interesse agrícola é relativamente recente, remontando apenas a 1800, mas já em meados de século XVI um indivíduo audacioso, indiferente às precauções em uso nessa época quanto à planta, inclui o fruto na sua alimentação e atribui-lhe propriedades excitantes e afrodisíacas (Figueiredo, 2003).

### 2.2.2 Situação da Cultura do Tomate no Mundo

Segundo Almeida (2006), as principais regiões produtoras de tomate a nível mundial situam-se em climas do tipo mediterrânico e da savana tropical. Quase toda a produção mundial está localizada no Hemisfério Norte.

Os Estados Unidos foram durante muito tempo o principal produtor mundial de tomate, tendo sido ultrapassados pela China em 1993. A Ásia produz cerca de 50% da produção mundial, enquanto a Europa representa pouco menos de 20% (Almeida, 2006).

Entre os dez maiores produtores mundiais de tomate figuram quatro países da bacia do Mediterrâneo: Turquia, Itália, Egito, Espanha e a Grécia são os principais produtores Europeus (Almeida, 2006).

### 2.2.3 Características botânicas e morfológicas

O tomate pertence à espécie *Lycopersicon esculentum*, é uma planta dicotiledónea, da família das solanáceas, perene, de porte arbustivo, que se cultiva como anual.

A planta possui uma raiz aprumada que, em situações ideais, cresce cerca de 3 cm por dia até alcançar os 60 cm de profundidade (Figueiredo, 2003). Podem distinguir-se duas zonas na raiz: uma superior junto ao colo, constituída por abundantes raízes finas e curtas,

de origem adventícia e outra inferior com raízes longas e grossas que se vão ramificando (Mesquita, 2001).

O caule é anguloso, coberto de pelos e glândulas que despreendem um líquido de um aroma característico apresentando a faculdade de emitir raízes quando em contacto com o solo (Figueiredo, 2003). O desenvolvimento do caule difere de outras cultivares pois as variedades para indústria são de crescimento determinado, isto é, o caule principal depois de produzir vários níveis de folhas, termina numa inflorescência, um novo ramo axilar vai substituir aquele que acabou na inflorescência, continuando assim o crescimento (Mesquita, 2001).

As folhas são compostas, inseridas sobre os diversos nós do caule de forma alternada e o limbo encontra-se fracionado em 7, 9 e até 11 folíolos. Do mesmo modo que o caule, estão providas de glândulas secretoras e de pelos (Figueiredo, 2003).

A floração realiza-se sob a forma de cachos simples ou ramificados em diferentes estratos, sendo normal que em cada inflorescência possa haver três e dez flores. As flores são perfeitas, regulares e hipogínicas. O número de órgãos florais varia com o genótipo sendo que nas formas cultivadas de tomate há geralmente seis ou mais pétalas e sépalas, com estames alternados com as pétalas e há dois ou mais carpelos unidos. Os estames são fundidos, formando um cone de anteras característico do género (Mesquita, 2001).

O fruto é uma baga globulosa ou periforme de cor vermelha na maturação. A sua superfície é normalmente lisa e, no seu interior encontram-se dois a trinta lóbulos carpelares (Mesquita, 2001).

As sementes são acinzentadas, de forma oval, achatadas e com 3 a 5 mm de diâmetro. A sua superfície está coberta por vilosidades, pequenas escamas e restos de tegumento externo que as reveste. As temperaturas máximas e mínimas para a germinação são 35°C e 10°C, respetivamente (Figueiredo, 2003).

## 2.2.4 Fatores Edafo-Climáticos

Embora se trate de uma planta pouco exigente e com grande adaptabilidade a diferentes tipos de solos, o tomateiro tem preferência pelos solos de natureza silico-argilosa, francos, soltos, leves, permeáveis, profundos e com boa drenagem, bem providos de matéria orgânica e ligeiramente ácidos (pH 6 a 7) (Figueiredo, 2003).

O teor de matéria orgânica é um fator importante para esta cultura sendo ideais teores na ordem dos 1,5% a 2%. No entanto o excesso de matéria orgânica nesta cultura pode, por vezes, ser mais prejudicial que benéfica, uma vez que induz a um maior crescimento vegetativo, uma maior distância entre os racimos o que induz a uma menor produção e menor qualidade dos frutos (Figueiredo, 2003).

Segundo Almeida (2006), o tomateiro é uma planta com uma sensibilidade moderada a salinidade do solo e da água da rega. A máxima salinidade sem quebra de produção (nível crítico) situa-se nos 2,5 dS.m<sup>2</sup>.

O tomate é uma típica cultura de verão, isto é, pertence ao grupo das que têm um mínimo térmico de crescimento relativamente elevado (superior a 10° C de temperatura média mensal) (Mesquita, 2001).

Podem considerar-se três elementos climáticos como decisivos para a cultura do tomate:

O tomateiro vegeta perfeitamente com altas temperaturas, próprias da estação quente da região mediterrânica, embora as temperaturas excessivamente altas coincidindo com regimes hídricos demasiado baixos possam provocar a queda de flores e de frutos recém-formados. É uma cultura muito afetada pelo frio e temperaturas inferiores a 0°C destroem a planta por completo (Figueiredo, 2003).

As geadas são bastante prejudiciais ao seu desenvolvimento.

A humidade influencia o crescimento dos tecidos, a transpiração, a fecundação das flores, o desenvolvimento de doenças criptogâmicas, desequilíbrios hídricos na planta que podem provocar o rachamento do fruto, sendo preferíveis teores de humidade não superiores a 50 % e solos não encharcados (Figueiredo, 2003).

O tomate é uma cultura muito exigente em quantidade de luz. A intensidade luminosa considerada mínima para a floração e vingamento dos frutos é de 0.85 MJ.m. o

fotoperíodo e a qualidade da luz têm uma importância prática reduzida nesta cultura (Almeida, 2006).

### 2.2.5 Fertilização

Para se conseguir uma adubação equilibrada é necessário conhecer o estado de fertilidade do solo recorrendo a análises do mesmo, assim como as exigências nutricionais do tomateiro (Figueiredo, 2003), devendo ser fornecido os nutrientes necessários ao longo da cultura e em função da evolução das necessidades.

As análises foliares durante o ciclo cultural da cultura também podem ajudar a identificar carências que possam surgir, assim como evitar a aplicação de nutrientes que estejam em quantidades suficientes na cultura.

De seguida será descrita a ação dos principais nutrientes na cultura:

A disponibilidade de azoto é um fator condicionante do desenvolvimento da cultura, influenciando a produção e os aspetos qualitativos do produto (Figueiredo, 2003). Do azoto depende o desenvolvimento do aparelho radicular, o vigor da planta aérea, o conteúdo proteico e a formação de determinados pigmentos, como o caroteno nos frutos (Figueiredo, 2003).

O azoto deve ser adicionado à cultura em fundo e em cobertura. Em fundo vai ser disponibilizado à planta logo desde o início do seu ciclo evitando que a planta consuma energia na procura desse elemento nutritivo, mas poderá ser arrastado provocando aumentos da contaminação ambiental razão porque deve ser aplicado em pequenas quantidades. Em cobertura tem como finalidade, além de conferir vigor à planta, favorecer o desenvolvimento foliar indispensável à fotossíntese e, conseqüentemente à produção de frutos (Chambel, 1993).

Segundo Santos (1996), uma excessiva fertilização azotada provoca:

- a) Um desequilíbrio que se manifesta através de um excessivo desenvolvimento vegetativo, que determina um maior consumo hídrico da cultura a qual ficará mais sensível à falta da água;
- b) Um aumento da sensibilidade ao ataque de agentes patogénicos;

- c) Uma diminuição da produção devido ao prolongamento da floração, fraco vingamento, irregularidade, atrasos e fraca maturação dos frutos que resultam menos agradáveis e com menor resistência à sobrematuração.

O fósforo é necessário à planta do tomateiro desde os primeiros estádios vegetativos, mas especialmente no período que precede a floração. De acordo com Santos (1996), o fósforo tem grande importância pois contribui para manter o equilíbrio hídrico na planta, moderar o consumo excessivo de azoto, melhorar o desenvolvimento vegetativo da planta, facilitando a emissão de um maior número de inflorescências e favorecer a precocidade da maturação e a consistência dos frutos.

A relação Ca/P no solo tem muita influência na absorção do fósforo pelas raízes das plantas.

Em solos (calcários, a disponibilidade do fósforo é condicionada pela atividade do ião  $\text{Ca}^*$  na medida em que há condições para se provocar a formação de fosfatos pouco solúveis. A maior retenção do fósforo ocorre em solos com pH compreendido entre 7 e 8 (Santos, 1996).

O potássio tem um papel delicado no equilíbrio biológico da planta como regulador do crescimento e desenvolvimento de toda a planta. A sua ação está subordinada à presença de doses ótimas de azoto e de fósforo. De facto, a adubação apenas com potássio limita o desenvolvimento, reduzindo a emissão de cachos florais, a produção e a precocidade da maturação.

A maior exigência deste elemento ocorre durante a floração e durante o desenvolvimento dos frutos. Parte do potássio que se encontra no solo é facilmente utilizável pelas plantas (Figueiredo, 2003).

O magnésio um macronutriente secundário que desempenha na planta diversas e importantes funções, salientando-se a sua presença na formação da clorofila. Por ser um constituinte da clorofila, as suas deficiências, traduzem-se pelo aparecimento de cloroses na planta (Chambel, 1993).

### 2.2.6 Pragas, Doenças e Acidentes fisiológicos

Como todas as plantas, também o tomate é afetado por pragas, doenças e determinados acidentes fisiológicos, que se não forem devidamente tratados podem causar danos irremediáveis e, até mesmo destruir completamente a cultura.

A nível das pragas temos como inimigos chave a mosca-branca e a *Tuta absoluta*.

O controlo das doenças é um problema cada vez maior, nomeadamente, o míldio, o oídio, a alternariose, a podridão cinzenta, fungos de solo como o *Fusarium*, *verticillium*, bactérias como *Pseudomonas corrugata*, *Pseudomonas syringae* e vírus.

Os acidentes fisiológicos que podem ocorrer, o rachamento dos frutos, podridão apical, queima dos frutos e enrolamento das folhas (Figueiredo, 2003).

### 2.2.7 Cultivares

Segundo Mesquita (2001), as cultivares de tomate para indústria devem apresentar as seguintes características:

- A planta deve ser vigorosa, de tamanho médio a pequeno, ramificação forte, conservando os frutos acima do solo para evitar podridão. Deve ter um crescimento determinado, com elevado grau de concentração de frutos maduros, rentabilizando desta forma na colheita mecânica.
- A floração deve ser concentrada, junto ao centro, de modo a evitar que os frutos que ficam na periferia sofram escaldão, com a consequente perda de peso e qualidade para indústria.
- A folhagem deve ser de densidade média, e a folha, larga e expandida, proporcionando uma boa cobertura para os frutos.
- Na frutificação, a precocidade deve ser de modo a existirem cultivares que vão das precoces às tardias, de modo a dilatar o tempo de campanha e o chamado, em termos industriais, "pico de campanha". O grau de concentração dos frutos maduros deve ser o mais elevado possível, dado que a rendibilidade e a eficácia da operação de colheita, está diretamente dependente deste aspeto.

- O fruto deve ser de secção transversal quadrada e superfície lisa. A cor exterior tem de ser vermelha e o mais uniforme possível, dado que a cor verde, que por vezes aparece junto ao pedúnculo, torna o concentrado de tomate de inferior qualidade. A firmeza deve ser a máxima possível de modo a tornar os frutos aptos a aguentarem o transporte a granel até às fábricas, muitas vezes a grandes distâncias, sem que percam qualidades microbiológicas ou sumo, por derramamento. A cor da polpa deve ser vermelho intenso e uniforme em toda a extensão do fruto.
- Para a colheita mecânica, deve ser utilizada uma variedade cujo fruto se desprenda com alguma facilidade da rama para facilitar esta operação.
- Devem ser variedades com grau brix (concentração de compostos solúveis) o mais elevado possível para rentabilizar a cultura e para um melhor rendimento industrial.

### 2.2.8 Produção

A produção do tomate para indústria é uma das mais importantes para a agricultura portuguesa (Oliveira, 2006). Em Portugal, o cultivo deste fruto é realizado na Primavera/Verão, a sua produção centraliza-se essencialmente nas regiões do Ribatejo, Oeste e também no Alentejo (Estatísticas Agrícolas do INE)

As Organizações de Produtores (OP'S), têm vindo a diminuir nos últimos anos, sendo que neste momento existem apenas treze OP'S (CAP, 2022). As Organizações de Produtores têm por objetivo principal concentrar a oferta e colocar os produtos no mercado. Além disso, as OP'S asseguram o processo de produção para aplicação da procura, de forma a estabilizar os preços através da otimização dos custos de produção.

O processo do cultivo de tomate para indústria é composto por quatro fases: a escolha da semente, a germinação, a transplantação e a colheita. A semente tem de ser adequada ao solo, ao clima e ao produto a que se destina, enquanto a germinação é realizada através de viveiros para produzir plantas de tomateiro em condições adequadas de temperatura e de humidade. Após as duas fases, as plantas são transferidas para tabuleiros de plástico ou de esferovite com um máximo de 400 plantas e colocadas durante 48 horas em camaras de germinação permanecendo de 5 a 7 semanas em estufa para o seu crescimento. A terceira fase consiste na transplantação das plantas para o campo, com a instalação de um sistema de rega gota-a-gota de maneira que a rega recaia na zona da raiz, garantindo maior

eficácia na rega da planta, conjugado com a fertirrigação mineral para a distribuição dos fertilizantes. Os produtos de proteção (fertilizantes e tratamento fitossanitário para controlo das infestantes, pragas e doenças) devem ser controlados por um horário fixo e registados em cadernos de campo pelos produtores (Antle et al., 1994).

É no processo de campo que se desenvolve a planta, em seguida a flor, por fim, o fruto com uma duração de 110 a 120 dias. A qualidade da matéria-prima é fundamental para se obter um produto final de excelência no que diz respeito à aparência (cor, tamanho, forma, defeitos e decomposição), firmeza, sabor e valor nutritivo (Kader, 1986). Após amadurecimento do tomate, este é colhido mecanicamente e colocado em lotes acompanhados de documentos que certifiquem a sua origem e permitem a sua rastreabilidade. O tomate para indústria é distribuído pelas fábricas para começar o seu processo de transformação industrial. De forma a garantir a qualidade, segurança e a vida dos alimentos, o fruto é cuidadosamente lavado para reduzir as contaminações microbicas, sendo este um dos passos mais importantes no processamento da produção vegetal (Gil, et al., 2009). Concluído este processo, o tomate é triturado e aquecido para extrair as peles e as sementes, originando o sumo de tomate que é concentrado pela evaporação da água através de vapor a vácuo. O processo de evaporação é um dos fatores que reduz o volume do tomate industrializado, permitindo a redução dos custos de transporte, de embalagens e de armazenamento. Por fim, para assegurar a segurança alimentar, o tomate industrializado é esterilizado. Atualmente, para aumentar o domínio de mercado e atrair novos consumidores, os transformadores de tomate da Europa Central estão a tentar implantar a transformação de tomates biológicos (Oliveira, 2006).

## 2.3 Biodiversidade do solo e a importância da sua conservação

### 2.3.1 Biodiversidade do solo

Segundo a FAO 2020, biodiversidade do solo é a variedade de vida abaixo do solo, desde genes e espécies até as comunidades que eles formam, bem como os complexos ecológicos para os quais contribuem e aos quais pertencem, desde micro habitats no solo até paisagens. Os solos são considerados um dos habitats mais biologicamente diversos da Terra. Estima-se que 1 grama de solo contém até 1 bilhão de células de bactérias, compreendendo dezenas de milhares de taxonomias, até 200 metros de hifas fúngicas e uma ampla variedade de organismos, incluindo nemátodes, minhocas e artrópodes.

A biodiversidade do solo é essencial para a maioria dos serviços do ecossistema fornecidos pelos solos, que beneficiam as espécies do solo e suas múltiplas interações (bióticas e abióticas) no meio ambiente. A biodiversidade do solo também sustenta a maioria das formas de vida na superfície por meio de ligações cada vez mais bem conhecidas entre a superfície e a parte subterrânea. Para os humanos, os serviços prestados pela biodiversidade do solo têm fortes implicações sociais, económicas, de saúde e ambientais. Os solos são um dos principais reservatórios globais de biodiversidade, mais de 40% dos organismos vivos em ecossistemas terrestres estão associados durante o seu ciclo de vida diretamente com os solos (Decaëns et al., 2006).

