

PASTOS: FUENTE NATURAL DE ENERGÍA

Alfredo Calleja Suárez

Ricardo García Navarro

Ángel Ruiz Mantecón

Rodrigo Peláez Suárez

(Coordinadores)

reunião ibérica
de pastagens
e forragens

3-6 Maio 2010

Zamora - Miranda do Douro



reunión ibérica
de pastos
y forrajes

3-6 Mayo 2010



UNIVERSIDAD DE LEÓN

Área de publicaciones

2010

APLICAÇÃO AO SOLO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO E RECUPERAÇÃO DE AZOTO

J. P. CARNEIRO¹, J. COUTINHO² E H. TRINDADE³

¹Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Qt^a. da Sra de Mércules, Ap. 119, 6001-909 Castelo Branco, Portugal jpc@esa.ipcb.pt. ²Centro de Química - UTAD, Ap. 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal j_coutin@utad.pt. ³CITAB - UTAD, Ap. 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal htrindad@utad.pt

RESUMO

Através de um ensaio de campo efectuado na região centro interior de Portugal, em Castelo Branco, num Fluvissolo dístico e em dois anos consecutivos, avaliou-se a influência da aplicação ao solo de chorume da bovinicultura (Ch), compostado de resíduos sólidos urbanos (RSU-P) e de lamas de depuração (Ldep-P), sobre a produção de silagem de milho e a recuperação aparente de azoto (RAA). A não realização de qualquer fertilização (Controlo), e a prática de uma adubação tradicional (Adtrad), foram também situações consideradas. Em Adtrad dosearam-se 90 kg N ha⁻¹ em fundo e 80 kg N ha⁻¹ em cobertura; nos restantes tratamentos 170 kg N ha⁻¹ através dos resíduos incorporados à sementeira. Na média dos dois anos as produções mais baixas verificaram-se no RSU-P (11,28 t MS ha⁻¹) e Controlo (12,06 t MS ha⁻¹), e as mais elevadas no Ch, Adtrad e Ldep-P (18,47, 16,88 e 16,79 t MS ha⁻¹, respectivamente). No segundo ano, condições climáticas mais favoráveis permitiram produções mais elevadas nos tratamentos com fertilização, o que contribuiu para um aumento da RAA. Na média dos dois anos RAA foi maior em Adtrad (71%) do que nos tratamentos com aplicação de resíduos (43, 37 e 7% em Ch, Ldep-P e RSU-P, respectivamente).

Palavras-chave: chorume, resíduos sólidos urbanos, lamas de depuração, fertilização azotada

INTRODUÇÃO

Os resíduos orgânicos são fontes de nutrientes e de matéria orgânica, na maior parte das vezes de reduzido custo económico, podendo e devendo por isso ter como destino privilegiado a deposição em solos agrícolas e florestais. No entanto, os nutrientes neles presentes encontram-se sobretudo na fracção orgânica, sendo necessário que o processo de mineralização ocorra para que fiquem biodisponíveis. Sendo o azoto, na grande maioria dos casos, o principal elemento limitante das produções vegetais (Santos, 1991), a incerteza, e sobretudo o desconhecimento da importância da sua disponibilização pelos resíduos, leva a que muitos dos nossos agricultores não o contabilizem quando da utilização destes materiais na fertilização das suas culturas. Tal atitude acarreta consigo, em muitas situações, elevados custos de ordem económica e ambiental.

