

IX congresso ibérico de
AGROENGENHARIA
IX congresso ibérico de
AGROINGENIERÍA

livro de atas · libro de actas

organização · organización



IX Congresso Ibérico de Agroengenharia

IX Congreso Ibérico de Agroingeniería

Livro de Atas

Libro de Actas

Efeito sobre propriedades hidráulicas do solo de mobilizações com tração animal: resultados de ensaio no NE Portugal

Tomás de Figueiredo¹, Aitor García-Tomillo², Arlindo Almeida¹, João Rodrigues³, António Paz-Gonzalez², Jorge Dafonte⁴, João Nunes³, Zulimar Hernández⁵, Douglas Bandeira²

¹ CIMO – Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, 5300-253 Bragança, Portugal, tomasfig@ipb.pt, acfa@ipb.pt

² Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas (CICA), Grupo AQUASOL-Facultad de Ciencias, Universidad de La Coruña, Campus A Zapateira s/n 15008 A Coruña, Espanha, aitor.garcia.tomillo@udc.es, tucho@udc.es, douglas_ibf@hotmail.com

³ APTRAN – Associação Portuguesa de Tracção Animal, 5300-253 Bragança,, Portugal, joabrandeorodrigues@gmail.com, chorisia@gmail.com

⁴ Departamento de Ingeniería Agroforestal, Escuela Politécnica Superior de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela, Campus de Lugo, 27002 Lugo, Espanha, jorge.dafonte@usc.es

⁵ Grupo de Esafología, Departamento de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, C Tomas y Valiente, s / n, Cantoblanco, Espanha, zulimar.hernandez@uam.es

Resumo

Este trabalho propõe-se comparar o efeito sobre propriedades hidráulicas do solo de mobilizações com modalidades de tração animal e motorizada. O estudo centrou-se nas curvas de dessecação de amostras não perturbadas, tomadas em ensaio experimental em Vale de Frades, NE de Portugal. Foram aplicados, em 2 passagens, 5 tratamentos em parcelas agrícolas (30mx3m): Trator com escarificador, Vacas com arado, Vacas com cultivador, Burros com arado, Burros com cultivador (animais em parilha). Foram colhidas 30 amostras na camada 0-5 cm (3 por parcela), em cilindros de 100 cm³, antes e depois dos tratamentos. Em laboratório, as amostras foram submetidas a ensaio de permeabilidade, após o que foi acompanhada a sua perda de peso ao longo de 11 dias. Foram calculados: permeabilidade saturada, densidade aparente, porosidade total, teor de humidade e porosidade drenada em intervalos de tempo crescentes. As curvas exponenciais de dessecação obtiveram-se por regressão. Registaram-se diferenças significativas entre tratamentos nos teores de humidade até 4 dias de dessecação, com valores menores no trator relativamente aos tratamentos com tração animal. Os tratamentos conduziram à redução da porosidade total, da permeabilidade, da porosidade de retenção às 24h (significativa), sendo os impactos mais expressivos no tratamento com trator. Os resultados revelam-se promissores como contributo para estimular futura investigação sobre tração animal e sua aplicação na agricultura de montanha.

Palavras-chave: Curvas de dessecação, porosidade de retenção, porosidade de drenagem, permeabilidade do solo, zonas de montanha

Effect on soil hydraulic properties of tillage operations with animal traction: results of an experiment in NE Portugal

Abstract

This work compares the effect on soil hydraulic properties of tillage operations performed with different animal and motorized traction options. The study focus on the exploration of desiccation curves of undisturbed soil samples, taken in an experiment at Vale de Frades, NE Portugal. Treatments were applied in two passages in contiguous plots (30 m x 3 m), in a flat agricultural field with medium texture soil, poor in organic matter: 1, Tractor with cultivator; 2, Cows with plow; 3, Cows with cultivator; 4, Donkeys with plow; 5, Donkeys with cultivator (animals in pairs). Thirty undisturbed soil samples were collected in the 0-5 cm layer (3 per plot) in 100 cm³ cylinders before and after treatments. In the laboratory, samples were kept in the cylinders, saturated (2 days) and submitted to a permeability test (4 days), after which, avoiding evaporation from cylinders top,

