



QUAL O REINO ONDE O FRASS DA BSF É REI?

Reconhecemos que este título poderá soar um tanto ou quanto bizarro, mas não passa de uma metáfora para mencionar “qual o tipo de solo agrícola mais indicado para a utilização dos fertilizantes orgânicos obtidos na biodigestão, de efluentes da exploração intensiva de bovinos, pela mosca-soldado-negro (MSN)”, e o leitor tem de concordar que isto que se acaba de referir, embora reflita, de forma precisa e concisa, a informação que pretendemos com a presente comunicação, não é título que se apresente a ninguém.

R. Menino^{1,2}, C. Esteves³, P. Fareleira^{1,2}, R. Mano¹, J. Antunes⁴, I. Rehan^{1,5}, C. Ligeiro^{6,7}, O. Moreira^{1,8,9}

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

² GREEN-IT Bioresources for Sustainability, ITQB NOVA

³ Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, ISA-UL

⁴ Marine and Environmental Sciences Centre, FCT NOVA

⁵ GeoBioTec Research Center, NOVA FCT

⁶ EntoGreen, Ingredient Odyssey SA

⁷ Centro de Investigação Interdisciplinar Egas Moniz

⁸ Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal, FMV-UL

⁹ AL4AnimalS, FMV-UL



iStock

Preâmbulo

No âmbito de uma economia dita circular, em contexto agrário, a coexistência da pecuária com a agricultura afirma-se, desde tempos remotos, no ciclo “animal > estrume > forragem > animal”, e já poucos anos antes de Cristo o poeta romano Virgílio (Virgílio, 1875), na sua obra didática em quatro volumes – “Geórgicas” – se refere às virtudes fertilizantes do estrume após curtimenta sobre o solo, bem como a outras formas de fertilização orgânica. Por seu lado, a fertilização química das culturas agrícolas apenas assume fundamento científico a partir da publicação da obra de von Liebig (1840), na qual o autor demonstra a relevância do NPK [azoto (N), fósforo (P) e potássio (K)] no desenvolvimento das plantas, mas que apenas a partir do início do sé-

culo passado assume relevância prática generalizada com a industrialização dos fertilizantes químicos. Este último tipo de fertilização, pela formulação rigorosa (para as diferentes situações de solo e cultura) dos nutrientes para as plantas, na forma solúvel (diretamente assimilável), rapidamente se impõe, com todas as vantagens (que não são poucas), mas sem conhecimento dos inconvenientes (que podem ser imensos); mas precisamente por serem solúveis, exigem uma avaliação rigorosa das dotações e das oportunidades para a sua aplicação, não só para maximização da sua utilização, mas também para prevenir a contaminação de aquíferos (por lixiviação dos nutrientes) e, pior ainda, a médio prazo, depauperar os solos por redução dos nutrientes das plantas e colidir com a atividade biológica dos solos e, por isso, com a resiliência da sua fertilidade.

Mas também os fertilizantes orgânicos têm vantagens (que podem ser imensas) e inconvenientes (que não são poucos), em particular pela disparidade da composição química da matéria-prima de que provêm e dos métodos de compostagem a que foram sujeitos. Mas aqui o problema é o oposto, os nutrientes das plantas encontram-se na forma maioritariamente insolúvel (e como tal não diretamente assimiláveis pelas plantas) e o ritmo da sua mineralização nem sempre se ajusta aos diferentes ritmos de assimilação pelas plantas das variadíssimas culturas, podendo também contribuir, embora em menor escala, para a contaminação de aquíferos; mais importante, no entanto, é o facto destes últimos terem composições muito díspares, de acordo com a variabilidade da matéria-prima e dos métodos de compostagem.

Entretanto, “outros poderes mais altos se alevantam” à escala planetária, entre os quais, o da precária segurança alimentar e o da degradação progressiva do ambiente, e para a resolução dos quais o setor agrário é um parceiro indiscutível. Neste contexto, a partir de meados do século passado, o destino dos “resíduos” da exploração pecuária intensiva, pelo assumir da sua relevância na salvaguarda da segurança ambiental e na economia do respetivo sistema produtivo, passa a ser condicionado, por imposição da Diretiva-Quadro de Resíduos de 1975

(Diretiva 75/442/CEE) e, posteriormente, a Diretiva dos Nitratos de 1991 (Diretiva 91/676/CEE), com vista a garantir a gestão adequada dos efluentes pecuários, com o seu descarte seguro, obrigando a encargos acrescidos da exploração pecuária.