A recuperação de azoto é a quantidade de nutriente aplicada efectivamente removida pelas plantas, sendo esta normalmente medida nos tecidos da parte aérea. No presente trabalho, para além de se quantificar os efeitos sobre a produção de silagem de milho decorrentes da utilização de chorume da bovinicultura, lamas de depuração urbanas ou de compostado de resíduos sólidos urbanos, em alternativa à adubação azotada tradicional, houve o objectivo de avaliar a disponibilização de azoto à cultura pelos diferentes resíduos, através da medição da recuperação aparente de azoto pelo método indirecto da diferença.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do ensaio - O ensaio de campo decorreu na região centro interior de Portugal, em Castelo Branco, num Fluvissolo dístrico. Nos primeiros 30 cm o solo apresentava 12 g kg^{-1} de matéria orgânica (digestão sem aquecimento externo do C-orgânico com $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e titulação com FeSO_4), 6,1 pH (H_2O) (razão solo/água de 1/2,5, p/p), 265 e 293 mg kg^{-1} P_2O_5 e K_2O (Egner-Riehm). O estudo realizou-se entre Maio de 2006 e Setembro de 2007, e nele foi considerada a cultura do milho para produção de silagem (FAO 300), integrada num sistema forrageiro de duas culturas anuais: aveia (forragem) – milho (forragem). Os resíduos orgânicos utilizados foram o chorume de origem bovina (Ch), compostado de resíduos sólidos urbanos (RSU-P) e lamas de depuração urbanas (Ldep-P). Foram ainda considerados os tratamentos com aplicação de adubos azotados minerais convencionais (Adtrad) e sem aplicação de qualquer fertilizante (Controlo). Nos tratamentos com fertilização foram aplicadas as mesmas unidades de azoto na cultura de aveia e na do milho (80 e 170 kg N ha^{-1} , respectivamente). Na aveia, o N foi veiculado através de adubos minerais convencionais, excepto nas áreas de implantação do tratamento Ch, nas quais também se aplicou chorume à instalação desta cultura. Nos dois anos de milho os resíduos foram incorporados nos respectivos talhões imediatamente antes da sua sementeira, tendo-se em Adtrad procedido a uma aplicação repartida do azoto, com recurso a sulfato de amónio para a adubação em fundo e a nitrato de amónio para a de cobertura (90 e 80 kg N ha^{-1} , respectivamente). Os cinco tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em três blocos, em talhões com 45 m^2 ($5,6 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}$). O sistema de rega usado foi o de aspersão, tendo a cultura beneficiado de um total (precipitação e rega) de 3720 e $3365 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de água, em 2006 e 2007, respectivamente.

Condições climáticas - As condições climáticas foram diferentes nos dois anos de ensaio, merecendo especial atenção as desigualdades observadas em relação à temperatura do ar. Em 2006, mediram-se durante o ensaio temperaturas médias mensais aproximadamente $1 \text{ }^\circ\text{C}$ acima das referidas para os mesmos meses no período 1951-1980. No mês de Julho registaram-se temperaturas particularmente elevadas, tendo a onda de calor sentida neste mês sido a mais significativa observada desde 1941 para o mês em causa (APA/MAOTDR, 2007). Ao contrário do ocorrido em 2006, durante o Verão de 2007 mediram-se temperaturas inferiores ao normalmente registado nesta época, tendo a diferença para com os valores médios mensais observados no primeiro ano sido da ordem dos 2°C .

Avaliação da produção - A produção foi avaliada com as plantas na fase de grão leitoso/grão pastoso. Foram colhidas plantas das duas linhas centrais de cada talhão ($2 \times 1,5 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$) para determinação do peso fresco no campo, e dessas retiradas 6 para determinação da humidade ($60 \pm 5^\circ\text{C}$) e N Kjehldal.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes - A recuperação aparente de N dos fertilizantes (RAA) foi determinada pela expressão:

$$RAA (\%) = \frac{(N_{\text{fere}} - N_{\text{controlo}})}{N_{\text{apl fert}}} \times 100$$

em que N_{fere} e N_{controlo} representam, respectivamente, a quantidade de azoto removida pela cultura no tratamento fertilizado e no tratamento Controlo (sem fertilização), e $N_{\text{apl fert}}$ as unidades de N aplicadas quando da fertilização. Para apuramento das quantidades de azoto removidas pelas culturas

em cada tratamento e colheita, consideraram-se as produções por hectare expressas em matéria seca (MS) obtidas em cada situação, bem como a concentração de azoto total na parte aérea das plantas.

Análise estatística dos resultados - A diferença entre resultados para cada parâmetro foi avaliada através de análise de variância, usando-se para o efeito o programa SPSS 17.0. A separação de médias foi efectuada recorrendo-se ao teste de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Produção - A produção de silagem foi mais elevada ($p < 0,05$) no segundo ano (Figura 1), e foi nesta ocasião que o tipo de fertilização teve influencia mais expressiva ($p < 0,05$) na quantidade de forragem colhida. Ainda que não se tivesse observado uma interacção importante ($p > 0,05$) entre tipo de fertilização e ano, foi no Controlo que se registou a menor diferença entre as colheitas de 2006 e 2007 (apenas mais 200 kg MS ha⁻¹ no segundo ano).

Foi no RSU-P e no Controlo que os valores de produção foram mais baixos. Sem que em nenhuma das avaliações realizadas se tivessem observado diferenças importantes ($p > 0,05$) entre estes tratamentos, no conjunto das duas culturas proporcionaram menos cerca de 10 t MS ha⁻¹ de forragem que Adtrad (33,77 t MS ha⁻¹). Em Ldep-P e Ch foram obtidas produções muito semelhantes ($p > 0,05$) às conseguidas em Adtrad, em ambos os anos.

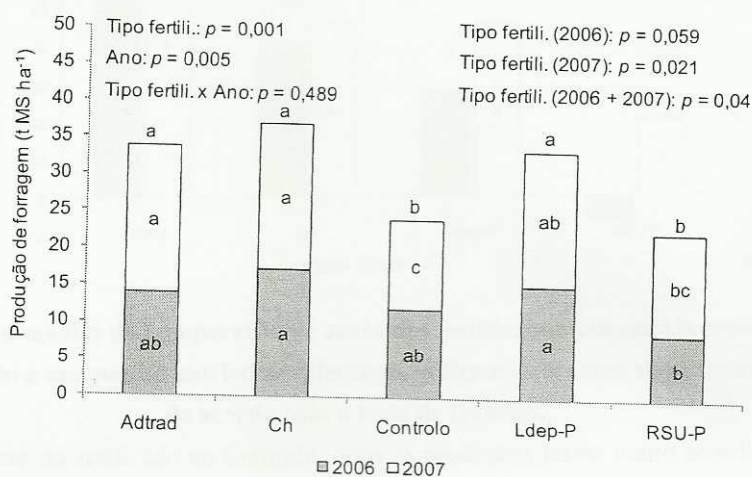


Figura 1 – Produção média de matéria seca de cada tratamento nos dois anos de ensaio. Para um mesmo ano e para o total de produção nos dois anos, letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Duncan.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes – Em relação aos resultados de RAA (Figura 2), há a registar a melhoria generalizada no aproveitamento do nutriente no segundo ano de ensaio. A menor variação foi observada em Ch, cujos resultados foram próximos de 40 e 47%, em 2006 e 2007, respectivamente. Em Adtrad a recuperação aparente de N pela cultura oscilou entre perto de 60 e 80%, o que correspondeu quase ao dobro do verificado em Ldep-P (cerca de 37% na média dos dois anos), e a 1,5 vezes ao sucedido em Ch (próximo de 43% na média dos dois anos). Foi em RSU-P que os valores de RAA foram mais baixos, tendo-se chegado a observar no primeiro ano uma recuperação aparente negativa (-6%). Ainda que neste tratamento, em 2007, o parâmetro tenha aumentado para cerca de

21%, o mesmo não deixou de corresponder a menos de metade do medido em Ldep-P e Ch, e a menos de ¼ do verificado em Adtrad.

DISCUSSÃO

Com adubação azotada tradicional (Adtrad) conseguiram-se produções de silagem de 14 e 20 t MS ha⁻¹ em 2006 e 2007, respectivamente, valores normais para as nossas condições (ex: Brito *et al.*, 2009). Relativamente à não fertilização, o aumento de produção motivado pela adubação foi diferente nos dois anos. Em 2006 foi de 14% e em 2007 de 40%, valor este muito semelhante ao referido por Dordas *et al.* (2008) para uma aplicação de 260 kg N ha⁻¹ em milho, num ensaio realizado na Grécia (39%).

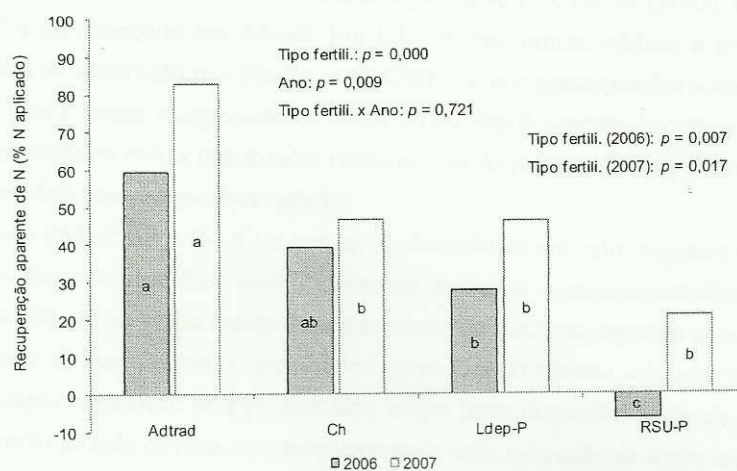


Figura 2 – Valores médios de recuperação de azoto dos fertilizantes em cada tratamento nos dois anos de ensaio. Para um mesmo ano letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Duncan.