As contribuições essenciais dos organismos do solo são ameaçadas por práticas de degradação do solo. Políticas que minimizam a degradação do solo e protegem a biodiversidade do solo devem ser um componente da proteção da biodiversidade em todos os níveis.

O importante papel da biodiversidade do solo no funcionamento do ecossistema e na prestação de serviços do mesmo pode ser ameaçado por atividades humanas, bem como por desastres naturais, embora estes também possam ser influenciados por mudanças induzidas pelo homem. Estes incluem desmatamento, urbanização, intensificação agrícola, que pode afetar mais a fauna do solo do que os microrganismos (Gossner et al., 2016; Phillips et al., 2019), perda de matéria orgânica / carbono do solo, compactação do solo, impermeabilização da superfície, acidificação do solo pode afetar

os microrganismos do solo mais especificamente a meso e macrofauna (Orgiazzi et al., 2016), desequilíbrio de nutrientes, poluição, salinização, desertificação, incêndios florestais, erosão e deslizamentos de terra. Esses fatores concorrentes de mudança ambiental podem ter efeitos sinérgicos e, portanto, representar uma ameaça particular aos organismos do solo e às funções do ecossistema.

A intensificação agrícola que normalmente tem maior uso de pesticidas e fertilizantes (Veresoglou et al., 2015; Orgiazzi et al., 2016), maior risco de erosão do solo (Orgiazzi et al., 2016; Borelli et al., 2017; Sartori et al., 2019), contaminação, degradação do solo, compactação e salinização, alteração dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos, perturbação da estrutura do solo, tem fortes impactos na biodiversidade do solo (Wall et al., 2015).

Impactos negativos devido à intensificação agrícola têm consequências específicas como o desempenho dos microrganismos no solo, incluindo a formação da estrutura do solo, a engenharia do ecossistema e a regulação da população por predação. As práticas agrícolas que alteram significativamente a biodiversidade do solo refere-se a:

- (i) preparação do solo: mobilização do solo causa uma grande perda de fauna e ruptura das cadeias alimentares;
- (ii) uso indevido de fertilizantes: a fertilização sintética pode ter um impacto negativo nas comunidades microbianas do solo;
- (iii) aplicação de cal para correção de pH;
- (iv) uso indevido de pesticidas;
- (v) monocultura: as monoculturas limitam a presença de bactérias, fungos e insetos benéficos e contribuem para a degradação do ecossistema. As monoculturas em grande escala também reduzem a biodiversidade do solo devido à especificidade do hospedeiro de muitas das bactérias e fungos do solo (FAO, 2020).

### 2.3.2 Importância da conservação do solo

Segundo a FAO, a importância da biodiversidade do solo foi reconhecida pela Carta Mundial do Solo. O primeiro ponto da Carta afirma que “A proteção do solo é um fator essencial da agricultura sustentável. Também possui grande importância para a regulação do clima e proteção dos serviços do ecossistema e da biodiversidade”. O ponto 8 da Carta

afirma o seguinte: “Os solos são um reservatório chave da biodiversidade global que abrange desde microrganismos, até à flora e fauna. Esta biodiversidade tem um papel fundamental no suporte às funções do solo e, portanto, aos bens e serviços do ecossistema associados aos solos. Como tal, é necessário manter a biodiversidade do solo para salvaguardar essas funções.”

Onde existe maior biodiversidade do solo reduz a abundância de patógenos, o risco de doenças deve ser menor nas comunidades mais diversas (Ostfeld e Keesing, 2017). Estendendo-se aos ecossistemas do solo, a descoberta de que microbiomas mais diversos dentro de hospedeiros suprimem cepas resistentes a compostos antimicrobianos (Keesing et al., 2010) sugere que a conservação da biodiversidade do solo é de grande importância para atrasar o início de novas doenças e a resistência antimicrobiana de agentes de doenças nas culturas, animais domesticados e humanos. Trabalhos recentes de Kinkel e outros (Schlatter et al., 2017) avança a hipótese de que solos que geralmente são supressores de doenças de plantas resultam de interações competitivas entre populações de patógenos e diversas redes de populações saprófitas. Tal supressão dependeria da diversidade de potenciais competidores de patógenos. Se os organismos do solo em níveis tróficos mais altos são mais suscetíveis à extinção do que aqueles em níveis tróficos mais baixos (como patógenos de plantas ou animais), como tem sido observado biodiversidade do solo também é essencial para a manutenção de organismos capazes de regular naturalmente populações de agentes de doenças.

Com o aumento esperado da população mundial, há danos ambientais crescentes como consequência do rápido crescimento da indústria (Glick 2012). Além disso, é um desafio significativo alimentar a grande população atual, que inevitavelmente aumentará com o tempo. Independentemente disso, o enorme uso de fertilizantes químicos na agricultura torna o fornecimento de uma grande quantidade de alimentos, mas simultaneamente prejudica em grande medida o meio ambiente e causa impactos prejudiciais aos seres vivos (Sujanya e Chandra 2011). O uso indiscriminado de fertilizantes químicos apresenta grande ameaça à natureza e à sua biodiversidade por poluir o ar, a água (Foster e Custodio, 2019) e o solo levando à degradação do ecossistema em larga escala e perda de produtividade a longo prazo (Tilman et al., 2001; Vitousek et al., 2009) (Savci 2012). Como esses produtos químicos não podem ser todos absorvidos pelas plantas, começam a acumular-se nos solos e nas águas subterrâneas (Savci 2012). Esses produtos químicos afetam negativamente o solo em termos de esgotamento da

capacidade de retenção de água, fertilidade do solo, aumento da salinidade e aumento dos nutrientes do solo (Savci 2012). Considerando todos os efeitos adversos do uso prolongado de fertilizantes químicos, a agricultura biológica surgiu como uma área alternativa potente em termos de procura crescente de oferta de alimentos saudáveis, sustentabilidade a longo prazo e preocupações com a poluição ambiental (Reddy 2013). Embora o uso de fertilizantes químicos seja inevitável para atender à crescente procura de alimentos no mundo, existem oportunidades onde algumas culturas e áreas de nicho podem ser bem cultivadas com produtos para a agricultura biológica (Macilwain 2004; Chen 2006).

## 2.4 Microbioma do solo

Comunidades microbianas são definidas como coleção de microrganismos que vivem juntos. Mais especificamente, as comunidades microbianas são definidas como congregações multi-espécies, nas quais (micro) organismos interagem uns com os outros no mesmo ambiente (Konopka, 2009). Em 1988, Whipps e os seus colegas que trabalharam em ecologia de microrganismos da rizosfera forneceram a primeira definição do termo microbioma (Whipps et al.1988). Descreveram o “microbioma” como uma combinação das palavras “micro” e “bioma”, nomeando uma “comunidade microbiana característica” num “habitat bem definido que possui propriedades físico-químicas distintas” e a sua “respetiva atividade”.

Os organismos do solo podem ser divididos em diferentes grupos: micróbios, micro, meso, macro e megafauna. Eles incluem uma ampla gama de organismos, de formas unicelulares e microscópicas, a invertebrados, como nemátodes, minhocas, artrópodes e seus estágios larvares, mamíferos, répteis e anfíbios que passam parte considerável de suas vidas abaixo do solo. Além disso, existe uma grande diversidade de algas e fungos, bem como uma grande variedade de associações simbióticas entre microrganismos do solo e algas, fungos, musgos, líquenes, raízes de plantas e invertebrados. Esses organismos fazem parte de uma vasta teia alimentar que garante o ciclo de energia e nutrientes de formas microscópicas através da megafauna do solo até organismos que vivem na superfície do solo (Gilyarov, 1949; Swift et al., 1979).

Os organismos do solo servem e contribuem para a disponibilização de nutrientes para o crescimento das plantas e impulsionam as transformações dos nutrientes que os tornam disponíveis para as plantas. O conteúdo coletivo de carbono de todas as células bacterianas do solo é comparável ao de todas as plantas da terra, e seu conteúdo total de azoto e fósforo é muito maior do que o de toda a vegetação, tornando esses microrganismos a fonte primária de nutrientes indispensáveis para a vida. As plantas fixam carbono da atmosfera, mas requerem macro e micronutrientes que são absorvidos do solo para criar biomassa e transferir nutrientes e energia. Micróbios do solo e microfauna interagem com fatores abióticos - temperatura, pH, teor de humidade - e conduzem esses processos de transformação. A micro, meso e macrofauna do solo desempenham um papel fundamental na decomposição física dos resíduos vegetais, permitindo que os microrganismos do solo disponibilizem os nutrientes e a energia

contidos no material vegetal. O papel dos organismos do solo na agricultura tem muitos efeitos benéficos além da nutrição das plantas. Por exemplo, o microbioma do solo, como fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de azoto podem minimizar o custo e a dependência de fertilizantes de azoto sintético na agricultura e aumentar a fertilidade do solo e a sustentabilidade ambiental, incluindo a redução das emissões de gases com efeito de estufa da produção de fertilizantes de azoto com uso intensivo de energia (FAO, 2020).

Avanços laboratoriais e analíticos na última década permitem-nos ir além da pesquisa em espécies individuais para estudar comunidades inteiras de organismos e desenvolver novas abordagens no âmbito da segurança alimentar e a proteção ambiental. Com o desenvolvimento de novos métodos, os investigadores agora são capazes de ir além do foco em espécies individuais. Os cientistas começaram a descobrir como a enorme diversidade do microbioma do solo está ligada ao controlo de agentes patogénicos, à saúde das plantas, ao aumento da produção e a uma maior capacidade de superar o stresse abiótico. Especialmente na última década, os avanços do método, incluindo técnicas de sequenciamento molecular e ferramentas analíticas de “big data”, ajudaram a identificar as espécies que vivem nos solos e suas comunidades (FAO, 2020). Outras aplicações para essas ferramentas são a determinação de quais os fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de azoto estão presentes no solo e a assistência ao profissional de campo na avaliação da eficácia desses organismos. Verificou-se que o microbioma do solo influencia a qualidade e longevidade das produções tanto positivamente (por meio de interações microbianas benéficas) ou negativamente (por agentes patogénicos das plantas). Assim, a aplicação destes métodos e as intervenções necessárias subsequentes seriam valiosas no processo de pós-colheita. Isso pode aumentar a sustentabilidade de toda a cadeia de valor agrícola (FAO, 2020).

Apesar de estudos recentes - usando a tecnologia mais recente e inteligência artificial - sobre a distribuição global de algumas ordens de bioma do solo, o estado atual do bioma permanece pouco conhecido em muitos países do mundo. Os países avaliaram o estado e as tendências da biodiversidade do solo de várias maneiras, incluindo o uso de conhecimento científico, as tecnologias mais recentes e inteligência artificial, inovações dos agricultores e práticas, conhecimentos indígenas e tradicionais e mapeamento. Neste sentido, há uma necessidade urgente de continuar com os esforços recentes usando as

tecnologias mais atuais e a inteligência artificial, e coordenar e investir na avaliação da biodiversidade do solo em nível global (FAO, 2020).

## 2.5 Bactérias fixadoras de azoto

Um biofertilizante é uma substância que contém microrganismos vivos que, quando aplicados em sementes, plantas ou solo, colonizam a rizosfera ou o interior das plantas e promovem o crescimento das plantas, aumentando o fornecimento de nutrientes à planta hospedeira (Vessey 2003; Bardi e Malusa 2012; Malusa e Vassilev 2014). Os biofertilizantes são utilizados para acelerar os processos microbianos que aumentam a disponibilidade de nutrientes que podem ser facilmente assimilados pelas plantas.

Melhoram a fertilidade do solo fixando o azoto atmosférico e solubilizando o fósforo insolúvel e produzem substâncias promotoras de crescimento de plantas no solo (Mazid e Khan 2015). Estes biofertilizantes foram desenvolvidos para promover naturalmente a disponibilidade de nutrientes que aumenta muito a fertilidade do solo e o rendimento das culturas (Pandey e Singh 2012).

Os organismos comumente usados para a estimulação do ciclo de nutrientes incluem fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de azoto. No Brasil e em outros países da América Latina, a inoculação de colónias selecionadas de bactérias substituiu totalmente os fertilizantes de azoto mineral (N), economizando biliões de dólares por ano. Além da sua grande vantagem económica, a fixação biológica de azoto da atmosfera é uma biotecnologia limpa que evita o uso excessivo de fertilizantes sintéticos. Os organismos do solo também são usados atualmente em medidas de proteção biológica na agricultura. O conceito básico de controlo biológico é facilitar o ecossistema natural para neutralizar o potencial de pragas e, globalmente, aumentar a biodiversidade e o funcionamento do ecossistema. (FAO, 2020)

*Azotobacter* são bactérias de vida livre, aeróbias, fotoautotróficas não simbióticas que pertencem à família *Azotobacteriaceae*. Eles estão presentes geralmente em solos neutros e alcalinos e *Azotobacter chroococcum* é a espécie mais comum em solos aráveis (Moraditochae et al. 2014). As outras espécies relatadas incluem *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter beijerinckii*, *Azotobacter insignis* e *Azotobacter macrocytogenes* (Mishra et al. 2013). Extrai vitaminas do complexo B, diferentes fitohormonas como giberelinas, ácido naftaleno acético (NAA) e outras substâncias que inibem certos patógenos radiculares, mas promovem o crescimento radicular e a absorção de minerais (Mathivanan et al. 2015). Foi referido que *Azotobacter* extrai algumas substâncias que inibem o crescimento de certos patógenos radiculares e melhoram consideravelmente o

crescimento radicular e a absorção de nutrientes das plantas (Dobereiner et al. 1972; Babalola 2010). Também foi referido que *Azotobacter* pode adicionar 15–93 kg N/ha/nas raízes de *Paspalum notatum* (Youssef e Eissa 2014). Outra cepa, *Azotobacter indicum*, pode produzir muitos antibióticos antifúngicos que são usados para inibir o crescimento de vários fungos patogênicos na região da raiz, reduzindo a mortalidade das plantas até certo ponto (Martin et al. 2011). Verificou-se que a população de *Azotobacter* é geralmente baixa na rizosfera das plantas cultivadas e em solos não cultivados. A ocorrência deste organismo tem sido relatada na rizosfera de uma série de plantas cultivadas como arroz, milho, cana-de-açúcar, hortícolas entre outras plantações (Wani et al. 2013).

Segundo Sumbultet et al., (2020) *Azotobacter spp.* é um potencial biofertilizante para a melhoria do solo e da saúde da planta. O stress (tanto biótico quanto abiótico) limita o crescimento e produção da planta em ambiente hostil, levando a uma produção deficiente das plantas. Entre as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas, *Azotobacter spp.* (procariontes Gram-negativos) são especialmente consideradas para melhorar a saúde da planta. Vários mecanismos estão envolvidos na melhoria da saúde das plantas, como por exemplo, a produção de fitohormonas como a produção de ácido indol-3-acético, eliminação de alguns fatores de stress da planta, fixação de azoto, degradação de pesticidas e partículas de óleo, metabolização de metais pesados, etc. são as principais características de *Azotobacter spp.*. Além disso, a aplicação desta bactéria também se tornou útil na recuperação do solo, sugerindo ser um agente que pode ser usado na transformação de terras inférteis em férteis.

No que diz respeito às limitações de uso desta bactéria, salienta-se que a disponibilidade de formulações a nível comercial é, ainda, bastante limitada.

## 2.6 Bactérias e fungos

As bactérias e os fungos são os principais componentes da microbiota do solo e são geralmente considerados como os melhores indicadores do seu status biológico. No entanto, devido ao facto de poderem existir milhares de espécies e indivíduos numa pequena porção de solo, e porque têm ciclos de vida geralmente curtos, são muito difíceis de avaliar.

## 2.7 Nemátodes

Os nemátodes são usados como bioindicadores da saúde do solo porque o número e tipos de nemátodes aí presente reflete os microrganismos de que se alimentam e o maior ou menor equilíbrio desse solo. Há um conjunto de razões que fazem com que os nemátodes sejam bons indicadores biológicos do status do solo: i) existem em número considerável em todos os solos; ii) podem ser facilmente extraídos do solo e a análise da cavidade oral permite determinar a sua fonte de alimento dado que os diferentes tipos se podem alimentar das raízes das plantas, de bactérias, de fungos, da matéria orgânica, de outros nemátodes, etc.; iii) as populações de nemátodes flutuam consoante as dinâmicas dos organismos de que se alimentam, sendo também influenciadas pelas propriedades físico-químicas do solo (Stirling & Linsell, 2016).

Uma vez extraídos das amostras de solo, os nemátodes podem ser divididos em cinco grupos, de acordo com os seus hábitos alimentares dominantes: bacteriófagos – alimentam-se de bactérias e são relativamente pequenos e relativamente constantes e ativos no solo, produzindo muitos ovos e podendo aumentar muito depressa os seus efetivos se houver incremento da matéria orgânica; pelo contrário, se esta reduzir, param de se alimentar e hibernam; micetófagos – alimentam-se de fungos e geralmente têm ciclos muito curtos (1-2 semanas), sendo mais comuns em solos com menos operações culturais; omnívoros – são nemátodes grandes, com ciclos de vida longos e alimentam-se de diferentes organismos do solo, sendo sensíveis a mobilizações do solo, como a lavoura, aos pesticidas e a adubos azotados; a sua presença num solo indica estar em equilíbrio enquanto que a sua ausência aponta para perturbações no seu status biológico; predadores – alimentam-se de outros nemátodes, são de grande dimensão, com ciclos de vida longos (vários meses) e, uma vez perturbados, levando vários meses ou anos para que voltem a integrar essa rede alimentar, nomeadamente devido à poluição do solo; fitoparasitas –

estão sempre presentes nos solos agrícolas e alimentam-se das raízes das plantas, nem sempre causando danos relevantes (Stirling, 2014).

Assim, uma forma de avaliar a saúde do solo consiste em extrair nemátodes e identificá-los de acordo com o seu comportamento alimentar. Vários aspetos podem ser tidos em atenção: - uma razão bacteriófagos/micetófagos elevada indica que está a haver uma rápida reciclagem de nutrientes através da decomposição levada a cabo por bactérias, ou que houve uma adubação azotada ou foi feita uma lavoura; - se esta razão for baixa, haverá mais micetófagos, o que aponta para um predomínio de fungos no solo e para uma reciclagem de nutrientes relativamente lenta; se a população de omnívoros for reduzida, a componente biótica do solo foi afetada por poluentes (pesticidas, excesso de adubação, etc.) ou por práticas como as lavouras; pelo contrário, efetivos elevados de omnívoros e predadores indicam que o solo é biologicamente complexo e equilibrado e terá a capacidade de suprimir as populações dos nemátodes fitoparasitas e outros patogénicos; os nemátodes fitoparasitas estarão em grande número nos solos mais em desequilíbrio (Stirling & Linsell, 2016).

Em conclusão, o estudo da comunidade de nemátodes presente num solo pode ser uma boa ferramenta para avaliar o impacto das práticas culturais no status biológico e no estado geral desse solo.

## 2.8 Micorrizas

As micorrizas são associações mutualistas entre alguns fungos e as raízes de algumas plantas que trazem muitos benefícios para ambos.

Algumas espécies de fungos podem estabelecer associações mutualistas com outros organismos, e as micorrizas são uma dessas associações. Quando um fungo, na maioria das vezes basidiomicetos, estabelece uma associação com as raízes de algumas espécies de plantas, temos as chamadas micorrizas, que são divididas em dois grandes grupos: ectomicorrizas e endomicorrizas, classificadas de acordo com o aspeto morfológico e anatómico de colonização das raízes da planta pelo fungo.

As ectomicorrizas são formadas principalmente por fungos basidiomicetos e ascomicetos, e ocorrem em cerca de 3% das fanerógamas (Meyer, 2012); e nas regiões temperadas, onde o clima é mais frio, em 90% das espécies florestais. No Brasil, as ectomicorrizas ocorrem principalmente em espécies exploradas economicamente, como *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acacia mangium*.

Nas ectomicorrizas, os fungos que se associam às raízes não penetram nas células vivas das raízes; e as hifas crescem entre as células do córtex da raiz, formando uma estrutura característica, a rede de Hartig. As raízes de vegetais com ectomicorrizas são desprovidas de pelos e a função deles é desempenhada pelas hifas do fungo.

As endomicorrizas são mais encontradas do que as ectomicorrizas, ocorrendo em aproximadamente 80% das plantas vasculares. O fungo componente dessa associação é um zigomiceto, e esse fungo penetra nas células corticais da raiz da planta, onde forma estruturas muito ramificadas. As endomicorrizas são frequentemente chamadas de fungos micorrízicos arbusculares, cujas hifas se estendem pelo solo por vários centímetros, aumentando significativamente a quantidade de nutrientes essenciais e fósforo necessário ao desenvolvimento da planta.

Muitos estudos feitos por especialistas comprovaram que a colonização das raízes por fungos micorrízicos aumenta consideravelmente a produtividade de diversas plantas em solos com baixa fertilidade. Isso deve-se à maior absorção de nutrientes, como fósforo, zinco e cobre, essenciais ao desenvolvimento da planta. Por sua vez, o fungo também beneficia muito com essa associação, pois consegue nutrir-se de açúcares, aminoácidos e

outras substâncias orgânicas que as plantas produzem através da fotossíntese (Louredo, 2022).

## 2.9 Caracterização do regenerador de solos: NEMAGREEN

O NEMAGREEN é composto por um concentrado de *Azotobacter chroococcum* ((cepa Ag),  $1 \times 10^9$  ufc/mL), tem um pH de 5,0 e uma densidade de 1,05, a dose de aplicação recomendada é de 15-20L/ha via radicular. O NEMAGREEN aumenta a fixação de azoto, captando este macroelemento de modo eficiente para assegurar o seu fornecimento à planta. Na formulação do NEMAGREEN, utiliza-se fermentações controladas de microrganismos do solo, que permitem obter um produto capaz de restabelecer o equilíbrio necessário para o desenvolvimento das culturas.

Os microrganismos são de grande importância para mantermos o equilíbrio dos solos agrícolas e para um bom desenvolvimento da cultura. A exploração dos solos modifica o seu equilíbrio, provoca um declínio da presença de nutrientes e favorece o desenvolvimento de fitopatologias.

### **Modo de ação**

NEMAGREEN permite restabelecer as propriedades dos solos apoiando-se no seguinte modo de ação:

- 1 – Potenciar a entrada de macronutrientes essenciais e substâncias biostimulantes para obter um maior desenvolvimento da planta.
- 2 – Favorece a proliferação dos microrganismos do solo necessários para evitar os efeitos de nemátodes e fungos.

A formulação do NEMAGREEN desenvolveu-se com o objetivo de restabelecer as condições de equilíbrio microbiano e físico-químico dos solos nos que se aplica o produto e está baseada na fermentação do microrganismo *Azotobacter chroococcum*.

### **1 – Aporte de macronutrientes essenciais e substâncias bioestimulantes:**

*Azotobacter chroococcum*, componente principal da formulação do produto, é uma rizobactéria cujas principais características são o seu alto potencial em fixar azoto atmosférico, solubilizar o fosforo insolúvel presente no solo, sintetizar substâncias estimuladoras de crescimento vegetal e ter um efeito antagónico com fungos e nemátodes.

Um adequado incremento de macronutrientes é um fator básico para uma adequada produtividade e rentabilidade da agricultura moderna. Porém, uma aplicação

excessiva de fertilizantes químicos implica indesejáveis fenómenos para uma agricultura ecológica e moderna, que respeita o meio ambiente: deterioração das propriedades físico-químicas e biológicas do solo, contaminação do meio ambiente e declínio da qualidade dos frutos colhidos.

O azoto é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetativo das plantas. Este é assimilado pelas plantas, presente no solo, como nitrato ou amónio ou mediante a fixação simbiótica. O microrganismo *Azotobacter chroococcum* é capaz de converter o azoto atmosférico,  $N_2$ , em amónio,  $NH_4$  mediante a ação da enzima nitrogenase, composto assimilável pela planta.

O azoto incorporado pelas plantas permite realizar, entre outras coisas, a biossíntese de aminoácidos. Nas plantas, a biossíntese de aminoácidos produz-se principalmente através da rota glutamina sintasa-glutamato, sintasa que converte o amónio em glutamina. Uma ampla variação de aminoácidos (glutamina, glutamato, asparagina, e ácido aspártico) sintetizam-se por essa rota e desenvolvem importantes funções:

- contribuem para a superação de stress e crises de crescimento, provocado por fatores adversos como um transplante ou uma doença.
- são um fator regulador de crescimento e de outros processos fisiológicos.
- participam na formação de complexos musculares, graças às suas propriedades quelatantes.
- favorecem as paredes celulares.

*Azotobacter chroococcum*, como rizobactéria também apresenta a propriedade de transformar o fosfato tricálcico em fosfato di e monobásicos assimiláveis pela planta. Esta solubilização do fosforo deve-se à produção extracelular de ácidos orgânicos que acidificam o solo e permitem a sua dissociação dos iões aos que está associado.

A assimilação de fósforo pela planta permite a sua utilização através do seu metabolismo secundário que produz e acumula compostos de natureza química diversa. O fósforo, pelo seu papel como elemento básico em grande parte dos processos de crescimento e síntese de compostos constituintes da planta, participa como precursor na síntese de alguns destes metabolitos e, portanto, estimula a indução dos mecanismos de

defesa da planta que permitem dar suporte ao cultivo frente a situações de stress e facilitam o arranque, vigor e uniformidade do mesmo.

## **2 – Proliferação dos microrganismos do solo e efeito sobre nemátodes:**

Como anteriormente comentámos, a perda de equilíbrio existente no solo pode traduzir-se em pragas ou doenças de solo, principalmente aquelas causadas por nemátodes. Estes são invertebrados microscópicos, com o corpo alongado e cilíndrico, protegidos por uma forte cutícula de quitina. Na sua boca têm um estilete conectado com o esófago.

Os nemátodes fitoparasitas utilizam o seu estilete para perfurar as paredes celulares, injetar sucos digestivos e extrair nutrientes, deslocando-se e umas células para as outras através das suas paredes. Causam graves danos nas plantas, pois são vetores de vírus, são capazes de alterar o tecido da planta formando nódulos ou quistos e, ao mesmo tempo, abrem vias para entrada de outros patógenos (fitopatologias secundárias). É difícil encontrar uma cultura que não possa ser objeto de ataque por nemátodes. Quando se produz o desequilíbrio no solo e a população de nemátodes fitoparasitas alcança certos níveis críticos, requer-se uma intervenção, para que a colheita final alcance certas quotas de rentabilidade e qualidade.

Uma solução sustentável nestas situações é favorecer que o solo alcance um equilíbrio adaptado ao seu novo habitat (cultivo). A melhoria das condições edáficas dos solos faz prosperar uma microflora e microfauna mais ampla que exerce um controlo mais eficaz dos seus fatores bióticos para alcançar harmonia biológica, sendo, nestas circunstâncias, menos provável o aparecimento de fortes desequilíbrios que acabam manifestando-se como pragas e doenças.

A aplicação do NEMAGREEN permite que os seus microrganismos colonizem rapidamente a rizosfera, impedindo novas colonizações de microrganismos e/ou outros microrganismos, entre os que podiam estar as fitoparasitas, a ocupar o espaço físico que estes necessitam para a sua sobrevivência. *Azotobacter chroococcum* está descrito pela literatura científica como uma rizobactéria capaz de travar a infeção de plantas por nemátodes patógenos e, portanto, apresenta um efeito nematostático.

A regeneração de solo promovida pela aplicação do NEMAGREEN apoia-se em dois grandes pilares:

- O aporte de macronutrientes essenciais e, por consequência, de substâncias bioestimulantes que permitem o desenvolvimento de uma cultura mais forte e preparada para enfrentar possíveis situações de stress bioclimático.
- A proliferação dos microrganismos incorporados no solo para contrastar com os possíveis efeitos dos fitopatogénicos presentes.

O NEMAGREEN é regido pela normativa:

Produto inscrito em “Registo de matérias fertilizantes não harmonizadas”, segundo o Decreto-lei 103/2015, co, número 419/2020.

### 3. Material e métodos

#### 3.1 Localização

O ensaio experimental foi desenvolvido numa das parcelas da Sociedade Agrícola Herdade do Caldas, situada na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. Propriedade do prestigiado agricultor de seu nome Sr. João Miguel Geada, agricultor pioneiro na produção de tomate de indústria. É produtor há 25 anos e atualmente produz uma área de cerca de 650ha de tomate (**Figura 1**).



*Figura 1 - Localização da parcela*

O estudo decorreu numa parcela com área total de 18 ha , o campo de ensaio foi dividido em duas faixas ((dois setores de rega de 2,9 ha cada (setor 1 – Modalidade A – testemunha e o setor 2 – modalidade B - teste)) (**Figura 2**). A parcela situa-se dentro da herdade e é delimitada por uma estrada e valas de drenagem de água. Nestas áreas produz-se somente tomate de indústria, estando o resto do ano sem nenhuma outra cultura cultivada.



Figura 2 - Localização do ensaio experimental

### 3.2 Caracterização da parcela

A parcela onde se instalou o campo de ensaio pertencente à unidade pedológica dos Fluviosolos éutricos, associados a Fluviosolos calcários (Je2) segundo o esquema da FAO (Cardoso et. al., 1971). Esta unidade corresponde à família dos Aluviosolos Modernos de textura mediana unidade “Ac” de acordo com a classificação de Cardoso (1965). Os solos pertencentes a esta família apresentam textura mediana, incluindo texturas desde as texturas francas, as franco-arenosas (com menos de 60% de areia), as franco-argilo-arenosa (mais de 20% de limo e menos de 30% de argila), as franco-argilosas (menos de 30% de argila) e as franco-limosas (menos de 60% de limo e mais de 20% de areia).

Os Aluviosolos e os Solos de Baixa caracterizam-se por serem solos incipientes, mas podem ter uma pequena acumulação da matéria orgânica à superfície, apesar de possuírem bom arejamento nessa camada superior. Todos eles possuem uma toalha freática mais ou menos profunda (mais profunda nos Aluviosolos Antigos) sujeita a oscilações acentuadas no decurso do ano. Porém, encontram-se geralmente humedecidos e influenciados fortemente na sua economia de água, vegetação e biologia pela presença

dessa toalha freática. Os fenómenos de redução da toalha freática não se manifestam com intensidade porque esta oscila bastante e renova-se constantemente, mesmo nas alturas das inundações, o que permite permanentemente um elevado teor de oxigénio dissolvido na água.

Para a caracterização dos principais parâmetros físico-químicos, recolheram-se amostras de solo em duas alturas: antes da instalação do campo e imediatamente antes da colheita. Estas amostras foram analisadas no laboratório da ESAS.

### 3.3 Tecnologia cultural e instalação do campo

#### 3.3.1 Preparação do terreno

A preparação do solo para instalar as plantas de tomate foi efetuada através das seguintes operações: gradagem, subsolagem, novamente gradagem e subsolagem seguida de uma passagem com o rototerra. Finalizou-se a preparação do solo com a sua modelação em leira alta, através de um armador-fresador. O conjunto destas operações teve como objetivo principal fornecer as condições necessárias ao bom desenvolvimento da cultura, de modo a obter o máximo rendimento da mesma.

Simultaneamente à preparação do solo existiu ainda uma adubação de fundo (200 kg/ha de adubo com uma proporção N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O de 0:0:51 + 45% SO<sub>3</sub>). Este adubo foi incorporado pela gradagem, aquando da preparação do solo.

#### 3.3.2 Instalação da cultura

As plantas foram transportadas e acondicionadas em tabuleiros de esferovite. A plantação mecânica ocorreu no dia 9 de Abril de 2021, por intermédio de um plantador automotriz de 3 camalhões (**Figura 3**). O compasso utilizado foi 0,20m x 1,52m, o que corresponde a uma densidade de 33 000 plantas por hectare e foi utilizada a variedade H1015.



*Figura 3 - Plantação (plantadora automotriz)*

No mesmo dia foram efetuadas as marcações do campo de ensaio, em cada faixa escolheram-se aleatoriamente três parcelas com 9,12 m<sup>2</sup> e em cada parcela selecionaram-se aleatoriamente 30 plantas (Figura 4). Foram também instaladas as armadilhas para quantificarmos a diversidade de artrópodes (Figura 5,6,7).



*Figura 4 - Marcação do campo de ensaio*



*Figura 5 - Instalação das armadilhas pitfall*



*Figura 7 - Colocação da proteção contra precipitação*



*Figura 6 - Vista da armadilha*

### 3.3.3 Rega

O sistema de rega utilizado foi o sistema gota-a-gota. Foi usada uma fita de rega com gotejadores integrados (pastilha) com um débito de 3,6L/h por metro linear, o débito por gotejador é de 0,72L/h e entre cada gotejador há um espaçamento de 20cm. Este sistema de rega tem uma grande precisão no caudal e é apropriado para a maioria das culturas e adaptável a quase todos os solos regáveis, ajudando a reduzir o consumo de água, aumentando a qualidade da produção e o rendimento do agricultor.

Ao longo do ciclo da cultura a rega foi conduzida consoante as condições climáticas e o desenvolvimento da cultura, tendo variado as dotações de rega.

### 3.4 Delineamento experimental

O trabalho experimental foi realizado com base na casualização onde foram selecionados, aleatoriamente, dois blocos, cada um, com três repetições cada bloco.

No **Quadro 1** apresentam-se os principais parâmetros do delineamento experimental e na **Figura 8** o esquema experimental.

*Quadro 1 - Descrição dos principais parâmetros do delineamento experimental*

<b>Parâmetros</b>	<b>Descrição</b>
<b>Tipo de ensaio</b>	Delineamento em blocos casualizados
<b>Número de blocos</b>	2
<b>Fatores a estudar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regeneração do solo</li> <li>2. Artrópodes</li> <li>3. Azoto disponível</li> <li>4. Fósforo assimilável</li> <li>5. Nemátodes</li> <li>6. Fungos micorrízicos</li> <li>7. Bactérias fixadoras de azoto</li> <li>8. Vida no solo (atividade enzimática)</li> <li>9. Observação de plantas (raiz e área foliar)</li> <li>10. Produção/ha</li> <li>11. Grau brix</li> <li>12. Cor</li> <li>13. Calibre</li> </ol>
<b>Dispositivo experimental</b>	Parcelas totalmente aleatórias
<b>Tratamentos</b>	Testemunha - A Teste - B
<b>Número de repetições em cada bloco</b>	3
<b>Dimensão da parcela experimental</b>	3 leiras (4,6m) x 10 plantas (2m) = 30 plantas
<b>Área total do campo de ensaio</b>	9,12m <sup>2</sup> x 2 tratamentos x 3 repetições = 54,72m <sup>2</sup>

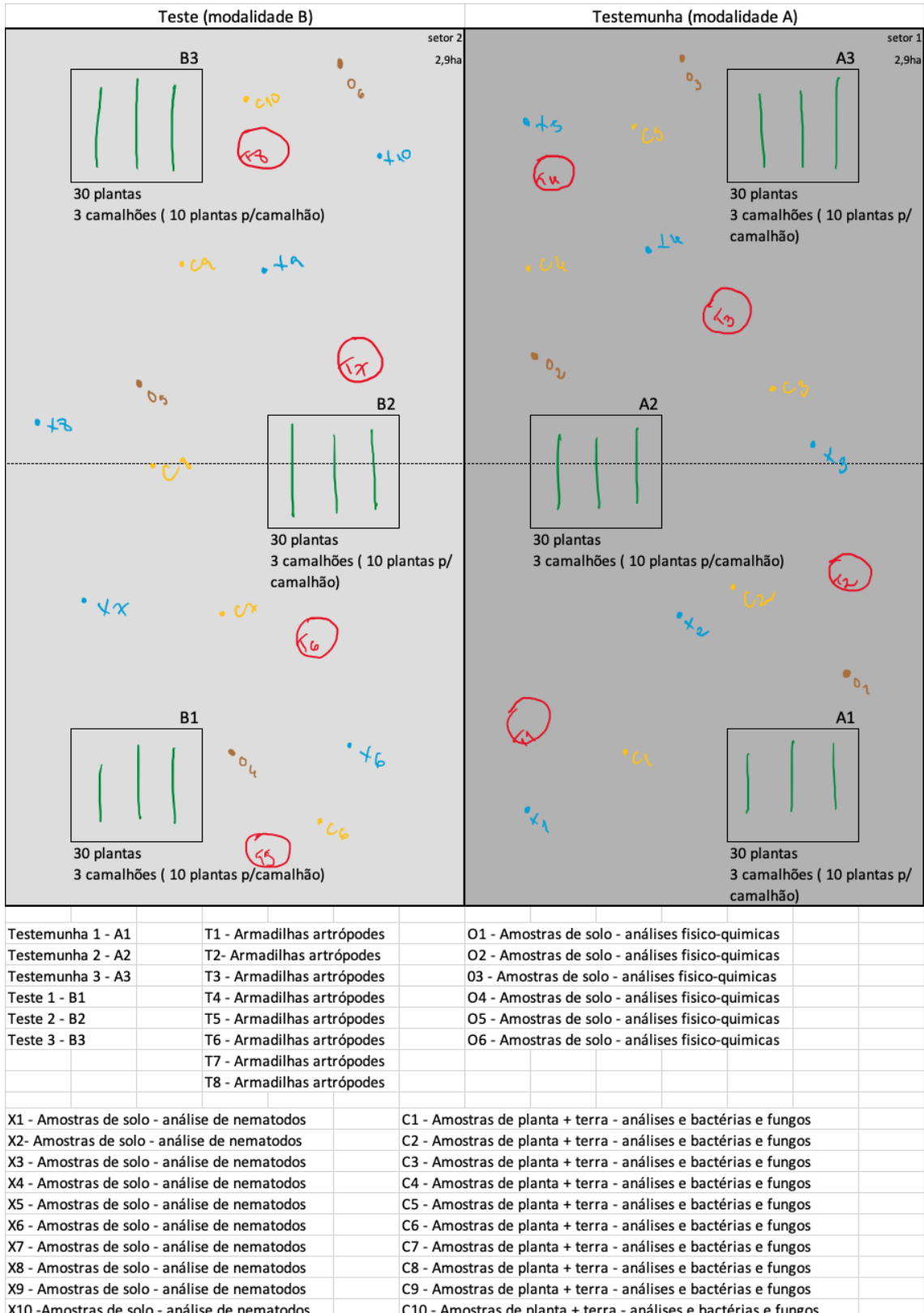


Figura 8 - Esquema experimental e respetiva legenda

Selecionaram-se dois setores de rega para facilitar a aplicação do regenerador de solos. No setor 1 (modalidade A) que serviu como parcela testemunha selecionaram-se 30 plantas em três repetições em sítios diferentes da parcela e completamente aleatórios.

No setor 2 (modalidade B) também foram selecionadas 30 plantas em três repetições em sítios diferentes da parcela e completamente aleatórios. A diferença que houve neste setor foi a aplicação do regenerador de solos NEMAGREEN após um mês da plantação (dia 3 de maio) com a concentração de 20L/ha.

### 3.4.1 Variáveis observadas

#### Artrópodes

Depois de marcado o campo de ensaio instalaram-se as armadilhas *pitfall*, as quais foram enterradas no solo, tendo-se adicionado etilenoglicol, um líquido preservante. As armadilhas foram posteriormente protegidas com uma campânula para proteção contra chuva e poeiras. Instalaram-se 4 armadilhas em cada modalidade no dia 9 de abril com recolha a 19 de abril e antes da colheita, no dia 21 de Julho com recolha a 28 de Julho. Os frascos foram devidamente fechados e levados para o laboratório da ESAS.

No laboratório foi efetuada a filtração do líquido, a separação dos artrópodes em caixas de Petri e depois a sua separação em morfotipos, fotografou-se e procedeu-se ao acondicionamento em cápsulas de gelatina ou montagem, com alfinete, em placas de esferovite. Os artrópodes foram posteriormente identificados em Classes, Ordens, Famílias, Géneros e Espécies. Este procedimento teve como objetivo a determinação da diversidade de artrópodes nas duas modalidades.

#### Azoto disponível e fósforo assimilável

A anteceder a instalação do campo, no dia 24 de março de 2021 e imediatamente antes da colheita, no dia 21 de Julho, recolheram-se 6 amostras (3 em cada modalidade) compostas por recolha aleatória de solo em 10 pontos. A recolha foi efetuada com sonda de meia cana. Estas amostras foram analisadas no laboratório da ESAS para caracterização dos principais parâmetros físico-químicos.

## Nemátodes

No dia 29 de Abril e antes da colheita, no dia 21 de Julho, recolheram-se amostras de solo, cinco em cada modalidade, que foram constituídas a partir de várias subamostras ao nível do sistema radicular (cerca de 20-25 cm de profundidade, removendo a camada superficial). Cada uma das amostras correspondente às diferentes modalidades foi enviada para o Laboratório de Nematologia do INIAV (NemaINIAV) em saco de plástico, devidamente selado e identificado, para posterior extração de nemátodes do solo e sua identificação.

## Fungos micorrízicos

No dia 29 de Abril e antes da colheita, no dia 21 de Julho, foram recolhidas cinco amostras, destrutivas, de plantas e terra que estava em volta das raízes, em cada modalidade. Cada uma das amostras correspondente às diferentes modalidades foi enviada para o Laboratório de Microbiologia do INIAV em saco de plástico, devidamente selado e identificado, para posterior análise.

## Bactérias fixadoras de azoto e vida no solo

No dia 29 de Abril e antes da colheita, no dia 21 de Julho, foram recolhidas amostras constituídas pela planta e terra que estava em volta das raízes, foram colhidas cinco em cada modalidade. Cada uma das amostras correspondente às diferentes modalidades foi enviada para o Laboratório de Microbiologia do INIAV em saco de plástico, devidamente selado e identificado, para posterior análise.

## Observação de plantas

A observação de plantas foi efetuada de dois modos, uma das observações foi feita à parte aérea da planta para identificação visual de pragas e doenças, a outra observação foi feita a uma planta de cada repetição em que foi colhida uma planta inteira por método destrutivo para identificar visualmente a presença de fungos de solo na planta ou picadas de nemátodes na raiz. Ambas as observações foram feitas aos 30DAP, 60DAP e 90DAP.

## Produção estimada

A produção estimada efetuou-se no dia 10 de agosto, e foi calculada através da colheita e respetiva pesagem dos frutos de cada planta de cada repetição e modalidade. Foram pesados os frutos maduros e os verdes separadamente. Efetuou-se também uma contagem dos frutos por planta.

## Grau brix – Sólidos solúveis totais

A Norma NP-785 de 1985, define o resíduo seco solúvel como a fração do resíduo seco total que se encontra dissolvida no produto expressa em sacarose. Este parâmetro representa um dos índices de maturação dos frutos e traduz o grau de doçura de tomate fresco. Trata-se de um parâmetro, cujo conhecimento interessa às várias partes envolvidas no processo (produto, fabricante, cliente), pelas seguintes razões:

- A matéria-prima é paga consoante o teor em sólidos solúveis (o Brix);
- O produto final deverá apresentar a concentração requerida pelo cliente, de modo que a empresa transformadora não incorra em gastos adicionais.

A análise dos sólidos solúveis totais (SST) foi feita no dia 11 de agosto no laboratório da ESAS, tendo-se selecionado, aleatoriamente, 6 frutos de cada repetição, totalizando 36 frutos no total. Utilizou-se o método 950.12 (AOAC, 2000). A determinação do parâmetro aludido efetuou-se a partir da amostra de duas metades de tomate e determinou-se a 20°C por meio do índice de refração, utilizando-se o refratómetro de bancada Atago NAR – 1T (Tokyo, Japão). O equipamento foi calibrado com água destilada a 20°C, cujo índice de refração é 1,333. De seguida, transferiram-se uma a duas gotas de cada amostra, com o auxílio de um pano perfurado, para o prisma do refratómetro e leu-se diretamente o valor em °Brix. Efetuaram-se duas leituras para cada uma das amostras.

## Cor

A cor é um dos fatores de qualidade mais importantes no caso específico do tomate e em produtos à base de tomate (Gould, 1983).

O sistema utilizado CIELab define o espaço com coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) conjuntamente com outras coordenadas cilíndricas ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H^\circ$ ) (Lima, 2014; Warriss, 1996 e Murray, 1995). O equipamento utilizado para medir a cor tenta imitar a resposta do olho humano à cor. Mede com precisão pequenas diferenças de tonalidade, dada pela relação  $a/b$ , em que  $a$  e  $b$  são respetivamente a intensidade da cor vermelha e amarela, refletidas por meio de uma ou mais células foto-elétricas. O aparelho também mede o valor de  $L$ , que representa luminosidade. A utilização da relação  $a/b$  implica que não se considere a variável luminosidade, embora certos autores defendam que este índice é só por si suficiente para definir a cor do tomate (Carvalho et al., 2003).

A análise da cor foi feita no dia 11 de agosto no laboratório da ESAS, foram utilizados os mesmos 36 frutos da análise anterior, foi medido cada tomate individualmente onde se encostava uma pistola que imitia um feche de luz, media a cor e os dados eram passados automaticamente para o programa de computador onde eram armazenados.

## Calibre – Diâmetro da zona equatorial

A medição do calibre foi feita também no dia 11 de agosto no Laboratório da ESAS e foram usados os mesmos 36 frutos das análises anteriores, o calibre foi medido com uma craveira Mitutoyo DP – 1VR (Kawasaki, Japão).

## Análise de dados

Para a análise estatística dos dados recorreu-se à análise de variância a um fator, usando as ferramentas de análise do programa Microsoft® Excel e complementando os cálculos, quando não disponíveis no Excel, com máquina de calcular e consulta de tabelas. Utilizou-se um nível de significância de 5%.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1 Artrópodes

Os resultados obtidos relativos à presença de artrópodes mostraram que no início da cultura há maior número (47), mas pouca diversidade de artrópodes. Estão presentes apenas um morfotipo, *Araneae*. Depois de aplicado o regenerador de solos, no fim da cultura, conforme demonstrado na **Figura 9**, constata-se que há um menor número (38) de artrópodes e maior diversidade com presença de cinco morfotipos. Possivelmente, este resultado explica-se pela razão do terreno estar em pousio antes da implantação da cultura, pelas temperaturas mais elevadas e após a cultura estar instalada facilitou a diversidade de artrópodes.

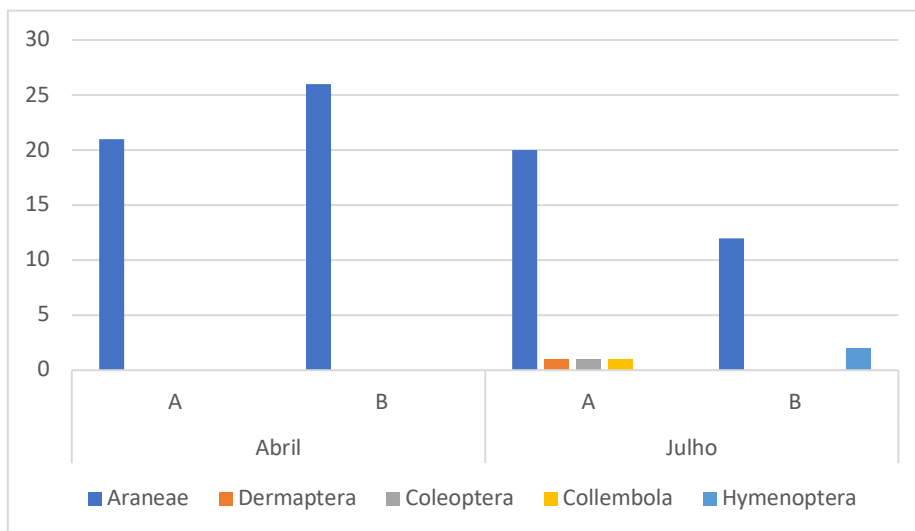


Figura 9 - Demonstração da diversidade de artrópodes em abril e em julho

## 4.2 Azoto disponível e fósforo assimilável

Os resultados obtidos relativos ao azoto total e ao fósforo disponível mostram um ligeiro aumento em ambos os nutrientes após a aplicação do regenerador de solos.

Penso que se pode constatar que as bactérias fixadoras de azoto e solubilizadoras do fósforo fizeram o seu trabalho, ajudaram na fixação do azoto atmosférico e na solubilização do fósforo conforme demonstra a **Figura 10 e 11**.



Figura 10 - Percentagem de azoto disponível em abril e em julho

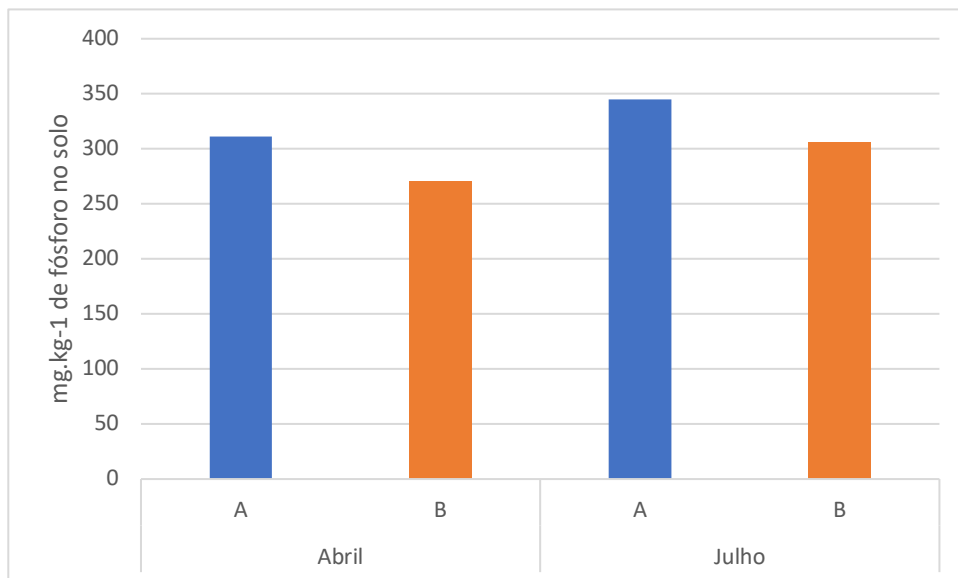


Figura 11 - Unidades de fósforo assimilável em abril e em julho

### 4.3 Nemátodes

Relativamente aos nemátodes a análise é complexa. No início da cultura a população de nemátodes era inferior, pois ainda não havia plantas nem raízes para os nemátodes atacarem, porventura estariam mais em profundidade. O número de nemátodes nesta altura era superior na modalidade A comparativamente com a modalidade B. Com o desenvolvimento da cultura constatou-se um aumento da população e perante as duas modalidades, verificou-se uma ligeira diferença na modalidade B (**Figura 12**). Após a aplicação do regenerador de solos verificou-se uma ligeira diminuição da população comparativamente à modalidade A.

Após análise estatística verificou-se que a diferença não é significativa (p-value=0,599).

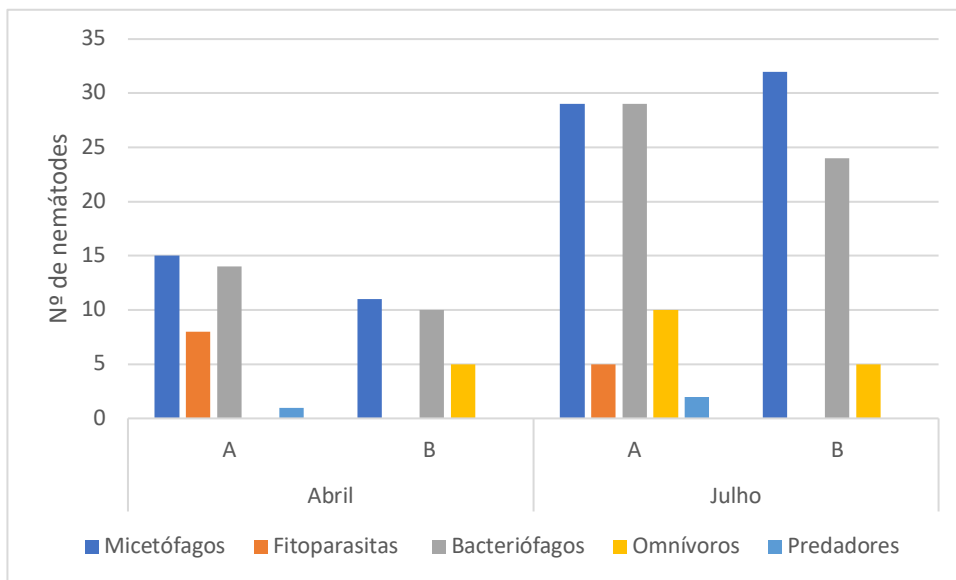


Figura 12 - Número de nemátodes por grupo trófico em abril e em julho

Quadro 2 - Número de nemátodes por grupo trófico em abril e em julho

		Micetófagos	Fitoparasitas	Bacteriófagos	Omnívoros	Predadores	Total
A	abr	15	8	14	0	1	113
	jul	29	5	29	10	2	
	dif	14	-3	15	10	1	
B	abr	11	0	10	5	0	87
	jul	32	0	24	5	0	
	dif	21	0	14	0	0	

## 4.4 Fungos micorrízicos

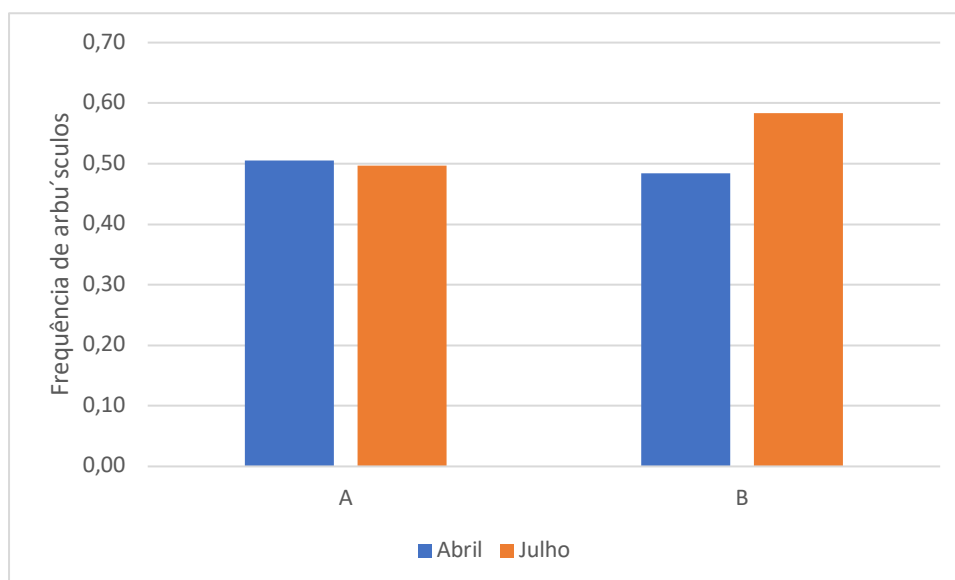
Conforme se pode observar na **Figura 13 e Quadro 3**, os resultados obtidos relativos à presença de fungos micorrízicos são interessantes, a frequência média de arbúsculos na modalidade B em julho, após a aplicação do regenerador de solos é significativamente diferente das outras médias (p-value=0,0017).

Ao analisar as diferenças julho-abril em A e em B conclui-se que a diferença média em B, 0,087, é superior à que se verifica em A, -0,02 (p-value=0,0013).

Este aumento dos arbúsculos micorrízicos é muito positivo, quer dizer que estamos com uma boa associação mutualista entre a planta e os fungos micorrízicos que trazem muitos benefícios para as plantas, principalmente na assimilação do fosfato (forma que o fósforo se encontra no solo e é assimilado pelas plantas).

*Quadro 3 - Frequência de arbúsculos (valores médios)*

	abril	julho
A	0,505	0,484
B	0,497	0,584



*Figura 13 - Frequência de arbúsculos em abril e em julho*

## 4.5 Presença de bactérias fixadoras de azoto e vida no solo (actividade desidrogenase e atividade $\beta$ -glucosidase)

### 4.5.1 Bactérias fixadora de azoto

Os resultados referentes às bactérias fixadoras de azoto, em maio são maiores na modalidade A do que na modalidade B (**Figura 14**). Posteriormente regista-se uma alteração. Após a aplicação do regenerador de solos o resultado inverte-se. As bactérias fixadoras de azoto estão em maior quantidade na modalidade B do que na modalidade A, logo há maior fixação de azoto atmosférico na modalidade B (**Figura 15**).

Após análise estatística constata-se que as diferenças não são significativas (p-value=0,606).

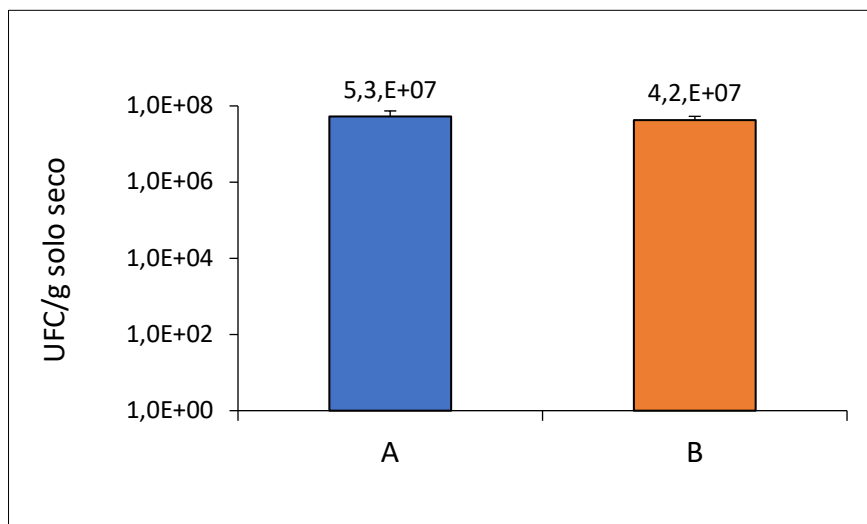


Figura 14 - Bactérias fixadoras de azoto em abril (média das réplicas)

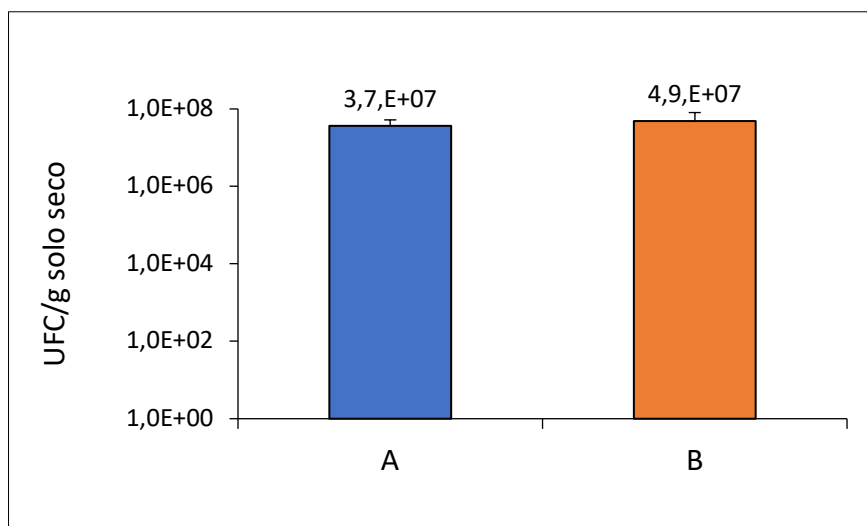


Figura 15- Bactérias fixadoras de azoto em julho (média das réplicas)

#### 4.5.2 Vida no solo – atividade da desidrogenase

A atividade da desidrogenase é um indicador da qualidade do solo. É uma enzima particularmente útil na monitorização da qualidade do solo devido ao seu papel central no ciclo da matéria orgânica. Os resultados relativos á atividade da desidrogenase em abril (**Figura 16**) é maior na modalidade A e menor na modalidade B, em Julho (**Figura 17**) o resultado inverte-se, após a aplicação do regenerador de solos, a atividade da desidrogenase é maior em B e menor na modalidade A.

Após a análise estatística constata-se que as diferenças não são significativas (P-value=0,724).

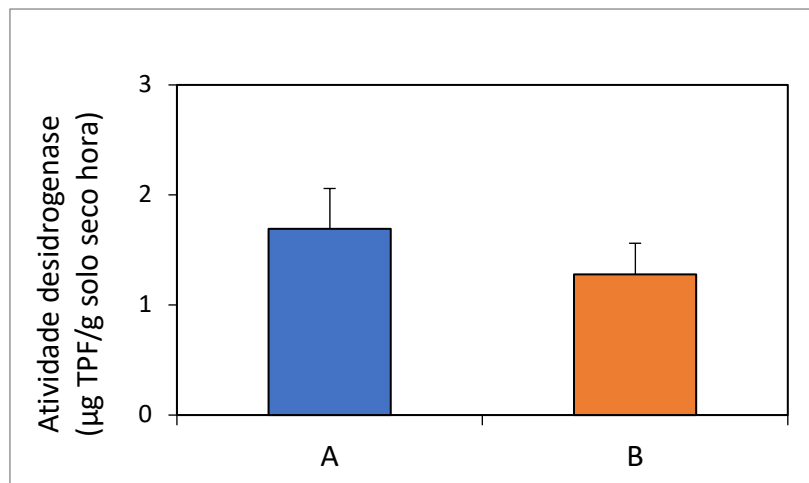


Figura 16 - Atividade da desidrogenase em abril (média das réplicas)

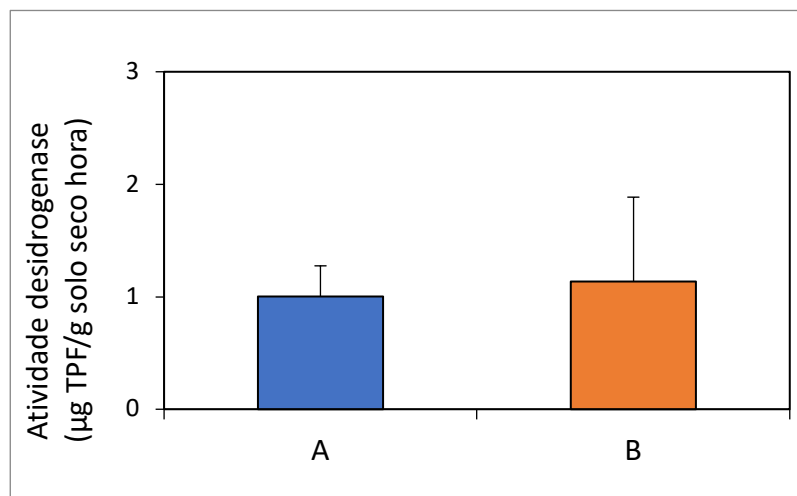


Figura 17 - Atividade da desidrogenase em julho (média das réplicas)

Quadro 4 - Atividade da desidrogenase (valores médios)

	Abril	Julho	
A	1,69	1,00	* (p-value=0,012)
B	1,00	1,14	NS (p-value=0,724)

### 4.5.3 Vida no solo – atividade $\beta$ -glucosidase

A atividade da  $\beta$ -glucosidase é uma medida de avaliação desta mesma enzima que constitui um mecanismo para avaliar a fertilidade de um solo, ou o estado de sua atividade biológica.

Os resultados referentes á atividade  $\beta$ -glucosidase em abril é menor na modalidade A e ligeiramente maior na modalidade B (**Figura 18**), em Julho a situação mantém-se, mas com uma diferença significativamente maior na modalidade B (**Figura 19**).

Após análise estatística constata-se que as diferenças são significativas (p-value=0,0134).

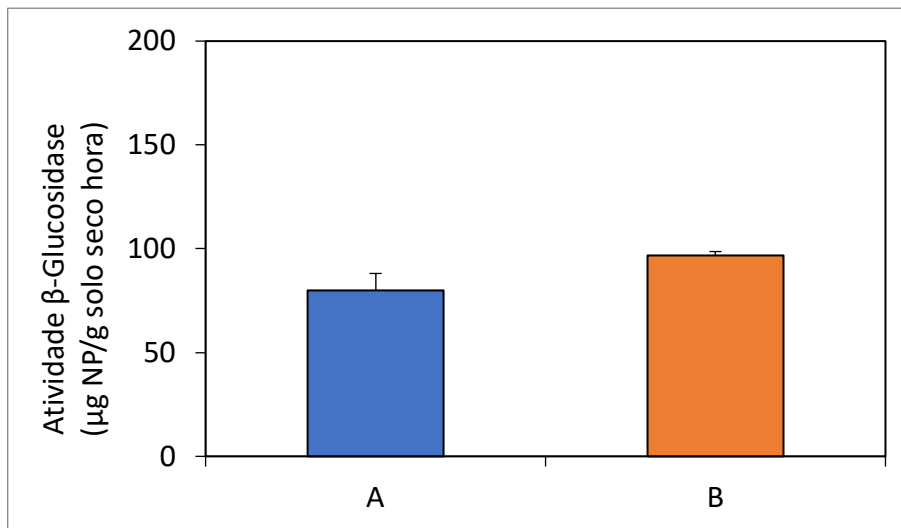


Figura 18 - Atividade da B-glucosidase em abril (média das réplicas)

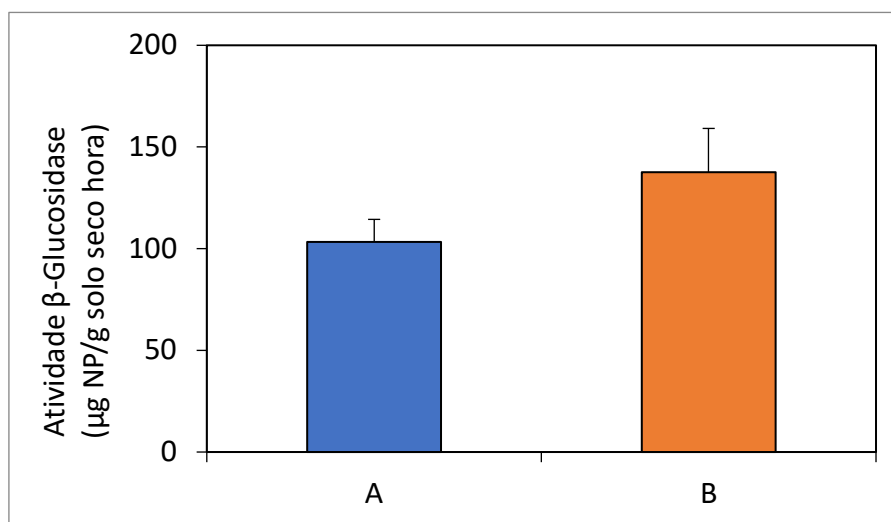


Figura 19 - Atividade da B-glucosidase em julho (média das réplicas)

Quadro 5- Atividade da B-glucosidase (valores médios)

	Abril	Julho	
A	79,9	103,3	* (p-value=0,0067)
B	96,8	137,6	* (p-value=0,0134)

## 4.6 Observação de plantas

As observações foram feitas às 30 plantas de cada repetição em ambas as modalidades, observámos aos 30DAP, 60DAP e aos 90 DAP.

Conforme se pode observar na **Figura 20**, aos 30DAP não havia qualquer tipo de sintoma nas plantas, aos 60DAP já se verificou algumas plantas afetadas, 27 plantas na modalidade A e 30 na modalidade B que totalizou 61 plantas afetadas. Aos 90DAP houve um aumento de plantas infetadas, 77 plantas, 34 na modalidade A e 47 na modalidade B, não se verificou diferença entre tratamentos a nível da área foliar.

Ao nível da raiz notou-se na modalidade B um maior bolbo radicular e o interior da planta menos afetado como demonstrado nas figuras abaixo.

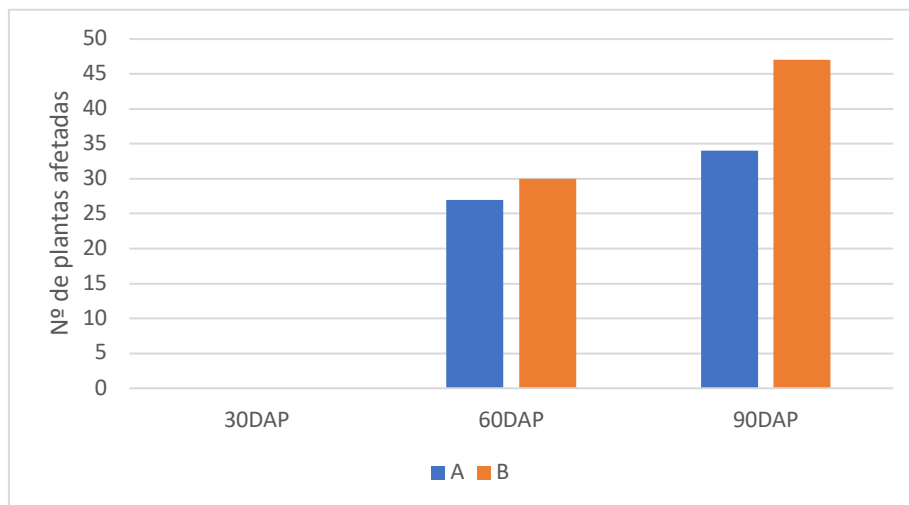


Figura 20 - Plantas infetadas com bactérias e fungos de solo (sintomas área foliar)

30DAP



Figura 21 - Raiz de uma planta de cada repetição



Figura 22 - A1



Figura 23 - A2



Figura 24 - A3



Figura 25 - B1

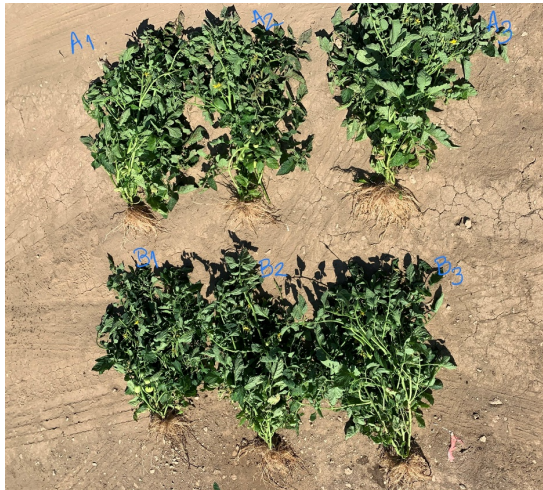


Figura 26 - B2



Figura 27 - B3

60DAP



*Figura 28 - Raiz de uma planta de cada repetição*



*Figura 29 - A1*



*Figura 30 - A2*



*Figura 31 - A3*



*Figura 32 - B1*



*Figura 33 - B2*



*Figura 34 - B3*

90DAP



*Figura 35 - Raiz de uma planta por repetição*



*Figura 36 - Raiz aberta de uma planta por repetição*

## 4.7 Produção

A produção foi maior na modalidade B do que na modalidade A, conforme se pode observar na **Figura 37 e Quadro 6**, houve maior produção com diferenças significativas entre as produções médias de A e B ( $p\text{-value}=0,096$ ). Verificou-se maior número de frutos e não peso por fruto, notou-se também uma menor quantidade de frutos verdes na modalidade B.

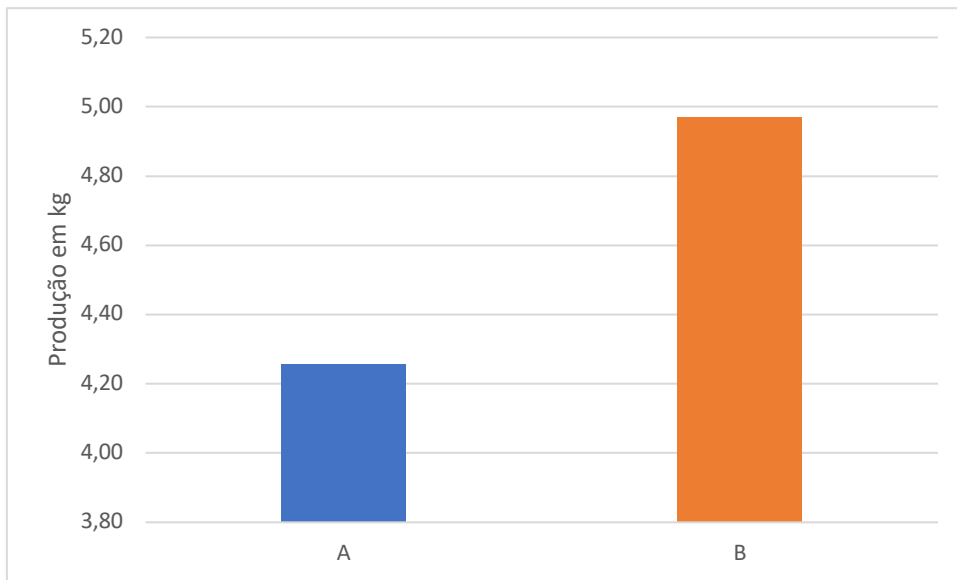


Figura 37 - Produção média de seis plantas por repetição



Figura 38 - Imagem da pesagem e seleção de tomates para medições em laboratório

Quadro 6 - Produção (soma, média e variância)

	A	B
n	18	18
Soma	76,63	89,95
Média	4,26	4,97
Variância	1,0986	1,9774

## 4.8 Grau brix – Sólidos solúveis

Relativamente ao grau brix, mediu-se um fruto por planta, após as medições e a respetiva análise estatística constata-se que houve um ligeiro aumento, mas não existem diferenças significativas entre as médias de Brix de A e B (p-value=0,1126) (**Figura 39; Quadro 7**).

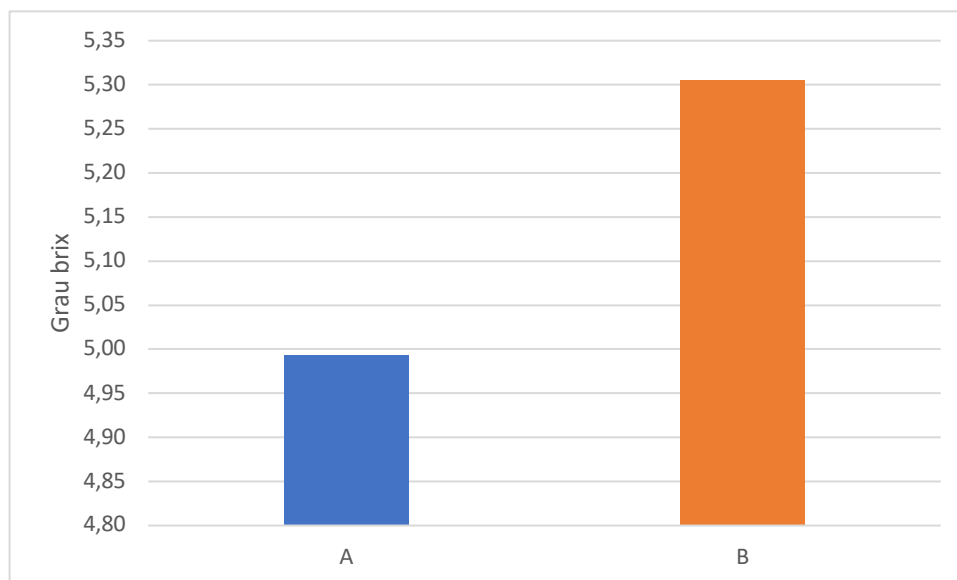


Figura 39 - Média de grau brix de um fruto por planta

Quadro 7 - Grau brix (soma, média e variância)

	A	B
n	18	18
Soma	89,9	95,5
Média	5,0	5,3
Variância	0,26	0,35

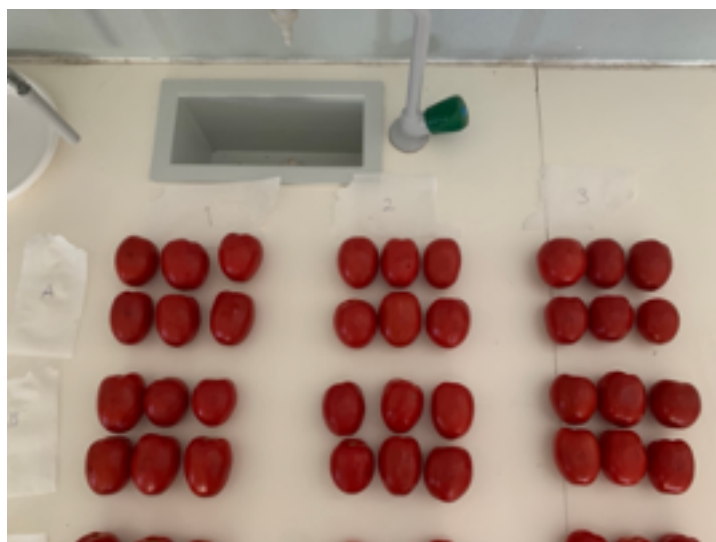


Figura 40 - Um tomate de cada planta pesada prontos para medição de brix, cor e calibre

## 4.9 Cor

De acordo com as especificações, a cor  $a^*$  corresponde à tonalidade vermelho e  $b^*$  corresponde a tonalidade do amarelo, a relação entre estes dois valores é o que interessa nas fábricas de tomate.

Conforme se pode observar na **Figura 41**, os resultados relativos a  $a^*$ , na modalidade B apresentam um ligeiro aumento, mas após análise estatística não existem diferenças significativas ( $p\text{-value}=0,125$ ).

De realçar também que a variedade de tomate testada (H1015) é uma variedade muito produtiva e a nível de qualidade é inferior.

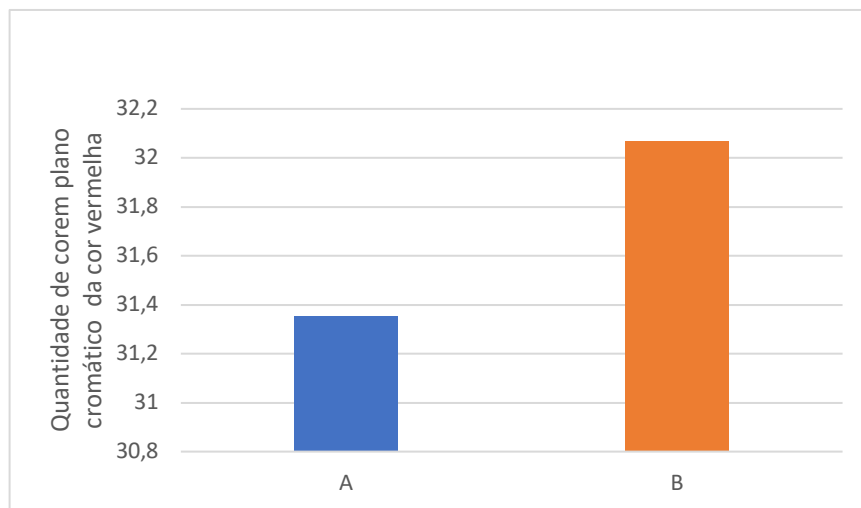


Figura 41 - Análise da cor de um fruto por planta ( $a^*$ )

Relativamente a  $b^*$  (**Figura 42**), na modalidade B nota-se um ligeiro aumento, mas após análise estatística também não existem diferenças significativas ( $p\text{-value}=0,151$ ).

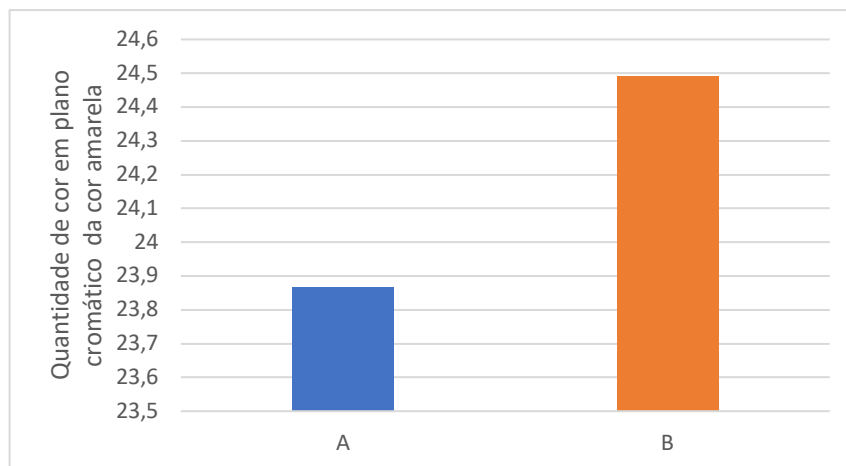


Figura 42 - Análise da cor de um fruto por planta ( $b^*$ )

## 4.10 Calibre

Os resultados relativos ao calibre (**Figura 43; Quadro 8**), onde também se mediu um fruto por planta, após as medições e a respetiva análise estatística verifica-se que não existem diferenças significativas entre as médias de calibre de A e B ( $p\text{-value}=0,8361$ ).

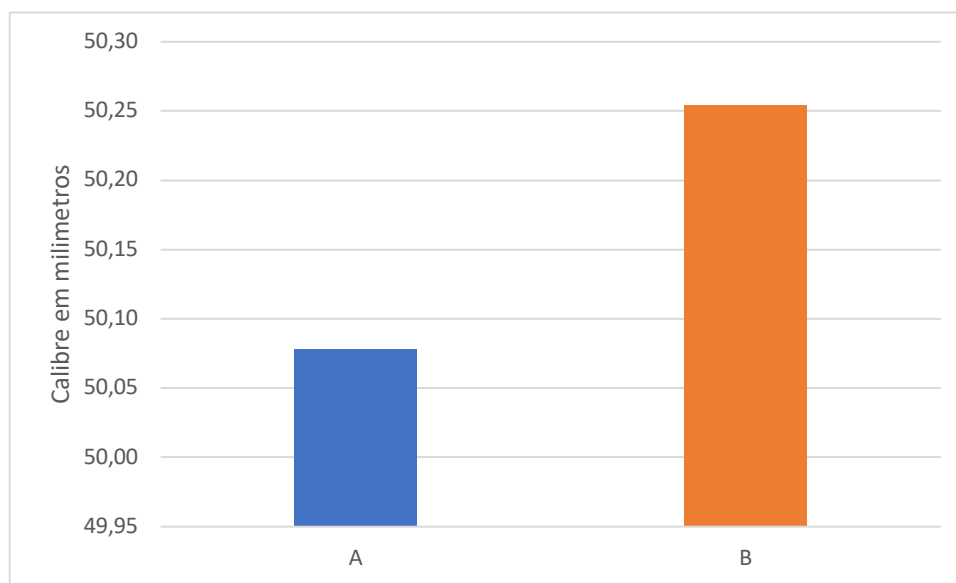


Figura 43 - Média do calibre de um fruto por planta

Quadro 8 - Calibre (soma, média e variância)

	A	B
n	18	18
Soma	901,4	904,6
Média	50,1	50,3
Variância	8,29	3,38



Figura 44 - Imagem de uma das plantas pesadas

## 5. Notas conclusivas e perspectivas

O presente estudo permitiu reunir informação sobre um regenerador de solos (NEMAGREN) e comprovar efeitos positivos no solo e na produção, após a sua aplicação.

No início deste estudo, e após consulta de literatura científica, seria de esperar que o regenerador de solos como o NEMAGREEN ajudasse no equilíbrio do solo e seria expectável que o sistema radicular tivesse mais saudável, com menor ataque de nemátodes parasitas e fungos patogéneos, que a qualidade de frutos fosse superior, que a maturação dos frutos fosse mais homogénea e ainda a obtenção de uma maior produção. Eventualmente, também, era expectável verificar possíveis reduções na fertilização, sem impactos em quantidade e qualidade da produção.

Efetivamente, verificou-se, através dos resultados obtidos que o regenerador de solos mostrou benefícios com a sua aplicação, entre todas as variáveis estudadas. Houve três variáveis que se destacaram com diferenças significativas: presença de micorrizas, o indicador de vida no solo (atividade  $\beta$ -glucosidase) e a produção.

Em todas as outras variáveis estudadas, presença de artrópodes, azoto disponível e fosforo assimilável, nemátodes, bactérias fixadoras de azoto, vida no solo (atividade desidrogenase), brix, cor e calibre, obteve-se, também, uma melhoria, após a aplicação do regenerador de solos, mas sem diferenças significativas.

Não podemos esquecer que estes solos são monoculturais há mais de 40 anos e foi a primeira aplicação de um regenerador de solos como o NEMAGREEN. Apenas com uma aplicação, já no primeiro ano, se notou um efeito positivo. Face aos resultados, parecemos vantajoso o seu uso, pelo que a continuação do seu uso poderá melhorar de forma cumulativa, os indicadores de fertilidade e saúde do solo, muito desejáveis do ponto de vista da resiliência dos sistemas. A avaliação destes efeitos noutras variedades é ainda desejável, já que este trabalho só abrangeu a H1015. Pelo facto de ser muito produtiva, pode ter sido subavaliado o efeito do regenerador aplicado.

Atualmente, estão a ser realizados diversos estudos ao microbioma do solo que se entende, hoje, estar na base da sustentabilidade dos sistemas alimentares. Com a intensificação cultural os problemas produtivos a nível do solo têm estado em permanente

crescimento. Estes estudos justificam-se pela crescente necessidade de se desenvolverem práticas e alternativas mais ecológicas e sustentáveis no setor agrícola, e são a base para que se possa reduzir, futuramente, a necessidade de uso e dependência de *inputs* e, simultaneamente, reduzir os problemas fitossanitários, numa perspetiva agroecológica.

Assim sugere-se a continuidade de estudos semelhantes noutras variedades de tomate de indústria, podendo até expandir-se a outras culturas.

## 6. Referências bibliográficas

Almeida, D. (2006) Manual das Culturas Hortícolas - Volume II. Editorial Presença. Lisboa.

Antle, J., Capalbo, S. & Crissman, C. (1994) Econometric production models with endogenous input timing: an application to Ecuadorian potato production. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 19(1), 1-18.

Bach, E. M., Ramirez, K. S., Fraser, T. D., & Wall, D. H. (2020) Soil biodiversity integrates solutions for a sustainable future. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12072662>.

Bardi L, Malusà E (2012) Drought and nutritional stresses in plant: alleviating role of rhizospheric microorganisms. *abiotic stress: new research*. Nova Science Publishers Inc., Hauppauge, pp. 1–57.

Beijinha, V. (2006) A cultura do Tomate para Indústria. Relatório de Projeto de Curso de Engenharia dos Sistemas Agrícolas e Ambientais. Escola Superior Agrária de Beja. Beja.

CAP (2022) Confederação dos Agricultores de Portugal. Newsletter -Informação do Setor Frutos e Hortícolas.

Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, et al. (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486(7401): 59-67.

Cardoso, J. V. J. C. (1965) Solos de Portugal – Sua classificação, caracterização e génese – 1- A sul do Rio Tejo. Lisboa: Secretaria de Estado da Agricultura, Direção-Geral dos Serviços Agrícolas.

Cardoso, J.C.; Bessa, M.T.; Marado, M.B. (1978). Carta dos solos do Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário. Secretaria de estado do ambiente. Comissão Nacional do Ambiente. Instituto Hidrográfico.

Carvalho, J.O.M.; Luz, J.M.Q.; Juliatti, F.C.; Melo, L.C.; Teodoro, R.E.F.; Lima, L.M.L. (2003) Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 3, 525-533.

Casida LE, Klein DA, Santoro T (1964) Soil dehydrogenase activity. *Soil Science* 98: 371-376.

Chambel, C. (1993) Avaliação de 24 Variedades de Tomate para Indústria. Trabalho de Fim de Curso de Produção Agrícola. Escola Superior Agrária de Beja.

Chen JH (2006) The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained*

Management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use Land Development Department Bangkokd 16:20.

Conway G (2012) One billion hungry: can we feed the world? Cornell University Press.

Coolen WA (1979) Methods for the extraction of *Meloidogyne* spp. and other nematodes from roots and soil. In *Root-knot Nematodes (Meloidogyne species) Systematics, Biology and Control* (eds Lamberti F & Taylor CE), pp. 317–329. Academic Press, London & New York.

Eivazi F, Tabatabai MA (1988) Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology & Biochemistry* 20: 601-606.

FAO (2020) State of Knowledge of Soil Biodiversity– consultado em: <http://www.rederural.gov.pt/centro-de-recursos/send/3-solo/1878-state-of-knowledge-of-soil-biodiversity-status-challenges-and-potentialities-summary-for-policy-makers>.

Figueiredo, H. (2003) *Cultura do Tomate em Agricultura Convencional e Biológica. Relatório de Projecto de Curso de Engenharia Agro-Pecuária Ramo Regadio. Escola Superior Agrária de Beja.*

Foster, S. & Custodio, E. (2019) Groundwater Resources and Intensive Agriculture in Europe – Can Regulatory Agencies Cope with the Threat to Sustainability? *Water Resources Management*, 33: 2139–51. <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02235-6>.

Gil, M., Selma, M., Gálvez, F. & Allende, A. (2009) Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology*, 134(1-2), 37-45.

Gilyarov, M.S. (1949) *Characteristic Features of Soil as a Habitat and Its Significance in the Evolution of Insects.* Moscow, Russia. Nauka.

Glick BR (2012) Plant growth promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica* 2012:15.

Gould, W. (1983) *Tomato production, processing and quality evaluation*, 2nd Edition, AVI Publishing Company, Incorporated, Westport, Connecticut 445 p.

Gomes, P. (2021) Tomate de indústria, que perspectivas? - Revista Voz do Campo consultado em: <https://vozdocampo.pt/2021/02/09/tomate-de-industria-que-perspetivas>.

Gossner, M.M., Lewinsohn, T.M., Kahl, T., Grassein, F., Boch, S., Prati, D., Arndt, H, et al. (2016) Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature*, 540(7632): 266.

Hooper, D.U., Adair, E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E., Hungate, B.A., Matulich, K.L., Gonzalez, A., Duffy, J.E., Gamfeldt, L. & O’Connor, M.I. (2012) A global

synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486: 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11118>.

INE (2005) Inquérito à aquisição de tomate para a indústria, p. 8.

INE (2019) Relatório estatístico (2010-2018). INE, Instituto Nacional de Estatística.

Kader, A. (1986) Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. International Society for Horticultural Science, *Acta Horticulturae* (190).

Konopka A. (2009) What is microbial community ecology? *ISME J.*3:1223–30.

Macilwain C. (2004) Organic: is it the future of farming? *Nature* 428(6985):792–793

Malusa E., Vassilev N. (2014) A contribution to set a legal framework for biofertilisers. *Appl Microbiol Biotechnol* 98(15):6599–6607

Martinez-Toledo MV, Gonzalez-Lopez J, de la Rubia T, Ramos-Cormenzana A (1985) Isolation and characterization of *Azotobacter chroococcum* from the roots of *Zea mays*. *FEMS Microbiology Ecology* 1: 197–203.

Mazid M, Khan TA (2015) Future of bio-fertilizers in Indian agriculture: an overview. *International Journal of Agricultural and Food Research* 3(3):10–23

Melim, M. (2020) A importância de um solo vivo na proteção das culturas -Revista Voz do Campo consultado em: <https://vozdocampo.pt/2020/08/01/a-importancia-de-um-solo-vivo-na-protecao-das-culturas/>

Mesquita, M. (2001) Avaliação do Valor Agronómico de Variedades de Tomate para Indústria. Trabalho de Fim de Curso de Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Millennium AgroNews (2019) Consultado em: [https://www.millenniumbcp.pt/pt/apoio\\_as\\_empresas/solucoessectorais/Documents/MillenniumAgro\\_News-Tomate.pdf](https://www.millenniumbcp.pt/pt/apoio_as_empresas/solucoessectorais/Documents/MillenniumAgro_News-Tomate.pdf)

Moraes, Paula Louredo. "Micorrizas"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/micorrizas.htm>. Acesso em 15 de outubro de 2022.

NEMAGREEN – Documento interno Eibol. (2022)

Oliveira, M. (2006) The evolution of the portuguese processed tomato sector: situation and prospects on the global market. *New Medit*, 5(1), 38-46.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., et al. (2016) *Global Soil Biodiversity Atlas*. Luxembourg. Publications Office of the European Union. 176 pp.

Ostfeld, R.S. & Keesing, F. (2012) Effects of Host Diversity on Infectious Disease. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43: 157-182.

Pandey J, Singh A (2012) Opportunities and constraints in organic farming: an Indian perspective. *J Sci Res* 56:47–72 .

Phillips, H., Beaumelle, L., Tyndall, K., Burton, V., Cameron, E., Eisenhauer, N. & Ferlian, O. (2019) The effects of global change on soil faunal communities: a meta-analytic approach. *Research Ideas and Outcomes*, 5: e36427.

Phillips, H.R.P., Guerra, C.A., Bartz, M.L.C., Briones, M.J.I., Brown, G., Ferlian, O., Gongalsky, K.B., et al. (2019) Global distribution of earthworm diversity. *Science*, 366(6464): 480-485. <https://doi.org/10.1101/587394> .

Philips & Hayman, (1970) Improve procedures for cleaning roots and stainings parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55 (1): 158-161.

Poudel, R., Jumpponen, A., Schlatter, D.C., Paulitz, T.C., McSpadden Gardener, B.B., Kinkel, L.L. & Garrett, K.A. (2016) Microbiome networks: a systems framework for identifying candidate microbial assemblages for disease management. *Phytopathology*, 106: 1083-1096.

Reddy BS (2013) Soil health: issues and concerns—a review No. 131. Working Paper.

Santos, J. (1996) - Fertilização. Publicações Europa-América. Mem Martins.

Sartori, M., Philippidis, G., Ferrari, E., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L. & Panagos, P. (2019) A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy*, 86: 299-312.

Savci S (2012) An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development* 3(1):73.

Schnitzer, S.A., Klironomos, J.N., HilleRisLambers, J., Kinkel, L.L., Reich, P.B., Xiao, K., Rillig, M.C., et al. (2011) Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. *Ecology*, 92: 296–303.

Stirling GR (2014) Biological control of plant-parasitic nematodes: soil ecosystem management in sustainable agriculture, CABI Publishing, UK. 536 pp.

Stirling GR, Linsell K (2016) Nematodes as a Biological Indicator - Fact Sheets. [soilquality.org.au](http://www.soilquality.org.au) <http://www.soilquality.org.au/factsheets/nematodes-as-a-biological-indicator> (accedido a 29/10/2021).

Sujanya S, Chandra S (2011) Effect of part replacement of chemical fertilizers with organic and bio-organic agents in ground nut, *Arachis hypogea*. *Journal of Algal Biomass Utilization* 2(4):38–41 .

Sumbul, A., Ansari, A. R., Rizvi, R., Mahmood, I. (2020) Azotobacter: A potential bio- fertilizer for soil and plant health management - EL SILVER 2020 .

Tabatabai MA (1994) Soil enzymes. In: Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties (Weaver RW, Angle S, Bottomley P, Bezdicek D, Smith S, Tabatabai A & Wollum A, eds), pp. 775-833, ASA/ CSSA/ SSSA Publ., Madison.

Teixeira, P. (2013) A produção de tomate industrializado em Portugal. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Economia. Universidade de Aveiro. Aveiro.

Tilman, D., Reich, P.B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T. & Lehman, C. (2001) Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, 294(5543): 843-845 .

T.P.Mcgonigles, M.H.Millers, D.G.Evans, G.L.Fairchild and J.A.Swan (1990) A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*

Wall, D. H. (Ed). (2012) *Soil Ecology and Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Wall, D.H., Nielsen, U.N. & Six, J. (2015) Soil biodiversity and human health. *Nature*, 52: 69- 76.

Whipps J, Lewis K, Cooke R. (1988) Mycoparasitism and plant disease control. In: Burge M, editor. *Fungi Biol Control Syst*. Manchester University Press. p. 161-187.

Veresoglou, S.D., Halley, J.M. & Rillig, M.C. (2015) Extinction risk of soil biota. *Nature Communications*, 6: 8862.

## 7. Anexos

### Homologação do NEMAGREEN

 <b>REPÚBLICA PORTUGUESA</b> Direção-Geral das Atividades Económicas		<b>À</b> EIBOL PORTUGAL, LDA. Rua do Caramelo 2655-293 PINHAL NOVO				
Sua Referência		Sua Comunicação				
Nossa Referência		Agregado ao Processo				
<b>OF/686/2020/DSSE/DGAE</b>		<b>PROC/131/2020/DSSE/DGAE</b>				
<b>Assunto: Colocação no mercado da matéria fertilizante NEMAGREEN.</b>						
<p>Em conformidade com o que dispõe o Decreto-Lei n.º 103/2015, 15 de junho, relativo à colocação no mercado de matérias fertilizantes, comunica-se a V. Ex.ª que, por meu despacho, de 25 de junho de 2020, foi concedida a inscrição no Registo Nacional de Matérias Fertilizantes Não Harmonizadas para o produto identificado abaixo, requisito exigido para a sua colocação no mercado.</p>						
Nome comercial da matéria fertilizante	NEMAGREEN					
Designação do grupo	OUTROS ADUBOS E PRODUTOS ESPECIAIS					
Denominação do tipo	PRODUTO COM BACTÉRIAS FIXADORAS DE AZOTO					
N.º de Registo	419/2020					
Data de validade do registo	Até 25 de junho de 2025					
Com os melhores cumprimentos,						
 Fernanda Ferreira Dias Diretora-Geral		<table border="1"><tr><td>DGAE</td></tr><tr><td>S/707/2020/DGAE</td></tr><tr><td>29/06/2020 UTC+1</td></tr></table>		DGAE	S/707/2020/DGAE	29/06/2020 UTC+1
DGAE						
S/707/2020/DGAE						
29/06/2020 UTC+1						
C/C: ASAE – Autoridade de Segurança Alimentar e Económica.						
Direção-Geral das Atividades Económicas – DGAE * Av.º Visconde Valmor, 72 * 1069-041 Lisboa Tel. 217919100 * URL: <a href="http://www.dgae.gov.pt">http://www.dgae.gov.pt</a>						

## Procedimentos laboratoriais

### **Nemátodes**

#### 1. Extração de nemátodes do solo

As amostras de solo foram constituídas a partir de várias subamostras ao nível do sistema radicular (cerca de 20-25 cm de profundidade, removendo a camada superficial). Cada uma das amostras correspondente aos diferentes tratamentos foi enviada para o Laboratório de Nematologia do INIAV (NemaINIAV) em saco de plástico, devidamente selado e identificado, para posterior extração de nemátodes do solo e sua identificação. Depois de bem misturado, tomou-se uma amostra de 400 mL de solo de cada uma das amostras e efetuou-se a extração de nemátodes (formas móveis dos nemátodes fitoparasitas e nemátodes de vida livre) através do método de flutuação centrífuga (Coolen WA (1979)).

