

## **Influência da aplicação de composto orgânico nas características do solo e no controlo biológico de nematodes em cenoura**

Luísa Coelho<sup>1,2,3</sup>, Mário Reis<sup>1,2</sup>, Francisco Bueno-Pallero<sup>1,2,4</sup>, Carlos Guerrero<sup>1,2</sup> & Maria Albertina Gonçalves<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Edifício 8, 8005-139 Faro, Portugal.

<sup>2</sup>MeditBio, Centre for Mediterranean Bioresources and Food, University of Algarve, Edifício 8, Campus de Gambelas, 8005-191 Faro, Portugal

<sup>3</sup>ICAAM Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora e Universidade do Algarve, Faro, Portugal

<sup>4</sup>CIMA - Centre for Marine and Environmental Research, University of Algarve, Portugal

### **Resumo**

A aplicação de composto orgânico ao solo, para além das vantagens na fertilização já amplamente conhecidas, pode também ser uma solução para o controlo biológico de alguns inimigos das culturas. Este trabalho teve como objectivo estudar a influência da aplicação de um composto (Organical<sup>®</sup>), obtido a partir de lamas de ETAR, resíduos agrícolas, e de resíduos lenhosos como estruturante, nas propriedades químicas do solo e no controlo biológico de nematodes fitoparasitas, na cultura de cenoura, em solo ao ar livre, no período de outono – inverno. Num solo arenoso testaram-se 5 modalidades de fertilização: sem composto, e com incorporação do composto no solo entre 10 a 15 cm de profundidade, nas doses de 12,5; 25; 50 e 100 t.ha<sup>-1</sup>, em 3 blocos completos casualizados. Semeou-se cenoura (*Daucus carota* L.) ‘Nantes 5’, em linhas afastadas 20 cm. Após a emergência das plantas procedeu-se a um desbaste para obter a densidade de 6,25 plantas m<sup>-2</sup>. Quando as raízes maiores atingiram cerca de 15 cm, o que ocorreu 166 dias após a plantação, quantificou-se o crescimento e a produtividade das plantas e observaram-se as suas raízes para avaliar o nível de estrago causado por nematodes. Em cada bloco e modalidade, colheram-se amostras de solo, junto às raízes a cerca de 20 cm de profundidade, nas quais se determinou o teor de macro e micronutrientes, pH, condutividade eléctrica, matéria orgânica e metais pesados. Também se quantificaram e identificaram os nematodes presentes. No total, identificaram-se 25 géneros de nematodes, distribuídos por 3 grupos tróficos: bacteriófagos/saprotitas (BSN), fitofagos/fitoparasitas (PPN) e predadores (PN). Verificou-se que o composto alterou a composição química do solo, aumentando significativamente a condutividade eléctrica, e o teor de potássio, fósforo e ferro, com o aumento da dose de composto. Observou-se que a diminuição dos estragos causados por nematodes estava directamente relacionada com a dose de incorporação de composto ao solo, tendo-se verificado também um aumento das populações dos nematodes BSN e PN com o aumento da dose de composto. Os resultados sugerem que a aplicação de composto ao solo poderá ser uma alternativa sustentável para controlar nematodes fitoparasitas na cultura da cenoura.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, nematodes predadores, nematodes bacteriófagos/saprotitas, nematodes fitoparasitas.

## Abstract

### **Influence of organic compost application on soil characteristics and biological control of nematodes in carrots.**

The application of organic compost to the soil, besides the already known advantages concerning fertilization, might also be a good solution for biological control of some of the crop's enemies. The objective of this work was to study the influence of applying compost (Organical<sup>®</sup>), obtained from ETAR sludge, agro-industrial waste and woody residues for structure in the chemical properties of the soil and in the control of phytoparasitic nematodes. As a model crop we used carrot, in soil and outdoors during the autumn-winter period. In a sandy soil 5 fertilization treatments were tested: without compost and with compost incorporated at 10 to 15 cm deep with the following dosages 12.5, 25, 50 and 100 t ha<sup>-1</sup>, in 3 complete randomized blocks. Carrot was seeded (*Daucus carota* L.) 'Nanes 5', in lines spaced by 20 cm and a thinning was made post plant emergence to obtain a density of 6.25 plants m<sup>-2</sup>. When the roots attained about 15 cm, which occurred 166 days after plantation (DAP), plant growth and productivity were quantified and the root system was observed to evaluate the damage done by nematodes. In each block and treatment soils samples were collected, close to the root system and at about 20 cm deep, in which it was determined the concentration of micro and macronutrients, the pH, the electric conductivity, the organic matter and the heavy metals. Additionally the nematodes were also quantified and identified. Globally 25 nematode genera were identified, from three trophic groups: bacteriophages/saprophytes (BSN), phytophagous/phytotoparasites (PPN) and predators (PN). It was observed that the compost changed the chemical composition of the soil, by significantly increasing the electric conductivity, potassium, phosphorus and iron concentrations with the compost dosage. It was also observed a decrease in the damage cause by nematodes, which is directly related with the dosage of compost incorporation in the soil, having been also demonstrated an increase in the BSN and PN nematode populations with the increase of compost. The results suggest that the compost application to the soil is a sustainable alternative in controlling phytoparasitic nematodes in the carrot crop.