Deste modo, a rentabilização destes resíduos é da máxima relevância, não só para colmatar o défice financeiro, a que os referidos tratamentos obrigam, mas principalmente para maximizar o rendimento do seu potencial fertilizante. Para o efeito, e consensual com o imperativo de salvaguarda do ambiente e promoção da segurança alimentar à escala global, a investigação no âmbito da fertilização orgânica das culturas vem assumindo uma relevância acrescida.

No entanto, no contencioso “fertilização química vs fertilização orgânica”, persistem ainda opiniões extremadas, mas a panaceia universal (tal como a “banha da cobra” das feiras de antanho) é sempre de duvidar e, no presente caso da fertilização do solo agrícola, como para a generalidade dos fenómenos biológicos, são vários os fatores, tais como o clima, o solo, a cultura, o sistema produtivo (intensivo ou extensivo) e respetivas interações, que condicionam o seu efeito fertilizante.

É assim que, na generalidade da bibliografia científica concernente à comparação da produção, nas mais diversas combinações – “solo/planta/sistema produtivo” – são referidas produções superiores quer para a fertilização exclusivamente mineral, quer para a exclusivamente orgânica, quer para a fertilização mista (orgânica + mineral).

Isto mesmo não quer dizer que se trata de estudos tendenciosos, face a uma “filiação filosófica”; antes, pelo contrário, trata-se da constatação de que não existem as tais “panaceias universais” – para cada cultura, em cada solo, cada fitotecnia e cada clima, a escolha ótima (quer na perspetiva da agricultura de subsistência, quer na da agricultura intensiva sustentável) não tem de ser necessariamente idêntica.

Introdução

Na perspetiva do que se acabou de referir no capítulo anterior, e por forma a evitar insucessos (mais ou menos onerosos), a “investigação experimental” tenta dar respostas progressivamente mais aproxima-

das das situações potenciais de sucesso, passando o processo de avaliação mais objetivo por um percurso progressivamente mais próximo de situações reais, terminando no próprio campo do agricultor.

Na impossibilidade de cobrir todo o espectro das combinações dos fatores que interferem no potencial relativo dos três sistemas de fertilização (química, orgânica ou mista), temos vindo a selecionar as combinações mais relevantes para o nosso país, quer no que se refere ao fertilizante orgânico (origem da matéria-prima e método de compostagem), quer no que se refere aos tipos de solo.

Em particular, no que se refere aos fertilizantes orgânicos, um dos objetivos do trabalho experimental é o do descarte seguro dos efluentes da exploração pecuária e da avaliação do método de compostagem que mais os valoriza no seu potencial para a fertilidade imediata e diferida do solo.

Assim, partindo da hipótese de que, em comparação com solos ricos, no que se refere a coloides minerais (com capacidade de fixação dos nutrientes e sua disponibilização para as plantas), os solos de textura arenosa (pobres neste tipo de coloides) seriam, eventualmente, o escoamento preferencial para a rentabilização, a curto e longo prazo, dos fertilizantes orgânicos (pelo seu contributo em coloides orgânicos), temos privilegiado, no âmbito do trabalho experimental, os solos deste último tipo, os quais se encontram representados, no nosso país, em toda a longa faixa litoral desde a foz do Rio Minho até à foz do Guadiana, para além de algumas zonas do interior.

Numa primeira abordagem, tivemos oportunidade de comparar dois métodos de compostagem (nomeadamente compostagem aeróbica e compostagem por biodigestão pela mosca-soldado-negro) de um efluente da exploração intensiva de bovinos, num ensaio em estufa com solo arenoso [como tivemos oportunidade de divulgar na publicação Menino *et al.* (2023), desta mesma revista], cujos resultados evidenciam a capacidade, deste fertilizante orgânico numa mistura com 10% de fertilizante nitroammoniacal, de proporcionar uma redução drástica do fertilizante químico, para uma produção superior à obtida com a adubação exclusivamente química.

A mosca-soldado-negro (*Hermetia illucens* L.), reconhecida na literatura científica pela sigla **BSF** (do inglês – **Black Soldier Fly**) que, na realidade, não pertence sequer à família taxonómica das moscas, e cujos inestimáveis méritos, no contexto agrário, tivemos oportunidade de elencar nesta revista (Menino, 2022), é o agente da biodigestão de matéria orgânica muito diversa, inclusivamente de efluentes líquidos da exploração pecuária, após mistura com substratos sólidos de modo a otimizar o processo de bioconversão, na produção de um fertilizante sólido, referido pela sigla **FBSF** (em que o **F**, que precede a sigla BSF, provém da palavra em inglês *frass*, que designa o excremento dos insetos, podendo incluir exúvias e material orgânico em decomposição).

Igualmente nesta revista, demos conta dos resultados obtidos na comparação do potencial fertilizante do **FBSF**, obtido pela biodigestão de dois efluentes da exploração pecuária intensiva (um resultante da exploração de suínos e outro da de bovinos), comparação esta entre eles e destes com o fertilizante químico (Menino & Lopes, 2023). Nesse ensaio, no entanto, os fertilizantes orgânicos foram aplicados em fertilização mista, com um complemento de 10% do N na forma nitroamoniacal, para o arranque da cultura, face ao lento processo de mineralização do N orgânico.

Neste último ensaio, que acabámos de referir, ficou bem patente o superior poder do FBSF do efluente da exploração de bovinos, em solo arenoso, não só em relação ao fertilizante químico como em relação ao FBSF do efluente da exploração de suínos.

Finalmente, com o suporte dos resultados apresentados nas comunicações acima referidas, procede-

mos a dois ensaios, em anos consecutivos, com vista a avaliar, no primeiro ano, o efeito, em três solos de textura diferente, em fertilização exclusivamente mineral, em fertilização exclusivamente orgânica e em fertilização mista (Rehan *et al.*, 2024; Menino, 2025) e no segundo ano de ensaio (Menino *et al.*, 2025) a fertilidade residual do mesmo solo utilizado no ensaio do primeiro ano, tendo para o efeito semeado a mesma cultura, mantendo o registo das modalidades e das repetições, e sem qualquer fertilização adicional, tal como se explica no capítulo seguinte.

Aqui chegados, se o leitor conseguiu suportar o extenso exórdio a que o submetemos, para justificar o assunto a que aqui nos propusemos, começamos a ter esperança (sem grande convicção) de que terá ainda paciência para o que é mais relevante – o assunto que aqui pretendemos tratar.

Contexto experimental

Os resultados, de que damos conta nesta comunicação, foram obtidos num ensaio em vasos, com o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), em sobreposição ao esquema experimental (modalidades, tratamentos e repetições) descrito em comunicação publicada nesta revista, por Menino (2025), no qual todos os tratamentos tinham beneficiado de uma dotação de 140 kg de N total por hectare, quer em fertilização exclusivamente química (nitrato de amónio), quer exclusivamente orgânica (FBSF), quer em fertilização mista (nitrato de amónio + FBSF), tendo o FBSF sido obtido por biodigestão de um efluente da exploração intensiva de bovinos.

No segundo ano, o aspeto de todo o dispositivo experimental, no final do ensaio, foi o que se ilustra

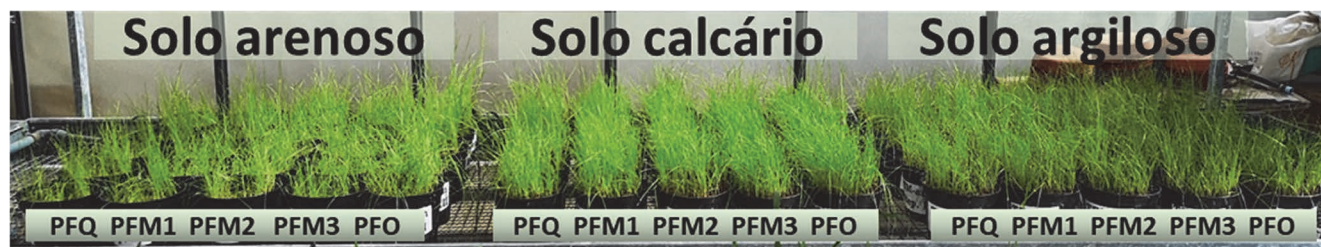


Figura 1 – Aspeto geral do ensaio no segundo ano, onde se observam as diferenças entre os três tipos de solos (da esquerda para a direita – solo arenoso, calcário e argiloso), bem como entre modalidades, para cada tipo de solo (da esquerda para a direita – PFQ, PFM1, PFM2, PFM3 e PFO, respetivamente, para cada tipo de solo).

na Figura 1, onde se evidencia o contraste entre o solo arenoso e os restantes solos, bem como entre os diferentes tratamentos/modalidades.

Para implantação do ensaio de segundo ano, os vasos com a terra do primeiro ano de ensaio, após colheita do material vegetal, foram mantidos, com a adaptação das referências, para cada um dos três tipos dos solos ensaiados, nomeadamente, um solo arenoso (*Gleyc podzol*), um solo calcário (*Haplic calcisol*) e um solo argiloso (*Haplic fluvisol*).

Todas as 75 unidades experimentais (precedidas respetivamente de 3 tipos de solo $\times$ 5 tratamentos $\times$ 5 repetições) foram semeadas com a mesma espécie (azevém anual), sendo todas as unidades experimentais conduzidas, no segundo ano aqui em causa, de forma igual, sem qualquer fertilizante adicional.

Deste modo, no segundo ano de ensaio, as modalidades, em cada um dos três solos, foram as seguintes:

- **PFQ** – Modalidade Precedida de Fertilização exclusivamente Química (100%);
- **PFM1** – Modalidade Precedida de Fertilização Mista (75% química + 25% orgânica);
- **PFM2** – Modalidade Precedida de Fertilização Mista (50% química + 50% orgânica);
- **PFM3** – Modalidade Precedida de Fertilização Mista (25% química + 75% orgânica);
- **PFO** – Modalidade Precedida de Fertilização exclusivamente Orgânica (100%).

Resultados e sua interpretação

Nos gráficos seguintes, apresentam-se, respetivamente, os valores médios da produção de Peso Verde (PV – Figura 2) e de Peso Seco (PS – Figura 3), expressa em gramas por vaso, registados no ensaio do segundo ano (sem o suporte de qualquer adição de fertilizantes), para as modalidades precedidas dos diferentes tratamentos do ano anterior, em cada um dos três tipos de solo em análise.

Uma análise destes resultados suscita-nos os seguintes considerando, no que se refere à **produção de peso verde**:

- Um efeito residual na fertilidade do solo foi significativamente superior nas modalidades com fertilização precedente exclusivamente orgânica face à fertilização precedente exclusivamente química, em todos os solos ensaiados;
- Tanto no solo arenoso como no solo calcário, o efeito da fertilização mista precedente, embora consistentemente superior, não se revelou significativamente diferente da fertilização precedente exclusivamente química, suscitando a ideia de um eventual efeito negativo do fertilizante químico na atividade biológica destes solos;
- No que se refere ao solo argiloso, com fertilização mista precedente, muito embora com produções sempre superiores, não atingiram um grau de probabilidade estatística ($p \leq 0,05$) na diferenciação para a modalidade com fertilização precedente exclu-

Produção de peso verde (g por vaso)

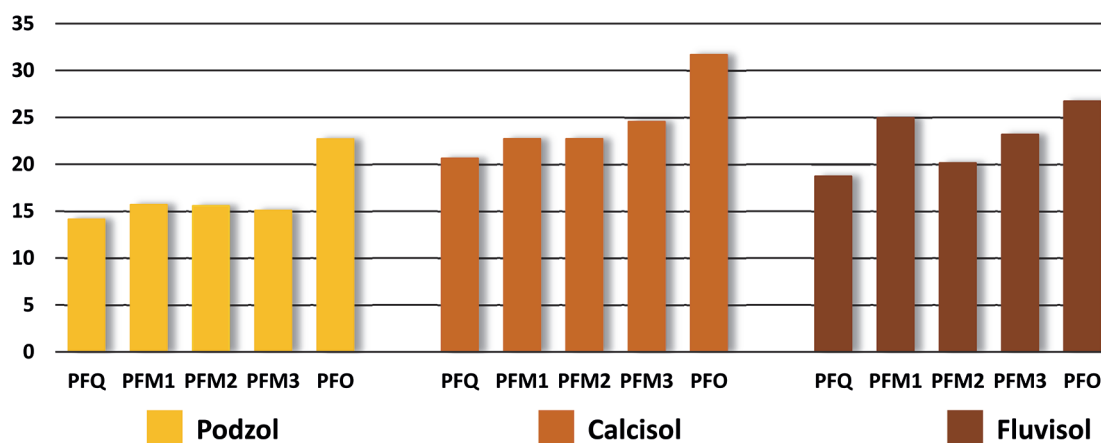


Figura 2 – Produção média de peso verde (g por vaso), para cada modalidade e nos três tipos de solo em análise, respetivamente, arenoso, calcário e argiloso.

