

Encontro Anual da Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo (EACS 2013)

*Solo, Produção Agrária e
Sustentabilidade dos Ecossistemas*

Livro de Actas



Organização



Oeiras, 2014

Ficha Técnica

Título: “Solo, Produção Agrária e Sustentabilidade dos Ecossistemas”

Edição: Maria da Conceição Gonçalves, T. Brito Ramos e J. Casimiro Martins

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I. P.

Oeiras

2014

ISBN 978-972-579-039-7

Aplicação de resíduos orgânicos nos solos de montados: produtividade de culturas indicadoras

Organic residues for soil restoration in cork oak woodlands: productivity of selected crops

Carlos Alexandre^{1,2}, Jorge Nunes² e Manuel Madeira³

¹ Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora. Email do primeiro autor: cal@uevora.pt

² Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas (ICAAM), Universidade de Évora, Évora.

³ Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa

Resumo

Os montados de sobre e azinho são sistemas multifuncionais com longo historial de uso em sistemas tradicionais, baseados em mobilizações frequentes, que contribuíram para reduzir a matéria orgânica do solo. A utilização de resíduos vegetais provenientes da gestão do montado tem interesse para acumular matéria orgânica no solo e recuperar a qualidade e produtividade deste recurso.

Avalia-se o efeito da incorporação no solo dos seguintes resíduos orgânicos na produtividade da aveia e de uma pastagem melhorada: *biochar* (B1 e B2 – dobro de B1), matos (M), ramos de poda de sobre e azinho (R), controlo (C – sem resíduos), e situação de referência (SR – vegetação natural sem resíduos). Os ensaios realizaram-se em dois locais com uso do solo contrastante (Mitra, Évora): pastagem natural (S) e horta (H). As aplicações por ano nas modalidades B2, M e R visaram duplicar o C orgânico do solo na camada 0-10 cm. Apresentam-se resultados de 2 anos (2011 e 2011/2012) com aveia e pastagem melhorada, em S, e de um ano (2011/2012) com aveia, em H. Usou-se um delineamento em blocos casualizados com 4 repetições.

Em 2011 a modalidade C da pastagem produziu significativamente mais biomassa (5,12 Mg MS ha⁻¹) do que as restantes (3,34 a 4,26 Mg MS ha⁻¹). Em 2012 foram as gramíneas da modalidade B2 que produziram significativamente mais biomassa (2,23 Mg MS ha⁻¹) do que as outras modalidades (0,50 a 1,66 Mg MS ha⁻¹). A aveia em S apresentou menor produtividade na modalidade M: no ano 1 com 5,34 Mg MS ha⁻¹ (6,07 a 6,43 Mg MS ha⁻¹ nas restantes), no ano 2 com 7,19 Mg MS ha⁻¹ (7,32 a 9,39 Mg MS ha⁻¹ nas outras). A aveia em H teve produtividade homogénea e superior à de S: 8,81 a 9,59 Mg MS ha⁻¹. Não se observaram efeitos consistentes dos resíduos orgânicos na produtividade das culturas ensaiadas.

Palavras-chave: *biochar*, carbono orgânico, resíduos orgânicos, fertilidade do solo, montados.

Abstract

Cork oak and holm oak woodlands are multifunctional systems with a long history of use under traditional systems, based on frequent mobilizations, which have led to

substantial soil organic matter reduction. Current woodland management produces organic residues with the potential to promote soil organic matter accumulation and to restore the quality and productivity of the soil.

This study evaluates the productivity of two selected crops (oat and an improved pasture) after the incorporation in the soil of the following organic residues: biochar (B1 and B2 - doubling B1), understory (M), pruning branches of cork and holm oak (R), control (C - no residues), and baseline (SR - natural vegetation and no residues). Field trials were set up in two sites with contrasting land use (Mitra, Evora): natural grassland area (S) and garden (H). B2, M and R treatments doubled soil organic C in the 0-10 cm layer. Here we present the results of two years (2011 and 2011/2012) for oat and improved pasture in site S, and one year (2011/2012) for oat in site H. Experimental layout was under a randomized block design with four replications.

In 2011, treatment C produced significantly higher pasture biomass (5.12 Mg DM ha⁻¹) than others (3.34 - 4.26 Mg DM ha⁻¹). In 2012, the grasses of the improved pasture under B2 produced significantly higher biomass (2.23 Mg DM ha⁻¹) than the other treatments (0.50 - 1.66 Mg DM ha⁻¹). The oat in site S showed lower productivity in treatment M: 5.34 Mg DM ha⁻¹ in first year (6.07 - 6.43 Mg DM ha⁻¹ for others) and 7.19 Mg DM ha⁻¹ in the second year (7.32 - 9.39 Mg DM ha⁻¹ for other). Oat productivity in site H was quite homogeneous and superior to site S: 8.81 to 9.59 Mg DM ha⁻¹. There was no consistent effect of organic wastes on tested crops yield.