their weight loss was monitored over 11 days. Saturated permeability, bulk density, total porosity, moisture content and drainage porosity in increasing time intervals were calculated. The exponential desiccation curves were obtained by regression. Significant differences between treatments were detected in moisture content up to 4 days of desiccation, with lower values in the tractor as compared to treatments with animal traction. The treatments led to the reduction of total porosity, permeability, retention porosity after 24h (significant), the tractor treatment imposing the most relevant impacts. Results are promising as a contribution to stimulating future research on animal traction and its application in mountain farming systems.

Keywords: Desiccation curves, retention porosity, drainage porosity, soil permeability, mountain areas

1. Introdução

As mobilizações, com a sua ação perturbadora da estrutura do solo, têm consequência direta nas suas propriedades hidráulicas. Aquelas perturbações são parte dos processos considerados na investigação sobre compactação do solo. Os efeitos da compactação são de múltiplo alcance, uma vez que perturbações estruturais são acompanhadas de alterações no espaço poroso dos solos, reduzindo a porosidade e afetando a dimensão dos poros, restringindo o movimento da água no solo e a penetração radicular, pelo que podem ainda afetar o desenvolvimento das plantas e a produtividade das culturas (Batey, 2009; Hamza and Anderson, 2005). De resto, a compactação é a principal ameaça ao recurso solo na Europa, colocando em risco cerca de 40% dos solos da União Europeia (EEA, 2012).

A compactação está vulgarmente associada à ação da maquinaria utilizada nas atividades agrícolas. Operações efetuadas com recurso a tração animal são também perturbadoras da estrutura do solo, sendo todavia muito escassa a informação de base experimental necessária à adequada avaliação desse impacto (García-Tomillo et al., 2016; García-Tomillo et al., 2017). O pisoteio animal em áreas de pastagem é a referência mais frequente ao impacto do tráfego de animais sobre o solo (Sigua and Coleman, 2015).

Todavia, à tração animal vem sendo reconhecido forte potencial de aplicação, enquanto contributo para a sustentabilidade dos sistemas culturais, em especial em zonas de montanha (FAO, 2014;). De facto, em zonas de montanha, a motorização das atividades agrárias enfrenta dificuldades que o progresso tecnológico ainda não resolveu inteiramente. Por outro lado, nestas zonas persistem núcleos de raças autóctones com vocação de trabalho, cuja funcionalidade é necessário manter para garantir a preservação do património genético que representam (Rodrigues et al. 2017).

Este trabalho propõe-se comparar o efeito sobre propriedades hidráulicas do solo de mobilizações realizadas com diferentes modalidades de tração, animal e motorizada, como parte de mais amplo estudo dos impactos no solo de tração animal aplicada em agricultura de montanha.

2. Material e Métodos

O ensaio experimental decorreu em Vale de Frades, NE de Portugal (41°38'46,3 "N, 6°29'47,7" W, 700 m de altitude), em zona de clima mediterrânico, na climatologia regional qualificado de Terra Fria de Planalto (temperatura média anual ca. 12°C, precipitação média anual ca. 700 mm). O ensaio realizou-se num terreno agrícola plano, com solo de textura mediana (15 % argila), pobre em matéria orgânica (1,8%), qualificado de Regossolo dístico derivado de xisto (WRB, e interpretações de Figueiredo, 2013_sobre Agroconsultores e Caba, 1991).

Foram aplicados, em duas passagens, 5 tratamentos em parcelas contíguas (30 m x 3 m): 1. Trator com escarificador; 2. Vacas com arado; 3. Vacas com cultivador; 4. Burros com arado; 5. Burros com cultivador (Figura 1). Os animais, em parelha, operaram sob a direção dos proprietários seguindo o protocolo de ensaio pré-estabelecido. Foram colhidas 30 amostras não perturbadas de solo na

camada 0-5 cm (3 no eixo central de cada parcela, próximo das extremidades e no meio), em cilindros de 100 cm³, antes e depois da aplicação dos tratamentos.

Em laboratório, as amostras foram saturadas (2 dias) e submetidas a ensaio de permeabilidade (4 dias), em permeâmetro de carga constante e circuito fechado (Hillel, 1998). Foi calculada a permeabilidade saturada inicial (1º dia) e final (média dos 3 dias finais) e classificados os valores obtidos de acordo com SCS/USDA. No presente trabalho apenas são analisados os resultados da permeabilidade final.

Após o ensaio de permeabilidade, as amostras foram mantidas nos cilindros, e submetidas a um processo de dessecação por drenagem livre. A fim de evitar evaporação, os cilindros foram tapados na face superior. Acompanhou-se a perda de peso dos cilindros ao longo de 11 dias mediante pesagem às 24h, 96h, 144h, 192h e 264h de drenagem, a partir da condição de saturação inicial das amostras. No final as amostras foram secas em estufa a 105°C durante 48h para determinação do seu peso seco. Foram calculados: densidade aparente, porosidade total, teor de humidade e porosidade de retenção e de drenagem tomando como referência as 24h de dessecação, face à reduzida dimensão das amostras (Hillel, 1998). As porosidades foram calculadas pelo teor de humidade afetado da densidade aparente de cada amostra, a total à saturação, a de retenção às 24h e a de drenagem por diferença da total para esta última.

As curvas exponenciais que descrevem o processo de dessecação obtiveram-se por regressão aplicada com os dados das 30 amostras. Para além das estatísticas descritivas das propriedades determinadas, aplicou-se ANOVA a dois critérios para avaliar o efeito sobre esses parâmetros dos fatores testados no ensaio: Tratamento (os cinco mencionados) e Mobilização (condição anterior – Antes – e posterior – Depois – às mobilizações). Para avaliar o efeito dos referidos fatores nos parâmetros de regressão das curvas de dessecação realizou-se também a ANOVA a dois critérios.



Figura 1. Meios de tração e alfaias utilizados no ensaio: escarificador montado em trator (A), vacas Mirandesas (B), burros Mirandeses (C), cultivador (D), arado romano (E).

3. Resultados e Discussão

Nas amostras colhidas Antes da mobilização, a Humidade do solo decresceu ao longo de 11 dias de 54% para 8% (médias de todos os tratamentos). Quando comparados com estes, os valores iniciais foram genericamente mais baixos nas amostras colhidas Depois da mobilização (48%), mas idênticos no final do ensaio de dessecação. Os efeitos testados (Tratamento e Mobilização) sobre a Humidade do solo ao longo do ensaio foram significativos no período inicial (0h e 24h); às 96h (4 dias), o efeito do Tratamento manteve-se significativo, e a interação (Tratamento x Mobilização) foi significativa para os tempos de dessecação de 96h, 144h (6 dias) e 192h (8 dias). No período inicial (até aos 4 dias, inclusive), os valores do Tratamento 1 (Tração Motorizada) foram notoriamente inferiores aos dos restantes Tratamentos (Tração Animal), com diferenças significativas entre o primeiro e estes últimos às 24h de dessecação (Figura 2). Esta distinção persistiu de modo claro ao longo do ensaio nas amostras colhidas Depois da mobilização (Figura 3).

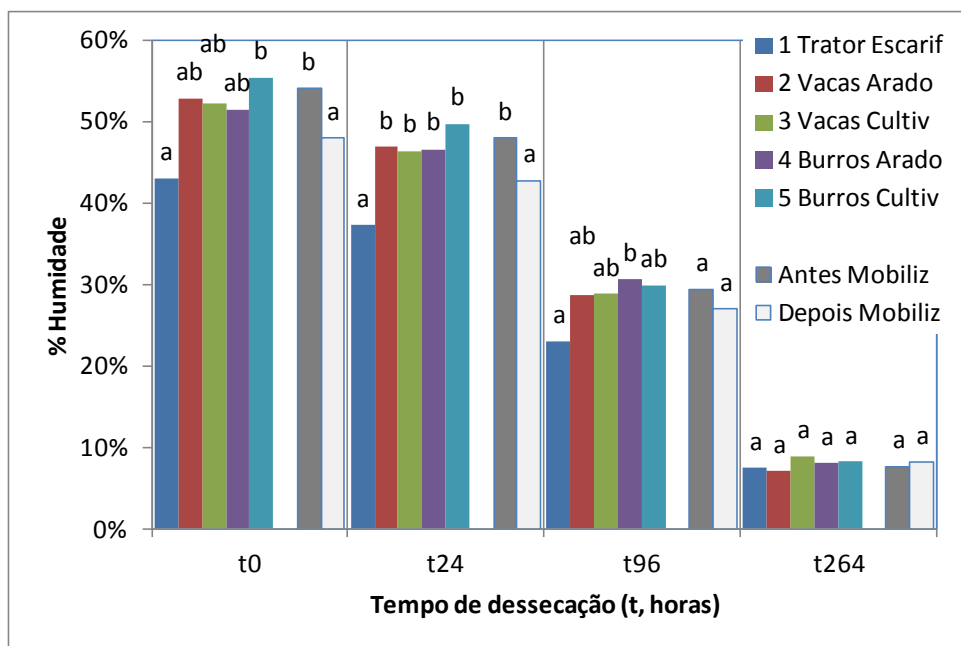


Figura 2. Comparação de médias da Humidade do solo por Tratamento e Antes e Depois da Mobilização, no período inicial (até aos 4 dias) e no final (11 dias) do ensaio de dessecação (letras diferentes no topo das colunas representam diferenças significativas entre médias por grupo de colunas, teste de Tukey, $p < 0,05$).

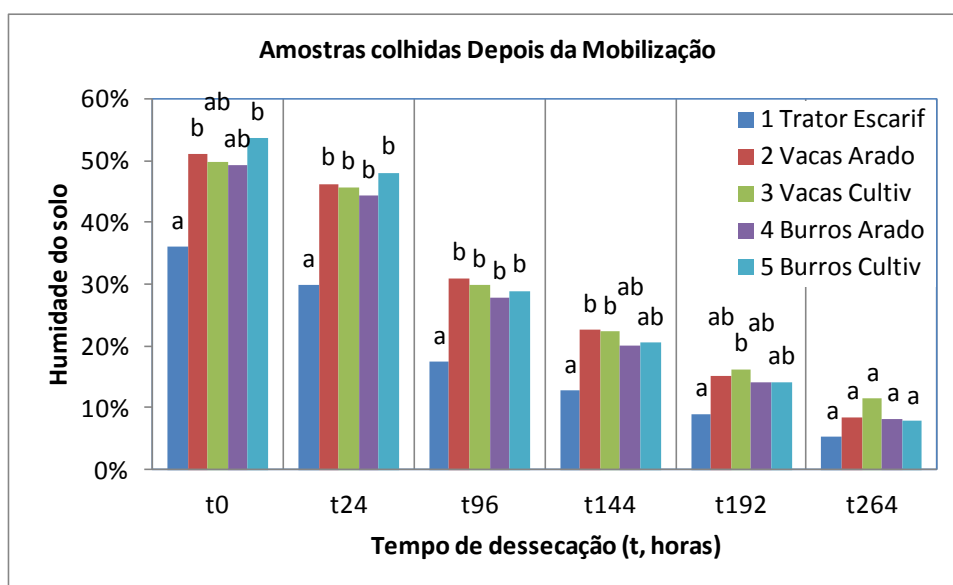


Figura 3. Evolução da Humidade do solo ao nos Tratamentos longo do ensaio de dessecação em amostras colhidas Depois da Mobilização (letras diferentes no topo das colunas representam diferenças significativas entre médias por grupo de colunas, teste de Tukey, $p < 0,05$).

Os coeficientes de determinação das curvas de dessecação, obtidas por regressão, foram elevados ($R^2 > 0,970$), mostrando a qualidade do ajustamento exponencial ao declínio da Humidade do solo com tempo. O fator das equações de regressão ($H = a e^{-b t}$; H, %; t, horas) é uma estimativa da Humidade à saturação e o efeito do Tratamento e da Mobilização afetaram significativamente esse parâmetro (interação não significativa). Assim, no conjunto distingue-se o Tratamento 1 (Tração Motorizada), sem diferenças significativas em relação aos restantes (Tração Animal) Antes da mobilização, mas significativamente mais baixo Depois da mobilização (Figura 4). Pelo contrário, o expoente das equações não foi significativamente afetado pelos efeitos testados, variando entre -0,006 e -0,008, com uma média global de -0,007. A Figura 5 contrasta os impactos da Mobilização

sobre estas curvas no Tratamento 1 (Trator-escarificador) e no Tratamento 5 (Burros-cultivador), expressivo no primeiro caso e negligenciável no segundo.

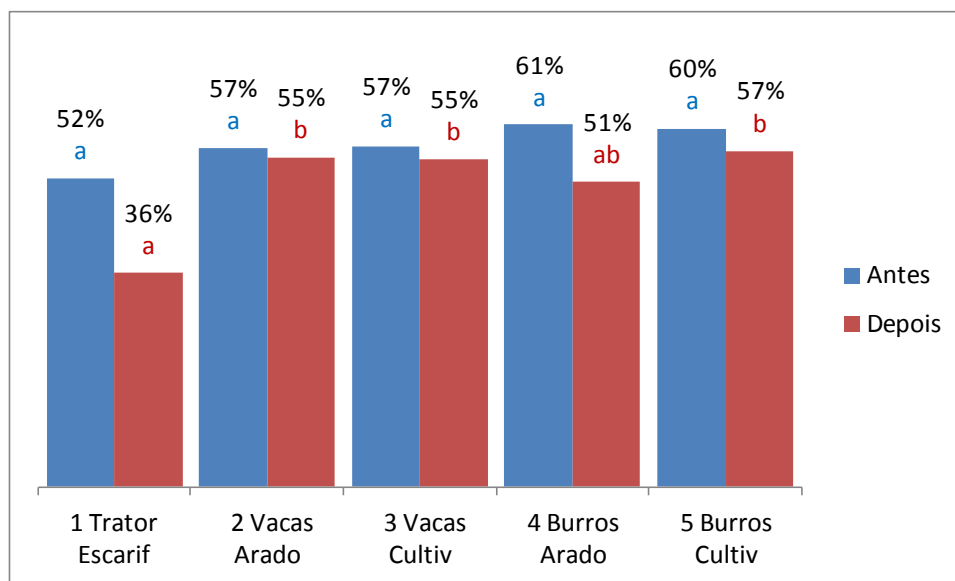


Figura 4. Variação da Humidade do solo à saturação, estimada por regressão, por efeito do Tratamento e da Mobilização (letras diferentes no topo das colunas representam diferenças significativas entre as médias dos Tratamentos, Antes e Depois da mobilização, teste de Tukey, $p < 0,05$).

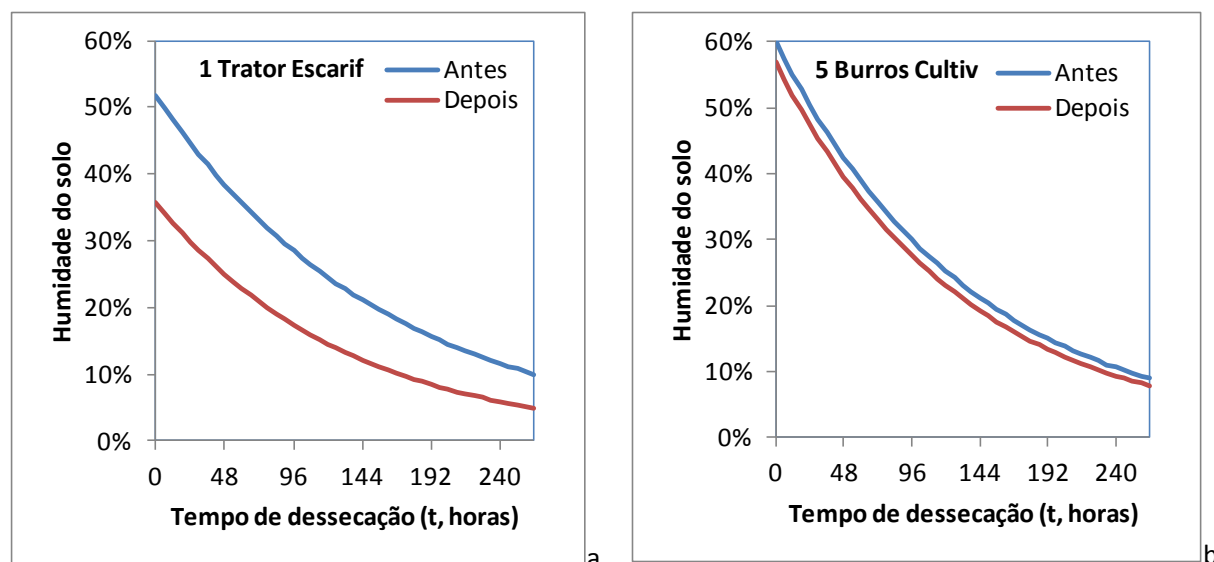


Figura 5. Curvas de dessecação obtidas por ajustamento exponencial para amostras colhidas Antes e Depois da mobilização: (a) Tratamento de maior impacto, 1. Trator-Escarificador (Tração Motorizada) (b) Tratamento de menor impacto, 5. Burros-Cultivador (Tração Animal).

As curvas de dessecação permitiram identificar as perturbações na estrutura do solo devidas às mobilizações, que também se traduzem em alterações no espaço poroso. Neste caso, tomaram-se as 24h de tempo de dessecação para estimar a porosidade de drenagem (macroporosidade, esvaziada por drenagem interna nesse tempo) da porosidade de retenção (microporosidade, contendo a água no solo no mesmo tempo). Os efeitos Tratamento e Mobilização apenas foram significativos na

Porosidade de retenção, com o Tratamento 1 a mostrar valores significativamente menores do que nos Tratamentos com Tração Animal, Depois da Mobilização, contra diferenças não significativas entre Tratamentos, Antes da Mobilização (Figura 6). No conjunto dos tratamentos com Tração Animal, os Tratamentos 4 e 5, utilizando Burros como animal de tração, mostram também os menos expressivos impactos da Mobilização na porosidade, de resto também observado nas curvas de dessecação (Figura 5b). Refletindo estas alterações no espaço poroso do solo, a permeabilidade saturada decresceu por efeito da Mobilização, ainda que sem diferenças significativas entre Tratamentos (Tabela 1).

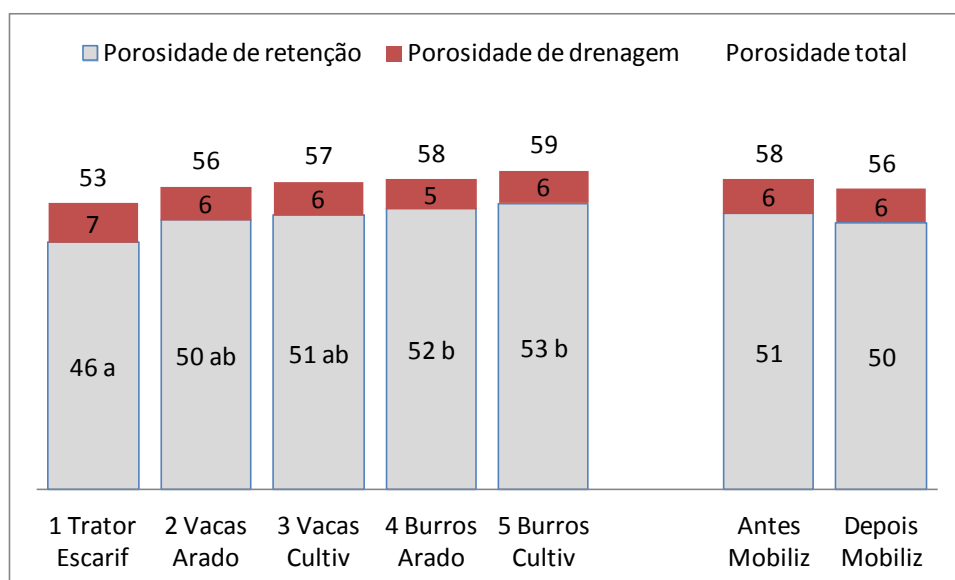


Figura 6. Comparação das médias da Porosidade total, de retenção e de drenagem (%) às 24h de dessecação por Tratamento e Antes e Depois da Mobilização (letras diferentes nas colunas representam diferenças significativas entre médias, teste de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 1. Média \pm Desvio Padrão e classificação da Permeabilidade saturada (K_s) por Tratamento, das amostras colhidas Antes e Depois da Mobilização

| Tratamento | Antes da Mobilização | | Depois da Mobilização | |
|------------------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| | K_s (cm h^{-1}) | Classificação | K_s (cm h^{-1}) | Classificação |
| 1 Trator-Escarificador | 26,04 \pm 8,40 | Muito Rápida | 13,33 \pm 4,18 | Rápida |
| 2 Vacas-Arado | 13,14 \pm 9,05 | Rápida | 7,67 \pm 6,51 | Mod Rápida |
| 3 Vacas-Cultivador | 23,73 \pm 26,92 | Rápida | 5,52 \pm 1,66 | Moderada |
| 4 Burros-Arado | 24,32 \pm 13,25 | Rápida | 22,29 \pm 5,01 | Rápida |
| 5 Burros-Cultivador | 10,16 \pm 2,05 | Mod Rápida | 4,61 \pm 2,52 | Moderada |

As perturbações na estrutura do solo impostas pelas mobilizações são genericamente consideradas no âmbito dos processos de compactação por tráfego e operação de maquinaria em áreas cultivadas (Horn et al., 1995). Globalmente, os resultados mostram que os efeitos das mobilizações no espaço poroso e nas propriedades hidráulicas do solo são concordantes com a bibliografia. Todavia, em reforço de resultados anteriores (García-Tomillo et al., 2016; García-Tomillo et al., 2017), mostram também que as mobilizações realizadas com recurso à tração animal têm impacto significativamente menor na microporosidade ou porosidade de retenção (6% menos com trator do que com tração animal, em média), o que se traduz em maior capacidade de armazenamento de água no solo

mobilizado com tração animal. Embora a porosidade total não mostre efeito significativo do tratamento, a diferença entre os dois tipos de tração é da mesma ordem, já que na macroporosidade ou porosidade de drenagem os valores foram semelhantes nos dois casos. Tal poderá contribuir para explicar o efeito não significativo do tratamento na permeabilidade saturada do solo, mais diretamente relacionada com a porosidade de drenagem. Pelo contrário, as curvas de dessecação refletem o movimento da água em meio não saturado para o qual, depois do movimento gravitacional inicial (aqui assumido nas primeiras 24h após a saturação), mais contribui o espaço poroso de menor dimensão, no qual se diferenciam significativamente os dois tipos de tração. No contexto do ensaio, não são identificáveis os impactos negativos do pisoteio animal descritos por Drewry et al. (2008).

4. Conclusões

Com os resultados do ensaio foi possível quantificar impactos sobre as propriedades hidráulicas do solo devidos à mobilização, significativos quando aplicada tração motorizada, de menor monta nos tratamentos com tração animal e dentro destes os que utilizaram Burros como força de tração.

Destacam-se as diferenças significativas observadas entre tratamentos nos teores de humidade até 4 dias de dessecação, com valores menores no trator relativamente aos tratamentos com tração animal. Os tratamentos conduziram à redução da porosidade total e de retenção após 24h (significativa), da permeabilidade, mais expressiva no tratamento com trator.

Os resultados revelam-se promissores como contributo para estimular futura investigação sobre tração animal e sua aplicação na agricultura de montanha.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos agricultores de Vale de Frades, Concelho de Vimioso, envolvidos no ensaio, pelo seu entusiasmo e desempenho, aceitando disponibilizar o seu tempo, as suas alaias e os seus animais de trabalho para realizar as operações necessárias à condução do ensaio.

Bibliografia

Agroconsultores e Coba. 1991. *Carta do Solos, Carta do uso Actual da Terra e Carta da adaptação da Terra do Nordeste de Portugal*. Vila Real. Universidade de Trás-as-Montes e Alto Douro.

Batey T. 2009. Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use Management* 25: 335-345.

Drewry J.J., Cameron K.C., Buchan G.D. 2008. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing: a review. *Australian Journal of Soil Research* 46: 237-256.

EEA – European Commission, European Environmental Agency (EEA). 2012. *The State of Soil in Europe*. JCR Reference Report. 2012.

FAO, 2014. *The role, impact and welfare of working (traction and transport) animals*. Animal Production and Health Report, 2014a, 5. Rome, United Nations Food and Agriculture Organization.

Figueiredo, T. de. 2013. *Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano*. Série Estudos 84. Bragança. Instituto Politécnico de Bragança.

García-Tomillo A., de Figueiredo T. de, Almeida, A., Paz-González, A., Dafonte, J., Rodrigues, J., Nunes, J., Bandeira, D. 2016. Efectos comparados de modalidades de laboreo utilizando tracción animal em propriedades físicas del suelo: resultados preliminares de ensayo experimental. In: *Solos e Água: fontes (esgotáveis) de vida e de desenvolvimento*. Comissão

- Editorial do VII CICS 2016 / VI CNRD. 2016. Livro de Actas do VII Congresso Ibérico das Ciências do Solo (CICS 2016) / VI Congresso Nacional de Rega e Drenagem, 13-15 de Setembro de 2016. 239-242. Beja. Instituto Politécnico de Beja).
- García-Tomillo, A, T. de Figueiredo, A. Almeida, J. Rodrigues, J. D. Dafonte, A. Paz-González, J. Nunes, Z. Hernandez. 2017. Comparing effects of tillage treatments performed with animal traction on soil physical properties and soil electrical resistivity: preliminary experimental results. *Open Agriculture* 2: 300–307.
- Hamza M.A., Anderson WK. 2005. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82: 121–145.
- Hillel D. 1998. *Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations*. New York. Academic Press.
- Horn R., Domzal H., Slowinskajurkiewicz A., van Ouwerkerk C. 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research* 35: 23–36.
- Mooney S.J., Nipattasuk W. 2003. Quantification of the effects of soil compaction on water flow using dye tracers and image analysis. *Soil Use and Management*. 19: 356–363.
- Rodrigues, J.B., P. Schlechter, H. Spsychiger, R. Spinelli, N. Oliveira, T. Figueiredo. 2017. The XXI century mountains: sustainable management of mountainous areas based on animal traction. *Open Agriculture* 2: 300–307. (DOI 10.1515/opag-2017-0034)
- SCS/USDA – Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Agricultural Handbook No. 18. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.
- Sigua G.C, Coleman S.W. 2015. Long-term effect of cow congregation zone on soil penetrometer resistance: implications for soils and forage quality. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 517–523
- WRB – World Reference Base for Soil Resources. 2014. *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports 2014. No. 106. Rome. FAO.