**Keywords:** sustentability, predators nematodes, bacteriophage/saprophyte nematodes phytophagous/phytoparasitic nematodes.

## Introdução

A aplicação de composto orgânico ao solo melhora as propriedades do solo, com efeitos positivos na sua fertilização, contribuindo para o aumento da produtividade das culturas (Ferreira et al., 2002; Coelho & Reis, 2016). Frequentemente, os compostos apresentam também propriedades supressivas, com capacidade para controlar determinadas pragas e/ou doenças das plantas, reduzindo a aplicação de fitofármacos (Hoitink, 1986; Reis, 2016).

Neste trabalho, aplicou-se composto orgânico ao solo em doses diferentes, e estudou-se o seu efeito nas características do solo, na produtividade da cultura de cenoura e o controlo dos nematodes presentes no solo.

## Material e métodos

O composto Organical<sup>®</sup>, produzido a partir e lamas de ETAR, resíduos agrícolas e resíduos lenhosos, foi testado para avaliar o seu efeito no aumento da produtividade da cultura de cenoura e no controlo dos nematodes fitopatogénicos no solo. O ensaio decorreu no período de Outono – Inverno, ao ar livre, num solo arenoso (Horto da FCT,

UAlg), inserido numa mancha de solos Vt (Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados Normais, de arenitos grosseiros), segundo a classificação de solos de Portugal (SROA, 1970), a que corresponde a classificação de ARha (Arenossolo háplico) segundo a *World Reference Base for Soil Resources* (WRB, 2006). As características do composto e do solo no início do ensaio indicam-se no Quadro 1 e no Quadro 2.

O ensaio foi instalado num camalhão com 0,8 m de largura e 43,5 m de comprimento, ocupando uma área de 34,8 m<sup>2</sup>, dividido em 3 blocos completos casualizados, cada um com 5 parcelas experimentais com 2,9 m de comprimento (2,32 m<sup>2</sup>), onde se instalaram as cinco modalidades a testar: controlo e quatro doses de composto. O composto foi incorporado à profundidade de 10 a 15 cm, nas doses de 12,5; 25; 50 e 100 t por ha. A modalidade controlo (1) não recebeu qualquer fertilização (Quadro 3).

Semeou-se cenoura (*Daucus carota* L.) ‘Nantes 5’ (Mundo das Sementes Lda, Portugal). A densidade de sementeira foi de 6,25 plantas m<sup>-2</sup>, com 3 linhas de sementeira no camalhão.

A rega foi feita através de duas linhas rega, com tubo de 16 mm de diâmetro e gotejadores auto-compensantes (4 L h<sup>-1</sup>, espaçados de 33 cm). Regou-se quatro vezes por dia, tendo cada rega 10 minutos de duração, a que correspondeu uma dotação média diária de 2,7 mm.

Quando as plantas mais desenvolvidas atingiram o tamanho comercial (cerca de 15 cm de comprimento da raiz), aos 166 dias após a plantação (DAP), procedeu-se à colheita aleatória de 12 plantas por modalidade e bloco (4 plantas de cada linha de sementeira). Em cada planta mediu-se: o número de folhas; a altura da raiz; o diâmetro das raízes (o diâmetro maior, medido cerca de 3 cm abaixo do colo), o peso fresco e o peso seco total da planta, da raiz e das folhas. O peso seco foi determinado após secagem a 105°C, até peso constante. Todas as plantas do ensaio foram colhidas e quantificadas as que tinham sintomas de nematodes.

No final do ensaio, o material vegetal e o solo foram analisados quanto ao teor em nutrientes e metais pesados. Foram também quantificados e identificados os grupos tróficos de nematodes presentes no solo.

Os resultados relativos ao crescimento das plantas, assim como à composição química do solo foram sujeitos a uma análise da variância e ao teste de separação de médias de Duncan. Fez-se uma regressão linear e uma correlação de Spearman para determinação o efeito das alterações do solo nas populações de nematodes. Os testes foram realizados com programa de estatística SPSS<sup>®</sup> (versão 20.0, SPSS Inc.).

## Resultados e discussão

### Influência do composto na composição química do solo

No final do ensaio, verificou-se que o composto influenciou a riqueza nutritiva do solo, aumentando de forma estatisticamente significativa os teores de fósforo, potássio e de ferro (Quadro 4). O composto induziu o aumento da condutividade elétrica no solo, sendo este aumento significativo apenas nas duas modalidades com maior dose de composto, continuando no entanto com valor absoluto baixo, sem efeito negativo sensível sobre a cultura.

De acordo com valores de referência: Portaria 176/96 de 3 de Out., Reg. CE n° 1822/2005 de 8 de Nov., Reg. CE n° 1881/06 de 19 de Dezembro, e Pinto et al., 2011, para um solo com o pH superior a 7, as concentrações dos metais pesados detectadas apresentaram valores inferiores ao limite máximo.

### **Efeito do composto na produtividade da cenoura**

Analisando os resultados obtidos no ensaio com o composto Organical<sup>®</sup>, verificou-se que a sua aplicação ao solo aumentou, de forma linear, o crescimento da cenoura (Quadro 5).

Com excepção da percentagem de matéria seca da raiz, todas as variáveis analisadas aumentaram linearmente até à modalidade 5 (100 t ha<sup>-1</sup>).

Os pesos fresco e seco das folhas e o número de folhas, apesar de superiores na modalidade 5, não apresentaram diferenças estaticamente significativas em relação à modalidade 4. O aumento do peso fresco da raiz nas modalidades com mais composto revela a sua maior precocidade induzida pelo composto, que se traduz num benefício económico para o produtor. A percentagem de matéria seca da raiz da cenoura diminuiu com a aplicação de composto, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas (Quadro 5).

Nas condições do ensaio, a produtividade expressa pelo peso fresco da raiz atingiu 16,5 t ha<sup>-1</sup> com a dose mais elevada de composto (100 t ha<sup>-1</sup>), abaixo do valor médio atingido em Portugal (Almeida, 2006). Esta menor produtividade deve-se ao facto da densidade de sementeira ter também sido relativamente reduzida. Extrapolando o aumento da densidade da cultura para 14 plantas m<sup>-2</sup>, a produtividade aumentaria para 37 t ha<sup>-1</sup>, valor superior à média nacional (33,5 t ha<sup>-1</sup>) (Almeida, 2006). Esta hipótese seria admissível dada a baixa ocupação do terreno pelas plantas no ensaio.

### **Efeito do composto no controlo de nemátodes na cenoura**

Verificou-se que a aplicação de composto ao solo reduziu significativamente os estragos causados por nemátodes (Figura 1).

Os diferentes géneros de nemátodes identificados foram distribuídos por três grupos tróficos: nemátodes bacteriofagos/saprotitas (BSN), nemátodes fitofagos/fitoparasitas (PPN), nemátodes predadores (PN), (Quadro 6). De entre os nemátodes benéficos identificaram-se predadores e entomopatogénicos, que se encontraram em maior número nas modalidades com mais composto. Os fitopatogénicos, quantificaram-se essencialmente nas modalidades com menos composto.

A população de PN apresentou uma correlação positiva com o pH e com o teor de azoto total, que tendo sido mais elevados nas modalidades com doses maiores de composto, sugere terem aquelas propriedades contribuído para o crescimento das populações destes organismos (Quadro 7).

O aumento do teor de fósforo no solo com doses mais elevadas de composto, está relacionado para a diminuição dos PPN (Quadro 7).

Relativamente aos BSN, verificou-se que doses mais elevadas de composto favoreceram o crescimento das suas populações, mas não se verificaram correlações significativas com as propriedades químicas do solo.

### **Conclusões**

O composto Organical<sup>®</sup> aplicado no solo aumentou a produtividade e precocidade da cenoura, ao ar livre, na época de Outono-Primavera. O efeito fertilizante do composto foi evidenciado pelo crescimento das cenouras, que aumentou linearmente com o aumento da dose de composto, entre 12,5 e 100 t ha<sup>-1</sup>, tendo-se verificado que os níveis de macronutrientes aumentaram no solo, com valores estatisticamente superiores no caso do fósforo e do potássio.

A aplicação de composto ao solo reduziu significativamente os estragos causados por nemátodes, o que sugere a possibilidade de o composto reduzir a população de nematodes fitopatogénicos no solo, sem o recurso a fitofármacos, visando a maior sustentabilidade da actividade agrícola.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Terra Fértil, Gestão e Valorização de Resíduos,S.A., o composto necessário para a realização do ensaio.

### Referências

- Anónimo. 2008. Especificações Técnicas sobre a Qualidade e Utilizações do Composto. Documento de trabalho da Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa.19 pp.
- Almeida, D. 2006. Manual de culturas Hortícolas. Editorial Presença. Volume I.
- Coelho, L. & Reis, M. 2016. Fertilização com composto orgânico: efeito imediato e residual. Actas de horticultura, 25. APH. Lisboa. 183 pp.
- Ferreira, J., Conceição, J., Strecht, A., Ribeiro, J., Soeiro, A. & Cotrim, G. 2002. Manual de agricultura biológica – Fertilização e protecção das plantas para uma agricultura sustentável. Agrobio. 3ª Edição. Lisboa. pp. 435.
- Hoitink, H.A.J. & Fahy, P.C. 1986. Basis for control of soilborne plant pathogens with composts. Annual Review of Phytopathology 24: 93-114.
- Portaria 179/96. Diário da República. 03 de Outubro de 1996.
- Regulamento CE nº 1822/2005. Jornal Oficial da União Europeia. 08 de Novembro de 2005.
- Reis, M. 2016. Os compostos no controlo de doenças das plantas. Revista de Ciências Agrárias 39(1): 25-35.
- Regulamento CE nº 1881/2006. Jornal Oficial da União Europeia. 19 de Dezembro de 2006.
- SROA. 1970. Carta de Solos de Portugal – I Volume.Classificação e caracterização morfológica dos solos, 6ª ed., Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Economia. Lisboa.
- WRB 2006. ‘World Reference Base for Soil Resources 2006’. IUSS Working Group World Soil Resources Reports 103. FAO, Roma.

### Quadro 1 - Características do composto

	VMA <sup>2</sup>	
	(Classe I)	
<i>Salmonella</i> sp. <sup>1</sup>	Negativo	Ausente em 25 g
<i>Escherichia coli</i> (ufc/g) <sup>1</sup>	<10	1000 N/g
Grau de maturação <sup>1</sup>	27	-
Materiais inertes, antropogénicos (%) <sup>2</sup>	0	0,5
Pedras >5 mm (%) <sup>2</sup>	0	5
Humidade (%) <sup>2</sup>	16,4	-
Índice de germinação (%) <sup>2</sup>	65,92	-

<sup>2</sup> VMA, Valor Máximo Admissível.

<sup>1</sup> Laboratório de ensaios CITRI.

Quadro 2 - Composição química<sup>1</sup> do solo e do composto antes do ensaio.

	pH	CE	MO	N-t	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
		(dS m <sup>-1</sup> )	(%)		(mg kg <sup>-1</sup> )			(%)			
Solo	6,72	0,113	1,47	0,047	2,23	6,03	16,5	0,0124	0,00694	0,069	0,0114
Organical	6,9	3,1	37,8	1,1	<1x10 <sup>2</sup>	37	0,2	1,0	2,2	7,8	0,7
	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Cr	Hg	Ni
	(mg kg <sup>-1</sup> )										
Solo	86	54,2	0,17	0,73	5,93	<0,03	<0,035	1,63	2,71	<0,096	1,86
Organical	-	-	34	48	2,4x10 <sup>2</sup>	-	<0,7	<6,8	25	0,1	12
VMP	-	-	-	100	200	-	0,7	100	100	0,7	50
(classe I)											
VMP	-	-	-	200	500		1,5	150	150	1,5	100
(classe II)											

<sup>1</sup>CE, condutividade elétrica; MO, matéria orgânica; N-t, azoto total; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, azoto amoniacal; N-NH<sub>3</sub><sup>-</sup>, azoto nítrico; S, enxofre; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fósforo; K<sub>2</sub>O, potássio; CaO, cálcio; MgO, magnésio; Fe, ferro; Mn, manganês; B, boro; Cu, cobre; Zn, zinco; Mo, molibdénio; Cd, cádmio; Pb, chumbo; Cr, crómio; Hg, mercúrio; Ni, níquel; VMA, valor máximo admissível.

Quadro 3 - Modalidades testadas

	Designação da modalidade				
	1 (controlo)	2	3	4	5
Composto Organical (t ha <sup>-1</sup> )	0	12,5	25	50	100
Teor de N <sub>total</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) aplicado ao solo (matéria seca: 83,6%)	0	115	230	460	920

Quadro 4 - Composição química<sup>1</sup> do solo no final do ensaio.

	pH	CE	MO	N-t	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
		(μS cm <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(mg kg <sup>-1</sup> )		(mg kg <sup>-1</sup> )				
1	7,48a	35,3b	1,04a	0,173a	3,07a	9,73a	83,1c	16,4c	592,3a	93,7a	4,17a
2	7,47a	40,7b	1,57a	0,190a	4,00a	14,4a	114,6c	20,1bc	818,3a	125,0a	5,60a
3	7,54a	42ab	1,36a	0,053a	3,17a	9,77a	166,8bc	22,7abc	913,7a	133,1a	5,90a
4	7,52a	55,7a	1,60a	0,267a	4,07a	18,4a	231,9ab	36,2a	1148,3a	134,1a	9,60a
5	7,53a	54,3a	1,72a	0,347a	3,93a	18,7a	282,5a	33,1ab	1218,7a	157,0a	10,90a
	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb	Cr	Hg	Ni
	(mg kg <sup>-1</sup> )										
1	70,2c	49,0a	0,147a	0,567a	4,00a	0,030a	<0,035	1,24a	3,32a	<0,096	4,87a
2	84,6bc	49,9a	0,150a	0,500a	4,30a	0,017a	<0,035	2,28a	3,98a	<0,096	5,00a
3	99,6bc	48,4a	0,237a	0,500a	6,90a	0,133a	<0,035	3,35a	3,91a	<0,096	4,03a
4	110,2ab	50,7a	0,113a	0,767a	6,13a	<0,03a	<0,035	2,14a	3,45a	<0,096	5,89a
5	143,1a	48,5a	0,117a	0,767a	6,53a	0,013a	<0,035	2,30a	4,02a	<0,096	4,56a

<sup>1</sup> Para cada coluna, os valores seguidos da mesma letra não apresentam diferenças estatísticas para p ≤ 0,05 (teste de Duncan). CE, condutividade elétrica; MO, matéria orgânica; N-t, azoto total; N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, azoto amoniacal; N-NH<sub>3</sub><sup>-</sup>, azoto nítrico; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fósforo; K<sub>2</sub>O, potássio; CaO, cálcio; MgO, magnésio; S, enxofre; Fe, ferro; Mn, manganês; B, boro; Cu, cobre; Zn, zinco; Mo, molibdénio; Cd, cádmio; Pb, chumbo; Cr, crómio; Hg, mercúrio; Ni, níquel; 1, 2, 3, 4 e 5 com incorporação de 0; 12,5; 25; 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> de composto respectivamente.

Quadro 5 - Variáveis de crescimento na cultura da cenoura.

	CC (cm)	Nº Folhas	Ø (mm)	V (cm <sup>3</sup> )	PPF (g)	PSF (g)	PFR (g)	PSR (g)	MSR (%)
1	7,51c	8,22b	15,1d	5,60c	2,98c	0,44c	10,6d	0,95d	11,4a
2	7,76c	8,86b	17,0cd	8,09c	3,76c	0,65bc	14,7cd	1,13cd	9,42a
3	10,0b	9,89a	19,4bc	12,8b	5,60b	0,90b	23,1bc	2,03bc	8,48a
4	11,0b	10,0a	20,9b	14,8b	7,49a	1,22a	29,5b	2,54b	9,87a
5	13,2a	10,0a	24,8a	22,5a	8,15a	1,34a	41,2a	3,78a	9,34a

Em cada coluna, os valores seguidos da mesma letra não apresentam diferenças estatísticas para  $p \leq 0,05$  (teste de Duncan). CC, comprimento comercial da raiz; Ø, diâmetro da raiz; PPF, valor médio do peso fresco das folhas; PSF, valor médio do peso seco das folhas; PFR, valor médio do peso fresco da raiz; PSR, valor médio do peso seco da raiz; MSR, valor médio da percentagem de matéria seca da raiz; 1, sem composto "Organical"; 2, 3, 4 e 5 com incorporação de 12,5; 25; 50 e 1d00 t ha<sup>-1</sup> de composto respetivamente.