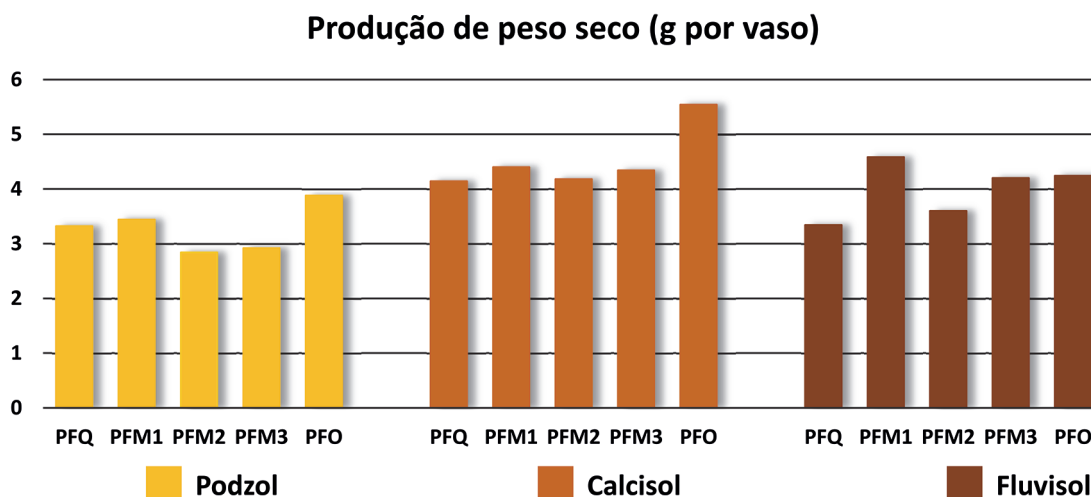


Figura 3 – Produção média de peso seco (g por vaso), para cada modalidade e nos três tipos de solo em análise, respectivamente, arenoso, calcário e argiloso.

sivamente química; no entanto, na modalidade precedida de fertilização precedente exclusivamente orgânica, a produção registada foi significativamente superior à verificada para a modalidade com fertilização precedente exclusivamente química.

Já no que se refere à **produção de peso seco**, os resultados suscitam-nos os seguintes considerandos:

- No que se refere às modalidades com fertilização precedente exclusivamente orgânica face à fertilização precedente exclusivamente química, as produções confirmam o que se referiu no primeiro ponto do parágrafo anterior, apenas no que se refere aos solos arenosos;
- Também no solo arenoso, a fertilização mista precedente não proporcionou produções significativamente diferentes das verificadas para a modalidade precedida de fertilização exclusivamente química;
- No solo calcário, embora não confirmado pela análise estatística, os resultados são consistentes com o referido para a produção de peso fresco;
- Finalmente, no solo argiloso, todas as formulações incluindo o FBSF não evidenciaram diferenças estatisticamente diferentes entre si ($p \leq 0,05$), e apenas a formulação mista com 25% de N orgânico registou uma produção significativamente superior à registada para a formulação exclusivamente química.

A **atividade microbiana do solo** foi aferida pela “atividade da desidrogenase” (aqui referida pela sigla **DHA** – do inglês **DeHydrogenase Activity**), a qual desempenha um papel crucial nos ciclos biogeoquímicos, incluindo a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes.

No final do ciclo cultural, tal como era de esperar, os valores da DHA no **solo de areia**, para qualquer dos tratamentos, em ambos os anos de ensaio, foram de uma ordem de grandeza muito inferior à verificada para os restantes solos, tal como se pode observar na Figura 4. Em qualquer dos três solos, os valores determinados para este parâmetro foram inferiores para o tratamento com fertilização. O aumento estatisticamente significativo da DHA do 1.º para o 2.º ano, após colheita dos ensaios, especialmente no **solo arenoso** e nas respetivas modalidades precedidas de fertilização mista, sugere que, nessas condições, o BSFF aqui utilizado pode promover um ambiente microbiano mais ativo e resiliente, com um impacto positivo na sustentabilidade da fertilidade do solo.

No **solo calcário**, o valor deste parâmetro apenas foi superior ao verificado no ano anterior, a nível de significância estatística, para a modalidade precedida de fertilização exclusivamente orgânica, sem diferenças notórias para as restantes modalidades. No **solo argiloso**, pelo contrário, com exceção do registado para a modalidade precedida de fertili-

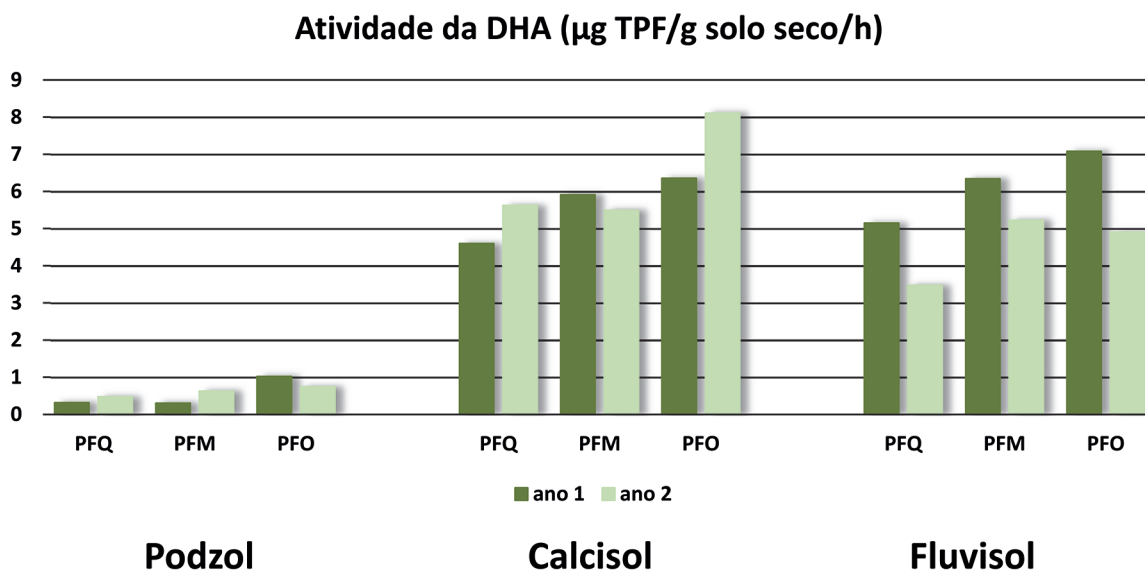


Figura 4 – Atividade da DHA ($\mu\text{g TPF/g solo seco/h}$) nos diferentes solos, respetivamente, arenoso (Podzol), calcário (Calcisol) e argiloso (Fluvisol), e para as modalidades: mineral (PFQ), média dos tratamentos mistos (PFM – mineral + orgânico) e tratamento orgânico (PFO).

zação mista, com 75% de FBSF, registou-se um decréscimo estatístico significativo em relação aos tratamentos precedentes.

Conclusões

As conclusões que abaixo se expõem têm um carácter indicativo para condições prospetivas idênticas às replicadas em ensaio em vasos, constituindo, no entanto, um indício promissor para a experimentação de campo.

No **solo arenoso**, no primeiro ano, o FBSF produzido na biodigestão de um efluente da exploração intensiva de bovinos, quando aplicado em fertilização mista ou exclusivamente orgânica, proporcionou uma produção de forragem de azevém anual significativamente superior à registada com a fertilização química (quase o dobro do peso de massa fresca – 65 g/vaso vs. 34 g/vaso – e mais do dobro do peso de massa seca – 12 g/vaso vs. 5 g/vaso – para uma proporção de 75% N de FBSF e 25% de N nitroamoniaco). No segundo ano, sem a aplicação de qualquer fertilizante, as modalidades precedidas de fertilização mista não revelaram diferenças significativas em relação à fertilização exclusivamente química; no entanto, a produção de massa verde, na modalidade precedida de fertilização exclusi-

vamente orgânica foi significativamente superior à registada para a modalidade precedida de fertilização exclusivamente química.

Em suma, os resultados verificados nos dois anos de ensaio são consentâneos com uma boa perspectiva de aumento das produções e da resiliência da fertilidade em solos arenosos (*Gleyic podzol*).

No **solo calcário**, no primeiro ano, não se registaram diferenças significativas de produção, em termos de massa verde e massa seca, dos tratamentos com FBSF em relação ao tratamento com fertilização exclusivamente química, e no que se refere à fertilidade residual registada no segundo ano, apenas a modalidade precedida de fertilização exclusivamente orgânica revelou uma produção de massa fresca superior à das restantes modalidades ensaiadas. No que se refere ao peso de massa seca, não foi possível avaliar a probabilidade estatística da diferença registada entre a modalidade precedida de fertilização exclusivamente orgânica e a modalidade precedida de fertilização exclusivamente química, pese embora essa diferença ter sido bastante superior.

Estes resultados não permitem excluir a hipótese de um benefício imediato no capítulo da produção, para substituição, em fertilização mista, do N

nitroamoniaco por N do FBSF obtido na compostagem de um efluente da exploração de bovinos, numa baixa proporção deste último, a par de um eventual benefício diferido na fertilidade residual do solo.

No **solo argiloso**, os resultados verificados para a fertilização exclusivamente química e para a fertilização mista (em todas as formulações ensaiadas) não revelam diferenças significativas, verificando-se uma quebra significativa das produções para a fertilização exclusivamente orgânica.

Nota final

O resultado dos dois anos de ensaio acima apresentado parece, pois, justificar a metáfora do título desta comunicação, na medida em que, pelo menos em comparação com os outros solos de textura diferente, no solo de areias o frass da BSF é o que consegue suplantiar o fertilizante químico.

De certo modo, isto já era de esperar, se nos reportarmos aos “arenossolos húmicos” que ocorrem no litoral noroeste, desde Espinho até Ílhavo. Estes solos, vulgarmente designados por “massapês”, vêm, desde há séculos, a ser sistematicamente fertilizados com o “moliço” (constituído por plantas superiores marinhas e algas verdes), tendo-se progressivamente transformado, a partir de areias sáfaras, num solo fértil, intensamente usado na produção hortícola e arvense (principalmente batata e milho ou outras forrageiras), graças à presença do horizonte superficial húmico que ao longo dos anos se foi desenvolvendo.

Mas também os solos de areias podzolizadas (como o que no presente estudo foi utilizado) que desde jusante da bacia do Tejo e de toda a bacia do Sado se estendem, ao longo da orla marítima, até ao rio Mira, poderão quicá aspirar a solos bem mais férteis, com o benefício presente e a curto prazo da promoção e resiliência das produções, e da promoção da qualidade do ambiente. 🌱

Referências bibliográficas

Diretiva 75/442/CEE (1975). Diretiva do Conselho, de 15 de julho de 1975, relativa aos resíduos. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L 194, de 25.7.1975, 39 pp.

Diretiva 91/676/CEE (1991). Diretiva do Conselho, de 12 de dezembro de 1991, relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, L 375 de 31.12.1991, p. 1–8 [1].

Menino, R.; Esteves, C.; Fareleira, P.; Mano, R.; Antunes, J.; Rehan, I.; Murta, D.; Moreira, O. (2025). *Hermetia illucens* L. Frass in Promoting Soil Fertility in Farming Systems. *Sustainability*, **17**(24):11058. <https://doi.org/10.3390/su172411058>.

Menino, R.; Lopes, L.G. (2023). BSF – O toque de Midas. *Vida Rural*, **1892**:76–82.

Menino, R. (2022). A guerra das moscas. *Vida Rural*, **1874**:64–69.

Menino, R. (2025). BSF – Novas façanhas de um imigrante ameríndio em solo Lusitano. *Vida Rural*, **1904**:74–82.

Menino, R.; Lopes, L.G.; Moreira, O.; Murta, D. (2023). BSF – Areias de Portugal. *Vida Rural*, **1883**:59–64.

Rehan, I.; Lopes, I.G.; Murta, D.; Lidon, F.; Fareleira, P.; Esteves, C.; Moreira, O.; Menino, R. (2024). Agronomic potential of *Hermetia illucens* frass in the cultivation of ryegrass in distinct soils. *Journal of Insects as Food and Feed*, **11**(5): 803–818. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001242>.

Virgílio, P. (1875). *Georgicas de Virgílio* (João Felix Pereira, Trad.). Lisboa. Typographia Universal. 80 pp.

von Liebig, J. (1840). *Organic chemistry in its applications to agriculture and physiology*. Ed. Taylor and Walton, London. 414 pp.