Ao contrário do verificado no Controlo, onde as produções foram muito semelhantes em ambos os anos (cerca de 12 t MS ha⁻¹), em Adtrad e nos restantes tratamentos com fertilização a produção foi inferior no primeiro ano de cultura. Tendo-se feito sentir durante o Verão de 2006 temperaturas acima do normal, é possível que tenha havido em determinados períodos algum deficit de água no solo, o qual terá limitado um melhor aproveitamento pelas plantas do N veiculado pelos fertilizantes (Rimski-Korsakov *et al.*, 2009). No conjunto dos dois anos, a produção de silagem foi muito semelhante ($p > 0,05$) no Controlo e em RSU-P, tendo a mesma correspondido a menos cerca de 30% da conseguida em Adtrad (34 t MS ha⁻¹). A diferente disponibilidade de azoto em formas absorvíveis medida nos dois tratamentos, comparativamente ao registado em Adtrad (dados não apresentados), terá sido determinante para tal resultado. Em termos produtivos, a utilização de chorume ou de lamas de depuração constituíram-se como soluções alternativas viáveis a Adtrad. A presença nos efluentes de uma percentagem importante de azoto em formas que se mineralizam num período de tempo não muito prolongado (Carneiro *et al.*, 2007), associada ao facto de se estar perante uma cultura de Primavera-Verão regada, são aspectos que podem explicar os resultados obtidos. De facto, para além de a temperatura e a humidade do solo serem os factores ambientais que mais influenciam a taxa de mineralização (Jarvis *et al.*, 1996), existem evidências de que o re-humedecimento de um solo seco resulta numa explosão da actividade microbiana associada com uma expansão dessa população (Campbell e Bieder-

beck, 1982, cit. por Vinten e Smith, 1993), que neste caso parece ter contribuído para um aumento efectivo da disponibilidade de azoto em formas absorvíveis.

Recuperação aparente de N dos fertilizantes - A recuperação pela cultura de azoto veiculado pelos fertilizantes foi superior em 2007, e foi influenciada ($p < 0,05$) pelo tipo de fertilização praticado, em ambos os anos de ensaio. A melhoria registada neste parâmetro no segundo ano ficar-se-á a dever, essencialmente, ao maior aumento da produção de forragem com a fertilização, em 2007. Em Adtrad, onde se apurou uma das mais baixas variações de RAA nos dois anos (+ 20% em 2007), obteve-se um valor médio próximo de 70%, o qual pode ser considerado muito bom. Brito *et al.* (2009), num ensaio efectuado no NW de Portugal, com a mesma cultura e para uma aplicação de azoto em formas minerais de 140 kg ha⁻¹, obtiveram um valor de 43%. Atendendo aos resultados verificados com a aplicação de resíduos, confirma-se a menor eficiência das culturas na recuperação de azoto proveniente de fontes orgânicas, referida por Sims (1995). Na média dos dois anos, em Ch recuperou-se 43% do azoto aplicado, mais 23% que o medido por Powell e Grabber (2009), mas ainda assim menos cerca de 27% do alcançado em Adtrad. Em Ldep-P, em termos médios, a recuperação foi de 37%, valor próximo do observado por Binder *et al.* (2002), e que correspondeu a cerca de 50% do medido em Adtrad. Para a menor recuperação de N em Ch e Ldep-P, contribuiu a mais baixa concentração de N nas plantas colhidas nestes tratamentos relativamente às provenientes de Adtrad (0,90, 0,92 e 1,26% em média nos dois anos, respectivamente).

Foi em RSU-P que a RAA foi menor. A obtenção de um valor negativo (-6%) no primeiro ano de ensaio, confirma a capacidade imobilizadora do resíduo já anteriormente observada (ex: Carneiro *et al.*, 2007). Ainda que se tenha registado um aumento da RAA no segundo ano, o valor médio de 7% alcançado, mais do que representar perdas de N para fora do sistema solo-planta, traduz a presença de um resíduo cuja composição proporciona uma muito lenta disponibilização de azoto. Deste modo, a sua incorporação ao solo deveria ser complementada com aplicação de azoto em formas assimiláveis, de forma a serem mais eficazmente supridas as necessidades da cultura neste nutriente.

CONCLUSÕES

Em termos produtivos, quer a aplicação ao solo de chorume quer a de lamas de depuração de origem urbana, demonstraram ser práticas passíveis de serem usadas como alternativa à realização de uma adubação azotada tradicional, na fertilização do milho para silagem. No entanto, relativamente a este último tratamento, a recuperação de azoto pela cultura foi inferior em cerca de 27% e 50% quando se incorporou chorume ou lamas, respectivamente, o que traduz uma redução do teor proteico da forragem quando da utilização dos resíduos. Com a aplicação ao solo de compostado de resíduos sólidos urbanos a produção foi idêntica à conseguida com a não fertilização, e inferior em cerca de 30% à obtida em Adtrad. Para além disso, na média dos dois anos, a recuperação pelas plantas de azoto veiculado por este resíduo foi próxima de 7%, muito inferior à verificada em Adtrad (71%) e mesmo em Ch (43%) e Ldep-P (37%), aspecto que reforça a necessidade de a incorporação de compostado vir a ser complementada com aplicação de adubos minerais azotados, sob pena de quantitativa e qualitativamente se verificarem prejuízos na produção da cultura efectuada imediatamente a seguir.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da FCT (SFRH/BD/29808/2006).

BIBLIOGRAFIA

- APA/MAOTDR, 2007. *Relatório do Estado do Ambiente 2006*. Agência Portuguesa do Ambiente, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 115 pp., Oeiras (Portugal).
- BINDER, D. L.; DOBERMANN, A.; SANDER, D. H.; CASSMAN, K., 2002. Biosolids as nitrogen source for irrigated maize and rainfed sorghum. *Soil Sci. Soc. of America J.*, **66**, 531-543.
- BRITO, L. M.; FERNANDES, A. S.; AMARO, A. L., 2009. Comparação entre arranjos de tratamentos sistemáticos e aleatórios em experiências de fertilização de milho (*Zea mays* L.) para silagem. *Revista de Ciências Agrárias*, **31**, nº 1, 312-322.
- CARNEIRO, J. P.; BRANCO, S.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H., 2007. Mineralização de azoto de diferentes resíduos orgânicos em incubação laboratorial de longa duração. *Revista de Ciências Agrárias*, **30**, 159-173.
- DORDAS, C. A.; LITHOURGIDIS, A. S.; MATSI, T.; BARBAYIANNIS, N., 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **80**, 283-296.
- JARVIS, S.; STOCKDALE, E. A.; SHEPHERD, M. A.; POWLSON, D. S., 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. *Advances in Agronomy*, **57**, 187-235.
- POWELL, J. M.; GRABBER, J. H., 2009. Dietary forage impacts on dairy slurry nitrogen availability to corn. *Agronomy Journal*, **101**, 747-753.
- RIMSKI-KORSAKOV, H.; RUBIO, G.; LAVADO, R. S., 2009. Effect of water stress in maize crop production and nitrogen fertilizer fate. *Journal of Plant Nutrition*, **32**, 565-578.
- SANTOS, J. Q., 1991. *Fertilização: fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Mem Martins: Publicações Europa-América, pp. 441 Mem Martins (Portugal).
- SIMS, J. T., 1995. Organic wastes as alternative nitrogen sources. In: *Nitrogen fertilization in the environment*, P. E. Bacon (Ed.). Marcel Dekker. Sydney (Australia), pp. 487-536.
- VINTEN, A. J. A.; SMITH, K. A., 1993. Nitrogen cycling in agricultural soils. In *Nitrate: processes, patterns and management*, T. P. Burt, A. L. Heathwaite & S. T. Trudgill (Eds.). John Wiley & Sons Ltd. West Sussex (England), pp. 39-73.

SOIL APPLICATION OF ORGANIC RESIDUES: MAIZE SILAGE PRODUCTION AND NITROGEN RECOVERY

SUMMARY

A field experiment was carried out during two consecutive years at Castelo Branco (central Portugal), in a dystric Fluvisol, to evaluate the effect over silage maize production and apparent nitrogen recovery (ANR) of the application of cattle slurry (CS), urban waste compost (UWC) and sewage sludge (SS). A traditional mineral fertilization (MIN) and a Control receiving zero N were also included. Total N input (170 kg ha^{-1}) was equal for all fertilizing treatments. In MIN, fertilizer N was applied before planting and in a topdressing distribution (90 and 80 kg ha^{-1} , respectively), and in the remaining treatments only just before planting.

Average dry matter (DM) yield results showed that the lowest values were obtained in UWC ($11.3 \text{ t DM ha}^{-1}$) and Control ($12.1 \text{ t DM ha}^{-1}$), and the highest in CS, MIN and SS (18.5 , 16.9 and $16.8 \text{ t DM ha}^{-1}$, respectively). The better weather conditions of second year promoted higher yields in fertilized treatments, allowing an improvement of ANR in this year. Considering the mean of the two years, the ANR was higher in MIN (71%) than in treatments with organic residues application (43, 37% and 7% in CS, SS e UWC, respectively).

Keywords: cattle slurry, urban waste compost, sewage sludge, nitrogen fertilization