Key words: biochar, organic carbon, organic residues, soil fertility, cork oak woodlands

Introdução

Os montados de sobre e azinho são sistemas multifuncionais com longo historial de uso em sistemas tradicionais, baseados em mobilizações frequentes, que contribuíram para reduzir a matéria orgânica do solo. A utilização de resíduos vegetais, em especial os provenientes da gestão do montado, tem interesse para promover a acumulação de matéria orgânica no solo e recuperar a sua qualidade e produtividade.

O presente estudo tem por objectivo avaliar o efeito da incorporação no solo de diferentes resíduos orgânicos na produtividade da aveia e de uma pastagem melhorada, usadas como culturas indicadoras. Consideraram-se os seguintes resíduos e modalidades de aplicação: *biochar* (B1 e B2 – dobro de B1), matos (M), ramos de poda de sobre e azinho (R), controlo (C) sem aplicação de resíduos; além disso, considerou-se também uma situação de referência (SR) com vegetação natural e sem aplicação de resíduos.

Entre os resíduos aplicados testou-se o *biochar* (contração de *biological charcoal*), carvão em pó que se destina a ser usado como correctivo do solo. É obtido a partir de biomassa variada, mediante uma pirólise a temperaturas relativamente baixas (300 a 1000 °C), num ambiente muito pobre em oxigénio de modo a impedir a combustão completa. Dependendo da biomassa utilizada (madeira, casca de árvores e de frutos duros, serradura e pasta de papel, biomassa verde, lamas de estações de tratamento de águas residuais, etc.) e das condições de combustão, obtêm-se *biochar* com diferentes teores de carbono, essencialmente considerado recalcitrante, isto é, com tempo médio de permanência no solo de centenas a milhares de anos, o que confere ao *biochar* um enorme potencial para sequestrar carbono no solo (Verheijen et al., 2010).

Embora existam provas da sua utilização como melhorador do solo em várias regiões do mundo, em alguns casos desde há milhares de anos, o *biochar* ganhou especial relevo ao confirmar-se que está na origem (antrópica) de solos da Amazónia conhecidos como

“Terra Preta do Índio” (Glaser & Birk, 2012). Estes solos apresentam produtividade muito superior aos solos das áreas envolventes e comprovam que, mesmo em condições tropicais, o carbono do *biochar* pode permanecer no solo durante milhares de anos.

Material e Métodos

Neste estudo apresentam-se os resultados de 2 anos de ensaio com aveia e pastagem melhorada no local S (2011 e 2011/2012) e de um ano de ensaio com aveia no local H (2011/2012) (Figura 1). Ambos os locais se situam na Herdade da Mitra, Évora, apresentando tipos de uso do solo contrastantes: pastagem natural (S) e horta (H).



Figura 1 - Parcelas (S e H) dos ensaios na Herdade Experimental da Mitra, Évora.

De acordo com Aguiar & Grilo (1975) os solos da área S são Solos Litólicos não húmicos de gneisses ou rochas afins, de textura grosseira, em fase profunda, e os da área H, são Solos Litólicos não húmicos de rochas eruptivas de granitos/quartzodioritos, de textura média, em fase agropédica.

A camada 0-20 cm dos solos de cada uma das áreas referidas foi analisada quanto ao (Quadro 1): pH em água e pH numa solução de KCl (razão 1:2.5), C orgânico (método de Walkley-Black), fósforo e potássio extraíveis (método de Egnér-Riehm).

Quadro 1 – Características dos solos nos locais S e H dos ensaios (n=5, em out/2010)

Local	Esp. cm	EG		pH(H ₂ O)		pH(KCl)		Corg		P		K	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
S*	0-20	53	9	5,4	0,1	4,2	0,1	9,0	1,7	2,3	0,5	50,3	12,0
H*	0-20	138	17	7,3	0,6	6,5	0,4	12,7	1,2	360	114	182,3	46,7

EG - elementos grosseiros; P e K - fósforo e potássio extraíveis; Corg - C orgânico; \bar{x} - média; s - desvio-padrão; * Herdade Experimental da Mitra: S - parcelas em pastagem natural; H - parcelas na horta.

O C orgânico incorporado por ano na camada 0-10 cm (Quadro 2) nas modalidades B2, M e R (*biochar*, matos e ramos de poda de sobre e azinho, respectivamente) tiveram por base o valor médio do C orgânico da camada 0-20 cm. Na modalidade B1 aplicou-se metade daquele valor, enquanto nas modalidades controlo (C) e situação de referência (SR) não se aplicou C orgânico, diferenciando-se a primeira por ser em tudo o resto semelhante às outras modalidades e a segunda por manter a vegetação natural.

