

P2  R E S I L I S

# Resiliência e sustentabilidade na produção de cereja e pêssego



**P2-Resilis**

**Resiliência e sustentabilidade  
na produção de cereja e pêssego**

**Maria Paula Simões**  
(COORDENAÇÃO)

## **Ficha Técnica**

**Título:** P2-Resilis – Resiliência e sustentabilidade na produção de cereja e pêsego

**Coordenação:** Maria Paula Simões

**Editor:** COTHN-CC – Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional  
– Centro de Competências

### **Autores e copyright:**

Abel Veloso

António Canatário Duarte

Carmo Horta

Cristina Canavarro

Diogo Coelho

Fernanda Delgado

Filipe Costa

Francisco Chasqueira

Filipe Gomes

Francisco Vieira

Helena Mateus

Isabel Castanheira

José Assunção

José Carlos Gonçalves

Luís Pinto de Andrade

Maria Paula Simões

Maria Teresa Rebelo

Mónica Bouça

Paulo Silvino

Vera Silva

Violette Geissen

**Revisão:** Maria Carmo Horta

**Design Editorial:** SUPER Brand Consultants

**Tiragem:** 200 exemplares

**Impressão e Acabamento:** Empresa Diário do Porto, Lda

**Data de Impressão:** novembro 2025

**ISBN:** 978-972-8785-40-6

## Capítulo 4

# **A influência das diferentes plantas de cobertura do solo na linha na fertilidade do solo, no crescimento das árvores e na colonização das suas raízes por fungos micorrízicos arbusculares**

**Abel Veloso<sup>1,2,3</sup>, Vera Silva<sup>2</sup>, Diogo Coelho<sup>1</sup>, Mónica Bouça<sup>1</sup>, Carmo Horta<sup>3</sup>, Violette Geissen<sup>2</sup> e Maria Paula Simões<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

<sup>2</sup> Soil Physics and Land Management | Wageningen University and Research

<sup>3</sup> Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS)

## **4.1 Introdução**

A associação entre plantas e fungos micorrízicos arbusculares é antiga e muito frequente. De facto, esse grupo de fungos coloniza as raízes de aproximadamente 80% das famílias de plantas vasculares e essa simbiose data, provavelmente, desde o estabelecimento das plantas no ambiente terrestre, há aproximadamente 475 milhões de anos (Rosling et al., 2024).

Apesar de as micorrizas arbusculares serem o grupo com maior relevância agronómica, colonizando a maior parte das plantas com interesse agrícola, existem outros grupos como as ectomicorrizas, ectendomicorrizas, micorrizas arbutóides, micorrizas monotropóides, micorrizas ericóides e micorrizas orquidáceas. Esta classificação baseia-se não só nas características das diversas espécies de fungos que constituem cada grupo, mas também na forma

de colonização das raízes (Smith & Read, 2008). Por exemplo, enquanto as hifas dos fungos micorrízicos arbusculares entram no interior do córtex vegetal formando estruturas de intercâmbio de substâncias entre a planta e o fungo designadas arbúsculos, as hifas dos fungos ectomicorrízicos tendem a formar um manto em redor da raiz, com algumas hifas a entrarem no interior da raiz, mas mantendo-se no espaço intercelular e sem a formação de arbúsculos (Smith & Read, 2008). As características diferenciadoras dos fungos micorrízicos arbusculares são salientadas pelo facto de que eles são geralmente classificados no filo Glomeromycota enquanto os restantes fungos micorrízicos são classificados nos filios Basidiomycota ou Asteromycota (Sato et al., 2015; Stürmer, 2012).

A relação simbiótica entre a planta e o fungo micorrízico arbuscular é geralmente benéfica para ambas as partes resultando, tipicamente, no fornecimento de fotoassimilados por parte da planta, e, de água e nutrientes por parte do fungo. Na realidade, este tipo de relações é mais complexo uma vez que, se a planta estiver num meio com uma boa disponibilidade de água e de nutrientes, os benefícios da colonização das suas raízes por fungos micorrízicos poderão ser pequenos, o que poderá resultar em taxas de colonização menores (Xu et al., 2021).

---

## **A RETER**

**A associação entre plantas e fungos micorrízicos arbusculares ocorre em aproximadamente 80% das famílias de plantas vasculares.**

**A simbiose entre plantas e fungos micorrízicos é geralmente benéfica para ambas as partes. Nesta simbiose, a planta fornece ao fungo fotoassimilados e o fungo aumenta a capacidade da planta em assimilar água e nutrientes.**

---

Os benefícios nutricionais para a planta associados à colonização das suas raízes pelos fungos micorrízicos devem-se a diversos fatores. A rede de hifas permite aumentar o volume de solo que direta ou indiretamente pode ser explorado pela planta. Isto é reforçado pelo facto de, devido à sua espessura reduzida, serem capazes de explorar zonas do solo dificilmente acessíveis às plantas (Wang et al., 2015). Além disso, a presença de fungos micorrízicos pode também estimular a presença de outros microrganismos benéficos para as plantas que, em conjunto com os primeiros, podem

contribuir para aumentar a disponibilidade de nutrientes como o fósforo (Wang et al., 2023). O efeito dos fungos micorrízicos, que estão dependentes da colonização das raízes para completarem o seu ciclo de vida, pode estender-se também à inibição de microrganismos patogénicos para as plantas como, por exemplo, fungos dos géneros *Fusarium*, *Phytophthora* e *Pythium* (Fiorilli et al., 2024).

O aumento da diversidade do coberto vegetal conseguido, por exemplo, com o estabelecimento de culturas de cobertura, pode ser benéfico ao aumento da atividade microbiana do solo, incluindo dos fungos micorrízicos arbusculares, especialmente atendendo ao facto de que a mesma espécie desses fungos é capaz de colonizar plantas de espécies, e famílias, distintas (Bromley & Rintoul-Hynes, 2025; Tedersoo et al., 2020).