#### 2. Avaliação da comunidade de nemátodes em cada amostra

Cada uma das suspensões obtidas seguiu para identificação dos diferentes tipos de nemátodes através de características morfológicas. Assim, foi avaliada a forma geral dos nemátodes, o tipo de movimento (mais rápido ou mais lento), a sua dimensão e o tipo de cavidade oral por forma a agrupar os nemátodes de acordo com o seu comportamento alimentar - bacteriófagos, micetófagos, omnívoros, predadores e os fitoparasitas. Estes últimos foram ainda identificados até ao género. A identificação até ao nível da espécie envolveria análises de biologia molecular que não fizeram parte dos objetivos deste trabalho.

### **Fungos micorrízicos**

Os métodos para quantificar a proporção do comprimento da raiz colonizada por fungos micorrízicos vesicular-arbusculares (VA) são revistos. Argumenta-se que esses métodos fornecem medidas de colonização dependentes do observador que não podem ser usadas para comparar, quantitativamente, raízes examinadas por diferentes pessoas. Um método modificado é descrito para estimar a colonização micorrízica VA numa escala objetiva de medição, envolvendo a inspeção de interseções entre a mira da ocular do microscópio e as raízes em ampliação x 200; é referido como o método de interseções ampliadas. Se a mira vertical da ocular cruza uma ou mais arbuscúlos observadas em cada interseção. A estimativa de colonização é a proporção do comprimento da raiz contendo

arbúsculos, chamada de colonização arbuscular (AC). O método das interseções ampliadas também determina a proporção do comprimento da raiz contendo vesículas, a colonização vesicular (VC), e a proporção do comprimento da raiz contendo hifas, a colonização por hifas (HC). No entanto, VC e HC devem ser interpretados com cautela, pois vesículas e hifas, diferentemente dos arbúsculos, podem ser produzidas nas raízes por fungos não micorrízicos. (McGonigle et al. 1990)

No laboratório foi feita uma amostragem das raízes para coloração, na amostragem recolheu-se todo o sistema radicular por se tratar de uma planta herbácea. Separou-se a raiz, da parte aérea da planta, lavaram-se as raízes com água corrente, removendo as partículas e solo e espalharam-se num tabuleiro com água. De seguida cortam-se em pequenas porções (0,5 a 1,5 cm) e procedeu-se imediatamente ao primeiro passo do procedimento de coloração, a diafanização.

Diafanização de raízes e coloração dos fungos micorrízicos arbusculares segundo o método modificado a partir do método proposto por Philips & Hayman, 1970.:

Reagentes:

- Solução 10% KOH (w/v)
- Solução 10% HCl
- Solução 10 vol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (apenas para raízes escuras, com taninos e lenhina)
- Solução corante de Trypan Blue 0,1% (300 ml ácido láctico, 300 ml glicerol, 400 ml água bi-destilada) + Trypan Blue.
- Solução descolorante. Esta solução é igual à solução corante de trypan blue mas sem o corante.

Procedimento:

- Colocam-se as raízes (completamente imersas) em solução KOH a 10%, 90°C durante 20 a 60 minutos. A função do KOH é remover o conteúdo celular das raízes do hospedeiro.
- Transferem-se as raízes para uma solução alcalina de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, à temperatura ambiente durante 1 hora. As raízes devem ficar completamente branqueadas. Este procedimento

tem como função retirar os taninos e parte das lenhinas. Este passo pode ser omitido em raízes de plantas herbáceas ou em raízes jovens pouco lenhificadas.

- Decanta-se o KOH ou o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e lavar as raízes 3 vezes com água corrente ou desionizada, para neutralizar o pH.
- Cobrem-se as raízes com HCl a 10% durante 15 min. à temperatura ambiente. A acidificação das raízes permite uma melhor coloração do tecido, pelo facto de o corante se preparar por dissolução em meio ácido.
- Coram-se as raízes com solução de Trypan Blue 0,1%, 90°C durante 5 min.
- Elimina-se o excesso de corante colocando as raízes numa solução descolorante à temperatura ambiente durante a noite ou durante 30 min a 75°C.
- Decanta-se e colocam-se as raízes em glicerol.
- Fazem-se as preparações em lâmina para observação microscópica em glicerol. Nunca em lactoglicerol.

### **Batérias fixadoras de azoto e vida no solo**

As amostras de solo foram secas ao ar e crivadas a 1,4 mm, e armazenadas a 4°C.

#### Contagem de bactérias fixadoras de azoto:

*Azotobacter* é uma bactéria fixadora de azoto, ou seja, tem a capacidade de converter o azoto atmosférico em amónia, conseguindo crescer em meio de cultura sem adição de fonte de azoto.

**Método:** Contagem de unidades formadoras de colónias (UFC) em meio de cultura sem azoto adicionado.

**Procedimento:** Alíquotas de 10 g de solo foram suspensas em 90 ml NaCl 0,85% e as suspensões resultantes (diluição 10<sup>-1</sup>) foram agitadas a 180 rpm durante 2 horas. De seguida realizaram-se diluições sucessivas (fator 10) no mesmo diluente, até à diluição 10<sup>-5</sup>. Alíquotas de 0,1 ml das diluições 10<sup>-4</sup> e 10<sup>-5</sup> (3 réplicas por diluição) foram espalhadas à superfície de placas de Petri com meio Burk (5 g glucose, 0,64 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,16 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,2 g NaCl, 0,2 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,05 g CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, 0,01 g NaMoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, 0,006 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 16 g agar, 1 litro água destilada, pH 7,1; Martinez-Toledo et al. 1985). As placas foram incubadas a 30°C durante 5-7 dias e as colónias foram contadas com o auxílio de uma lupa. O valor apresentado para cada amostra

(expresso em UFC por g de solo seco) corresponde à média das contagens nas 3 réplicas da diluição  $10^{-5}$ , corrigida pelo fator de diluição.

#### **Atividade desidrogenase:**

A atividade desidrogenase é catalisada por enzimas intracelulares envolvidas na oxidação da matéria orgânica associada à respiração microbiana. Representa a atividade metabólica dos microrganismos do solo.

**Método:** Quantificação espectrofotométrica de trifenilformazana (TFF) formada após incubação do solo com cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólio (TFT), usando uma modificação do método desenvolvido por Casida et al. (1964) e descrito por Tabatabai (1994).

**Procedimento:** Aliquotas de trezentos miligramas de solo foram suspensas em 200  $\mu$ l de Tris-HCl 1 M (pH 7,5). Após adição de 100  $\mu$ l de TFT a 3%, as amostras foram agitadas em vortex e incubadas no escuro a 37°C durante 24 horas. Após a incubação, o TFF produzido por cada amostra foi extraído quantitativamente por quatro lavagens com incrementos de 500  $\mu$ l de metanol, cada uma seguida por centrifugação (9000 rpm, 10 minutos, em centrífuga MiniSpin - Eppendorf). Os sobrenadantes das centrifugações foram combinados (volume final de 2,3 ml) e a intensidade da cor foi medida espectrofotometricamente a 485nm. A quantidade de TFF foi calculada por referência a uma curva de calibração preparada a partir de padrões de TFF. A atividade desidrogenase de cada solo (expressa em  $\mu$ g TFF por g de solo seco e hora) corresponde à média de seis repetições, previamente corrigidas subtraindo o valor médio de duas amostras-branco, tratadas exatamente da mesma forma, mas às quais não foi adicionado TFT antes da incubação. Como os sais de tetrazólio são sensíveis à luz (Tabatabai 1994), todos os procedimentos foram realizados evitando a exposição direta à luz.

#### **Atividade $\beta$ -glucosidase:**

A atividade  $\beta$ -glucosidase é catalisada por enzimas extracelulares que atuam degradação de  $\beta$ -glucósidos presentes em resíduos vegetais, como é o caso da celulose.

**Método:** Quantificação espectrofotométrica do p-nitrofenol formado a partir de p-nitrofenil- $\beta$ -glicosídeo (PNG), conforme adaptação do método desenvolvido por Eivazi & Tabatabai (1988) e descrito por Tabatabai (1994).

**Procedimento:** Aliquotas de cem miligramas de solo foram suspensas em 0,6 ml de tampão MUB (20 mM Tris-HCl, 20 mM ácido maleico, 15 mM ácido cítrico, 20 mM

ácido bórico, pH 6,5). Após adição de 0,15 ml PNG 25 mM, as amostras foram agitadas em vortex e incubadas a 37°C durante 1 hora. Após a incubação, foram adicionados 0,15 ml de CaCl<sub>2</sub> 0,5 M e 0,6 ml de Tris 0,1 M (pH 12) e as amostras foram centrifugadas (11000 rpm, 10 minutos, em centrífuga MiniSpin - Eppendorf). A intensidade da cor nos sobrenadantes resultantes foi imediatamente medida a 400 nm. A quantidade de p-nitrofenol foi calculada por referência a uma curva de calibração preparada a partir de padrões de p-nitrofenol. A atividade  $\beta$ -glucosidase de cada solo (expressa em  $\mu$ g p-nitrofenol por g de solo seco e hora) corresponde à média de oito amostras-réplicas, previamente corrigidas subtraindo o valor médio de duas amostras-branco, tratadas exatamente da mesma forma, mas às quais o PNG foi adicionado após a incubação e adição de CaCl<sub>2</sub> e Tris.


**Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente**  
**- Unidade Laboratorial -**
**ANÁLISE DE TERRA**
**Projeto - Maisolo - Estágio**  
**Maria Madalena**  
**Orientador - Dra Elsa Valério**

Referência do Laboratório	Referência da Amostra	Entrada	Saída
<b>605</b>	<b>Testemunha 1</b>	05/04/2021	12/5/2021

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	8,2				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	2,0		x			
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	319					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	361					x
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,120	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

 Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt)

 Quinta do Galinheiro, S. Pedro - 2001-904 Santarém  
 Tel.: 243 307 300 - Fax: 243 307 301 - email: info@esa.ipsantarem.pt - URL: www.esa.ipsantarem.pt  
 Mod.00.800-00-00-0000

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

Projeto - Maisolo - Estágio  
Maria Madalena  
Orientador - Dra Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>606</b>	Referência da Amostra <b>Testemunha 2</b>	Entrada 05/04/2021	Saída 12/5/2021
---	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	8,0				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	2,1			x		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	319					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	366					x
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,130	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

Projeto - Maisolo - Estágio  
Maria Madalena  
Orientador - Dra Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>607</b>	Referência da Amostra <b>Testemunha 3</b>	Entrada 05/04/2021	Saída 12/5/2021
---	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	7,8				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	2,2			x		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	294					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	417					x
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,120	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt)

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

Projeto - Maisolo - Estágio  
Maria Madalena  
Orientador - Dra Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>608</b>	Referência da Amostra <b>Teste 1</b>	Entrada 05/04/2021	Saída 12/5/2021
---	---	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	8,0				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	1,9		x			
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	287					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	359					x
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,120	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt)



**Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -**

**ANÁLISE DE TERRA**

**Projeto - Maisolo - Estágio  
Maria Madalena  
Orientador - Dra Elsa Valério**

Referência do Laboratório	Referência da Amostra	Entrada	Saída
<b>609</b>	<b>Teste 2</b>	05/04/2021	12/5/2021

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	7,4			Neutro		
X Matéria Orgânica (%)	2,2			X		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	203					X
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	345					X
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,130	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

Projeto - Maisolo - Estágio  
Maria Madalena  
Orientador - Dra Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>610</b>	Referência da Amostra <b>Teste 3</b>	Entrada 05/04/2021	Saída 12/5/2021
---	---	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	7,5			Neutro		
X Matéria Orgânica (%)	2,4			X		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	318					X
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	357					X
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,130	Comentários:				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
sil.dcaa@esa.ipsantarem.pt

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

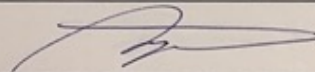
**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1092</b>	Referência da Amostra <b>A1 Testemunha</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	---	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	7,9				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	1,8		x			
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	437					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	185				x	
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,110	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:



Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt)

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1093</b>	Referência da Amostra <b>A2 Testemunha</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	---	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	7,7				Pouco Alcalino	
X Matéria Orgânica (%)	1,9		x			
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	273					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	206					x
X Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
Calcário assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,120	Comentários:				
Azoto Nitríco (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico: 

Contato direto: Tel: 243 307 345  
ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

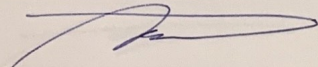
**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1094</b>	Referência da Amostra <b>A3 Testemunha</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	---	-----------------------	--------------------

ANÁLISES		Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X	Textura de Campo	Fina					
X	pH (H <sub>2</sub> O)	7,9				Pouco Alcalino	
X	Matéria Orgânica (%)	1,9		x			
X	Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	326					x
X	Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	198				x	
X	Calcário Total (%)	0,5	Não Calcário				
	Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X	Azoto Total (%)	0,120	<b>Comentários:</b>				
	Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
	Ca Troca (me/100 g)						
	Mg Troca (me/100 g)						
	K Troca (me/100 g)						
	Na Troca (me/100 g)						
	Acidez titulavel (me/100 g)						
	Soma Bases Troca (me/100 g)						
	Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
	Areia (%)						
	Limo (%)						
	Argila (%)						
	Classe de Textura						

Técnico:



Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt)

Quinta do Galinheiro, S. Pedro - 2001-904 Santarém  
Tel.: 243 307 300 - Fax: 243 307 301 - email: [info@esa.ipsantarem.pt](mailto:info@esa.ipsantarem.pt) - URL: [www.esa.ipsantarem.pt](http://www.esa.ipsantarem.pt)  
Mod.00.R00-00-0000



Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1095</b>	Referência da Amostra <b>B1 Teste</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	6,8			Neutro		
X Matéria Orgânica (%)	2,2			x		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	307					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	200				x	
X Calcário Total (%)	0,0	Não Calcário				
Calcário assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,130	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitrato (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulável (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico: 

Contato direto: Tel: 243 307 345  
ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt



Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1096</b>	Referência da Amostra <b>B2 Teste</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	6,6			Neutro		
X Matéria Orgânica (%)	2,4			x		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	269					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	200				x	
X Calcário Total (%)	0,0	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,140	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt)

Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

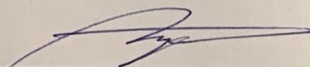
**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA - UL  
Estágio Mestrado - Maria Madalena  
Orientador - Dra. Elsa Valério

Referência do Laboratório <b>1097</b>	Referência da Amostra <b>B3 Teste</b>	Entrada 29/07/2021	Saída 14/9/2021
--	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
X Textura de Campo	Fina					
X pH (H <sub>2</sub> O)	6,2		Pouco Ácido			
X Matéria Orgânica (%)	2,3			x		
X Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	343					x
X Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )	222					x
X Calcário Total (%)	0,0	Não Calcário				
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
X Azoto Total (%)	0,160	<b>Comentários:</b>				
Azoto Nítrico (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulavel (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
Areia (%)						
Limo (%)						
Argila (%)						
Classe de Textura						

Técnico:



Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt](mailto:ul.dcaa@esa.ipsantarem.pt)

Quinta do Galinheiro, S. Pedro - 2001-904 Santarém  
Tel.: 243 307 300 - Fax: 243 307 301 - email: info@esa.ipsantarem.pt - URL: www.esa.ipsantarem.pt  
Mod.00.R00-00-00-0000