Quadro 6 - Géneros de nemátodes identificados e sua distribuição pelos grupos tróficos. BSN, Nemátodes bacteriofagos/saprotitas; PPN, Nemátodes fitofagos/fitoparasitas; PN, Nemátodes predadores.

Grupo trófico	Géneros de Namátodes
BSN	<i>Diplogaster, Rhabditis, Rhabditoide, Plectus, Eucephalobus, Wilsonema, Acrobeles, Alaimus, Cephalobus, Aphelenchus, Aphelenchidae</i>
PPN	<i>Longidorus, Paratrichodorus, Helicotylenchus, Tylenchorhynchus,</i>
PN	<i>Tylencholamellidae, Meloidogyne, Pratylenchus, Tricodorus, Tilencoide Heterorhabditis, Steinernema, Actus</i>

Quadro 7 - Modelo de regressão relacionando os grupos tróficos de nematodes com as variáveis do solo.

		Coefficiente	Significância
PN	Constante	-90,124	0,010
	pH	12,293	0,009*
	Nt	17,006	0,006*
PPN	Constante	-2,089	0,233
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,005	0,6202
	Fe	0,011	0,674
	CaO	0,004	0,047*

PPN, nemátodes fitofagos/fitoparasitas; PN, nemátodes predadores. \*  $p \leq 0,05$

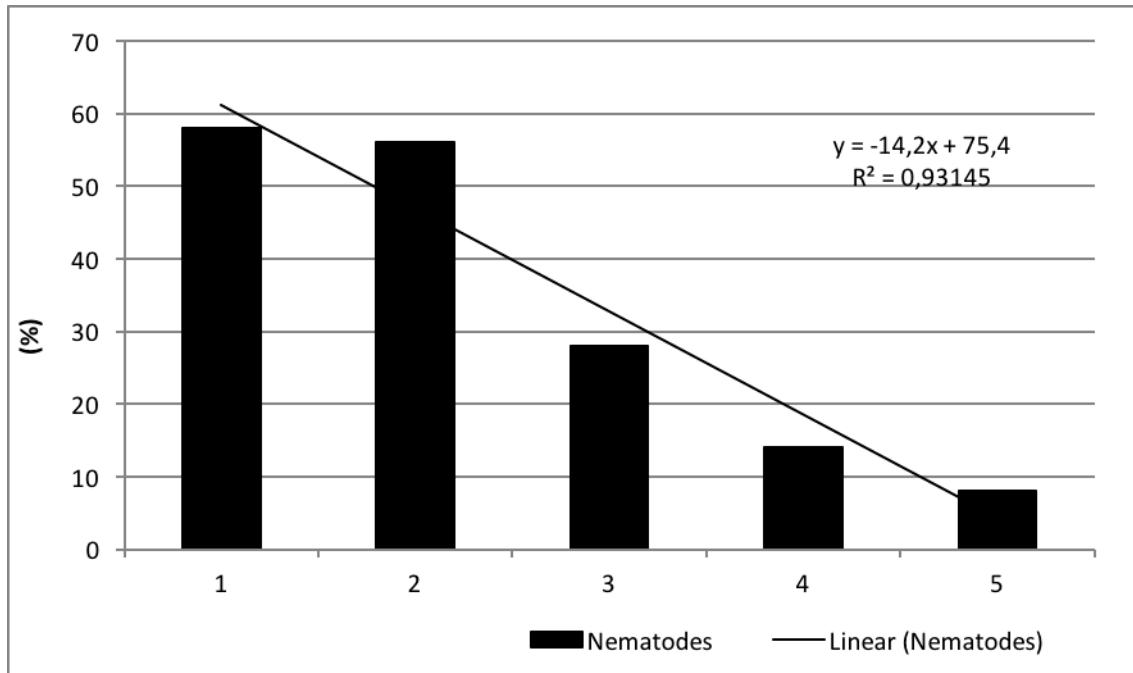


Figura 1 - Percentagem de raízes de cenoura colhidas com sintomas de nematodes. Modalidades 1, 2, 3, 4 e 5, com incorporação de 0; 12,5; 25; 50 e 100 t ha<sup>-1</sup> de composto, respectivamente.