---

## A RETER

**A presença de culturas de cobertura pode aumentar a atividade microbiana do solo, a taxa de colonização das raízes da cultura principal por fungos micorrízicos e atrair artrópodes auxiliares.**

---

A presença de um coberto vegetal espontâneo na entrelinha é já uma prática habitual nos pomares da Beira Interior (Simões et al., 2021). Contudo, não é comum a instalação de culturas de cobertura na linha, especialmente devido ao risco de competição por água e nutrientes com a cultura principal e pelo potencial risco de que a presenças das plantas poder dificultar a realização de operações culturais como podas e colheitas, obrigando ao seu corte regular.

Apesar de esses riscos existirem, o efeito das culturas de cobertura na disponibilidade de água e de nutrientes no solo é variável. As plantas que constituem a cobertura do solo absorvem nutrientes. No entanto, esses nutrientes serão posteriormente devolvidos ao solo pela eventual decomposição da matéria orgânica que constitui as suas estruturas vegetais (Ding et al., 2024). Além disso, como foi atrás referido, a sua presença pode contribuir para aumentar a atividade microbiana do solo o que pode trazer benefícios para a cultura principal no que se refere à sua absorção de água e de nutrientes. Adicionalmente, poderão contribuir para o aumento do teor

de matéria orgânica do solo e as suas raízes poderão ajudar a melhorar a estrutura do solo, por exemplo diminuindo a sua compactação (Blanco-Canqui & Ruis, 2020; Bromley & Rintoul-Hynes, 2025).

De forma semelhante ao que sucede com a disponibilidade de nutrientes, o efeito das culturas de cobertura na disponibilidade de água no solo é variável. Como as restantes plantas, as culturas de cobertura absorvem água. No entanto, o seu efeito positivo na matéria orgânica do solo e na sua estrutura poderá resultar numa maior capacidade de retenção de água e, dessa forma, compensar total ou parcialmente, a água absorvida (Blanco-Canqui & Ruis, 2020; Koudahe et al., 2022).

A incerteza associada ao efeito das culturas de cobertura no solo e na cultura principal justificam a realização do estudo apresentado neste capítulo, que teve como principal objetivo avaliar o efeito das culturas de cobertura na fertilidade do solo, no crescimento dos pessegueiros e na taxa de colonização das suas raízes por fungos micorrízicos arbusculares.

---

## **A RETER**

**O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das culturas de cobertura na fertilidade do solo, no crescimento dos pessegueiros e na taxa de colonização das suas raízes por fungos micorrízicos arbusculares.**

---

## **4.2 Material e métodos**

O ensaio aqui descrito é parte integrante da Ação F do projeto P2-Resilis e foi instalado num pomar de pessegueiros, localizado na Quinta do Prado Vasco, na freguesia dos Três Povos, concelho do Fundão.

A exploração compreende uma área de pessegueiro e nectarina superior a 50 ha, e o ensaio foi instalado na parcela da cv. Crisponda, com 1,1 ha (Figura 4.1). O pomar foi plantado em 2018, num compasso 2,5 m × 5 m, que corresponde a 800 plantas/ha, com a forma de condução em vaso alto e com a linha das plantas em camalhão, sendo, globalmente, um pomar representativo da região.



**Figura 4.1** – Aspeto geral do pomar da Ação F, em março 2023.

A gestão de infestantes na exploração foi e é realizada de acordo com o que é habitual nos pomares da região, com a aplicação periódica de herbicida numa faixa com aproximadamente 1 m de largura e centrada na linha e o destroçamento da vegetação espontânea na entrelinha.

O ensaio incluiu 7 modalidades, como ilustra a Figura 4.2. Estas modalidades incluíram (1) a prática habitual, *i.e.* a aplicação periódica de herbicida, (2) a cobertura com infestantes, (3) a cobertura com trevo morango (*Trifolium fragiferum* L.), (4) a cobertura com trevo violeta (*Trifolium pratense* L.), (5) a cobertura com trevo branco (*Trifolium repens* L.), (6) a cobertura com alecrim-rasteiro (*Rosmarinus officinalis* L.) e (7) a cobertura com tomilho serpão (*Thymus serpyllum* L.).

Cada modalidade é constituída por 7 plantas, tendo sido marcadas 2 árvores, que são as árvores úteis, onde foram realizadas as observações e colhidas as amostras de solo (Figura 4.2).

A sementeira do trevo morango e do trevo violeta ocorreu a 2022-03-08, na primavera, e a sementeira do trevo branco ocorreu a 2022-10-26, no outono. A densidade de sementeira foi de, aproximadamente, 20 kg/ha. A plantação do alecrim-rasteiro e do tomilho serpão ocorreu a 2023-10-12, com um compasso de 0,3 m x 0,3 m, o que corresponde a uma densidade de 11 plantas/m<sup>2</sup>, num total de 28 plantas por cada pessegueiro, conforme a Figura 4.3.





**Figura 4.7** – Instalação das modalidades com plantas aromáticas, através da plantação de plantas com raiz protegida, na área da linha de pessegueiros, utilizando cordas de marcação para manter o compasso entre as plantas.

A taxa de cobertura das plantas foi avaliada em 2024-07-01 e em 2025-05-16 com o auxílio de uma rede (Figura 4.8). Em 2025-05-16 foi também avaliada a altura das plantas nas modalidades com cobertura de infestantes e de trevos.



**Figura 4.8** – Avaliação da ocupação do solo.

Para avaliar o efeito das plantas de cobertura nas condições edáficas foi realizada a determinação da densidade aparente e de diversos parâmetros que incluíram o pH e os macro e micronutrientes do solo. O procedimento seguido e os resultados obtidos estão detalhados no capítulo 5.