O Quadro 2 apresenta a concentração de C dos resíduos e a quantidade aplicada (matéria seca) em cada modalidade e local. Os resíduos vegetais foram destrozados e, tanto estes como o *biochar*, foram incorporados no solo com um motocultivador.

Quadro 2 – Carbono orgânico (Corg) e resíduos (matéria seca) incorporados na camada 0-10 cm, por ano.

Local: Cultura	Corg g kg ⁻¹ ano ⁻¹	Resíduos por modalidade *					
		Bio1	Bio2	M & R	C	SR	
		Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹ **					
S: Aveia	9,0	11,7	7,3	14,6	23,4	0	0
S: Pastagem	9,0	11,7	-	14,6	23,4	0	0
H: Aveia	12,7	16,5	10,3	20,6	32,9	0	-

* Bio – *biochar*, M – matos, R – ramos, C – controlo, SR – situação de referência;

** Valores por ha considerando 1,3 Mg m⁻³ para a massa volúmica do solo, 800 g kg⁻¹ C no *biochar* e 500 g kg⁻¹ C nos matos e ramos (matéria seca).

Em cada ensaio foram adoptadas fertilizações iguais para todas as modalidades. Para a aveia: 80 kg/ha N (40 em fundo e 40 em cobertura) e 80 kg/ha P₂O₅ (35 kg/ha P) apenas no local S (em H não se justificou a adubação fosfatada). No caso da pastagem (local S): 140 kg/ha P₂O₅ (61 kg/ha P).

O ciclo vegetativo, no 1º ano decorreu de Fevereiro a Junho de 2011 e no 2º ano de Dezembro/2011 a Maio/2012. É de salientar o inverno e primavera muito secos de 2011/2012 (Figura 2) que obrigou à aplicação de 3 regas, de cerca de 10 mm cada, realizadas em Fevereiro e Março de 2012 em todas as modalidades e nos dois locais.

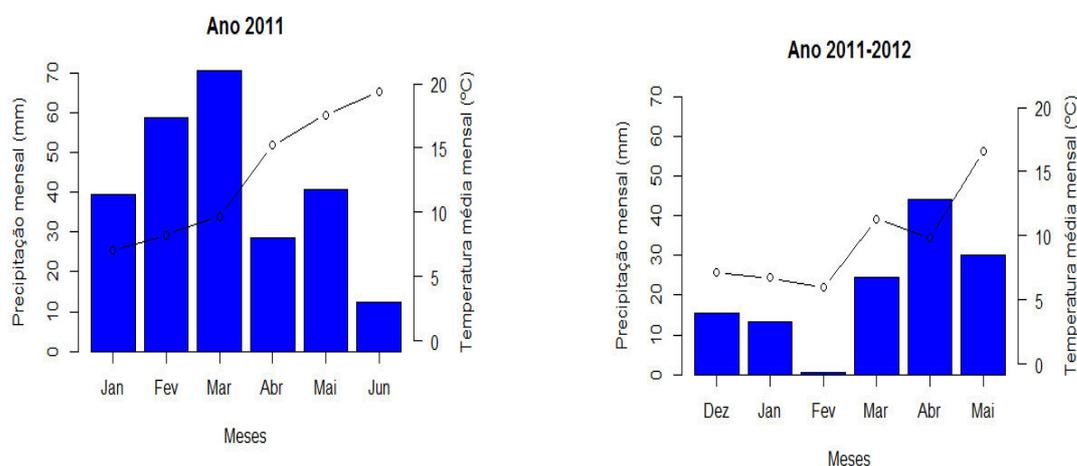


Figura 2 – Temperatura média mensal e precipitação mensal nos meses de desenvolvimento das culturas ensaiadas (CGE, 2013).

Todos os ensaios seguiram um delineamento experimental em blocos casualizados com 4 repetições.

Resultados e Discussão

Verificaram-se diferenças significativas apenas na área S (Quadro 3). Em 2011, a modalidade C da pastagem produziu significativamente mais biomassa ($5,12 \pm 0,34$

Mg MS ha⁻¹) do que as restantes (3,34 a 4,26 Mg MS ha⁻¹). Em 2012 foram as gramíneas da modalidade B2 que produziram significativamente mais biomassa (2,23 ± 0,69 Mg MS ha⁻¹) do que nas outras modalidades (entre 0,50 e 1,66 Mg MS ha⁻¹).

A aveia em S apresentou uma tendência de menor produção de biomassa na modalidade M: no primeiro ano com 5,34 ± 1,86 Mg MS ha⁻¹ e 6,07 a 6,43 Mg MS ha⁻¹ nas restantes modalidades, no segundo ano com 7,19 ± 3,35 Mg ha⁻¹ contra 7,32 a 9,39 Mg MS ha⁻¹ nas outras. No segundo ano a modalidade R aproximou-se da M.

Na área H a produtividade da aveia foi homogénea (entre 8,81 ± 0,90 e 9,59 ± 0,88 Mg MS ha⁻¹) e superior à verificada em S.

Quadro 3 – Médias e desvios-padrão dos resultados dos ensaios (n=4) expressos em matéria seca (Mg ha⁻¹). No caso da pastagem foi determinada a produtividade das gramíneas e das outras plantas. Teste Tukey nos casos em que a ANOVA deu diferenças significativas (* e **).

Local/Cultura	<i>Biochar 1</i>		<i>Biochar 2</i>		Controlo		Matos		Ramos	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
2011										
S/Aveia	6,43	0,42	6,07	0,43	6,22	0,43	5,34	1,86	6,43	0,57
S/Past.(Gram.)	-	-	1,95	0,37	2,27	0,77	1,34	0,40	1,86	0,64
S/Past.(Outras)	-	-	1,97	0,25	2,86	1,10	2,00	0,80	2,40	0,91
S/Past.(Total) **	-	-	3,92 b	0,50	5,12 a	0,34	3,34 b	0,49	4,26 b	1,39
2012										
S/Aveia	9,22	1,11	8,78	0,50	9,39	0,69	7,19	3,35	7,32	1,96
S/Past.(Gram.)*	-	-	2,23 a	0,69	1,66 a	0,43	0,50 b	0,39	1,33 a	0,76
S/Past.(Outras)	-	-	0,85	0,86	0,29	0,22	0,96	0,32	0,94	0,69
S/Past.(Total)	-	-	3,08	1,40	1,96	0,23	1,46	0,53	2,26	1,20
H/Aveia	9,41	0,66	8,81	0,90	9,58	0,84	9,59	0,88	9,06	0,79

x - média; s - desvio-padrão; * P<0,05, ** P<0,01 de acordo com o teste de Tukey.

Como se pode ver na Figura 2, a precipitação acumulada nos 6 meses de duração do ciclo de desenvolvimento das culturas, registou diferenças assinaláveis nos dois anos de ensaios. No 1º ano, entre Janeiro e Junho/2011 totalizaram-se 250 mm, e no 2º ano, entre Dezembro/2011 e Maio/2012, registaram-se apenas 128 mm (CGE, 2013). Consultando os dados da precipitação mensal registados na estação meteorológica da Mitra para o período 1961-90 (Miranda *et al.* 1995) verifica-se que, enquanto no primeiro ano a precipitação ocorrida se enquadra no percentil 40 (280 mm), o valor observado no segundo ano situa-se abaixo do limite do percentil 20 (158 mm), confirmando-se, portanto, que o inverno 2012 se revelou anormalmente seco.

Numa meta-análise de estudos sobre os efeitos do *biochar*, Jeffery *et al.* (2011) verificam que os ensaios de campo são aqueles em que os resultados apresentam maior variabilidade e menor efeito na produtividade das plantas. Por este motivo e pelo segundo ano especialmente anómalo no que respeita à precipitação observada, justifica-se o prosseguimento dos ensaios por mais um ano.

Conclusões

Após dois anos de ensaio, não se observaram efeitos significativos da incorporação no solo de qualquer dos resíduos orgânicos na produtividade das plantas. Para tal podem ter contribuído os condicionalismos inerentes a um 1º ano de ensaios e o inverno extremamente seco do 2º ano.

Agradecimentos

Estudo desenvolvido no âmbito do projecto PTDC/AGR-AAM/102369/2008, co-financiado pelo Estado Português e pela União Europeia. Os autores agradecem também aos funcionários da ZEA (entidade gestora da Herdade Experimental da Mitra) todo o apoio prestado na realização dos ensaios de campo.

Referências bibliográficas

- Aguiar, F. B., Grilo, J. T., 1975. Carta de Solos da Herdade da Mitra. Universidade de Évora, Évora (n/publicado).
- CGE, 2013. Estação meteorológica da Mitra. Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora. (Acedido em 21 Junho 2013): http://www.cge.uevora.pt/en/component/cge_bd/?cge_bd_e_first=mit.
- Glaser, B., Birk, J. J., 2012. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta* 82, 39–51.
- Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., van der Velde, M., Bastos, A.C., 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144, 175-187.
- Miranda, P.M.A., Abreu, F., Salgado, R. 1995. Estudo de Impacte Ambiental do Alqueva. Clima. Relatório Final. Relatório Técnico do ICAT. Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa. (Acedido em 21 Junho 2013): <http://194.117.7.100/Download/alqueva%20completo.pdf>
- Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., Diafas, I., 2010. Biochar Application to Soils - A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg.