



Código de Boas Práticas Agrícolas para a Redução de Emissões de Amoníaco



2022

Ficha técnica

Título: Código de Boas Práticas Agrícolas para a redução das emissões de amoníaco

Autores:

INIAV - António Sequeira, Corina Carranca, Cristina Sempiterno, Fátima Calouro, Olga Moreira, Pedro Jordão, Rui Fernandes.

DGADR - Carla Teles Dias, Patrícia Moreira da Fonseca, Pedro de Sá Borges, Ricardo Paiva, Teresa Godinho Tavares.

DGAV - José Manuel Costa, Maria João Fradinho, Maria Jorge Correia, Susana Pombo, Tiago Oliveira Novais Leite de Magalhães, Yolanda Vaz.

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

Coordenação: Fátima Calouro

Composição gráfica e capa: Fátima Calouro e Teresa Godinho Tavares

ISBN: 978-972-579-067-0

Depósito legal:

Código de Boas Práticas Agrícolas para a Redução das Emissões de Amoníaco

A Diretiva (UE) 2016/2284, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de dezembro de 2016 – Diretiva Tetos - relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos, determina que os Estados-Membros elaborem um código consultivo nacional de boas práticas agrícolas, para controlar as emissões de amoníaco.

O Decreto-Lei n.º 84/2018 de 23 de outubro, que transpõe para a ordem jurídica nacional aquela Diretiva, fixa os compromissos nacionais de redução de emissões de determinados poluentes atmosféricos para 2020 e 2030, designadamente de amoníaco (NH₃) e estabelece, igualmente, a obrigatoriedade de se elaborar um Código de Boas Práticas Agrícolas para a redução das emissões de NH₃.

Em cumprimento do estabelecido no n.º 2, do art.º 4º do referido Decreto-Lei, foi criado um Grupo de Trabalho constituído por investigadores e técnicos do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV) e da Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) que elaborou o presente Código de Boas Práticas Agrícolas para a redução das emissões de Amoníaco, *com* base no código-quadro de boas práticas agrícolas para a redução das emissões de NH₃ publicado, em 2014, pela Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa - UNECE (*Framework Code for Good Agriculture Practice for Reducing Ammonia Emissions*), edição revista da primeira publicação, em 2001, de acordo com as orientações do Protocolo de Gotemburgo da Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância.

Foi ainda considerado o contributo enviado pela Direção Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), elaborado na sequência da participação daquela Direção Geral no Grupo de Trabalho AGRI - ENAAC 2020.

O presente Código apresenta um conjunto de boas práticas agrícolas que, se aplicadas, poderão permitir uma redução de 10 a 30% das emissões de amoníaco, a partir de uma qualquer fonte emissora. Esta redução é considerada como valor de referência, indicativo da aplicação de boas práticas.

Na sua elaboração foram considerados os seguintes temas:

- I. Gestão do azoto tendo em conta o seu ciclo completo
- II. Estratégias nutricionais para redução das emissões de amoníaco nos sistemas de produção animal
- III. Instalações pecuárias com baixas emissões de amoníaco
- IV. Infraestruturas de armazenamento de efluentes pecuários com baixas emissões de amoníaco
- V. Redução das emissões de amoníaco na valorização agrícola de efluentes pecuários
- VI. Redução das emissões de amoníaco devidas à utilização de adubos minerais

De notar que as medidas apresentadas se destinam a reduzir apenas as emissões de NH₃, podendo, nalgumas circunstâncias e de acordo com estudos recentes, levar ao eventual aumento de emissões de outros poluentes atmosféricos, nomeadamente de gases com efeito de estufa (GEE). Tal sugere a necessidade de, no futuro e com base no conhecimento que se for adquirindo sobre estas matérias, preconizar medidas que permitam uma abordagem integrada que abranja simultaneamente vários destes poluentes atmosféricos.

Lisboa, 26 de maio de 2021

Índice

	Página
I. Gestão do Azoto tendo em conta o seu ciclo completo	4
A. Introdução	4
B. Gestão do azoto na exploração agrícola	5
B1. Atividades de gestão do azoto na exploração agrícola	6
C. Boas práticas para a diminuição das emissões de amoníaco	7
II. Estratégias nutricionais para redução das emissões de amoníaco nos sistemas de produção animal	9
A. Introdução	9
B. Emissões de amoníaco pelos sistemas de produção animal	11
B1. Ruminantes	11
B2. Monogástricos	11
C. Estratégias alimentares para redução das emissões de amoníaco	12
C1. Qualidade das forragens vs Ruminantes	12
C2. Alimentação de precisão	13
C3. Alimentação por fases vs Dietas ajustadas às necessidades dos animais	13
C4. Proteína ideal vs Cobertura das necessidades em aminoácidos	13
C5. Ingredientes da dieta	14
C6. Valores médios indicativos de proteína bruta nas dietas	15
D. Teores indicativos médios de proteína bruta nas dietas	16
III. Instalações pecuárias com baixas emissões de amoníaco	18
A. Introdução	18
A1. Princípios gerais subjacentes à redução das emissões de amoníaco nas instalações pecuárias	18
A2. Boas práticas de carácter geral a implementar	19
B. Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de bovinos	19
C. Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de suínos	20
C1. Sistemas sem camas (com base na produção de chorumes)	20
C2. Sistemas com camas	21
D. Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de aves	21
IV. Infraestruturas de armazenamento de efluentes pecuários com baixas emissões de amoníaco	24
A. Introdução	24
B. Técnicas para redução das emissões de amoníaco provenientes do armazenamento de estrumes	24
B1. Armazenar o estrume em nitreiras	24
B2. Armazenar o estrume em nitreiras	25
C. Técnicas para redução das emissões de amoníaco provenientes do armazenamento de chorumes	26
C1. Armazenar o chorume em estruturas adequadas	26
V. Redução das emissões de amoníaco na valorização agrícola de efluentes pecuários	30
A. Introdução	30
B. Técnicas de baixas emissões de amoníaco para aplicação de chorume	31
B1. Sistemas de injeção e distribuição em banda	31
B2. Diluição de chorumes	32
B3. Acidificação dos chorumes	32

	Página
C. Técnicas de baixas emissões de amoníaco para aplicação de estrumes	33
D. Técnicas de baixas emissões de amoníaco para aplicação de estrumes	33
E. Gestão da valorização agrícola de efluentes pecuários	33
VI. Redução das emissões de amoníaco devidas à utilização de adubos minerais	37
A. Introdução	37
B. Ureia	37
B1. Condições que favorecem as emissões de amoníaco	38
B2. Técnicas para reduzir as emissões de amoníaco resultantes da aplicação de adubos à base de ureia	39
C. Sulfato e fosfato de amónio	40
Glossário	41

I. Gestão do Azoto, tendo em conta o seu ciclo completo¹

A - Introdução

O **azoto (N)** é o principal constituinte das proteínas vegetais e animais. Nas plantas é ainda responsável pela função fotossintética e o constituinte de algumas hormonas. Por este motivo, é um nutriente essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas e animais sendo, também, simultaneamente, o principal fator limitante ao seu crescimento e desenvolvimento, devido aos múltiplos processos de transformação e perda a que pode estar sujeito no solo, incluindo volatilização na forma de amoníaco (NH_3).

Devido à grande mobilidade do N, quer na água quer no ar, muitas das formas de N que resultam dos referidos processos são também designadas por **N reativo (N_r)**. De um ponto de vista do contributo da agricultura e pecuária para a poluição atmosférica, o óxido nitroso (N_2O) e o amoníaco (NH_3) são os gases que causam maiores preocupações, devido ao seu efeito de estufa e causa de chuvas ácidas, respetivamente. Para que ocorram emissões de NH_3 para a atmosfera é necessária a presença de NH_4^+ ou NH_3 no solo ou em solução, quer resultante da mineralização da matéria orgânica ou de resíduos orgânicos no solo, incluindo os efluentes pecuários, quer de adubos minerais de origem amoniacal ou amídica, bem como da coexistência de determinados fatores ambientais condicionantes dessas emissões, designadamente o elevado pH do solo

¹ Bibliografia: Aarts, H.F.M.; Habekotté, B. and van Keulen, H. 2000. Nitrogen (N) management in the 'De Marke' dairy farming system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56: 231-240.

Carranca, C.; De Varennes, A. and Rolston, D.E..1999. Variation in N-recovery to winter wheat under Mediterranean conditions, studied with ^{15}N -labelled fertilizers. *European Journal of Agronomy*, 11: 145-155. (<http://www.elsevier.com/eja>).

Carranca, C.; Silva, A.S.; Fernandes, M.L. and Varela, J.. 2001. ^{15}N fertilizer use efficiency by spinach grown under Portuguese field conditions. *Acta Horticulturae*, 563: 67-72. (<http://www.actahort.org/>).

Código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA). 2018. Despacho n.º 1230. Diário da República n.º 25/2018, Série II, 5 de Fevereiro 2018.

Kebreab, E. et al. 2001. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60(1-3): 275-285.

Menino, M.R.; Carranca, C. and De Varennes, A. 2007. Distribution and remobilization of nitrogen in young non-bearing orange trees grown under Mediterranean conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 1083-1096. (doi: 10.1080/01904160701394543).

Neto, C.; Carranca, C.; Clemente, J. and De Varennes, A..2008. Nitrogen distribution, remobilization and re-cycling in young orchard of non-bearing 'Rocha' pear trees. *Scientia Horticulturae*, 118: 299-307. (doi:10.1016/j.scienta.2008.06.023).

Oenema, O.; Sutton, M.A.; Bittman, S.; Dedina, M. and Howard, C.M. 2014. Nitrogen management, taking account of the whole nitrogen cycle. In: Bittman, S.; Dedina, M.; Howard, C.M.; Oenema, O. and Sutton, M.A. (Eds). *Options for Ammonia Mitigation. Guidance from UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburg, UK. (www.cirtap-tfrn.org).

Oenema, O.; Bittman, S.; Dedina, M.; Howard, C.M. and Sutton, M.A. 2014. Supplementary information: Nitrogen management. In: Bittman, S.; Dedina, M.; Howard, C.M.; Oenema, O. and Sutton, M.A. (Eds). *Options for Ammonia Mitigation. Guidance from UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburg, UK. (www.cirtap-tfrn.org).

Portaria 631/2019. Diário da República n.º 111, Série I, 9 de Junho de 2009.

Powell, J.M.; Rotz, C.A. and Weaver, D.M. 2009. Nitrogen use efficiency in dairy production. In: Grignani, C. et al. (Eds). *Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop - Connecting Different Scales of Nitrogen Use in Agriculture*, 28 June-1 July 2009, Turin, Italy, pp: 241-242.

Powell, J.M. et al. 2006. Dairy diet impacts on fecal properties and nitrogen cycling in soils. *Science Society of America Journal*, 70(3): 786-794.

Rotz, C.A.; Oenema, J. and van Keulen, H. 2006. Whole farm management to reduce nutrient losses from dairy farms: a simulation study. *Applied Engineering in Agriculture*, 22: 773-784.

($\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) > 7,0$) e/ou a presença de carbonatos livre no solo e condições climáticas favoráveis (temperatura elevada e vento). As emissões de NH_3 são muito rápidas e podem ser bastante elevadas logo após a aplicação dos fertilizantes ao solo. Por este motivo, é aconselhada a sua incorporação rápida no solo (até 4 h). Uma incorporação superficial (2 cm) pode reduzir substancialmente as emissões. A cerca de 4 cm de profundidade já não se detetam emissões de NH_3 .

As emissões de NH_3 resultantes da aplicação ao solo de adubos como a ureia, ou de adubos com azoto na forma amoniacal, são também função da textura e humidade do solo: um solo seco atrasa a dissolução dos grânulos, daí resultando menores perdas gasosas; por outro lado, um solo de textura grosseira provoca maiores emissões de NH_3 do que um solo com algum teor de argila, devido à sua menor capacidade para a adsorção/fixação do NH_4^+ .

De entre os adubos amoniacais, o nitrato de amónio é o que conduz a menores emissões de NH_3

B - Gestão do azoto na exploração agrícola

Entende-se por **gestão do N** o conjunto de atividades relacionadas com o seu uso racional na agricultura, visando o cumprimento de objetivos agronómicos, ambientais ou ecológicos. Os **objetivos agronómicos** incluem a produção e a qualidade do produto, e o desempenho animal num contexto de bem-estar. Os **objetivos ambientais** ou **ecológicos** dizem respeito às potenciais perdas de N para fora do sistema solo-planta-animal. Tendo em atenção o ciclo global do N, todos os aspetos a ele relativos são aqui considerados, incluindo as emissões de NH_3 para a atmosfera. A gestão do N varia de região para região e as emissões de NH_3 variam com essa gestão.

Uma gestão eficiente do azoto baseia-se no aumento da eficiência do seu uso pelas culturas ou animais, e na redução do seu excesso no sistema. O excesso de N, determinado através do “balanço do N”, é considerado um indicador ambiental uma vez que indica o potencial de perdas do N para fora do sistema solo-planta-animal.

A aplicação de fertilizantes azotados acima das necessidades das culturas, ou a sua aplicação em períodos e formas inadequados, são as principais causas para uma baixa eficiência do uso do azoto, com maiores perdas para fora do ecossistema, incluindo as emissões de NH_3 para a atmosfera.

Uma redução contínua do excesso de N, ou um aumento continuado da eficiência do seu uso, num período de tempo razoável, indica a melhoria na gestão do N na exploração agrícola. Recomenda-se um período de 5 anos para avaliação destes indicadores, em virtude das variações climáticas anuais ou acidentais.

B1. Atividades de gestão do azoto na exploração agrícola

O Quadro seguinte resume algumas atividades a considerar na gestão do azoto, consoante o sistema de produção:

Sistema de produção	Atividades de gestão
Culturas especializadas, revestimento do solo	Fertilização (mineral ou orgânica) Gestão do solo, drenagem e rega Gestão dos resíduos de cultura Medidas de redução das perdas de nitratos (NO_3^-) por lixiviação ou percolação no solo Medidas de mitigação das emissões de óxidos de N Medidas de mitigação das emissões de NH_3
Produção animal especializada	Gestão da alimentação animal Gestão do chorume e do estrume, incluindo o armazenamento e aplicação ao solo
Sistema misto (animal-cultura visando a alimentação animal)	Gestão da alimentação animal Gestão do estrume e do chorume, incluindo o armazenamento e aplicação ao solo

- ***Culturas especializadas***

No primeiro tipo de exploração, as emissões de NH_3 para a atmosfera, libertadas após aplicação de adubos à base de ureia ou amoniacais, efluentes pecuários, resíduos de culturas ou outros resíduos orgânicos, devem ser controladas de modo a serem minimizadas.

- ***Produção animal especializada***

No caso da produção animal especializada, apenas são obtidos produtos de origem animal (leite, carne, ovos) e efluentes pecuários, sendo as emissões de NH_3 , deles resultantes, geralmente elevadas, como consequência do tipo de alimentação, em especial do nível de proteína da dieta. Os animais excretam mais de metade da proteína que ingerem sob a forma de ureia (ou ácido úrico no caso das aves) que rapidamente liberta NH_3 e NH_4^+ . Neste sistema de produção, é importante controlar a dieta animal (composição e doses) e o armazenamento e aplicação dos efluentes ao solo cultivado ou a cultivar.

- ***Sistema misto (animal /cultura) visando a alimentação animal***

No sistema de produção misto, as culturas (principalmente pastagens ou forragens) são destinadas à alimentação animal, sendo o estrume e o chorume valorizados como fertilizantes. Na gestão do azoto, com vista ao controlo das emissões de NH_3 , aplicam-se as orientações previstas nos dois sistemas de produção anteriores, com especial atenção para a produção animal.

As atividades de gestão do azoto referidas devem ser consideradas de modo integrado e equilibrado, de modo a minimizar as perdas azotadas para fora do sistema solo-planta-animal.

C – Boas práticas para a diminuição das emissões de amoníaco

Na exploração agrícola, a **eficiência do uso do azoto** é medida pela relação entre o teor de N total extraído pela planta ou animal, incluindo o excreta (*outputs*) e a quantidade total de N fornecido ao sistema, nomeadamente pelos fertilizantes, dieta alimentar, camas dos animais, água de rega, solo, N₂ fixado biologicamente e a deposição atmosférica (*inputs*).

O **excesso de azoto** pode ser calculado com base no “balanço do N”, isto é, pela diferença (positiva) entre o *input* e o *output* de N no sistema de produção em que os principais *outputs* são os produtos de origem vegetal ou animal. O “balanço do N” não contabiliza diretamente as perdas de N que ocorrem para fora do sistema, mas o excesso de N indica o valor potencial dessas perdas.

Para se minimizarem as perdas de N para fora do sistema solo-planta e, deste modo, aumentar a eficiência do seu uso pelas culturas, devem ser consideradas as seguintes práticas:

- a) Planeamento adequado da fertilização das culturas, incluindo todos os nutrientes essenciais;
- b) Na gestão do azoto, calcular as necessidades azotadas da(s) cultura(s), baseadas em estimativas realistas da produção esperada e da eficiência do uso do azoto pela(s) cultura(s);
- c) Estimar a quantidade total de N fornecida à(s) cultura(s) pelo solo e água de rega (recorrendo à sua análise), resíduos da cultura precedente e azoto fixado biologicamente;
- d) Determinar as quantidades de N e de outros nutrientes a fornecer à cultura, tendo em atenção as necessidades da planta e as fontes azotadas endógenas (c) e exógenas de N (fertilizantes azotados, incluindo os efluentes pecuários);
- e) Sempre que possível, fracionar a aplicação do adubo mineral à cultura ao longo do seu ciclo cultural;
- f) Aplicar os efluentes pecuários ou os resíduos orgânicos ao solo, recorrendo a métodos e técnicas que minimizem as perdas de NH₃ para a atmosfera.

No Quadro seguinte apresenta-se o “valor fertilizante em N” de alguns fertilizantes orgânicos expresso em percentagem do valor fertilizante do nitrato de amónio (fertilizante de referência)².

² Fonte: Adaptado de Oenema et al. (2014).

Valores estimados para o “valor fertilizante em N” de diferentes resíduos e materiais orgânicos (expresso em % do fertilizante de referência, o nitrato de amônio)

Fonte azotada	Valor fertilizante em N (%)	
	Curto prazo	Longo prazo
Chorume (bovino)	30 a 50	50 a 80
Chorume (porcino, aves)	30 a 65	50 a 80
Estrume (todo o tipo)	20 a 40	40 a 60
Compostados (todos os estrumes)	20 a 40	40-a 60
Dejetos animais em pastoreio	10 a 20	20 a 40
Resíduos de cultura (teor de N: >2,5%)	10 a 40	30 a 50
Resíduos de cultura (teor de N: 1,5-2,5%)	0 a 30	20 a 40
Resíduos de cultura (teor de N: <1,5%)	0	0 a 20

II. Estratégias nutricionais para redução das emissões de amoníaco nos sistemas de produção animal³

A - Introdução

Os sistemas agropecuários têm como principal objetivo a produção de alimentos de qualidade e de outros bens indispensáveis à vida e ao bem-estar da população mundial. São de extrema importância, devido à antevisão do aumento da população (cerca de 10 mil milhões em 2050) e da globalização da prosperidade, com consequentes aumentos da procura de alimentos de origem animal, da intensificação de algumas culturas e da competição entre alimentação animal e humana. Apesar dos grandes aumentos na eficiência e sustentabilidade a nível das explorações e da cadeia de valor, a produção animal é cada vez mais questionada pelos seus impactos ambientais. O desafio consiste em responder às expectativas dos consumidores e da sociedade na redução destes impactos, na melhoria da utilização dos recursos e no contributo para a saúde e o bem-estar dos animais e dos seres humanos, garantindo, simultaneamente, a competitividade e a sustentabilidade económica, ambiental e social destes sistemas de produção.

Como uma estratégia global de abordagem da poluição de modo a prevenir, reduzir e eliminar na origem as emissões poluentes para o ar, solo e água, preconiza-se a utilização das **Melhores Técnicas Disponíveis (MTD)** onde, numa hierarquia de estratégias, se considera como opção mais desejável a de evitar/minimizar na origem as emissões de poluentes. Uma das técnicas indicadas é o manejo nutricional e o desenvolvimento de estratégias alimentares/nutricionais visando, quer a redução do fornecimento de determinado nutriente, quer o fornecimento de formas mais disponíveis (i.e. nutrientes minerais) ou, ainda, a inclusão na dieta de fatores exógenos (i.e.

³ Bibliografia: AGRO 440. 2008. Moreira, O., Castelo Branco, M. A., Calouro, F., Sousa, S, Simões Monteiro, A. Estratégias nutricionais para a redução do impacto ambiental em sistemas de pecuária intensiva: azoto, fósforo e microelementos na alimentação de suínos. RELATÓRIO TÉCNICO FINAL. INRB-EZN. 87 pp.

Cunha, M. J., Amaro, R., Oliveira, A. e Casau, F., 2005. Tecnologias limpas em agro-pecuária. 1ª d. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação.

EIP-AGRI Focus Group "Reducing livestock emissions from cattle farming". Final report. 2017. Mini-paper: Feeding Strategies to reduce methane and ammonia emissions; Mini-paper: Precision livestock farming. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/eipagri_fg_livestock_emissions_final_report_2017_en.pdf

Ferket, P. R., van Heugten, van Kempen E.T.A. T. G, Angel, E. 2002. Nutritional Strategies to reduce environmental emissions from non ruminants. J. An. Sci. 80 (e. Suppl.2) E168-E182. Uploaded april 2014: <https://www.researchgate.net/publications/254117477> .

Jondreville, C. e Dourmad, J. Y. 2005. Methodologies to reduce nitrogen and phosphorus in pig manure, EC Workshop on Nitrogen and Phosphorus in livestock manure. Brussels. 21 pp

Rendo-Huerta, J. A.Pinos-Rodriguez, J. M., Kebreab, E. 2018. Animal Nutrition strategies to reduce greenhouse gas emissions in dairy cattle. Acta Universitaria, 28 (5), 34-41. doi: 10.15174/au.2018.1766.

United Nations Economic Commission for Europe, 2015. Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. 1st ed. United Nations Economic Commission for Europe

Yáñez-Ruiz, D. R., Morgavi, D., Misselbrook, T., Melle, M., Dreijere, S., Aes, O. e Sekowski, M., 2017. EIP-AGRI Focus Group Reducing livestock emissions from Cattle farming. Mini-paper – Feeding strategies to reduce methane and ammonia emissions

enzimas digestivas), de modo a permitir uma digestão e uma eficiência de conversão dos alimentos em produto animal mais elevadas e, em simultâneo, reduzir a carga poluente.

De uma forma simplista diremos que o organismo animal recebe o alimento que lhe fornecemos e transforma-o no produto que se pretende obter (carne, ovos, leite etc.). Contudo, esta conversão não é linear nem imediata e ocorre por ação sequencial de dois compartimentos: digestivo e metabólico. O compartimento digestivo recebe os alimentos e deles individualiza os nutrientes com exclusão dos restantes componentes que canaliza para o exterior sob a forma de fezes. Por sua vez, os nutrientes são transportados para o segundo compartimento, o metabólico, que em primeiro lugar os utiliza na cobertura das necessidades do próprio sistema, convertendo os restantes em produto, com uma eficiência geralmente elevada e função da seleção genética que nos conduziu a determinado tipo de animal. Da atividade metabólica também resultam substâncias que são excretadas para o meio exterior, nomeadamente através da urina (Figura 1).

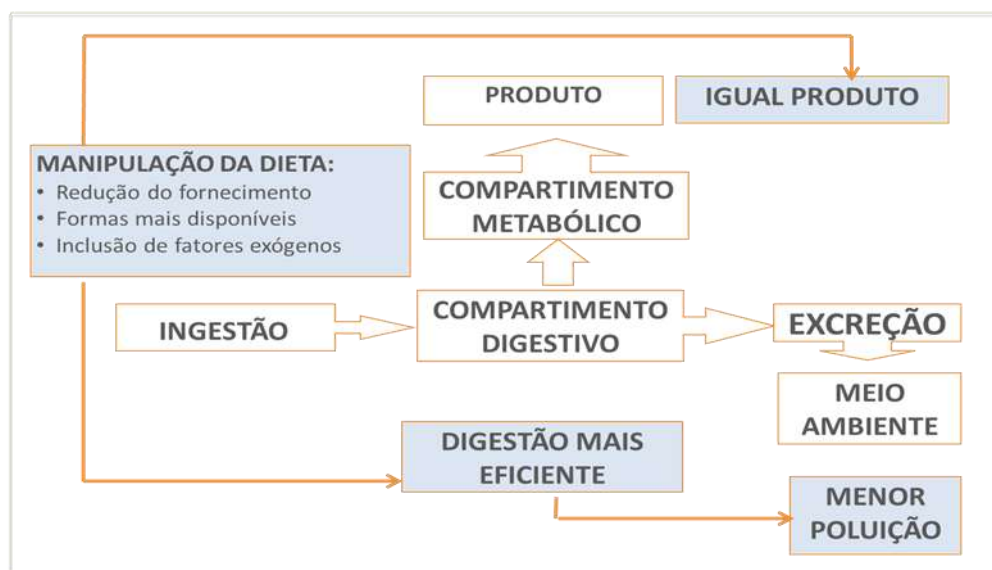


Figura 1- Esquema simplificado do processo digestivo vs eficiência digestiva

As estratégias nutricionais têm como objetivo adaptar o fornecimento de alimentos às necessidades dos animais nos diferentes tipos e fases de produção reduzindo, assim, a fração posteriormente excretada.

Idealmente, os níveis de excreção obtidos deverão ser equivalentes aos níveis de excreção resultantes dos processos metabólicos que não podem ser evitados (perdas endógenas). Por exemplo, no caso do azoto (N), o manejo nutricional tem como objetivo reduzir a quantidade de N perdido e de N não digerido ou catabolizado que posteriormente é eliminado através da urina.

B - Emissões de amoníaco pelos sistemas de produção animal

O azoto é um nutriente com elevado potencial poluente, sendo a dieta o principal fator que influencia os níveis deste elemento no excreta animal. Mais de metade do N excretado pelos mamíferos encontra-se na urina, da qual 65 a 85 % está sob a forma de ureia. Após a excreção a ureia é rapidamente convertida em NH_3 e dióxido de carbono (CO_2). Este processo é facilitado pela atividade de ureases produzidas por microrganismos presentes nas fezes. Contudo, também ocorre quando a urina se separa das fezes.

A eficiência de utilização do N do alimento varia entre espécies e é dependente do teor de proteína da dieta, da digestibilidade do N, da disponibilidade/absorção de aminoácidos, das necessidades metabólicas em azoto e do desequilíbrio em aminoácidos na dieta.

A redução das emissões de amoníaco, decorrentes da proteína da dieta ingerida, exige boas práticas de alimentação e de manejo dos animais, tais como:

- a) Formulação de dietas corretamente equilibradas face às necessidades dos animais;
- b) Manutenção da saúde e bem-estar animal;
- c) Boa gestão do ambiente dos animais;
- d) Aptidões, conhecimentos e competência dos produtores pecuários;
- e) Genética animal adequada.

Há que garantir que aos animais de criação produtores de géneros alimentícios não é distribuída uma dieta com teor em proteína bruta (PB) superior ao que é exigido para o nível-alvo de produção, permitindo reduzir a excreção de N por unidade pecuária e por unidade de produção. Tal deve incluir a maximização da fração de proteína na dieta que pode ser metabolizada e a diminuição da fração que não pode ser metabolizada. A excreção de azoto por diferentes categorias de animais de criação produtores de géneros alimentícios é fortemente dependente do sistema de produção. Assim, os valores de excreção padrão devem ser calculados a nível nacional ou regional.

B1. Ruminantes

Os ruminantes são animais herbívoros que desenvolveram um sistema digestivo em que, no retículo rúmen, uma micropopulação específica (bactérias, protozoários e fungos) digere e fermenta o alimento ingerido, atuando em comensalismo com o animal hospedeiro. A ineficiente utilização do N alimentar no rúmen ou a previsão inadequada das necessidades do animal em proteína degradável ou não degradável, conducente a sobrealimentação com N, estão diretamente relacionadas com as emissões de NH_3 .

No caso dos ruminantes, os bovinos de carne e as vacas leiteiras são das principais fontes de emissão de NH_3 para o ambiente.

B2. Monogástricos

Em suínos, do N fornecido sob a forma de proteína, apenas 20 a 40% é realmente retido pelos animais, sendo o restante excretado pela urina e pelas fezes como fração indigestível.

Do N ingerido, cerca de 18% é excretado nas fezes e cerca de 50% nas urinas (ureia nos mamíferos e ácido úrico nas aves), como produto do metabolismo. Em geral, a excreção de N fecal e urinário de aves e suínos contribui para cerca de 65% do N excretado, dos quais 20 a 30% se perdem na atmosfera na forma de NH_3 volatilizado. O restante é retido no chorume

C - Estratégias alimentares para redução das emissões de amoníaco

A abordagem fundamenta-se nos seguintes elementos:

- Evitar o excesso de proteína bruta nas dietas para além das necessidades animais;
- Limitar a ingestão de proteína e melhorar a sua qualidade (balanço e qualidade de aminoácidos), particularmente em monogástricos;
- Reduzir o desequilíbrio de proteína/energia disponível no rúmen pela escolha de ingredientes alimentares convenientes.

As estratégias alimentares incluem a administração faseada de alimentos, adotando dietas baseadas em nutrientes digeríveis/disponíveis, usando dietas com baixa proteína bruta mas suplementando com aminoácidos. Por outro lado, a utilização de determinados aditivos destinados à alimentação animal, tais como as enzimas, microrganismos, ácidos orgânicos ou outros autorizados enquanto aditivos da categoria dos aditivos zootécnicos, permite aumentar a eficiência digestiva dos alimentos, reduzindo a carga poluente.

C1. Qualidade das forragens vs. ruminantes

As forragens são ingredientes alimentares com grande variabilidade na sua composição e digestibilidade. Com o avanço da maturação das plantas, o conteúdo de hidratos de carbono estruturais aumenta e o de hidratos de carbono mais fermentescíveis diminui. Datas de corte e modos de conservação (feno, silagem) são fatores determinantes da qualidade das forragens, podendo influenciar negativamente o valor nutritivo, com baixa eficiência de utilização de nutrientes da dieta e, consequente, aumento das frações excretadas.

No caso dos ruminantes, o excedente proteico e a excreção de azoto dependem fortemente da proporção de erva, silagem, feno, grãos e outros alimentos concentrados na ração e no teor em PB desses alimentos. O excedente de PB e a consequente excreção de azoto e as perdas de NH_3 serão mais elevados no caso das dietas de verão, com erva jovem excessivamente fertilizada, ou no caso de misturas de gramíneas-leguminosa. Nestes casos, uma dieta que cubra as necessidades dos animais em energia resulta sempre num excedente em proteína.

Esta situação pode ser melhorada através das seguintes estratégias:

- Assegurar que os níveis de aplicação de fertilizantes azotados na pastagem não sejam excessivos;
- Melhorar o equilíbrio energia/proteína da dieta através de:
 - a) Substituição de parte da erva fresca por um alimento de menor conteúdo proteico (e.g. silagem de milho, feno colhido em estados mais avançados de maturação, palha, etc.);
 - b) Uso de erva em estados mais avançados do ciclo vegetativo (intervalos de corte mais largos) ou utilização de quantidades limitadas de erva em conjunto com concentrados altamente energéticos, fornecendo a quantidade adequada de proteína ruminal *bypass*. No entanto, para os sistemas de produção predominantemente baseados em pastoreio, a viabilidade desta estratégia é muitas vezes limitada, uma vez que a utilização plena da erva produzida não fica garantida (em condições em que a produção esteja limitada, por exemplo, às quotas leiteiras) e o equilíbrio da utilização de nutrientes nas explorações não é o adequado.

Uma redução das emissões de NH_3 provenientes dos ruminantes *pode* também ser alcançada através do aumento da percentagem de tempo que os animais passam em pastoreio, uma vez que grande parte da urina se infiltra no solo antes que a ureia seja degradada e perdida na forma de amónia. No entanto, a eficiência total do azoto dos sistemas de pastoreio tende a ser menor do

que os que utilizam forragens de corte, devido à distribuição desigual do *excreta*. A extensão do pastoreio é tipicamente limitada pelas condições do clima e do solo, bem como pela estrutura da propriedade.

Outra estratégia para reduzir a excreção e as perdas de N por unidade de produto é a melhoria da eficiência da conversão alimentar, através de rendimentos mais elevados. O aumento do número de lactações por vaca pode também diminuir a emissão de NH_3 por unidade de produção de leite, ao longo da vida do animal.

A conversão do azoto das gramíneas e das leguminosas em proteína ruminal é melhorada através da manutenção da qualidade da PB na silagem produzida para a alimentação de inverno. A degradação da proteína verdadeira nas silagens de erva pode ser alcançada através de:

- Ensilar erva o mais rápido possível após o corte;
- Excluir o oxigénio do silo rapidamente após o enchimento;
- Evitar danos causados pelo calor.

Em ruminantes, um dos objetivos será reduzir o desequilíbrio proteína/energia em sistemas de alimentação com erva jovem, de elevada digestibilidade, conducentes a elevadas perdas da proteína ingerida e a elevadas excreções urinárias de NH_3 .

C2. Alimentação de precisão

A **alimentação de precisão** tem como objetivo o fornecimento do nutriente adequado a determinado animal em determinado período. Aumenta a eficiência alimentar e produtiva e pode conseguir-se pelo controle da ingestão de alimentos.

Baseia-se em diferentes componentes:

- Valor nutritivo dos ingredientes de uma dieta;
- Determinação precisa das necessidades nutricionais;
- Formulação de dietas equilibradas que limitam o excesso ou a insuficiência de nutrientes e o concomitante ajustamento do fornecimento de alimento e de nutrientes para cobertura das necessidades nutricionais estabelecidas.

C3. Alimentação por fases vs. dietas ajustadas às necessidades dos animais

Como as necessidades nutricionais são diferentes em cada fase do desenvolvimento do animal, ao utilizar-se um alimento único certamente que haverá, em cada fase, carências de determinados nutrientes e excesso de outros que, não podendo ser utilizados, serão excretados.

A **Alimentação por Fases** (*Phase feeding*) tem como objetivo utilizar dietas diferentes e ajustar o fornecimento de proteína a cada fase de produção com redução das excreções para o ambiente, tornando todo o sistema de produção mais rentável e menos poluente.

C4. Proteína Ideal vs. cobertura das necessidades em aminoácidos

As perdas de azoto urinário podem ser modificadas pelo balanço entre os aminoácidos (AA) da dieta e as necessidades em AA para manutenção e crescimento. Haverá que assegurar um fornecimento adequado de proteína e de AA.

O animal necessita para a sua síntese proteica de AA essenciais, fornecidos de uma forma equilibrada para cobertura das necessidades segundo a fase de crescimento, potencial genético, tipo de produção, entre outros. Assim, os AA essenciais, tais como a lisina, teonina, metionina e triptofano devem ser fornecidos para cobertura das necessidades e estar equilibrados, quando o teor de proteína bruta é reduzido.

A lisina é, normalmente, o principal AA a limitar o crescimento, pelo que os níveis dos outros AA são, em geral, expressos proporcionalmente ao valor da lisina. Deste princípio de fornecimento ótimo e equilibrado de AA essenciais, surge o conceito de “**Proteína Ideal**”, em que os AA essenciais são equilibrados em relação à lisina, que se fixa como valor 100 com o fim de maximizar a retenção azotada e deste modo a eficiência produtiva.

Embora este tipo de estratégias possa aumentar os custos da alimentação são, sem dúvida, uma das medidas mais económicas para reduzir as emissões de NH₃.

No caso dos monogástricos (suínos e aves de capoeira), a suplementação dos aminoácidos necessários pode ser controlada através da adição de aditivos nutritivos, grupo funcional dos aminoácidos e seus sais, ou usando uma combinação de diferentes fontes proteicas de qualidade na dieta (ex. matérias-primas com um perfil de aminoácidos mais adequado).

A otimização da dieta deve ser feita com base numa estratégia adequada às diferentes espécies animais em função dos seus sistemas digestivos e também através de suplementação em proteína metabolizável, mediante o recurso a aditivos devidamente autorizados.

No caso dos suínos, a excreção de azoto pode ser reduzida combinando a composição da dieta com os requisitos específicos das diferentes fases de crescimento e produção, o que pode ser conseguido através de:

- Formulação adequada dos alimentos compostos de forma a assegurar que o teor de proteína não seja superior ao nível recomendado;
- Utilização de dietas distintas para porcas lactantes e gestantes;
- Utilização de dietas distintas para as diferentes fases de crescimento de suínos de engorda;
- Considerar a variabilidade intra e inter-alimentos no que se refere à digestibilidade pré-cecal ou "ileal" da PB e dos aminoácidos individuais.

Em dietas de suínos em crescimento / acabamento, por cada redução de 1% na proteína bruta de dieta equilibrada em AA essenciais, refere-se uma redução de 10% na excreção de N e, conseqüentemente, na produção de NH₃.

Para as aves de capoeira, as estratégias para reduzir a excreção de azoto são basicamente as mesmas que foram mencionadas para os suínos.

C5. Ingredientes da dieta

Diversos ingredientes podem influenciar a concentração de ureia na urina ou aumentar a eficiência digestiva e, assim, reduzir as emissões de NH₃:

- A inclusão de alimentos fibrosos (reduz a excreção de N ureico);
- A inclusão de polissacáridos não amiláceos fermentescíveis (mobilização do N urinário para N fecal);

- Benzoato ou sulfato de cálcio como substitutos do carbonato (pH da urina mais baixo),
- Microrganismos e suas preparações (maior retenção de azoto);
- Enzimas digestivas (aumento da eficiência digestiva);
- Taninos (moduladores das emissões de NH₃ nos excreta), entre outros.

C6. Adaptação da composição da dieta às necessidades individuais do animal

Importa adaptar as dietas não só às diferentes espécies animais, mas também às diversas fases de desenvolvimento referenciadas e, normalmente, formuladas pelos diversos fabricantes de alimentos compostos.

No quadro seguinte, são apresentadas as fases de desenvolvimento para as diversas espécies pecuárias, para as quais se deveriam recomendar preferencialmente teores em PB individualizados e adequados às respetivas necessidades.

Espécies pecuárias e respetivas fases de desenvolvimento a considerar para efeitos de formulação de alimentos compostos

Designação ⁴		Conteúdo
AVES	PINTOS PARA CARNE	Iniciação Alimento composto completo para frangos de carne até 10 dias de vida
		Crescimento Alimento composto completo para frangos de carne até 21/25 dias de vida.
	FRANGOS PARA CARNE	Acabamento Alimento composto completo para frangos de carne até 21/25 dias de vida até 1 semana antes do abate.
		Retirada Alimento composto completo para frangos de carne durante a última semana de vida.
	PINTOS (CRIA)	Alimento composto completo para pintos destinados a postura ou reprodução até 6/8 semanas.
	FRANGAS (RECRIA)	Alimento composto completo para frangas destinados a postura ou reprodução de 6/8 até 18/20 semanas.
	GALINHAS POEDEIRAS	Alimento composto completo para galinhas poedeiras em postura
	GALINHAS REPRODUTORAS	Alimento composto completo para galinhas reprodutoras em postura
	PATOS PARA CARNE	Alimento composto completo para patos em engorda.
	PATOS REPRODUTORES	Alimento composto completo para patos em postura e reprodução.
		Iniciação Alimento composto completo para perus de carne até às 3 semanas.
	PERÚS	Engorda Alimento composto completo para perus de carne das 3 às 8 semanas.
		Retirada Alimento composto completo para perus de carne durante a última semana de vida.
	PERÚS REPRODUTORES	Alimento composto completo para perus em postura e reprodução
BOVINOS	OUTROS	Alimentos compostos completo para outras espécies avícolas como codornizes, perdizes faisões, avestruzes, etc..
	COMPLEMENTARES	Alimentos compostos constituídos por misturas de alimentos contendo teores elevados de certas substâncias e que só asseguram a ração diária quando associados a outros alimentos.
	VITELOS EM ALEITAMENTO	Alimento composto completo para vitelos, substituto do leite materno.
	VITELOS (CRIA)	Alimento composto completar para vitelos em aleitamento até 3/4 meses de idade.
	NOVILHAS EM RECRIA	Alimento composto completar para novilhas destinadas à produção de leite desde os 3 meses até ao início da vida produtiva.
		Crescimento Alimento composto completar para bovinos de engorda desde os 3/4 meses até aos 10/12 meses de idade.
	NOVILHOS	Acabamento Alimento composto completar para bovinos de engorda desde os 10/12 meses de idade até ao abate.
	VACAS LEITEIRAS	Alimento composto completar para vacas leiteiras em produção.
	VACAS ALEITANTES	Alimento composto completar para vacas de raça destinadas à produção de carne.
	COMPLEMENTARES PROTEICOS	Alimentos compostos completos com elevado teor em proteína.
	OUTROS	Alimentos compostos completos destinados a outros tipos de ruminantes.

⁴ Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais (IACA), 2009

Espécies pecuárias e respetivas fases de desenvolvimento a considerar para efeitos de formulação de alimentos compostos (cont.)

Designação ⁵		Conteúdo
SUÍNOS	LEITÕES	Iniciação Alimento composto completo para leitões desde os 7 dias até 1 semana depois do desmame.
		Recria Alimento composto completo para leitões desde 1/2 semanas após o desmame até às 8/10 semanas de vida.
		Crescimento Alimento composto completo para suínos desde as 8/10 semanas até 40-80 Kg de peso vivo.
	PORCOS	Engorda Alimento composto completo para suínos desde as 8/10 semanas de vida até ao abate.
		Acabamento Alimento composto completo para suínos desde os 40-80 Kg de peso vivo até ao abate.
		Futuras reprodutoras Alimento composto completo para futuras reprodutoras dos 5 meses de vida até à 1ª cobrição.
	PORCAS REPRODUTORAS	Gestação Alimento composto completo para animais reprodutores em gestação.
		Lactação Alimento composto completo para animais reprodutores em lactação.
		Gestação + Lactação Alimento composto completo para animais reprodutores em gestação e lactação.
	OUTROS COMPLEMENTARES	Alimentos compostos completos para fins específicos c/o varrascos, porcos ibéricos, etc. Alimentos compostos completos para suínos.
OUTROS	OVINOS DE CARNE	Alimento composto complementar para animais da espécie ovina em crescimento e engorda.
	OVELHAS LEITEIRAS	Alimento composto complementar para animais da espécie ovina em produção de leite.
	CAPRINOS DE CARNE	Alimento composto complementar para animais da espécie caprina em crescimento e engorda.
	CABRAS LEITEIRAS	Alimento composto complementar para animais da espécie caprina em produção de leite.
EQUÍDEOS	ÉGUAS REPRODUTORAS E POLDROS EM CRESCIMENTO	Alimento composto complementar para animais da espécie equina na última fase da gestação, na fase de lactação e animais em crescimento até ao ano de idade.
	CAVALOS DE TRABALHO/DESPORTO	Alimento composto complementar para animais da espécie equina sujeitos a exercício físico
COELHOS		Alimento composto completo para animais da espécie cunícola em produção e engorda.
PEIXES		Alimento composto completo para as espécies piscícolas.
OUTROS		Alimentos compostos completos ou complementares para outras espécies animais.

D - Teores indicativos médios de proteína bruta nas dietas

O Quadro seguinte apresenta alguns valores indicativos dos teores de proteína bruta (PB) para alimentos de animais estabulados, em função da espécie e categoria animal:

⁵ Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais (IACA), 2009

Teores indicativos médios de proteína bruta (PB) para alimentos com 88% de matéria seca, destinados a animais estabulados, em função da espécie e categoria do animal⁶

Espécie	Categoria	PB média (%)
Bovinos	Vacas leiteiras	
	Início da lactação	15 a 16
	Final da lactação	12 a 14
	Novilhas de substituição	12 a 13
	Engorda	
	Vitelos	17 a 19
	Bovinos < 3 meses	15 a 16
	Bovinos > 6 meses	12
Suínos	Leitões	
	< 10 kg	19 a 21
	< 25 kg	17 a 19
	Porcos de engorda	
	25 a 50 kg	15 a 17
	50 a 110 kg	14 a 15
	110 a 170 kg	11 a 12* ; 13 – 14**
	Porca em gestação	13 a 15
	Porca em aleitamento	15 a 17
Aves	Frangos	
	Pintos	20 a 22
	Crescimento	19 a 21
	Acabamento	18 a 20
	Galinhas poedeiras	
	18 a 40 semanas	15,5 a 16,5
	> 40 semanas	14,5 a 15,5
	Perus	
	< 4 semanas	24 a 27
	5 a 8 semanas	22 a 24
	9 a 12 semanas	19 a 22
	13 a 16 semanas	16 a 19
	> 16 semanas	14 a 17

*Com aminoácidos específicos como a lisina e o triptofano; **Sem aminoácidos específicos

⁶ Adaptado de Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions, 2015.
<http://www.unece.org/index.php?id=41358>

III. Instalações pecuárias com baixas emissões de amoníaco⁷

A - Introdução

As instalações pecuárias, juntamente com a aplicação de efluentes pecuários ao solo, constituem uma das mais importantes fontes de emissões de NH_3 decorrentes da atividade agrícola.

Os requisitos relativos ao bem-estar animal, nomeadamente a adequação do número de animais à dimensão da exploração, podem contribuir para a redução das emissões de NH_3 e de outras formas de poluição. A adaptação das instalações pecuárias, para cumprimento daqueles requisitos, podem constituir uma oportunidade para introduzir novas técnicas de baixas emissões de NH_3 .

Encontram-se disponíveis diversos métodos para a redução de emissões de NH_3 variando numa larga gama de custos e possibilidades de adequação aos diferentes tipos de instalações.

A1. Princípios gerais subjacentes à redução das emissões de amoníaco nas instalações pecuárias:

- a) Diminuir a área afetada pelos dejetos;
- b) Promover a absorção dos dejetos pelos materiais utilizados nas camas;
- c) Remover rapidamente a urina das áreas afetadas e promover a rápida separação das fezes e da urina;
- d) Manter todas as áreas interiores e exteriores (de atividade, descanso, exercício) sempre limpas e secas;
- e) Reduzir o teor de humidade das camas dos animais e das instalações;
- f) Reduzir a temperatura e a velocidade de circulação do ar à superfície dos dejetos, com exceção das situações em que se procede à sua secagem;
- g) Reduzir a superfície de exposição dos efluentes pecuários ao ar;
- h) Reduzir a temperatura dos dejetos;
- i) Reduzir, sempre que possível, o tempo de permanência dos animais nas instalações e as áreas sujas, através do aumento do período de pastoreio;
- j) Purificar o ar das instalações, removendo o NH_3 através de ventilação forçada, combinada com a utilização de depuradores do ar.

⁷ Fonte: Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions, 2015.
<http://www.unece.org/index.php?id=41358>

A2. Boas práticas de caráter geral a implementar

- a) Promover a organização dos espaços criando áreas para diferentes atividades (alimentação, repouso, exercício, defecação);
- b) Cumprir as densidades animais de acordo com as regras de bem-estar animal;
- c) Manter todas as áreas limpas e secas;
- d) Promover a boa gestão da água;
- e) Separar fezes de urina (através de inclinação e estrutura dos pavimentos e ripados);
- f) Remover frequentemente os efluentes das instalações para a fossa de retenção;
- g) Reduzir a superfície exposta ao ar/diminuir ventilação do estrume e chorume;
- h) Manter a correta conservação dos sistemas de cobertura e de ventilação;
- i) Utilizar as melhores técnicas para a armazenamento de efluentes [pecuários](#).

B – Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de bovinos

A divisão das instalações em cubículos é bastante comum, sendo considerada como referência.

Em instalações de gado bovino sujeitas a arejamento natural, torna-se muito difícil reduzir as emissões de NH_3 , encontrando-se ainda em estudo algumas soluções e não existindo disponíveis recomendações para este tipo de instalações.

Entretanto, e nestas circunstâncias, será de optar por outras soluções, nomeadamente:

- a) Utilização de estratégias nutricionais, tal como referido no capítulo II;
- b) Limpeza frequente das instalações, por raspagem ou lavagem a alta pressão dos pavimentos. A utilização da água na limpeza das instalações reduz as emissões de NH_3 mas aumenta a quantidade de chorume a armazenar e a gerir;
- c) Em instalações tradicionais bem isoladas, com telhado e arejamento natural controlado automaticamente, poder-se-á reduzir as emissões de NH_3 em cerca de 20%, em relação às instalações mais convencionais, devido à diminuição da temperatura e velocidade de circulação do ar;
- d) No caso dos animais em estabulação livre, com camas (de palha, p. ex.), o aumento da quantidade dos materiais que constituem as camas de cada animal pode reduzir as emissões de NH_3 nas instalações e durante o armazenamento dos estrumes;

Podem ainda ser utilizadas as seguintes técnicas, com vista à redução das emissões de NH_3 , em instalações de bovinos leiteiros e de carne:

- a) Boas práticas pecuárias, nomeadamente mantendo limpos os locais de passagem e áreas utilizadas pelos animais;
- b) Instalação de pisos com sulcos perfurados (para drenagem das urinas) e utilização de raspadores dentados para limpeza, permitindo reduzir as emissões de NH_3 em cerca de 25 a 40%, quando comparado com os sistemas convencionais, desde que a frequência das raspagens seja suficientemente regular;
- c) Embora ainda sujeita a trabalho de investigação, a acidificação de chorumes tem apresentado bons resultados.

C - Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de suínos

C1. Sistemas sem camas (com base na produção de chorumes)

No caso de sistemas de piso com grelhas (Figuras 2 e 3), a diminuição das emissões de NH_3 pode ser conseguida através da utilização das seguintes práticas:

- ***Reduzir a área contínua dos pavimentos com grelhas***

Esta redução é conseguida utilizando pisos parcialmente cobertos com grelhas, em que estas apresentam um desenho que permite facilitar, ao máximo, o escoamento das fezes e urinas para os coletores de escoamento. Estes devem ser frequentemente despejados para local de armazenamento situado fora das instalações. As áreas de piso sólido devem permitir, também, o fácil escoamento de fezes e urinas, nomeadamente através da existência de um ligeiro declive.

Os pisos com grelhas em cerca de 50% da sua área emitem menos 15 a 20% de NH_3 que os pavimentos totalmente cobertos com grelhas, principalmente se estas forem menos aderentes ao excreta (em metal ou plastificadas).

- ***Reduzir a superfície dos excrementos exposta sob as grelhas***

Reduzir a superfície emissora recorrendo a calhas rasas em forma de V (máximo 60 cm de largura e 20 cm de profundidade) pode diminuir as emissões de NH_3 provenientes das instalações de suínos em cerca de 40 a 65%, dependendo do tipo de animal e da presença de superfícies parcialmente revestidas com grelhas. As calhas devem ser esvaziadas duas vezes por dia, através de descargas de chorume e não de água.

- ***Planear as instalações de modo a melhorar o comportamento animal***

O comportamento dos suínos pode ser melhorado no sentido da redução das emissões de NH_3 , estruturando as instalações em diferentes áreas funcionais: descanso, alimentação, excreção e exercício. O objetivo é manter as áreas de piso corrido o mais possível livres de excrementos sólidos e urina, reduzindo, assim, as emissões de NH_3 .

- ***Evitar o arejamento direto do chorume à superfície das condutas***

Um forte arejamento à superfície das condutas de chorumes aumenta as emissões de NH_3 . Tal deve ser evitado, aumentando a distância entre a superfície dos chorumes e as grelhas do pavimento.

- ***Filtrar o ar para remover o NH_3***

Apesar de mais dispendiosa, a utilização de purificadores ácidos e biofiltros para purificação do ar permite uma redução bastante elevada das emissões de NH_3 (70 a 90%).



Figura 2 - Parque para porcas reprodutoras



Figura 3 - Parque para alojamento de bovinos

C2. Sistemas com camas

Nas instalações para suínos em que são utilizadas camas, devem ser usados materiais limpos, secos e higiênicos para cobrir as áreas de descanso. Devem ser usadas quantidades suficientes que garantam a completa absorção da urina, devendo efetuar-se a sua substituição frequente. Se não for possível a absorção completa da urina, a inclinação e a existência de sulcos ou calhas no pavimento permitirá uma drenagem rápida e a remoção da urina.

D - Sistemas de baixas emissões de amoníaco para instalações de aves

As emissões de NH_3 são mínimas quando os teores de matéria seca dos estrumes ou dejetos das aves são iguais ou superiores a 60%. Nestas condições, a humidade existente é insuficiente para degradar o ácido úrico e libertar o amoníaco. Tal significa que não haverá aumento de emissão de NH_3 , se se secar mais os estrumes ou dejetos. No entanto, é de ter em atenção que a secagem de estrumes ou dejetos de aves de capoeira que já tenham sido humedecidos e em que já tenha ocorrido a degradação do ácido úrico, levará ao aumento das emissões de NH_3 .

Para os dejetos e estrumes de aves, as técnicas de redução das emissões de NH_3 devem ter como objetivo o aumento do teor da sua matéria seca, prevenindo derrames de água e, nas novas instalações, estabelecendo mecanismos de secagem que mantenham os teores de matéria seca acima dos 60%.

Nas instalações para galinhas poedeiras, as emissões de NH_3 provenientes dos sistemas de canais ou de baterias com sulcos profundos podem ser reduzidas pela diminuição da humidade dos dejetos, através do seu arejamento.

Outras opções para a diminuição das emissões provenientes das instalações para galinhas poedeiras incluem:

- ***Sistemas de tapetes rolantes em aviários de gaiolas (gaiolas em bateria, gaiolas melhoradas):***

A recolha dos efluentes em tapetes rolantes e a subsequente remoção dos mesmos para locais de armazenamento cobertos, podem reduzir as emissões de NH_3 , principalmente se os estrumes tiverem passado por sistemas de secagem forçada nos tapetes rolantes.

O estrume recolhido e seco em túneis de ventilação forçada, dentro ou fora das instalações, pode atingir teores de matéria seca de 60 a 80% em menos de 48 horas. Esta perda de humidade previne a libertação de NH_3 , que, no entanto, pode ser contrariada pelo aquecimento de estrume que não seja removido com frequência e que corra o risco de se molhar. Verifica-se que a alteração da frequência de remoção do estrume de uma, para duas ou três vezes por semana, reduz as emissões de NH_3 .

- **Sistemas de tapetes rolantes em aviários sem gaiolas:**

Neste tipo de aviários, a recolha e remoção frequentes dos estrumes para locais de armazenamento fechados reduz as emissões de NH_3 em mais de 70%, relativamente aos sistemas de camas simples.

- **Purificação do ar no interior das instalações**

O ar extraído dos aviários pode ser purificado através do uso de purificadores ácidos e biofiltros (com uma eficiência de redução de cerca de 70 a 90%). Recomenda-se a utilização de extratores sequenciais que removem, em primeiro lugar, as partículas do ar de maiores dimensões que podem entupir os extratores, oferecendo também maiores benefícios na redução das emissões de NH_3 .

Nas instalações de frangos e perus, bem como noutros sistemas para aves, o principal fator que afeta as emissões de NH_3 é o teor de N presente nos dejetos, uma vez que influencia a extensão da degradação do ácido úrico.

Nas novas instalações, os sistemas de ventilação devem ser projetados de modo a retirarem a humidade do ar, quaisquer que sejam as condições meteorológicas ou época do ano.

Devem ainda ser tomadas as necessárias medidas para evitar a condensação e colocados bebedouros gota-a-gota, no caso dos frangos, uma vez que estão menos sujeitos a derramamentos.

Características gerais das instalações com vista à redução das emissões gasosas

Estrutura	Boa prática	Bovinos intensivo	Suínos Palha	Suínos ripado	Aves
Tetos ou coberturas	Isolar contra o calor	Sim	Sim	Sim	Sim
Pavimento	Drenagem de urina através de veios no pavimento	Sim	Sim		
	Ripado parcial			Sim	
Vala de retenção	Desenho (em cunha) e material do ripado (metal ou ripas com cobertura de plástico)			Sim	
	Inclinação (pelo menos 3º)			Sim	
	Construção em cunha			Sim	
Bebedouros	Altura do ripado à superfície do efluente			Sim	
	Evitar desperdícios de água		Sim		Sim
Sistema de ventilação	Filtros acessíveis para permitir manutenção	Sim	Sim	Sim	Sim
	Coluna de ar não dirigida para a superfície dos dejetos (diminuir ventilação ao nível do solo)	sim		sim	

Boas práticas de gestão das instalações com vista à redução das emissões gasosas

Maneio	Boa Prática	Bovinos intensivo	Suínos Palha	Suínos ripado	Aves
Ambiente limpo e seco e remoção de dejetos	Remover dejetos e efluentes com frequência apropriada (raspagem) / (água, se possível acidificada)	sim	sim	sim	sim
	Adicionar suficiente palha à cama	sim	sim		
Controlo da ventilação	Ventilação apropriada para diminuir a temperatura ambiente mas não excessiva	sim	sim	sim	sim
	Ventilação apropriada para evitar condensações			sim	
	Mudar os filtros	sim	sim	sim	sim
Gestão de fossas de retenção	Esvaziamento das fossas de retenção para reservatório exterior 2x/dia, com a parte líquida do efluente	sim		sim	
	Acidificação do efluente com aplicação de ácidos orgânicos	sim		sim	
	Sistema de recolha de estrumes por cintos e armazenagem em local fechado				sim
Limpeza do ar	Em sistemas de ventilação artificial, lavar filtros com ácido			sim	sim

IV. Infraestruturas de armazenamento de efluentes pecuários com baixas emissões de amoníaco⁸

A - Introdução

O armazenamento dos efluentes pecuários (EP) em estruturas de retenção para o efeito - estruturas de armazenamento de EP - podem contribuir significativamente para as emissões totais de NH₃ numa exploração pecuária.

A fim de reduzir as emissões de NH₃ para a atmosfera, provenientes do armazenamento de efluentes pecuários, deve ser adotada uma das técnicas que de seguida se descrevem ou a combinação das mesmas.

B - Técnicas para a redução das emissões de amoníaco provenientes do armazenamento de estrumes

B1. Armazenar o estrume em nitreira

O estrume deve ser armazenado em estrutura de retenção adequada – **nitreira** -, cuja capacidade deve ser dimensionada de acordo com o enquadramento legal em vigor, designadamente as normas regulamentares da Gestão dos Efluentes Pecuários, constantes na Portaria n.º 79/2022,

⁸ Bibliografia: Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK, 2014 - *Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*. www.clrtap-tfrn.org

Department for Environment Food & Rural Affairs, UK, 2018 – *Code of Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*.

<https://www.gov.uk/government/publications/code-of-good-agricultural-practice-for-reducing-ammonia-emissions>

United Nations Economic Commission for Europe, 2015 - *Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*.

<http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrtapwelcome/publications.html>

Decisão de Execução (UE) 2017/302 da Comissão, de 15 de fevereiro de 2017 - *Conclusões sobre as melhores técnicas disponíveis (MTD) para a criação intensiva de aves de capoeira ou de suínos, nos termos da Diretiva 2010/75/UE do Parlamento Europeu e do Conselho*.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0302&from=DA>

Retificação da Decisão de Execução (UE) 2017/302 da Comissão. 2017

. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0302R\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0302R(01)&from=EN)

Guia de Boas Práticas Agrícolas para a Redução das Emissões de Amoníaco da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa, 2019.

de 3 de fevereiro e no Programa de Ação a implementar em Zonas Vulneráveis aos nitratos de origem agrícola – Portaria n.º 259/2012, de 28 de agosto.

- ***Promover o armazenamento do estrume na nitreira, em altura***

Quanto maior a superfície da pilha de estrume armazenada na nitreira, maior a sua área de contacto com o ar e maiores as respetivas emissões de NH_3 . Por conseguinte, consegue-se reduzir este tipo de emissões diminuindo a proporção entre a área da superfície da pilha de estrume (superfície emissora) e o seu volume. Tal é alcançado promovendo o armazenamento do estrume na vertical até ao limiar de 3 metros, conforme o disposto na Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro.

- ***Manter o estrume com baixo teor de humidade***

O teor de humidade do estrume, nomeadamente no caso das aves de capoeira, promove um acréscimo significativo da degradação do ácido úrico, com consequente libertação de NH_3 . Assim, deve-se promover a redução do teor de humidade do estrume armazenado, cobrindo a meda ou pilha com cobertura artificial (tela ou manga plástica, entre outras).

B2. Armazenar o estrume temporariamente

A deposição temporária de estrumes no solo agrícola, sob a forma de medas ou pilhas, em locais com declive reduzido e que não estejam sujeitos a inundação, com vista à sua valorização agrícola, deve cumprir cumulativamente, as seguintes condições:

- **Guardar distâncias mínimas de segurança**

O local de deposição do estrume deve estar localizado a uma distância mínima de 15 m, contados da linha limite do leito dos cursos de água, e de 25 m, contados dos locais onde existem captações de águas subterrâneas, sem prejuízo do disposto na legislação aplicável.

- **Não exceder os períodos de deposição adequados**

A deposição temporária do estrume no solo, sem que haja distribuição e incorporação no solo, não deve exceder um período superior a 30 dias ou, se a deposição for efetuada dentro de Zona Vulnerável aos Nitratos de origem agrícola, não exceda as 48 horas ou, se o solo for impermeabilizado e a meda protegida superficialmente, os 30 dias.

- **Proteger as massas de água contra escorrências**

A deposição temporária do estrume no solo, sem que haja distribuição e incorporação no solo deve ter em atenção a proteção das águas superficiais e subterrâneas, face a eventuais escorrências ou arrastamentos, nos casos em que ocorra pluviosidade.

- **Cobrir a pilha de estrume**

A meda ou pilha de estrume sujeita a deposição temporária deverá ser dotada de cobertura que reduza o seu contacto com o ar.

C - Técnicas para redução das emissões de amoníaco provenientes do armazenamento de chorumes

C1. Armazenar o chorume em estruturas adequadas

O chorume deve ser armazenado em estrutura de retenção adequada, nomeadamente em tanques, coletores ou valas de condução dos efluentes das instalações pecuárias até ao sistema central de armazenamento, lagoas, cisternas, fossas séticas, entre outras. A sua capacidade deve ser dimensionada de acordo com o respetivo enquadramento legal, designadamente as normas regulamentares da Gestão dos Efluentes Pecuários constantes na Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro e no Programa de Ação a implementar em Zonas Vulneráveis aos Nitratos de origem agrícola – Portaria n.º 259/2012, de 28 de agosto.

- ***Promover o armazenamento do chorume em altura quando a sua retenção é efetuada em tanques ou lagoas***

Através do aumento da altura das paredes dos tanques ou lagoas de armazenamento de chorumes, diminui-se a proporção entre a área da superfície emissora e o volume da respetiva estrutura reduzindo-se, assim, as emissões de NH_3 .

Por razões de segurança, e conforme disposto na Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro e demais legislação aplicável, a capacidade das estruturas de armazenamento de efluentes pecuários, líquidos e semilíquidos, não deve exceder, individualmente, os 5.000 m³

- ***Reduzir a velocidade do vento, a temperatura e as trocas gasosas junto da superfície do chorume***
 - a) Aumentar o bordo livre da estrutura de armazenamento de chorume, de forma a promover um efeito de barreira à ação do vento. Para tal, a instalação deverá operar abaixo da sua capacidade máxima;
 - b) Instalar uma cortina arbórea em torno da referida estrutura de armazenamento, de forma a promover a formação de um corta-vento natural. A referida cortina contribui simultaneamente para o ensombramento do chorume, promovendo a diminuição da sua temperatura e, consequentemente, a redução das emissões de NH_3 .
- ***Minimizar a agitação de chorume***
 - a) Não utilizar a capacidade total da estrutura de armazenamento;
 - b) O local de recolha do chorume armazenado deve ser instalado o mais perto possível da base da estrutura de armazenamento;
 - c) Homogeneizar e revolver o chorume apenas quando necessário.

- **Colocar coberturas sobre as estruturas de armazenamento do chorume**

A colocação de coberturas sobre a estrutura de armazenamento do chorume possibilita a redução das emissões de NH_3 , por minimizar as trocas gasosas entre o chorume e o ar. Podem ser utilizados diversos tipos de coberturas, nomeadamente:

- a) **Coberturas rígidas:** Coberturas horizontais ou cónicas (Figura 4), em betão, painéis de fibra de vidro, folhas de poliéster, entre outras. Devem ser impermeáveis, para minimizar as trocas gasosas e evitar a entrada da água da chuva. Atendendo a que nesta situação são promovidas condições anaeróbicas, deverá ser acoplado um sistema de recolha de metano (CH_4) para posterior aproveitamento energético. É aplicável a estruturas de armazenamento de chorume do tipo tanque.



Figura 4 – Cobertura cónica de proteção rígida num tanque de chorume⁷

- b) **Coberturas flexíveis:** Coberturas em capa plástica ou geotêxtil (Figuras 5 e 6), fixadas verticalmente por cabos ancorados nas paredes da estrutura, de forma a evitar a sua instabilidade aquando das intempéries e durante o processo de homogeneização do chorume.



Figura 5 – Cobertura de proteção flexível num tanque⁹



Figura 6 – Cobertura de proteção flexível numa lagoa¹⁰

- c) **Coberturas flutuantes:** (1) **Crosta Natural** - A existência de crostas conduz à redução das emissões de NH_3 . Os chorumes que apresentam teor de matéria seca mais elevado (superior a 7%) têm tendência a formar uma crosta natural. Para ser eficaz, a crosta tem de ser espessa, não deve ser revolvida e deve estender-se por toda a superfície de contacto do chorume com a atmosfera. Quando estiver formada a crosta, a estrutura de armazenamento deve ser alimentada abaixo da mesma, para evitar danos na sua integridade; (2) **Materiais flutuantes** - A utilização de materiais flutuantes à superfície da estrutura de armazenamento de chorume cria uma crosta artificial que conduz à redução de emissões de NH_3 . Como materiais flutuantes podem ser utilizados a argila expandida, produtos à base de argila expandida, perlite ou zeolite. Recomenda-se que a camada flutuante tenha uma espessura de 10 a 12 cm. Pode-se conseguir maior eficácia com uma camada mais fina, caso se utilizem agregados de argila expandida de menor dimensão. A utilização destes materiais não é aplicável a

⁹ Fonte: DGADR

¹⁰ Fonte: Code of Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions (Department for Environment Food & Rural Affairs-UK)

chorume que tenha tendência a formar uma crosta natural; (3) **Placas geométricas de plástico** - Coberturas da superfície da estrutura de armazenamento de chorume com materiais flutuantes de plástico, de forma hexagonal. A utilização destas placas não é aplicável a chorumes que tenham tendência a formar uma crosta natural; (4) **Coberturas de proteção com ar insuflado** - Coberturas flutuantes à superfície do chorume, constituídas por uma bolsa insuflável, em PVC, ancorada a uma estrutura metálica periférica, através de cabos tensores; (5) **Coberturas de proteção flexíveis e flutuantes** - Coberturas plásticas flutuantes, ancoradas através de tubagem e boias que permitem diminuir os espaços vazios entre o chorume e a cobertura. É necessária ventilação, bem como a remoção da água da chuva que se acumula sobre a cobertura. Este tipo de cobertura é mais adequado para lagoas de pequena dimensão.

- **Utilizar bolsas de armazenamento de chorume**

Neste caso, o armazenamento de chorume é efetuado em bolsas de grandes dimensões (Figura 7), fabricadas em material sintético. À referida bolsa deve ser acoplado um sistema de retenção de eventuais derrames, de forma a prevenir a contaminação das massas de água. Atendendo a que nesta situação são promovidas condições anaeróbias, deverá ser acoplado um sistema de recolha de metano para eventual aproveitamento energético posterior.



Figura 7 – Bolsa de armazenamento de chorume¹¹

- **Acidificação do chorume**

A acidificação do chorume, aquando do seu armazenamento, é uma técnica que pode ser levada a cabo através da adição de ácidos, de forma a assegurar que o pH do chorume atinja valores entre 5,5 e 6,0, conseguindo-se, assim, um rácio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ mais elevado, com consequente diminuição da emissão de NH_3 . Em solos ácidos, poderá ser necessário efetuar uma calagem aquando da aplicação do chorume ao solo.

- **Em novas instalações, a solução para o armazenamento do chorume deve ser o tanque coberto**

As lagoas apresentam, quando comparadas com os tanques, maior área de exposição ao ar, pelo que apresentam maior potencial de emissões de NH_3 . Assim, caso exista necessidade de construir novas estruturas de armazenamento de chorume, deve ser privilegiado o tanque coberto em detrimento da lagoa.

O quadro seguinte mostra alguns critérios de apoio à seleção de técnicas a utilizar com vista à redução das emissões de NH_3 durante o armazenamento de efluentes pecuários.

¹¹ Fonte: Code of Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions (Department for Environment Food & Rural Affairs-UK)

Critérios de seleção das técnicas a aplicar para redução das emissões de amoníaco no armazenamento de efluentes pecuários

Técnica	Tipo de efluente pecuário	Redução de Amoníaco (%)*	Aplicabilidade	Observações
Cobertura rígida	Todos	80	Apenas para tanques ou nitreiras	Não é necessária capacidade adicional para a água da chuva; limitada pelos requisitos de fixação da cobertura
Cobertura flexível	Todos	80	Apenas para tanques ou nitreiras	Limitada pelos requisitos de fixação da cobertura
Cobertura flutuante	Todos os chorumes	60	-	-
Corpos plásticos geométricos flutuantes	Todos os chorumes	≈ 60	Não utilizar em chorumes que promovam a formação de crosta	É necessária mais informação relativa à redução das emissões de NH ₃
Crosta natural	Chorume de bovino e de suíno com mais de 7% de matéria seca	40	Não utilizar em estruturas de retenção com utilização frequente (alimentação e remoção) de chorume	-
Crosta artificial: argila, aglomerados, etc.	Chorume de suíno	60	Não utilizar em estruturas de retenção com utilização frequente (alimentação e remoção) de chorume	Perda de algum aglomerado de argila pelo sistema de bombagem
Substituição de lagoas por tanques abertos/cobertos	Todos os chorumes	30 a 60	-	-
Bolsas de armazenamento	Todos os chorumes	≈100	A utilização desta técnica tem vindo a aumentar proporcionalmente ao domínio do seu conhecimento	Tem sido aplicada maioritariamente em pequenas suiniculturas, apresentado também alguma expressão em bovinicultura de leite de maior dimensão

*** Valores meramente indicativos**

V. Redução das emissões de amoníaco na valorização agrícola de efluentes pecuários¹²

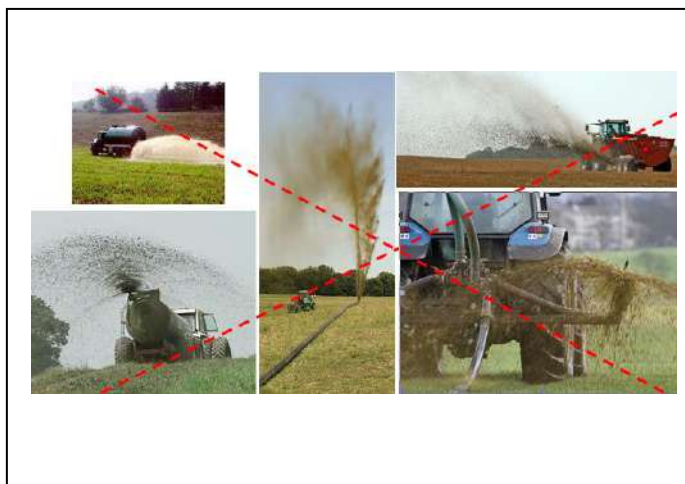
A - Introdução

O encaminhamento direto dos efluentes pecuários para valorização agrícola é, atualmente, regulamentado pelo conjunto ordenado de disposições estabelecidas na Portaria n.º 79/2022, de 3 de fevereiro, que regula a gestão dos efluentes pecuários e no Programa de Ação a implementar em Zonas Vulneráveis aos nitratos de origem agrícola – Portaria n.º 259/2012, de 28 de agosto.

Os chorumes, tal como definidos nos termos do atual ordenamento jurídico nacional, são maioritariamente produzidos pelas suiniculturas e boviniculturas de leite, quando desenvolvidas em regime intensivo.

As emissões de NH_3 dos chorumes decorrem, principalmente, da degradação da urina. Após excreção, a ureia da urina é rapidamente degradada e convertida em amoníaco (NH_3) e amónio (NH_4^+), compostos azotados com elevado potencial ambiental negativo.

As emissões de NH_3 resultantes da valorização agrícola dos efluentes pecuários constituem, à data, uma parte significativa do total de emissões de NH_3 do setor agrícola, tornando-se, assim, necessário utilizar técnicas e sistemas de baixas emissões, associados a sistemas de aplicação a baixa pressão, tendentes a minimizar o correspondente impacto ambiental negativo. A Figura



8 mostra alguns exemplos de equipamentos que trabalham a alta pressão e que não devem ser utilizados na aplicação ao solo dos efluentes pecuários.

¹² Guia de Boas Práticas Agrícolas para a Redução das Emissões de Amoníaco da Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa, 2019.

B - Técnicas de baixas emissões de amoníaco para aplicação de chorume

B1. Sistemas de injeção e distribuição em banda

A tecnologia atualmente mais eficaz para reduzir as emissões de NH_3 , resultantes da valorização agrícola dos efluentes pecuários, assenta na utilização de alfaías agrícolas especializadas, das quais se destacam os injetores e os espalhadores em banda que, além da mais-valia ambiental, são mais eficazes no aproveitamento do azoto dos efluentes pecuários por minimizarem a sua exposição atmosférica reduzindo, em consequência, as emissões de amoníaco:

- **Sistemas de injeção de chorume**

Estes sistemas permitem a redução das emissões de NH_3 através da distribuição subsuperficial do chorume, minimizando a sua área de exposição ao ar e promovendo a sua infiltração no solo. Os sistemas de injeção são, genericamente, mais eficazes na redução das emissões de NH_3 , quando comparados com os sistemas de valorização agrícola em banda.

Atualmente, estão vulgarizados três tipos de equipamento:

a) Injetores pouco profundos (ou de ranhura): atuam abrindo sulcos estreitos no solo (com cerca de 4-6 cm de profundidade e 25-30 cm de comprimento) que são preenchidos com o efluente pecuário (Figura 9). São muito utilizados em pastagens. Podem ser obtidos diferentes resultados, em função do tipo de injetores usados (sulco aberto ou fechado). O débito aplicado pode ser limitado pela quantidade de elementos sólidos existentes no chorume;



Figura 9 – Sistema de aplicação com injetores

b) Injetores profundos: permitem a aplicação do efluente pecuário no solo em regos fechados, a uma profundidade de cerca de 10-30 cm, através da utilização de pontas a cerca de 50 ou 75 cm de distância entre si. As pontas estão normalmente dotadas com aivecas, para facilitar e promover a dispersão do efluente no solo, conseguindo-se atingir, por este meio, débitos elevados. Constituem as alfaías agrícolas mais apropriadas para utilização em terrenos agrícolas com culturas instaladas, por minimizarem os danos causados sobre as mesmas;

c) Outros injetores: apenas para utilização em solo arável, baseados em sistemas de cultivadores de molas ou de ponta rígida.

- **Sistemas de distribuição de chorume em banda**

Estes sistemas reduzem as emissões de NH_3 decorrentes da aplicação do chorume, através da redução da sua área de contato com o ar e diminuindo a sua exposição às correntes de ar que a atravessam. A eficácia deste tipo de sistemas depende, essencialmente, da altura das culturas instaladas.

Existem dois tipos de sistemas de distribuição de chorume em banda:

a) **Sistema de mangueiras**: os chorumes são distribuídos ao nível do solo, com ou sem culturas instaladas, por um conjunto de mangueiras flexíveis, dispostas em série, sendo tecnicamente possível a aplicação entre as linhas de culturas já instaladas;

b) **Sistema de coluna** (sapatos de rasto ou pés): a aplicação do chorume é realizada normalmente através de tubagem rígida que termina em forma de “sapato” de metal que acompanha a superfície do solo, separando as culturas para que os chorumes sejam aplicados diretamente à superfície do solo e sob a folhagem. Alguns tipos de “sapatos” de rasto estão projetados de forma a abrir pequenos sulcos no solo promovendo, assim, a infiltração do chorume aplicado.

B2. Diluição de chorumes

Por norma, as emissões de NH_3 decorrentes da valorização agrícola de chorumes diluídos, com baixo teor de matéria seca, são mais baixas quando comparadas com as provenientes de chorume não diluído, com maior teor de matéria seca, uma vez que o processo de infiltração no solo é mais rápido e eficaz, no primeiro caso. Existem, para o efeito, duas opções possíveis:

- **Adição do chorume à água de rega**

A aplicar em pastagens ou outras culturas regadas. A forma mais eficaz é conseguida pela injeção de chorumes nos sistemas de rega (não utilizar em pulverizadores de alta pressão). O rácio diluição água/chorume deve ser de 50:1, resultando numa redução das emissões de NH_3 estimada em cerca de 30%. A proporção mínima a considerar deve ser de 1:1;

- **Adição de água a chorumes com maior teor de matéria seca (MS) ou sólidos finos**

A adição da água aos chorumes deve ser efetuada antes da aplicação, quer no local de retenção, quer nos sistemas de transporte (cisterna de vácuo). No caso específico de chorumes com maior teor de MS, se o rácio de diluição água/chorume for até 0,5:1 já se está a contribuir para a redução das perdas. Verifica-se, neste caso, um acréscimo de custos de transporte inerentes à adição de água, pelo que se torna importante que a taxa de aplicação do chorume seja incrementada proporcionalmente à redução do teor total de azoto amoniacal.

B3. Acidificação dos chorumes

Um efluente pecuário com um valor de pH mais baixo significa, à partida, uma potencial redução das perdas de NH_3 , decorrente do aumento do rácio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ e da desaceleração da degradação da matéria orgânica. A redução do valor do pH dos chorumes para níveis de 5,5 – 6,0 é normalmente suficiente para garantir a redução das emissões de NH_3 em cerca 50% ou mais. Esta meta poderá ser facilmente alcançada através da adição de ácidos ao efluente pecuário. A fim de facilitar acidificação do chorume, já se encontra disponível um sistema misto de transporte que doseia automaticamente os referidos ácidos, enquanto decorre o processo de aplicação dos efluentes pecuários ao solo. Esta técnica, por comportar riscos para a integridade física dos operadores, animais e ambiente, exige que no manuseamento do ácido e dos equipamentos sejam aplicadas as respetivas normas de segurança.

C - Técnicas de baixas emissões de amoníaco para aplicação de estrumes

Os estrumes, definidos nos termos do atual ordenamento jurídico nacional, são maioritariamente produzidos pelas boviniculturas de carne, aviculturas (exceto patos), pequenos ruminantes, leporídeos e equídeos.

Partindo do princípio que a maior parte do NH_3 volatilizado é emitida algumas horas após a distribuição do estrume no solo, recomenda-se que a sua incorporação seja efetuada a seguir à sua distribuição, de forma tão rápida quanto possível.

Reduções das emissões de NH_3 da ordem dos 60-90% são atingidas quando a incorporação dos estrumes no solo arável é efetuada com o recurso a um bico escarificador ou a uma pequena aiveca, no período máximo de 4 horas após a sua distribuição. Em comparação, no caso de a incorporação ser realizada até 24 horas após a sua distribuição, estima-se que a redução das emissões de NH_3 não ultrapasse os 30%.

Ao contrário do que acontece com os chorumes, estudos realizados demonstram que a incorporação de estrumes, através da utilização de alfaías agrícolas que promovam o reviramento da leiva, é sempre mais eficaz do que se forem utilizadas alfaías de discos ou bicos, embora apresentem um ritmo de trabalho mais lento.

D - Gestão da valorização agrícola de efluentes pecuários

• Condições de aplicação

As condições externas e/ou o momento da aplicação dos chorumes nos solos agrícolas poderão, também, contribuir para a redução das emissões de NH_3 . Assim:

- a) A distribuição de chorume no solo agrícola deve ser efetuada em condições de temperaturas amenas, na primavera, sem vento e com humidade, optando pela altura do dia, em que se reúnem essas condições;
- b) Sempre que possível efetuar a aplicação em solos recentemente mobilizados, uma vez que o processo de infiltração dos efluentes pecuários é mais rápido.

• Incorporação rápida

O objetivo deve ser o de incorporar o chorume rapidamente, se possível logo após a sua distribuição à superfície do solo. Na prática, a maior redução das emissões de NH_3 acontece, quando a incorporação é realizada imediatamente após a distribuição superficial, conseguida através da utilização de sistemas de alfaías agrícolas combinadas, atingindo-se, neste caso, reduções na ordem dos 70-90%. Se este prazo se alongar às 4 horas, dá origem a uma redução na ordem dos 45-65%. Caso a incorporação seja operada até às 24 horas, estima-se que essa redução atinja apenas cerca de 30%.

- **Alfaías a utilizar**

É importante que existam critérios para selecionar o tipo da alfaia agrícola a utilizar, nomeadamente o seu rendimento horário, para que a aplicação dos efluentes pecuários ao solo seja o mais atempada possível minimizando, ao mesmo tempo, eventuais danos na estrutura do solo agrícola (compactação) e nas culturas instaladas.

A incorporação do chorume pode ser efetuada com diferentes alfaías agrícolas, nomeadamente charruas, grades de discos ou escarificadores, com diferentes graus de eficiência. A incorporação efetuada com charrua, do ponto de vista estrito da redução das emissões de NH_3 , é a mais eficaz, ainda que mais morosa, quando comparada com alfaías agrícolas dotadas de bicos ou discos. Em muitos casos, a utilização deste último grupo de alfaías poderá ser igualmente eficaz, se o tempo que medeia entre a distribuição e a incorporação do chorume for reduzido, para o que se deverão utilizar sistemas combinados de transporte, distribuição e incorporação.

A redução dos custos de operação associados a este tipo de tecnologia, pode ser conseguida com o recurso à sua partilha por vários utilizadores.

A reter:

A eficácia e a viabilidade técnica e operacional, bem como os custos associados às diversas alternativas/sistemas, devem estar na base dos critérios de escolha da metodologia a implementar, com o objetivo de reduzir as emissões de NH_3 decorrentes da valorização agrícola de efluentes pecuários no solo.

Salientam-se, pela relevância do seu contributo para a redução daquelas emissões, os seguintes aspetos:

- a) A eficácia da utilização de distribuidores em banda e injetores está diretamente relacionada com o teor de matéria seca dos efluentes pecuários, designadamente do chorume, as características físicas do solo, a qualidade do trabalho e as características das culturas instaladas;
- b) A eficácia da incorporação varia consoante as características físicas e químicas dos estrumes, bem como do tempo que medeia entre a distribuição e a respetiva incorporação, apresentando-se a incorporação imediata à aplicação como a mais eficaz;
- c) Os espalhadores em banda (mangueiras flexíveis) são, geralmente, mais eficazes em culturas semeadas em linha do que em pastagens e quando são utilizados chorumes provenientes de suínos, do que chorumes com maior teor de matéria seca como, por exemplo, os provenientes da bovinicultura leiteira;
- d) Os sistemas com espalhadores em banda e com injetores pouco profundos nem sempre são os mais adequados para os terrenos mais declivosos, dado que são mais propícios a derramamentos e escoamentos. A utilização de chorumes neste tipo de situações deverá ser evitada, a fim de minimizar o risco de escoamento. As técnicas de injeção profunda não são exequíveis em terrenos com maior pedregosidade ou muito compactados.
- e) Os sistemas de injetores pouco profundos, em sulcos abertos, são mais polivalentes, podendo aplicar-se a maior gama de solos, quando comparados com os injetores em sulcos fechados;
- f) A dimensão, a forma e as características do terreno determinam a escolha dos equipamentos a utilizar, pelo que deverão constituir parâmetros da matriz de seleção dos sistemas a utilizar;

- g) A incorporação do efluente pecuário no solo é, comprovadamente, a técnica mais adaptada para o caso de uma cultura instalada; para as pastagens, os métodos mais apropriados para aplicação de chorumes são os sistemas em banda e injetores;
- h) A diluição nos sistemas de fertirrega está associada ao regadio constituindo, neste caso, uma medida bastante eficaz de mitigação das emissões de NH_3 ;
- i) A diluição de chorumes, em sistemas móveis, só é adequada em explorações agrícolas de reduzida dimensão, face ao acréscimo dos custos da operação;
- j) Os custos financeiros e operacionais dos sistemas de redução de emissões apresentados são, talvez, mais elevados quando comparados com os métodos convencionais praticados, numa parte muito significativa dos casos. No entanto, os proveitos globais decorrentes, entre outros, da menor necessidade de utilização de adubos de síntese, poderão compensar o esforço financeiro;
- k) A tamisação (Figura 10) dos efluentes pecuários pode ser muito útil na gestão do transporte e dos nutrientes que compõem os efluentes pecuários;

A aplicação da fração correspondente à fase líquida dos EP após tamisação poderá ocorrer com uma redução significativa das emissões de NH_3 , na ordem de 20-30%, decorrente do maior grau de infiltração no solo (menor teor de sólidos suspensos presentes na fase líquida). De modo a ser atingido ou maximizado este objetivo, o solo não deverá estar nem demasiado saturado nem compactado. Relativamente à fase sólida remanescente do chorume, as emissões de NH_3 devem ser reduzidas aquando do seu armazenamento e aplicação, através da incorporação no solo, tão rápida quanto possível, ou através do seu encaminhamento para outro uso, como por exemplo a digestão anaeróbia, para aproveitamento energético do biogás;



Figura 10 – Tamisação de efluentes pecuários

- l) Não existem diferenças relevantes entre as emissões de NH_3 decorrentes da aplicação dos efluentes pecuários em bruto e da fase sólida resultante da biodigestão anaeróbia. Salienta-se o elevado valor de pH deste tipo de matérias o que promove, só por si, o aumento das emissões de NH_3 associadas à sua aplicação. Nestes casos, devem ser utilizadas técnicas de baixas emissões, como por exemplo a injeção, aplicação em banda ou a acidificação do chorume;
- m) Os injetores têm uma menor rendimento de trabalho, quando comparados com os métodos de aplicação em banda, sendo também mais suscetíveis a sofrerem danos;
- n) Caso o efluente pecuário seja acidificado, há que ter em atenção o manuseamento deste tipo de materiais, pois apresentam riscos importantes para a integridade física dos operadores e dos animais, bem como para o ambiente.

O Quadro seguinte mostra um conjunto de critérios a considerar na tomada de decisão quanto às técnicas mais adequadas a diferentes situações, para diminuir as emissões de NH_3 .

CrITÉRIOS de seleÇão das técnicas mais adequadas para aplicação de efluentes pecuários ao solo

Técnica/sistema de aplicação	Efluente pecuário	Uso do solo	% Redução das emissões de NH ₃	Restrições ao uso
Sistema de injeção em linha, com pequenas aivecas	Chorume	Com pastagem ou culturas arvenses	30 a 35%	Solos com sulcos e parcelas de pequenas dimensões Elevado teor de sólidos finos no chorume. Largura das linhas nos cereais em crescimento.
Sistema de injeção em linha, com coluna	Chorume	Pastagem ou culturas arvenses (pr�-sementeira) e plantações em linha.	30 a 60%	As anteriores. Não é apropriado para culturas arvenses, sendo mais adequado para culturas em linha no início do seu ciclo.
Injetores pouco profundos	Chorume e estrume	Pastagem ou culturas arvenses. Também para searas em crescimento.	Corte aberto -70%. Corte fechado - 80% se a 10 cm de profundidade.	As anteriores. Não é adequado para solos muito secos, pedregosos ou compactados.
Injetores profundos	Chorume	Culturas arvenses	90%	As anteriores. � necessário trator de alta potência. Não é adequado para solos pouco profundos, muito argilosos ou muito secos.
Diluição de chorumes para utilização em sistemas de rega	Chorume	Pastagem ou culturas arvenses.	30% Para diluições de 1:1	Apenas para culturas de regadio e para sistemas de rega de baixa pressão.
Diluição antes da aplicação por sistemas operacionais móveis	Chorumes com teor de sólidos suspensos finos relativamente elevado	Pastagem ou culturas arvenses.	Até 50% para chorume viscoso (50% de dilui��o=30% de redução)	� necessário volume de água extra para a diluição. Adequado para pequenas explorações e para sistemas de rega.
Sistemas de gestão de aplicação	Estrume	Pastagem ou culturas arvenses.	Variável	Esta técnica poderá obrigar a autorização especial
Incorporac��o no solo	Chorume	Pastagens ou culturas arvenses, incluindo pastagens recentes e sementeiras.	Mobilização adequada e imediata – 90%. Cultivo imediato -70%. Incorporac��o em 4 horas - 45 a 65%. Incorporac��o em 24 horas – 30%.	Solo com cultura já instalada. Eficaz apenas se a incorporac��o ocorrer logo após a aplicação.
Incorporac��o no solo	Estrume	Solo arável, incluindo pastagens. Eficaz apenas se a incorporac��o ocorrer imediatamente após a aplicação	Mobilização adequada e imediata - 90%. Cultivo imediato - 60%. Incorporac��o em 4 horas – 45 a 65%. Incorporac��o em 24 horas – 30%	Solo com cultura já instalada

VI. Redução das emissões de amoníaco devidas à utilização de adubos minerais¹³

A - Introdução

A aplicação de fertilizantes deve basear-se sempre em planos de fertilização das explorações agrícolas. Haverá, por um lado, que conhecer as necessidades em nutrientes das culturas, relativamente ao nível de produção que, realisticamente, se pretende atingir e, por outro, conhecer as disponibilidades do solo e da água de rega em nutrientes.

A emissão de NH_3 devido à aplicação de adubos minerais pode representar uma significativa perda económica para os produtores, com efeitos negativos na qualidade do ar, na produtividade dos ecossistemas e na saúde humana. Há um conjunto de fatores que, ao afetarem a adsorção dos iões de amónio (NH_4^+) no solo, determinam a extensão das perdas de N na forma de NH_3 , quando se aplicam adubos azotados, e que devem ser tomados em conta.

Pode optar-se por uma extensa variedade de fertilizantes fornecedores de N, nos quais este elemento se pode encontrar sob diferentes formas químicas correspondendo a diferentes comportamentos no solo. Dever-se-á decidir pelo tipo de fertilizante (adubo inorgânico, orgânico, organomineral ou corretivo orgânico) mais adequado, consoante o tipo e características do solo, a cultura, as características climáticas da região, a época e técnica de aplicação. As alfaías utilizadas na aplicação devem ser regularmente mantidas e calibradas, de modo a permitir uma aplicação dos fertilizantes precisa e uniforme.

B - Ureia

A **ureia** é o adubo sólido azotado mais concentrado (46% de N) e mais barato por unidade fertilizante sendo, por isso, bastante utilizada.

No entanto, as emissões de NH_3 provocadas pela aplicação ao solo agrícola de adubos ureicos são muito mais elevadas do que as resultantes da aplicação de outros adubos azotados (5 e 40 % de perdas de N por volatilização de NH_3).

¹³ Bibliografia: Brady, N. & Weil, R., 2016 - The nature and properties of soils. 15th Ed. Columbus: Pearson, 2016.

Centre for Ecology and Hydrology, 2014 - *Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen*, Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK available on-line at: www.clrtap-tfrn.org.

Robert Mikkelsen, 2016 - Ammonia Emissions from Agricultural Operations: Fertilizer. Online at: https://www.researchgate.net/publication/304011934_Ammonia_emissions_from_agricultural_operations_Fertilizer

United Nations Economic Commission for Europe, 2015 - Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. Online at: <http://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlirtapwelcome/publications.html>.

Uma vez aplicada ao solo, a ureia tem tendência para ser rapidamente hidrolisada pela ação da enzima urease, convertendo-se em carbonato de amónio, composto muito instável, que facilmente se decompõe, libertando NH_3 .

Dada a sua elevada solubilidade na água, a ureia também pode ser utilizada na forma de soluções aquosas, com concentrações de N mais baixas, que podem ser utilizadas na fertirrega ou em aplicações foliares mas, também estas promovem importantes emissões de NH_3 .

B1. Condições que favorecem as emissões de amoníaco

- **A presença de resíduos de culturas no solo**

A presença de resíduos de culturas no solo pode aumentar o risco de perdas de azoto por volatilização uma vez que: i) estimulam a atividade da urease; ii) formam uma barreira que impede o contacto e reação da ureia com a componente mineral do solo e iii) mantêm o solo mais húmido. Todos estes fatores podem levar a uma maior perda de NH_3 para a atmosfera.

Refira-se, a propósito, que a prática da sementeira direta “no-till” resulta num aumento da quantidade de resíduos de culturas à superfície do solo, estimulando a emissão de NH_3 .

- **A aplicação da ureia à superfície do solo**

Deixar a ureia à superfície do solo sem incorporação, através de lavoura ou rega, favorece as perdas de N na forma NH_3 , por volatilização. A colocação do adubo em bandas é preferível ao espalhamento por todo o terreno pois, assim, excede-se a capacidade do solo para hidrolisar a ureia, permitindo a sua percolação para zonas menos superficiais.

- **Solos arenosos e pobres em matéria orgânica**

Solos arenosos e pobres em matéria orgânica têm, geralmente, uma baixa capacidade de troca catiónica e fraco poder tampão. Deste modo, apresentam menor capacidade para adsorver e reter o ião NH_4^+ , potenciando as emissões de NH_3 . A fração coloidal do solo, mineral (argila) e orgânica (húmus), pela sua elevada capacidade de adsorção e retenção iónica, contribui para a inibição da formação de NH_3 diminuindo a sua emissão para a atmosfera. Esta inibição é tanto maior quanto maior for a percentagem de minerais de argila expansivos, do tipo 2:1 (vermiculite, ilite, etc.), que não existem nos solos arenosos.

- **Solos com elevado pH**

Em solos com elevados valores de pH, nomeadamente solos alcalinos, a aplicação de ureia faz aumentar as emissões de NH_3 . No entanto, mesmo em solos ácidos, ocorrem perdas de NH_3 quando se aplica aquele adubo, pois a sua hidrólise e formação de carbonato de amónio provocam um aumento do pH à volta dos grânulos do adubo e a consequente perda de NH_3 . O enriquecimento dos solos em matéria orgânica tende a aumentar o poder tampão desses solos e, consequentemente, contribuir para diminuir as perdas de NH_3 por volatilização.

- **Solos demasiado secos**

O teor de água do solo influencia, em primeiro lugar, a dissolução da ureia aplicada na forma de grânulos, depois a percolação desta no solo, bem como o processo de hidrólise e, finalmente, o movimento dos produtos da hidrólise no solo. São de esperar perdas de NH_3 mais elevadas quando o solo está seco e a humidade relativa do ar é maior que a humidade crítica da ureia, promovendo

o processo de volatilização. As condições de humidade do solo com menor ocorrência de volatilização são as que se aproximam da capacidade de campo. O tempo entre a aplicação de ureia e a ocorrência de precipitação é essencial. É importante que após a aplicação da ureia ao solo, ocorra a sua lavagem no solo, pela chuva ou pela água de rega, num prazo de 2 a 3 dias.

- ***Dias quentes e ventosos***

A temperatura tem um efeito triplo sobre o processo de volatilização do NH_3 . As perdas são geralmente mais elevadas com o aumento da temperatura, pois aumenta a atividade da *urease* e, em consequência, a concentração de NH_4^+ na solução do solo, bem como a conversão do NH_4^+ a NH_3 provocando a sua emissão para a atmosfera. Acresce que temperaturas elevadas provocam a secura do solo o que, por seu lado, também favorece as emissões de NH_3 . O vento aumenta a taxa de difusão do NH_3 para a atmosfera e, além disso, seca os solos, agravando as perdas de N por volatilização de NH_3 .

Assim, nas condições atrás referidas, deve-se evitar o uso de adubos à base de ureia e optar por outros que ofereçam menores riscos de emissão de NH_3 , como seja o nitrato de amónio (0,5 a 5% de perdas de azoto por volatilização de NH_3).

B2. Técnicas para reduzir as emissões de amoníaco resultantes da aplicação de adubos à base de ureia

- ***Incorporar o adubo no solo***

A incorporação do adubo o mais rapidamente possível no solo é uma técnica de elevada eficácia que permite uma redução de cerca de 50 a 80% nas emissões de NH_3 .

- ***Injetar o adubo no solo***

A injeção dos adubos azotados é uma das técnicas mais eficazes no que respeita à redução das emissões de NH_3 (com reduções acima dos 90%): os adubos ficam localizados a maior profundidade e, assim, menos suscetíveis à volatilização. A eficácia desta técnica depende da profundidade a que é feita, da textura do solo e da proximidade dos injetores.

- ***Regar o solo***

A rega do solo imediatamente após a aplicação do adubo com, pelo menos, 5 mm de água, sem ultrapassar a capacidade de campo, pode reduzir as emissões de NH_3 até 40 a 70%. Esta técnica só é possível quando há disponibilidade de água para rega. É preciso ter em atenção o aumento do risco de perda de azoto por lixiviação.

- ***Utilizar inibidores da urease***

O uso de inibidores da urease permite atrasar a conversão da ureia em carbonato de amónio, diminuindo o consequente aumento do valor do pH do solo à volta dos grânulos de ureia, o que reduz as emissões de NH_3 . Tal pode, ainda, ser benéfico quando se pretende ganhar tempo para realizar a rega ou até que ocorra precipitação que arraste a ureia para zonas menos superficiais onde não é tão suscetível a ocorrência de perdas por volatilização. Reduz as perdas em 40 a 70%.

- **Substituir a ureia por adubos ureicos revestidos**

Esta substituição permite fornecer às culturas um adubo de libertação lenta que possibilita a redução das emissões de NH_3 em cerca de 30%, disponibilizando gradualmente o azoto, de acordo com as necessidades pontuais das plantas. A sua eficácia depende da natureza do revestimento e do seu uso em conjunto com outras técnicas referidas anteriormente.

- **Substituir adubos à base de ureia por outros adubos azotados**

Além dos corretivos orgânicos e dos adubos orgânicos e organominerais, existem outros adubos minerais azotados pelos quais se pode optar, principalmente quando as condições não são as mais adequadas à utilização da ureia. Estão neste caso os adubos elementares ou compostos sólidos ou fluidos que veiculam N na forma nítrica e/ou amoniacal. Por exemplo, quando só é possível aplicar o adubo à superfície e não é possível regar de imediato, é preferível utilizar um adubo amoniacal, como seja o sulfato de amónio ou o fosfato de amónio, ou um adubo nítrico-amoniacal, como o nitrato de amónio, que darão origem a emissões de NH_3 mais baixas, podendo mesmo atingir-se uma redução de 90%.

C - Sulfato e fosfato de amónio

As perdas de NH_3 devidas à aplicação de sulfato e fosfato de amónio dependem muito da reação do solo, sendo menores em solos ácidos.

Em solos calcários, de elevado valor de pH, estes adubos não devem ser utilizados caso não seja possível aplicar as mesmas técnicas descritas para o caso da ureia, nomeadamente a sua rápida incorporação no solo, a injeção ou a rega imediata a fim de prevenir as emissões de NH_3 .

Efeito estimado das técnicas utilizadas na aplicação da ureia para a redução das emissões de NH_3

Técnica	Taxa de redução (%)
Incorporar o adubo no solo	50 a 80
Injetar o adubo no solo	> 90
Regar o solo	40 a 70
Utilizar inibidores de urease	40 a 70
Substituir a ureia por adubos ureicos revestidos	≈ 30
Substituir a ureia por outros adubos azotados	Até 90

Glossário

Adubo¹⁴ – a matéria fertilizante cuja principal função consiste em fornecer um ou mais nutrientes às plantas.

Adubo azotado¹² - o adubo elementar cujo macronutriente principal é o azoto que se pode encontrar nas formas nítrica, amoniacal, amídica ou em associações destas formas.

Adubo mineral, químico ou inorgânico¹² – o adubo cujos nutrientes declarados se apresentam na forma mineral, obtida por extração ou por processo industrial físico e/ou, químico e, ainda conforme convenção, a cianamida cálcica, a ureia e os produtos provenientes da respetiva condensação e associação, assim como os adubos que contêm micronutrientes quelatados ou complexados.

Adubo orgânico¹² – o adubo cujos nutrientes são, na sua totalidade, de origem vegetal e/ou, animal.

Adubo organomineral¹² - o adubo obtido por mistura mecânica de adubos minerais e adubos orgânicos contendo, pelo menos, 1% de azoto orgânico.

Água de Percolação – a água que se infiltra no solo e que se dirige para camadas mais profundas em direção à zona de saturação.

Alfaia agrícola - instrumento mecânico que se junta a um trator ou animal, para o desenvolvimento de uma tarefa agrícola específica.

Amonificação - primeira fase da conversão do azoto (N) orgânico com produção de amoníaco (NH₃) e/ou amónio (NH₄).

Azoto mineral - o azoto (N) nas formas amoniacal (NH₄), nitroso (NO₂) ou nítrica (NO₃). Por convenção, o N amídico dos adubos (ureia e seus derivados), embora de natureza orgânica é também considerado N mineral.

Azoto orgânico - o azoto constituinte da matéria orgânica de origem vegetal ou animal, presente no solo, planta ou fertilizantes.

Azoto reativo - as formas móveis do azoto (N), quer na água quer no ar.

Azoto total - o azoto (N) orgânico e mineral contido no solo, na planta ou nos fertilizantes.

Chorume - a mistura líquida ou semilíquida, de fezes e urina dos animais das espécies pecuárias, bem como da água de lavagem das instalações pecuárias, das estruturas e dos equipamentos associados à atividade pecuária, que pode conter desperdícios da alimentação animal ou de camas, as escorrências provenientes de nitreiras ou silos e as águas pluviais não desviadas da área onde se encontram estabulados os animais.

Corretivo¹² – a matéria fertilizante cuja função principal é a de melhorar as características físicas, químicas e, ou, biológicas do solo, com vista ao bom desenvolvimento das plantas;

Corretivo mineral¹² - o corretivo agrícola de origem mineral destinado, principalmente, a modificar o valor do pH do solo;

Corretivo orgânico¹² – o corretivo agrícola de origem vegetal, ou de origem vegetal e animal, utilizado principalmente com o objetivo de aumentar o nível de matéria orgânica do solo;

Desnitrificação - o processo de redução do azoto nítrico (NO₃), por ação de bactérias desnitrificantes, com produção de formas gasosas de azoto (N), como o óxido nítrico (NO_x) e o óxido nitroso (N₂O), designadas por N reativo, e azoto elementar (N₂), forma reduzida não reativa.

Efluente pecuário (EP)¹⁵ - o estrume e chorume.

Emissão¹⁶ - a libertação de substâncias para a atmosfera a partir de fontes pontuais ou difusas.

Emissões antropogénicas¹⁴ - as emissões atmosféricas de poluentes associadas a atividades humanas.

Estrume - a mistura sólida de fezes e urinas dos animais das espécies pecuárias, podendo conter desperdícios da alimentação animal, as camas de origem vegetal e a fração sólida do chorume, que não apresenta escorrências aquando da sua aplicação.

¹⁴ Decreto-Lei103/2015

¹⁵ NREAP, Decreto-Lei n.º 81/2013, de 14 de junho

¹⁶ Decreto-Lei n.º 84/2018, de 23 de outubro

Estrutura de armazenamento de EP - a estrutura de retenção onde são armazenados os EP, por prazo determinado, até uso adequado, impermeabilizadas, designadamente nitreiras, para os estrumes, e tanques, coletores ou valas de condução dos efluentes das instalações pecuárias até ao sistema central de armazenamento, lagoas, cisternas, fossas sépticas, entre outras, para os chorumes

Fertilizante - qualquer substância aplicada ao solo ou à planta com o objetivo de melhorar o estado de fertilidade do solo ou de nutrição da planta.

Fixação do azoto no solo - processo em que o azoto amoniacal (NH_4) do solo fica fortemente, mas temporariamente, retido nas malhas dos minerais argilosos, expansivos, do tipo 2:1, como por exemplo a ilite, a beidelite, e a vermiculite.

Gestão do azoto - conjunto das atividades relacionadas com o uso racional do azoto (N) na agricultura, visando o cumprimento de objetivos agronómicos, ambientais ou ecológicos.

Gestão eficiente do azoto - baseia-se no aumento da eficiência do uso do azoto (EUN) pela cultura ou animal, e simultânea redução do excesso de N no sistema agrícola.

Imobilização do azoto - processo inverso da mineralização do azoto (N), isto é, resulta na assimilação do N pelos microrganismos do solo com produção de biomassa microbiana.

Indicador ambiental - excesso do azoto (N), estimado pelo “balanço do N”, indicando o potencial de perdas de N para fora do sistema solo-planta-animal.

Lagoa - estrutura destinada ao armazenamento e/ou tratamento de chorume, impermeabilizada, construída abaixo do nível do solo

Lixiviação - processo de lavagem de substâncias solúveis, em especial sais, por ação das águas de percolação;

Lixiviação do azoto - processo de percolação, isto é, movimentação do azoto (N) no solo por ação da água, principalmente das formas de azoto nítrico (NO_3), azoto amoniacal (NH_4), ou azoto orgânico dissolvido.

Medidas de mitigação - atividades que visam a redução ou remediação de determinado impacto ambiental nocivo, como seja o resultante das emissões gasosas de N (gases de efeito de estufa) ou de amoníaco (NH_3), e as perdas de nitratos (NO_3) por lixiviação.

Mineralização do azoto - processo de conversão do azoto (N) orgânico em N mineral por ação de diversos microrganismos do solo.

Nitreira - estrutura destinada ao armazenamento de estrume, com cobertura eficaz, de modo a impossibilitar a entrada de águas pluviais, impermeabilizada na base e nas paredes laterais e dotada de um coletor ligado a um órgão de retenção, caso exista escorrências, de modo a evitar infiltrações ou derrames que possam contaminar as massas de água superficiais e/ou subterrâneas.

Nitrificação - processo de oxidação do azoto amoniacal (NH_4) e conversão em azoto nítrico (NO_3) por ação de bactérias aeróbias obrigatórias, as nitrobactérias.

Objetivo agronómico - inclui a produção vegetal e a qualidade do produto, e o desempenho animal, num contexto de bem-estar.

Objetivo ambiental ou ecológico - refere-se às perdas potenciais de azoto (N) para fora do sistema solo-planta-animal.

Tamisação - separação das fases sólida e líquida dos efluentes pecuários.

Ureia - adubo de síntese com elevado teor de azoto, normalmente 46%N e muito solúvel em água.

Valor fertilizante em azoto - valor em azoto (N) de um fertilizante para determinada cultura comparativamente com o valor em N de um adubo de referência, normalmente o nitrato de amónio (NH_4NO_3), fixado em 100%. Um elevado valor fertilizante em N indica uma elevada eficiência do uso do N (EUN).

Valorização agrícola de EP - a aplicação ao solo agrícola de efluente pecuário, iniciada com a sua distribuição e posterior incorporação, com o objetivo de manter ou melhorar a fertilidade do solo.

Volatilização do azoto - processo de conversão do azoto amoniacal (NH_4) e produção da forma gasosa de amoníaco (NH_3) e N_2O que se perdem para a atmosfera.