A avaliação dos parâmetros relativos à fertilidade do solo foi avaliada numa amostra de terra por bloco, composta pela mistura de 3 subamostras, uma

colhida antes, outra no meio e a terceira após as 2 árvores marcadas. Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- pH – método potenciométrico, 18 g de solo para 25 mL de água
- Matéria orgânica – calculada a partir do teor de carbono total, que foi determinado através de análise elementar (método de Dumas)
- Azoto total – análise elementar (método de Dumas)
- Azoto amoniacal – método de Kjeldahl
- Azoto nítrico – método do salicilato de sódio
- Azoto orgânico – calculado pela diferença entre o teor de azoto total e os teores de azoto amoniacal e nítrico
- Fósforo total, fósforo orgânico e fósforo inorgânico – método de ignição
- Fósforo e potássio disponíveis – método de Egnér (lactato de amónio)
- Cobre total – método interno
- Cobre disponível – método do acetato de amónio

A avaliação da taxa de colonização das raízes dos pessegueiros por fungos micorrízicos arbusculares foi realizada em amostras compostas, cada uma delas formada por uma subamostra de raízes de cada uma das árvores marcadas. Após a colheita, as raízes foram conservadas em etanol a 70% até a sua análise.

A análise seguiu o método adaptado do que foi descrito por Vierheilig et al. (1998). Resumidamente, fragmentos de raiz com aproximadamente 1 cm foram cortados das amostras recolhidas e lavados em água. Após isso, foram adicionados a uma solução de hidróxido de potássio com a concentração de 10% e mantidos nessa solução a 65°C durante 1 h. Passado esse intervalo de tempo, os fragmentos foram lavados e mergulhados numa solução de ácido acético com a concentração de 5%, à temperatura ambiente, durante 10 min. Seguiu-se a sua imersão na solução corante, que foi mantida a 65°C durante 30 min, a sua lavagem com água e a sua imersão em água acidulada durante 30 min. Após esse processo, os fragmentos foram montados em lâminas e observados ao microscópio com uma ampliação de 100×. As taxas de colonização por hifas, arbúsculos e vesículas foram determinadas pela observação aleatória em 100 pontos diferentes dos fragmentos de raízes, seguindo um método adaptado de McGonigle et al. (1990).

A organização dos dados e a sua análise estatística foi realizada através dos programas R (versão 4.5.0), RStudio (versão 2025.05.0) e Microsoft Excel (Office 365). Para a comparação do efeito das modalidades nas diversas variáveis avaliadas utilizou-se a Análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey. Nos casos em que os seus pressupostos de normalidade dos

resíduos e de homogeneidade de variâncias não ocorreram foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn com a correção de Bonferroni. Foi considerado um nível de significância de 0,05.

---

## A RE TER

O ensaio incluiu o total de 7 modalidades, nomeadamente, prática habitual de aplicação de herbicida e a cobertura com infestantes, trevo morango, trevo violeta, trevo branco, alecrim-rasteiro e tomilho serpão.

---

## 4.3 Resultados

### 4.3.1 Avaliação da taxa de cobertura do solo e da altura da vegetação

O Quadro 4.1 mostra os resultados relativos à taxa de cobertura e à altura da vegetação.

**Quadro 4.1** – Taxa de cobertura do solo por modalidade, na Ação F, em 2024-07-01 e 2025-05-16 e altura da vegetação em 2025-05-16.

Modalidade	Taxa de cobertura (%) 2024-07-01	Taxa de cobertura (%) 2025-05-16	Altura da vegetação (cm) 2025-05-16
Herbicida	52,8 ± 19,2	12,5 ± 3,5	-
Infestantes	98,9 ± 1,1	99,4 ± 1,3	45 ± 6
Trevo morango	74,3 ± 20,9	61,3 ± 31,2	40 ± 0
Trevo violeta	92,8 ± 7,2	60,0 ± 28,6	58 ± 9
Trevo branco	95,3 ± 3,1	74,4 ± 26,3	38 ± 3
Alecrim-rasteiro	1,3 ± 0,4	10,0 ± 0,0	-
Tomilho serpão	22,2 ± 5,6	17,5 ± 5,0	-

**Nota:** A taxa de cobertura na modalidade com a aplicação de herbicida refere-se à taxa de ocupação por infestantes. Os resultados correspondem à média±desvio-padrão.

Os trevos apresentaram uma cobertura do solo extensa. Entre os diferentes trevos, o trevo branco foi aquele com a maior taxa de cobertura do solo, 95% em 2024 e 74% em 2025.

A média de altura da vegetação variou entre 38 cm (trevo branco) e 58 cm (trevo violeta). Estes valores sugerem que a vegetação deveria ser cortada.

As 2 plantas aromáticas, alecrim-rasteiro e tomilho serpão, apresentaram a taxa de cobertura baixa, destacando-se o alecrim-rasteiro por uma fraca capacidade de cobertura, neste ensaio.

A modalidade com infestantes apresenta a maior taxa de cobertura e, simultaneamente, a maior altura da vegetação (45 cm).

### 4.3.2 Fertilidade do solo e densidade aparente

O Quadro 4.2 mostra os resultados relativos à influência das diferentes plantas de cobertura do solo em diversos parâmetros físico-químicos do solo.

Verifica-se que o solo é pouco ácido, tendo um pH entre 5,5 e 6,3; tem um teor de matéria orgânica médio, variando entre 1,9% e 2,4%, sem haver diferenças entre modalidades. O teor de fósforo disponível é muito baixo a baixo, variando entre 6,7 mg/kg e 12,6 mg/kg e os teores de potássio, magnésio e cobre disponíveis são médios a altos (Veloso et al., 2022). O intervalo de variação do teor de potássio foi entre 75 mg/kg e 147 mg/kg (potássio disponível), do magnésio foi entre 67 mg/kg e 154 mg/kg (magnésio disponível), e do cobre foi entre 3,9 mg/kg e 12,7 mg/kg (cobre disponível), observando-se diferenças significativas entre modalidades para estes elementos. O cobre disponível é significativamente maior na modalidade com herbicida (12,7 mg/kg).

Não se observaram diferenças significativas entre modalidades ( $p \geq 0,05$ ) no pH, nos teores de matéria orgânica, azoto total, azoto amoniacal, azoto orgânico, fósforo inorgânico, fósforo orgânico e fósforo disponível.

O azoto nítrico foi a única variável diretamente relacionada com esse elemento que apresentou diferenças significativas entre modalidades. O seu intervalo de variação foi de 22 mg/kg (tomilho serpão) e 70 mg/kg (trevo branco). Observou-se que a cobertura com trevo branco esteve associada a teores de azoto nítrico significativamente maiores do que as modalidades com cobertura de infestantes, alecrim-rasteiro e tomilho serpão, o que poderá estar relacionado com uma maior capacidade de fixação de azoto desse trevo.

**Quadro 4.2** – Efeito das modalidades de cobertura do solo na fertilidade do solo. Os resultados, apresentados na forma média±desvio-padrão foram obtidos a partir de amostras colhidas em 2024-06-18.

	Herbicida	Infestantes	Trevo morango	Trevo violeta	Trevo branco	Alecrim-rasteiro	Tomilho serpão	p
<b>pH</b>	5,6 ±0,1	6,3 ±0,8	5,8 ±0,1	5,5 ±0,1	5,7 ±0,1	5,7 ±0,1	6,1 ±0,4	≥0,05
<b>MO (%)</b>	2,3 ±0,2	2,0 ±0,4	2,0 ±0,2	2,4 ±0,2	2,1 ±0,3	1,9 ±0,1	2,0 ±0,3	≥0,05
<b>N<sub>total</sub> (mg/kg)</b>	1500 ±147	1275 ±250	1225 ±86	1512 ±132	1375 ±176	1200 ±122	1238 ±111	0,032
<b>N<sub>nitrico</sub> (mg/kg)</b>	54 ±6 <b>ab</b>	25 ±14 <b>b</b>	34 ±20 <b>ab</b>	60 ±11 <b>ab</b>	70 ±32 <b>a</b>	25 ±18 <b>b</b>	22 ±5 <b>b</b>	0,002
<b>N<sub>amoniaca</sub> (mg/kg)</b>	1004 ±106	914 ±123	916 ±41	1045 ±48	1015 ±56	919 ±73	920 ±61	≥0,05
<b>N<sub>orgânico</sub> (mg/kg)</b>	496 ±171	362 ±150	309 ±81	467 ±155	360 ±166	281 ±69	317 ±52	≥0,05
<b>P<sub>total</sub> (mg/kg)</b>	78 ±8 <b>bc</b>	84 ±18 <b>bc</b>	66 ±5 <b>c</b>	79 ±8 <b>bc</b>	108 ±15 <b>ab</b>	107 ±17 <b>ab</b>	130 ±23 <b>a</b>	<0,001
<b>P<sub>inorgânico</sub> (mg/kg)</b>	62 ±7	64 ±8	52 ±14	68 ±10	66 ±9	68 ±9	90 ±25	≥0,05
<b>P<sub>orgânico</sub> (mg/kg)</b>	16 ±10	20 ±24	14 ±12	11 ±2	42 ±24	39 ±16	39 ±32	≥0,05
<b>P<sub>disponível</sub> (mg/kg)</b>	11,0 ±1,0	8,6 ±1,9	6,7 ±2,1	7,9 ±2,0	8,8 ±3,5	8,8 ±3,2	12,6 ±3,7	≥0,05
<b>K<sub>disponível</sub> (mg/kg)</b>	143 ±10 <b>ab</b>	123 ±17 <b>ab</b>	108 ±21 <b>bc</b>	132 ±16 <b>ab</b>	147 ±27 <b>a</b>	75 ±8 <b>c</b>	83 ±6 <b>c</b>	<0,001
<b>Mg<sub>disponível</sub> (mg/kg)</b>	154 ±41 <b>a</b>	101 ±38 <b>ab</b>	85 ±22 <b>b</b>	75 ±11 <b>b</b>	67 ±11 <b>b</b>	78 ±11 <b>b</b>	86 ±12 <b>b</b>	0,001
<b>Cu<sub>total</sub> (mg/kg)</b>	65 ±30 <b>ab</b>	68 ±5 <b>a</b>	43 ±3 <b>ab</b>	43 ±6 <b>ab</b>	40 ±6 <b>ab</b>	34 ±5 <b>b</b>	39 ±6 <b>ab</b>	0,040
<b>Cu<sub>disponível</sub> (mg/kg)</b>	12,7 ±2,7 <b>a</b>	5,2 ±2,4 <b>b</b>	3,9 ±2,2 <b>b</b>	4,8 ±1,7 <b>b</b>	6,4 ±3,8 <b>b</b>	5,7 ±0,4 <b>b</b>	6,7 ±1,1 <b>b</b>	<0,001

**Nota:** valores médios ± desvio padrão; Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05). N=4 amostras por modalidades. N.a. – variável não avaliada nesta modalidade.

## A RETER

O solo onde decorreu o ensaio era pouco ácido, com pH entre 5,5 e 6,3 e tinha um teor médio de matéria orgânica, entre 1,9% e 2,4%, um teor de fósforo disponível muito baixo a baixo, 6,7 mg/kg e 12,6 mg/kg, e teores médios a altos de potássio, magnésio e cobre disponíveis.

Entre as variáveis diretamente relacionadas com o fósforo, o fósforo total foi a única que apresentou diferenças significativas entre modalidades. O seu intervalo de variação foi de 66 mg/kg, na modalidade com trevo morango a 130 mg/kg, na modalidade com tomilho serpão. Esta última modalidade apresentou teores significativamente maiores do que todas as outras modalidades com exceção do trevo branco e do alecrim-rasteiro. Adicionalmente, estas 2 últimas modalidades apresentaram valores significativamente superiores ao da modalidade com cobertura de trevo morango.

---

## **A RETER**

**A cobertura com trevo branco esteve associada a teores de azoto nítrico significativamente maiores do que as modalidades com cobertura de infestantes, alecrim-rasteiro e tomilho serpão. As modalidades trevo branco, alecrim-rasteiro e tomilho apresentaram teores significativamente maiores de fósforo.**

---

As modalidades com cobertura de alecrim-rasteiro e de tomilho serpão apresentaram valores de potássio disponível (respetivamente, 75 mg/kg e 83 mg/kg) significativamente inferiores aos de todas as outras modalidades com exceção da modalidade com cobertura de trevo morango. Esta apresentou um valor de potássio disponível (108 mg/kg) significativamente inferior ao da modalidade com cobertura de trevo branco (147 mg/kg).

Os teores de magnésio disponível foram significativamente maiores na modalidade com aplicação de herbicida, quando comparados com as restantes modalidades, com a exceção da modalidade com cobertura de infestantes, indicando que as plantas escolhidas poderão ter contribuído para a imobilização deste elemento.

Em geral, não foram observadas diferenças significativas entre modalidades nos teores de cobre total. A única exceção foi a relação entre a modalidade de cobertura de infestantes (68 mg/kg) e a modalidade de cobertura com alecrim-rasteiro (34 mg/kg). Neste caso, o teor de cobre na primeira foi significativamente maior do que na segunda. Relativamente ao cobre disponível, observou-se que em todas as modalidades com coberturas vegetais os seus teores foram significativamente menores do que na modalidade com aplicação de herbicida. Isto poderá indicar uma imobilização

do cobre pelas plantas de cobertura do solo e pode ser um fator positivo das culturas de cobertura se considerarmos a importância das aplicações de cobre nos pomares e a tendência para este elemento se acumular no solo onde pode atingir teores que provoquem fitotoxicidade.

## A RETER

**As culturas de cobertura estiveram associadas a menores teores de cobre disponível.**

Em novembro 2024 foi realizada a avaliação da densidade aparente (DA), como se ilustra na Figura 4.9. Apesar de ser expectável uma redução da densidade aparente como resultado da presença de culturas de cobertura, não se observaram diferenças significativas entre modalidades (Quadro 4.3).



**Figura 4.9** – Colheita de amostras de terra para a determinação da densidade aparente.

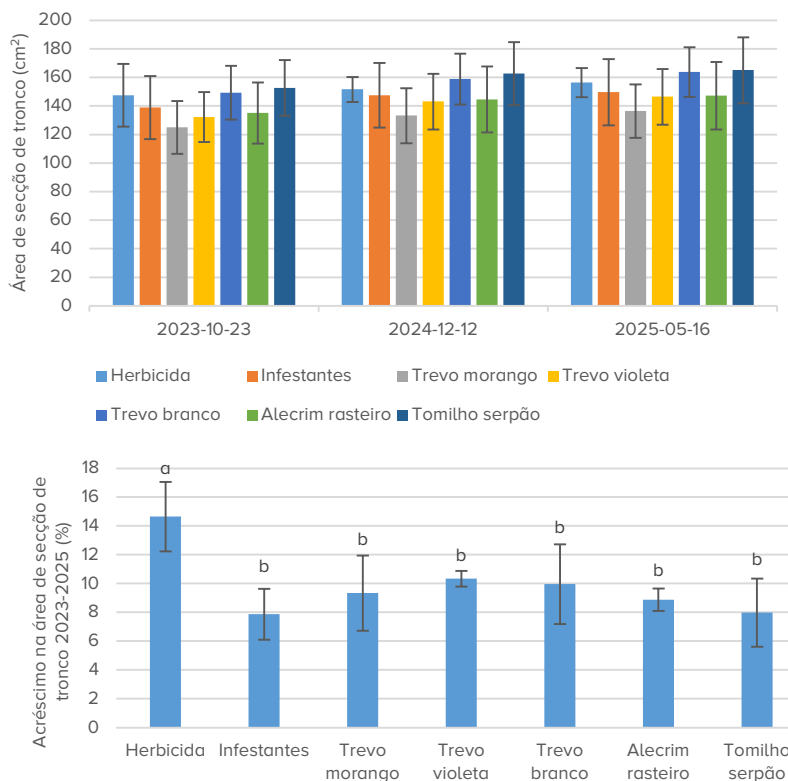
**Quadro 4.3** – Efeito das modalidades de cobertura do solo na densidade aparente.

	Herbicida	Infestantes	Trevo morango	Trevo violeta	Trevo branco	Alecrim-rasteiro	Tomilho serpão	p
<b>DA<sub>0-3 cm</sub></b> (g/cm <sup>3</sup> )	1,22 ±0,11	1,25 ±0,04	1,23 ±0,14	1,11 ±0,10	1,14 ±0,29	1,19 ±0,12	1,24 ±0,20	≥0,05
<b>DA<sub>3-6 cm</sub></b> (g/cm <sup>3</sup> )	1,19 ±0,22	1,32 ±0,08	1,30 ±0,16	1,40 ±0,05	1,31 ±0,06	1,32 ±0,11	1,35 ±0,07	≥0,05
<b>DA<sub>20-26 cm</sub></b> (g/cm <sup>3</sup> )	1,23 ±0,03	1,21 ±0,10	1,18 ±0,12	1,17 ±0,09	1,17 ±0,04	N.a.	N.a.	≥0,05

**Nota:** valores médios ± desvio padrão. N.a. – não aplicável.

### 4.3.3 Área de secção do tronco

A área de secção de tronco variou entre 125 cm<sup>2</sup> e 149 cm<sup>2</sup> em 2023, entre 133 cm<sup>2</sup> e 163 cm<sup>2</sup> em 2024 e entre 136 cm<sup>2</sup> e 165 cm<sup>2</sup> em 2025 (Figura 4.10).



**Figura 4.10 – Área de secção de tronco** nas diversas modalidades nas 3 avaliações efetuadas ao longo do ensaio (gráfico em cima) e **acréscimo da área de secção de tronco** para as diversas modalidades determinado entre a avaliação de 2023 e a avaliação de 2025 (gráfico em baixo). N=8 avaliações/modalidade. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Não foram encontradas diferenças significativas entre modalidades nessa variável em nenhuma das 3 avaliações. Contudo, a comparação do acréscimo da área de secção de tronco, entre a avaliação ocorrida em 2023 e a avaliação ocorrida em 2025, revela um acréscimo significativamente maior na

modalidade com herbicida (14,6%) relativamente às restantes modalidades. Não se observaram diferenças significativas entre essas modalidades, cujo acréscimo na área de secção de tronco variou entre 7,9%, na cobertura com infestantes, e 10,3% na cobertura com trevo violeta.

Os resultados apresentados acima poderão evidenciar uma possível competição das culturas de cobertura com os pessegueiros por nutrientes e/ou água. A análise das diversas variáveis relativas à fertilidade do solo indicou valores de magnésio e de cobre disponíveis mais baixos em todas as modalidades com culturas de cobertura exceto na cobertura com infestantes (magnésio disponível) ou em todas as modalidades com cobertura, sem exceção (cobre disponível) quando comparados com os valores observados na modalidade com aplicação de herbicida.

---

## **A RETER**

**Não foram encontradas diferenças significativas entre modalidades nas áreas de secção de tronco. Contudo, o acréscimo na área de secção de tronco entre 2023 e 2025 foi significativamente maior na modalidade com aplicação de herbicida, indicando que a presença de cobertura vegetal na linha diminuiu o vigor das plantas.**

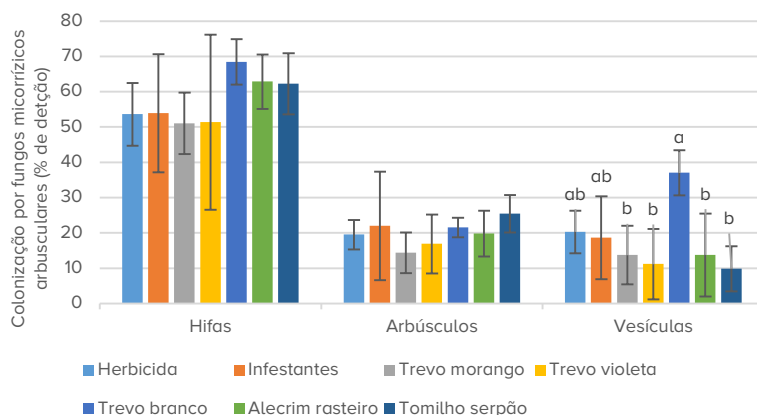
---

Para além dessas 2 variáveis não foi observado um efeito das culturas de cobertura nas restantes variáveis ligadas à fertilidade do solo. Pelo contrário, verificou-se, pontualmente, teores mais altos de alguns nutrientes, como foi o caso do azoto nítrico, em que o maior teor desse nutriente ocorreu na modalidade com cobertura de trevo branco (70 mg/kg), e do fósforo total, em que o maior teor ocorreu na modalidade com cobertura de tomilho serpão (130 mg/kg).

Como foi exposto no capítulo 3, a presença de culturas de cobertura pode não resultar, necessariamente, numa diminuição da água disponível no solo, podendo, inclusive, ocorrer o contrário. Contudo, é necessário salientar que essa competição pode ocorrer e que poderá ter contribuído para o menor acréscimo da área de secção de tronco das modalidades com cobertura em comparação com a modalidade com aplicação de herbicida. Trata-se de algo que deveria ser objeto de estudo em futuros ensaios.

### 4.3.4 Colonização das raízes por fungos micorrízicos arbusculares

As taxas de colonização de hifas, arbúsculos e vesículas nas amostras de raízes de pessegueiro analisadas variaram entre 51% e 68% (hifas), 14,4% e 25,4% (arbúsculos) e entre 9,9% e 37,1% (vesículas) (Figura 4.11).



**Figura 4.11** – Avaliação da colonização das raízes dos pessegueiros por fungos micorrízicos arbusculares através da frequência relativa de detção de hifas, arbúsculos e vesículas. N=4 amostras/modalidade. Letras diferentes entre modalidades indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05).

Não se observaram diferenças significativas entre modalidades nas taxas de colonização de hifas e de arbúsculos. No entanto, verificou-se que a taxa de colonização de vesículas foi significativamente maior na modalidade com trevo branco em comparação com as modalidades com trevo morango, trevo violeta, alecrim-rasteiro e tomilho serpão.

---

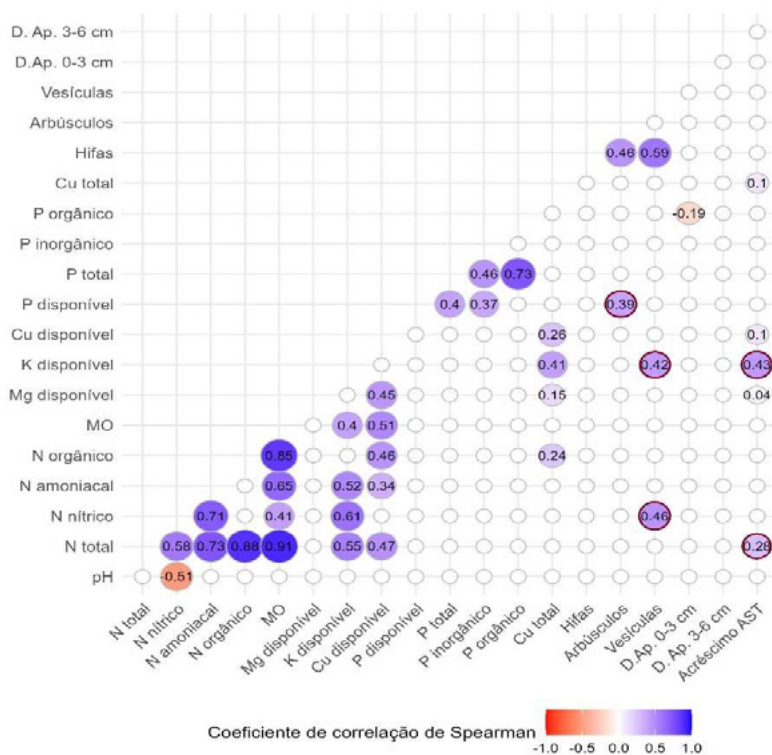
#### A RETER

**A taxa de colonização de vesículas de fungos micorrízicos arbusculares foi significativamente maior na modalidade coberta com trevo branco em comparação com as modalidades cobertas com trevo morango, trevo violeta, alecrim-rasteiro e tomilho serpão.**

---

### 4.3.5 Relações entre variáveis resposta

A complexidade de inter-relações do conjunto solo-planta-fungos micorrízicos pode ser mais facilmente compreendida através da análise de correlações entre as diferentes variáveis monitorizadas (Figura 4.12).



**Figura 4.12** – Resultados relativos às correlações entre as variáveis resposta avaliadas. Os números dentro dos círculos indicam os coeficientes de correção de Spearman estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ). Os coeficientes das correlações consideradas mais relevantes foram salientados com um contorno a vermelho.

As variáveis associadas à colonização das raízes dos pessegueiros por fungos micorrízicos arbusculares estão positivamente relacionadas com variáveis relativas ao azoto e fósforo. Mais precisamente, as taxas de colonização de hifas e de arbúsculos, estão positivamente associadas ao teor de fósforo disponível e a taxa de colonização de vesículas está positivamente associada

aos teores de azoto total, azoto amoniacal e azoto nítrico. Estas relações poderão estar associadas ao importante papel dos fungos micorrízicos, e de outros microrganismos do solo que frequentemente lhes surgem associados, na disponibilidade de azoto e de fósforo no solo e na absorção destes nutrientes pelas plantas. Adicionalmente, a extensa rede de hifas dos fungos micorrízicos pode também ajudar a reduzir a lixiviação de nutrientes o que pode ser especialmente importante no caso do azoto nítrico (Asghari & Cavagnaro, 2012; Etesami et al., 2021; Wang et al., 2023).

A análise de componentes principais indica também uma relação positiva entre o acréscimo da área de secção de tronco e os teores de potássio disponível, magnésio disponível e cobre total.

Uma parte das relações entre variáveis apresentadas acima são confirmadas pelos resultados relativos às correlações entre as variáveis resposta que estão apresentados na Figura 4.12. Em particular, foram encontradas correlações positivas (1) entre a colonização das raízes dos pessegueiros por fungos micorrízicos arbusculares e os teores de azoto nítrico, de fósforo disponível e de potássio disponível e (2) entre os teores de potássio disponível e de azoto total e o acréscimo na área de secção de tronco.

---

#### **A RETER**

**Observou-se uma relação positiva entre a colonização das raízes dos pessegueiros por fungos micorrízicos arbusculares e os teores de azoto nítrico, de fósforo disponível e de potássio disponível, e entre os teores de azoto total, potássio disponível, magnésio disponível e cobre total e o acréscimo da área de secção de tronco.**

---

## **4.4 Considerações finais**

A instalação de culturas de cobertura em pomares de pessegueiro pode trazer vários benefícios entre os quais se incluem o aumento da atividade dos microrganismos do solo e, em particular, dos fungos micorrízicos arbusculares, a melhoria da estrutura do solo e o aumento dos seus níveis de matéria orgânica. Contudo, as culturas de cobertura, sobretudo se forem instaladas na linha das árvores, podem competir com estas por água e nutrientes.

Em geral, não se observou uma grande influência das culturas de cobertura nas variáveis relacionadas com a fertilidade do solo, em parte devido à duração relativamente curta do ensaio (3 ciclos vegetativos).

Contudo, a modalidade com trevo branco esteve associada a teores de azoto nítrico maiores do que as modalidades correspondentes ao corte de infestantes, alecrim-rasteiro e tomilho serpão.

A cobertura com tomilho serpão apresentou maiores teores de fósforo total do que todas as restantes modalidades, não diferindo significativamente das coberturas com trevo branco e com alecrim-rasteiro.

A modalidade com aplicação de herbicida esteve associada a teores mais altos de magnésio, potássio e cobre disponíveis, o que poderá ter influenciado os maiores valores de acréscimo na área de secção de tronco associados à aplicação de herbicida.

Não parece ter existido uma influência das modalidades nas taxas de colonização de hifas e de arbúsculos. Contudo, as taxas de colonização de vesículas foram maiores na modalidade com cobertura de trevo branco, embora não diferindo significativamente das modalidades aplicação de herbicida e cobertura de infestantes.

Foram observadas relações positivas entre as taxas de colonização das raízes por fungos micorrízicos arbusculares e os teores de azoto nítrico, de fósforo disponível e de potássio disponível e entre os teores de azoto total, potássio disponível, magnésio disponível e cobre total e o acréscimo da área de secção de tronco.

## **Agradecimentos**

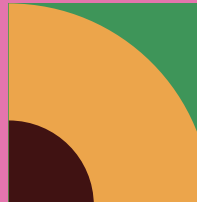
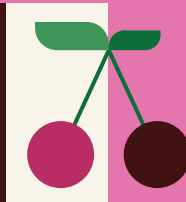
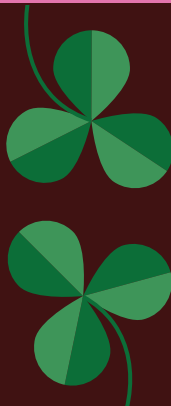
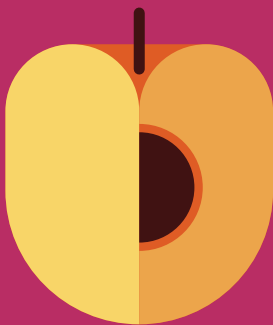
Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto P2-Resilis, N.º 10/C05-i03/2021 – PRR-C05-i03-I-000104), financiado pelo PRR- RE-C05-i03 – Agenda de investigação e inovação para a sustentabilidade da agricultura, alimentação e agroindústria.

Este trabalho recebeu também o financiamento do CERNAS UID/681/2025, da Fundação para a Ciência e a Tecnologia através da bolsa de doutoramento 2020.06010.BD e do CERNAS (UIDB/00681; DOI: 10.54499/UIDP/00681/2020).

## Referências bibliográficas

- Asghari, H. R., & Cavagnaro, T. R. (2012). Arbuscular Mycorrhizas Reduce Nitrogen Loss via Leaching. *PLoS ONE*, 7(1), e29825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029825>
- Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2020). Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1527–1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
- Bromley, P. L., & Rintoul-Hynes, N. L. J. (2025). Cover cropping increases the abundance of mycorrhizal and endophytic fungi structures associated with ecosystem functioning. *Agronomy Journal*, 117(3), e70075. <https://doi.org/10.1002/agj2.70075>
- Ding, K., Chen, L., Zhang, Y., Ge, S., Zhang, Y., Lu, M., Shen, Z., Tong, Z., & Zhang, J. (2024). Long-term cover crops boost multi-nutrient cycling and subsurface soil carbon sequestration by alleviating microbial carbon limitation in a subtropical forest. *CATENA*, 244, 108252. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108252>
- Etesami, H., Jeong, B. R., & Glick, B. R. (2021). Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Phosphate–Solubilizing Bacteria, and Silicon to P Uptake by Plant. *Frontiers in Plant Science*, 12, 699618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.699618>
- Fiorilli, V., Martínez-Medina, A., Pozo, M. J., & Lanfranco, L. (2024). Plant Immunity Modulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Its Impact on Pathogens and Pests. *Annual Review of Phytopathology*, 62(1), 127–156. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-121423-042014>
- Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.03.003>
- McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., & Swan, J. A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular–Arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 115(3), 495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x>
- Rosling, A., Eshghi Sahraei, S., Kalsoom Khan, F., Desirò, A., Bryson, A. E., Mondo, S. J., Grigoriev, I. V., Bonito, G., & Sánchez-García, M. (2024). Evolutionary history of arbuscular mycorrhizal fungi and genomic signatures of obligate symbiosis. *BMC Genomics*, 25(1), 529. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10391-2>
- Sato, H., Tanabe, A. S., & Toju, H. (2015). Contrasting Diversity and Host Association of Ectomycorrhizal Basidiomycetes versus Root-Associated Ascomycetes in a Dipterocarp Rainforest. *PLOS ONE*, 10(4), e0125550. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125550>

- Simões, M.P., Veloso, A., Gaspar, P.D., Assunção, E. e Mesquita, R. 2021. Manutenção do solo em pomares de pessegueiro. *Revista Agrotec*, 39: 33-37. (doc 4.2.7.13)
- Smith, S. E., & Read, D. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Stürmer, S. L. (2012). A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. *Mycorrhiza*, 22(4), 247–258. <https://doi.org/10.1007/s00572-012-0432-4>
- Tedersoo, L., Bahram, M., & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, 367(6480), eaba1223. <https://doi.org/10.1126/science.aba1223>
- Veloso, A., Sempiterno, C., Calouro, F., Rebelo, F., Pedra, F., Castro, I. V., Gonçalves, M. da C., Marcelo, M. da E., Pereira, P., Fareleira, P., Jordão, P., Mano, R., & Fernandes, R. (2022). *Manual de fertilização das culturas*. INIAV - Instituto de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. <https://www.iniaiv.pt/divulgacao/publicacoes-bd/manual-fertilizacao-das-culturas>
- Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., & Piché, Y. (1998). Ink and Vinegar, a Simple Staining Technique for Arbuscular-Mycorrhizal Fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(12), 5004–5007. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.12.5004-5007.1998>
- Wang, G., Jin, Z., George, T. S., Feng, G., & Zhang, L. (2023). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant phosphorus uptake through stimulating hyphosphere soil microbiome functional profiles for phosphorus turnover. *New Phytologist*, 238(6), 2578–2593. <https://doi.org/10.1111/nph.18772>
- Wang, P., Wang, Y., Shu, B., Liu, J.-F., & Xia, R.-X. (2015). Relationships Between Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Soil Fertility Factors in Citrus Orchards Along an Altitudinal Gradient. *Pedosphere*, 25(1), 160–168. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(14\)60086-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(14)60086-2)
- Xu, L., Wang, S., Liu, Y., Ji, L., Shen, F., & Yang, L. (2021). Responses of mycorrhizal colonization to nitrogen and phosphorus addition in fourteen woody and herbaceous species: The roles of hypodermal passage cells and penetration points. *Plant and Soil*, 469(1–2), 273–285. <https://doi.org/10.1007/s1104-021-05107-4>



Financiamento:



Parceiros:

