

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Qualidade Ambiental

Relatório da unidade curricular

Provas de Agregação em Ciências Agronómicas e Florestais

José Luís da Silva Pereira



Vila Real, 2017

Para admissão a provas de Agregação na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em conformidade com o estabelecido na alínea b) do artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 239/2007, de 19 de Junho de 2007.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Enquadramento.....	2
3. Objectivos.....	3
4. Conteúdos programáticos.....	4
4.1. Resumo do programa.....	4
4.2. Desenvolvimento dos conteúdos programáticos.....	6
4.2.1. Conteúdos da componente teórica.....	6
Capítulo 1.....	6
Capítulo 2.....	8
Capítulo 3.....	10
Capítulo 4.....	12
Capítulo 5.....	13
Capítulo 6.....	16
Capítulo 7.....	17
4.2.2. Conteúdos da componente prática.....	20
Trabalho 1.....	20
Trabalho 2.....	22
Trabalho 3.....	23
Trabalho 4.....	25
Trabalho 5.....	27
Trabalho 6.....	29
4.3. Bibliografia.....	30
5. Metodologia de ensino e avaliação.....	36
5.1. Planeamento.....	36
5.2. Organização das aulas e metodologia.....	37
5.3. Avaliação.....	38
6. Material fornecido aos alunos.....	40
Anexo.....	41

1. Introdução

De acordo com o artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 239/2007 de 19 de Junho, os candidatos a provas de Agregação apresentam um “relatório que inclua o programa, os conteúdos e os métodos do ensino teórico e prático da unidade curricular, grupo de unidades curriculares ou ciclo de estudos, no âmbito do ramo de conhecimento ou especialidade em que são prestadas as provas”.

O relatório que se apresenta para a unidade curricular de Qualidade Ambiental do Curso de Licenciatura (1.º Ciclo) em Ciência e Tecnologia Animal (Anexo), ministrado pela Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV) do Instituto Politécnico de Viseu (IPV), foi elaborado atendendo às modificações e reorganizações realizadas no plano curricular, devido à criação e reformulação de ciclos de estudos na ESAV, desde o ano lectivo 2005/2006, mas mantendo as matérias de protecção do meio ambiente na produção animal incluídas na presente unidade curricular. A escolha desta unidade curricular relaciona-se com a actividade de ensino e de investigação que o candidato tem desenvolvido.

Nos capítulos seguintes descrevem-se o enquadramento da unidade curricular no ciclo de estudos, as normas de funcionamento e avaliação, e os objectivos, conteúdos programáticos, métodos de ensino e bibliografia.

2. Enquadramento

O curso de Licenciatura (1.º Ciclo) em Ciência e Tecnologia Animal integra, no seu 2.º ano, 2.º semestre, a disciplina de Qualidade Ambiental como unidade curricular obrigatória, de acordo com o plano de estudos (Anexo) constante do Despacho n.º 5449/2014, publicado em Diário da República, 2.ª Série, n.º 76, de 17 de Abril de 2014. Ainda que muito recente no formato actual, a génese da unidade curricular situa-se no Curso Bietápico de Licenciatura (3 + 2 anos lectivos) em Engenharia Agrícola variante Zootecnia (Portaria n.º 413-E/98 de 17 de Julho), no ano lectivo 2000/2001 e com a designação de Impacte Ambiental.

Trata-se de uma unidade curricular obrigatória do plano de estudos, que pertence à área científica de Engenharia Rural e é do tipo semestral, com 5 ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System), correspondendo a um total de 128 horas de tempo de trabalho, as horas de contacto da referida unidade distribuem-se por sessões de ensino teórico (30 horas) e teórico-prático (30 horas), incluindo a avaliação.

A unidade curricular de Qualidade Ambiental na Licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal tem como base a unidade curricular de Instalações para Animais do 1.º semestre do 2.º ano (4,5 ECTS e total de 126 horas de tempo de trabalho) e tem continuidade na unidade curricular de Projecto do 2.º semestre do 3.º ano (5 ECTS e total de 140 horas de tempo de trabalho), das quais o candidato é também o docente responsável. A unidade curricular de Instalações para Animais apresenta os conhecimentos sobre condicionamento ambiental e alojamentos para animais, incluindo as soluções de remoção de dejectos animais. A unidade curricular de Projecto visa a elaboração do plano produtivo, planificação das necessidades de alojamentos e equipamentos, incluindo o plano de gestão dos efluentes animais, e viabilidade económica em diferentes áreas da produção animal.

Na unidade curricular de Qualidade Ambiental aborda-se a principal legislação nacional e internacional aplicável, caracterização física, química e biológica dos efluentes, tecnologias de tratamento e valorização de efluentes, e mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera e águas.

3. Objectivos

A presente unidade curricular tem como objectivos dotar os alunos de conhecimentos e competências para resolução de problemas ambientais, designadamente:

- Conhecer as fontes e compreender os mecanismos de poluição gerados pelos sistemas de produção animal;
- Implementar procedimentos que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal e o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis;
- Compreender os princípios de funcionamento das tecnologias de tratamento e valorização de efluentes;
- Seleccionar e aplicar soluções integradas de tratamento e valorização de efluentes em explorações pecuárias;
- Elaborar planos de gestão de efluentes pecuários conforme o regime de exercício da actividade pecuária;
- Identificar e quantificar os problemas ambientais sobre a atmosfera e águas e aplicar técnicas de protecção ambiental.

4. Conteúdos programáticos

4.1. Resumo do programa

1. Introdução
 - 1.1. Decomposição dos efluentes animais
 - 1.2. Fontes de poluição para a atmosfera, águas e solos
 - 1.3. Efeitos da concentração e emissão de poluentes
2. Condicionantes legais à actividade pecuária
 - 2.1. Título de utilização dos recursos hídricos
 - 2.2. Regime de exercício da actividade pecuária
 - 2.3. Normas de gestão de efluentes pecuários
 - 2.4. Normas da actividade pecuária
 - 2.5. Licenciamento ambiental de explorações pecuárias
 - 2.6. Avaliação de impacte ambiental
 - 2.7. Programa nacional para as alterações climáticas
 - 2.8. Inventariação de poluentes atmosféricos
3. Produção de efluentes pecuários e uso eficiente da água
 - 3.1. Consumos de água
 - 3.2. Minimização da produção de efluentes
 - 3.3. Reutilização de águas
 - 3.4. Estimativa da produção de efluentes
4. Caracterização física, química e biológica de efluentes
5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários
 - 5.1. Separação de sólidos-líquidos
 - 5.2. Compostagem
 - 5.3. Digestão anaeróbia
 - 5.4. Tratamento aeróbio
 - 5.5. Lagunagem
 - 5.6. Tratamento vegetativo
6. Valorização agrícola de efluentes pecuários
 - 6.1. Estruturas de armazenamento de efluentes
 - 6.2. Plano de gestão de efluentes pecuários

7. Impacto ambiental da produção animal

7.1. Emissão de gases com efeito de estufa e acidificante, matéria particulada e odores

7.2. Metodologias e equipamentos de monitorização

7.3. Mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera e águas

4.2. Desenvolvimento dos conteúdos programáticos

4.2.1. Conteúdos da componente teórica

Capítulo 1. Introdução

Objectivos:

Conhecer as fontes e compreender os mecanismos de poluição gerados pelos sistemas de produção animal.

Conteúdos conceptuais:

- 1.1. Decomposição dos efluentes animais
- 1.2. Fontes de poluição para a atmosfera, águas e solos
- 1.3. Efeitos da concentração e emissão de poluentes

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo são abordados os conceitos relativos aos processos que conduzem à emissão de poluentes para a atmosfera e águas com origem nas etapas de gestão de efluentes da produção animal, designadamente instalações, estruturas de armazenamento, valorização agrícola de efluentes pecuários e pastoreio.

Em primeiro lugar, são descritos os ciclos do carbono e do azoto associados à decomposição dos efluentes animais, depositados nas instalações pecuárias e solos, sendo estudados os seguintes processos: mineralização, imobilização, hidrólise, nitrificação, desnitrificação, lixiviação e metanogénese. Enumeram-se os factores condicionantes dos processos anteriormente referidos, tais como condições de aerobiose e anaerobiose, composição do efluente e factores climáticos. Em segundo lugar, são identificadas as fontes de emissão de gases, matéria particulada, odores, contaminação fecal, escorrências e lixiviação a partir de sistemas líquidos ou sólidos de produção, remoção, recolha, armazenamento, tratamento e deposição final de efluentes com origem na produção animal.

Por último, apresenta-se o contributo da produção animal nas emissões totais nacionais de gases com efeito de estufa e acidificante. Abordam-se as consequências da concentração e emissão de poluentes para a atmosfera (ozono troposférico, deposição via seca e húmida, acidificação, eutrofização, camada do ozono, efeito de estufa e alterações climáticas) e na

saúde e bem-estar humana e animal (toxicidade, perdas de produtividade, doenças respiratórias e oculares, e depreciação de carcaças).

Bibliografia seleccionada:

- CIGR, 1994. Aerial environment in animal housing. Working Group Report Series No 94.1. International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) and CEMAGREF, Rennes, France, 116 pp.
- CIGR, 2014. The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group N° 14 Cattle Housing. International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. ISBN 978-2-9552352-0-1.
- Macedo, S.A.N.A., 2013, Avaliação do impacto ambiental de novas estratégias de gestão de chorumes para minimização de perdas de nutrientes e aumento da produção. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 69 pp.
- Pereira, J.L.S., Ferreira, S., Garcia, C.S.P., Conde, A., Ferreira, P., Pinheiro, V., Trindade, H., 2017. Assessment of ammonia and carbon dioxide concentrations in a breeding hen building under Portuguese winter. *International Journal of Food and Biosystems Engineering* 5, 1-6.
- Sakadevan, K., Nguyen, M.-L., 2017. Livestock production and its impact on nutrient pollution and greenhouse gas emissions. *Advances in Agronomy* 141, 147-184.
- Sommer, S.G., Zhang, G.Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N.J., Menzi, H., Monteny, G.J., Ni, J.Q., Oenema, O., Webb, J., 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* 89, 261-335.
- Trindade, H.M.F., 1997. Fluxos e perdas de azoto em explorações forrageiras de bovinicultura leiteira no Noroeste de Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 213 pp.

Capítulo 2. Condicionantes legais à actividade pecuária

Objectivos:

Conhecer a principal legislação ambiental aplicável à actividade pecuária.

Conteúdos conceptuais:

- 2.1. Título de utilização dos recursos hídricos
- 2.2. Regime de exercício da actividade pecuária
- 2.3. Normas de gestão de efluentes pecuários
- 2.4. Normas da actividade pecuária
- 2.5. Licenciamento ambiental de explorações pecuárias
- 2.6. Avaliação de impacte ambiental
- 2.7. Programa nacional para as alterações climáticas
- 2.8. Inventariação de poluentes atmosféricos

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo estudam-se os principais regulamentos nacionais e internacionais necessários ao exercício da actividade pecuária. Em primeiro lugar, aborda-se a obtenção do título de utilização dos recursos hídricos, sendo necessário para a captação de água e, também, para a descarga de águas residuais tratadas no meio hídrico. O licenciamento das utilizações dos recursos hídricos é regulamentado pela Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro (Lei da água) e Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio (regime de utilização dos recursos hídricos). As normas de qualidade de descarga no meio hídrico de efluente tratado são regulamentadas pelo Decreto-Lei n.º 152/1997 de 19 de Junho e Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto.

Em segundo lugar, apresenta-se o regime de exercício da actividade pecuária (Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de Junho, Declaração de Rectificação n.º 31/2013 de 24 de Julho, Decreto-Lei n.º 165/2014 de 5 de Novembro e Portaria n.º 68/2015 de 9 de Março). Em terceiro lugar, abordam-se as normas de gestão de efluentes pecuários, as quais incluem a definição do plano de gestão de efluentes pecuários (Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho e Portaria n.º 114-A/2011 de 23 de Março), da delimitação das zonas vulneráveis em Portugal (Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto), teor de metais pesados em resíduos aplicados aos solos (Decreto-Lei n.º 118/2006 de 21 de Junho), comercialização de fertilizantes orgânicos em Portugal (Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho), e o Código de Boas Práticas

Agrícolas e o Manual de Fertilização das Culturas do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

Em quarto lugar, descrevem-se as normas da actividade pecuária para os equídeos (Portaria n.º 634/2009 de 9 de Junho), coelhos e lebres (Portaria n.º 635/2009 de 9 de Junho), suínos (Portaria n.º 636/2009 de 9 de Junho), aves (Portaria n.º 637/2009 de 9 de Junho) e bovinos, ovinos, caprinos e cervídeos (Portaria n.º 42/2015 de 19 de Fevereiro). Em quinto lugar, aborda-se a norma que regulamenta o licenciamento ambiental de explorações pecuárias no âmbito da Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP) (Decreto-Lei n.º 173/2008 de 26 de Agosto). Em sexto lugar, descrevem-se as normas para a realização da Avaliação de Impacte Ambiental (Decreto-Lei n.º 69/2000 de 3 de Maio, Portaria n.º 330/2001 de 2 de Abril e Decreto-Lei n.º 197/2005 de 8 de Novembro), incluindo o Licenciamento Único de Ambiente (Decreto-Lei n.º 75/2015 de 11 de Maio e Portaria n.º 398/2015 de 5 de Novembro).

Em sétimo lugar, é apresentado o programa nacional para as alterações climáticas (Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015 de 30 de Julho). Por último, é descrita a regulamentação sobre a inventariação nacional de poluentes atmosféricos, incluindo os tectos de emissão nacional de poluentes atmosféricos (Decreto-Lei n.º 193/2003 de 22 de Agosto e Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de Dezembro) e as Instituições envolvidas no inventário (Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Agência Europeia do Ambiente (EEA) e Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)).

Bibliografia seleccionada:

Legislação ambiental aplicável ao sector pecuário, disponível em: <https://dre.pt/> (Diário da República Portuguesa) e <http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=pt> (União Europeia).

Capítulo 3. Produção de efluentes pecuários e uso eficiente da água

Objectivos:

Implementar procedimentos que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal e o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis.

Conteúdos conceptuais:

- 3.1. Consumos de água
- 3.2. Minimização da produção de efluentes
- 3.3. Reutilização de águas
- 3.4. Estimativa da produção de efluentes

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo estudam-se técnicas que visem a minimização dos consumos de água, redução dos efluentes gerados e reutilização de águas em explorações pecuárias, no âmbito da Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP) e uso eficiente da água. Em primeiro lugar, apresentam-se procedimentos para estimativa e/ou monitorização dos consumos de água para ingestão animal e lavagem de instalações na exploração, baseados em registos dos consumos de água ou em estimativas com base em valores de referência. São apresentadas soluções alternativas para abastecimento de águas, com recurso a sistemas de abastecimento separativos para abeberamento e lavagens.

Em segundo lugar, abordam-se estratégias para minimização da produção de efluentes, visando a redução da ingestão de água pelos animais, dos volumes de água para lavagens e associados à diluição de efluentes. Descrevem-se soluções para redução da ingestão de água pelos animais, tendo por base a melhoria da climatização das instalações pecuárias, nomeadamente: isolamento térmico da cobertura de edifícios, ventilação, nebulização (arrefecimento evaporativo) e ventiladores, *green roofs* e colocação de faixas de árvores junto a instalações pecuárias. Apresentam-se soluções alternativas para o uso eficiente da água em bebedouros, na lavagem de pavimentos e da sala de ordenha, e para redução da entrada de águas pluviais ou escorrências em estruturas de armazenamento de efluentes.

Em terceiro lugar, abordam-se soluções técnicas para reutilização de águas, a partir da captação e armazenamento de águas pluviais e da utilização de efluente tratado para lavagens e fertirrigação. Por último, descrevem-se os procedimentos para estimativa da produção de efluentes em explorações pecuárias, com base em valores de referência (Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho, Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto e Código de Boas Práticas Agrícolas) e através de registos em explorações pecuárias.

Bibliografia seleccionada:

- Andrews, J., Davison, T., Pereira, J., 2016. Dairy Farm Layout and Design: Building and Yard Design, Warm Climates. In: Smithers G. (Ed.) Reference Module in Food Science. Elsevier, UK. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00705-8.
- MDC, 2007. Effective use of water on dairy farms. Milk Development Council (MDC), Trent Lodge, UK, 36 pp.
- Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L.D., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Italy, EUR 28674 EN, 858 pp. doi: 10.2760/020485.

Capítulo 4. Caracterização dos efluentes pecuários

Objectivos:

Conhecer e interpretar os parâmetros de caracterização física, química e biológica de efluentes pecuários.

Conteúdos conceptuais:

- 4.1. Caracterização física de efluentes
- 4.2. Caracterização química de efluentes
- 4.3. Caracterização biológica de efluentes

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo são abordados os conceitos relativos à caracterização física, química e biológica de efluentes pecuários de acordo com o Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto e Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho. Apresentam-se os procedimentos a seguir para amostragem, recolha e preservação de amostras de efluentes para análise laboratorial. De seguida, descrevem-se de forma resumida as metodologias laboratoriais de rotina para caracterização física, química e biológica de efluentes pecuários. Os parâmetros são os seguintes: humidade, matéria orgânica, massa volúmica aparente, pH (H₂O), condutividade eléctrica; carbono (C) e azoto (N) totais; azoto orgânico, amoniacal (NH₄⁺) e nítrico (NO₃⁻); fósforo (P₂O₅), potássio (K₂O), cálcio (CaO), magnésio (MgO) e boro (B) totais; cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn) e mercúrio (Hg) totais; óleos e gorduras; sólidos suspensos totais (SST), sólidos voláteis (SV); Carência química em oxigénio (CQO) e carência bioquímica em oxigénio (CBO₅, 20 °C); Coliformes fecais e totais, *Salmonella spp.*, e *Escherichia coli*.

Bibliografia seleccionada:

Decreto-Lei n.º 152/1997 de 19 de Junho.

Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto.

Pirra, A.J.D., 2005. Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da região demarcada do Douro. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 296 pp.

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho.

Capítulo 5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários

Objectivos:

Compreender os princípios de funcionamento das tecnologias de tratamento e valorização de efluentes. Seleccionar e aplicar soluções integradas de tratamento e valorização de efluentes em explorações pecuárias.

Conteúdos conceptuais:

- 5.1. Separação de sólidos-líquidos
- 5.2. Compostagem
- 5.3. Digestão anaeróbia
- 5.4. Tratamento aeróbio
- 5.5. Lagunagem
- 5.6. Tratamento vegetativo

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo são abordados os conceitos relativos aos princípios de funcionamento das tecnologias de tratamento e valorização de efluentes. Descrevem-se soluções técnicas de baixo custo, com potencial utilização em explorações pecuárias, nomeadamente: separação de sólidos-líquidos, compostagem, digestão anaeróbia, tratamento aeróbio, lagunagem e tratamento vegetativo.

Em primeiro lugar, a separação de sólidos-líquidos realiza-se por separação mecânica (com recurso a: grades de retenção de detritos, tanques de sedimentação, tamisadores, filtros de banda, prensas e centrífugas) e por separação química (utilizando aditivos inorgânicos e orgânicos: exemplos, sulfato de alumínio e poliacrilamidas). A selecção da tecnologia de separação de sólidos-líquidos tem por base os seguintes critérios de selecção: eficiência de remoção, rendimento e consumo energético. Abordagem a processos combinados de separação sólidos-líquidos, como por exemplo acidificação seguida de separação mecânica ou separação mecânica seguida de separação química ou separação mecânica seguida de inibidores de urease e/ou de nitrificação.

Em segundo lugar, apresenta-se a definição de compostagem de resíduos orgânicos, descrevem-se as suas fases (mesófila, termófila, arrefecimento e maturação) e os factores que influenciam o processo (estrutura do substrato, arejamento, teor de humidade, razão C/N, pH, temperatura, inoculação e nutrientes). De seguida, apresentam-se as tecnologias de compostagem empregando sistemas de compostagem lenta (sistemas abertos) ou acelerada (sistemas fechados). Os sistemas abertos, dividem-se em sistema de pilhas revolvidas (*windrow*) e sistema de pilhas estáticas arejadas, enquanto que os sistemas fechados têm por base reactores fechados sob condições controladas. Descrição técnica das dimensões da pilha de compostagem, dos parâmetros de controlo (humidade, temperatura, granulometria, razão C/N, inoculação e revolvimento) e das condicionantes de utilização do composto (comercialização de fertilizantes orgânicos: Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho).

Em terceiro lugar, aborda-se a digestão anaeróbia de efluentes ou de lamas resultantes, a qual é condicionada pelos seguintes factores: temperatura, carga orgânica, tempo de retenção hidráulica e tempo de retenção dos sólidos, alcalinidade, valor de pH, razão F/M, elementos tóxicos, teor de nutrientes (C, N e P) e de NH₃. Apresentação das fases da digestão anaeróbia, nomeadamente: hidrólise (solubilização dos compostos orgânicos), acidogénese (formação de ácidos gordos voláteis) e metanogénese (formação de CH₄). De seguida, apresenta-se a constituição, funcionamento e eficiência de remoção de tecnologias de digestão anaeróbia, designadamente: lagoas anaeróbias cobertas, digestores de fluxo em pistão e digestores de mistura completa. Descrição técnica do sistema de aproveitamento de biogás, nomeadamente: purificação do biogás, armazenamento e queima de biogás, aquecimento de água e produção de energia eléctrica.

Em quarto lugar, apresentam-se os sistemas de tratamento aeróbio com as seguintes configurações: sistemas de tratamento aeróbio descontínuo, semi-contínuo e contínuo. Descrição técnica dos sistemas de arejamento (arejador sub-superficial por injeção de ar, arejador superficial e do tipo *venturi-jet*), parâmetros de controlo (tempo de retenção hidráulica, temperatura e oxigénio dissolvido) e da eficiência de remoção dos sistemas de tratamento aeróbio.

Em quinto lugar, abordam-se as características técnicas, carga orgânica e eficiência de remoção das lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação que integram o sistema de tratamento por lagunagem.

Por último, apresenta-se a classificação, mecanismos de remoção de contaminantes, espécies de plantas e características técnicas do tratamento vegetativo. As soluções de tratamento vegetativo de efluentes classificam-se em leito com fluxo superficial e leito com fluxo sub-superficial (fluxo horizontal ou fluxo vertical). De seguida descrevem-se o ciclo vegetativo e práticas agronómicas das espécies de plantas enraizadas (caniço (*Phragmites spp.*), junco (*Scirpus spp.*) e tábua (*Typha spp.*), e aquáticas lírio-dos-pantanos (*Íris pseudacorus*), que podem ser utilizadas em soluções de tratamento de efluentes em Portugal. Descrição das características técnicas da tecnologia de tratamento vegetativo: carga de contaminantes (SST, CBO₅, N, P e metais pesados), eficiência de remoção, carga hidráulica, tempo de retenção hidráulica, taxa de inundação, área e geometria do leito, configuração e referência a aspectos construtivos.

Bibliografia seleccionada:

- Andrews, J., Davison, T., Pereira, J., 2016. Dairy Farm Layout and Design: Building and Yard Design, Warm Climates. In: Smithers G. (Ed.) Reference Module in Food Science. Elsevier, UK. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00705-8.
- Burton, C.H., Turner, C., 2003. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. 2nd edition, Silsoe Research Institute, Silsoe, UK, 451 pp.
- Pereira, J.L.S., 2005. Manipulação de efluentes de bovinicultura: pré-tratamento e aplicação ao solo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 152 pp.
- Ribeiro, R., 2003. Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes de suinicultura em lagoas de estabilização. Teses de Mestrado LNEC, TM 10, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 105 pp.
- Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T., Jensen, L.S., 2013. Animal Manure Recycling: Treatment and Management. Wiley, UK, 384 pp.
- USDA, 2010. Part 637 Environmental Engineering. National Engineering Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>
- USDA, 2012. Part 651 Agricultural Waste Management Field Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>

Capítulo 6. Valorização agrícola de efluentes pecuários

Objectivos:

Elaborar planos de gestão de efluentes pecuários conforme o regime de exercício da actividade pecuária.

Conteúdos conceptuais:

6.1. Estruturas de armazenamento de efluentes

6.2. Plano de gestão de efluentes pecuários

Descrição de conteúdos procedimentais:

Neste capítulo são abordados os conceitos sobre planos de gestão de efluentes pecuários (Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho, Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto, Código de Boas Práticas Agrícolas e Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de Dezembro). Descrição dos materiais, características técnicas e método de cálculo da capacidade de armazenamento de efluentes na exploração pecuária.

Por último, abordam-se os aspectos associados ao planeamento da aplicação de efluentes aos solos, nomeadamente: quantificação do valor fertilizante dos efluentes (N, P e K), épocas e doses de efluente a aplicar aos solos, fluxos e perdas de azoto associados à aplicação de efluentes aos solos, estratégias para minimização de perdas, equipamentos de transporte, de espalhamento e de incorporação de efluentes nos solos e planos de fertilização (contabilização do valor fertilizante dos efluentes para as culturas agrícolas).

Bibliografia seleccionada:

MWPS, 1998. Liquid Manure Application Systems Design Manual. NRAES-89, Midwest Plan Service, Ames, USA, 168 pp.

USDA, 2012. Part 651 Agricultural Waste Management Field Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>

Capítulo 7. Impacto ambiental da produção animal

Objectivos:

Conhecer as fontes e compreender os mecanismos de poluição gerados pelos sistemas de produção animal. Identificar e quantificar os problemas ambientais sobre a atmosfera e águas e aplicar técnicas de protecção ambiental. Implementar procedimentos que contribuam para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal e o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis.

Conteúdos conceptuais:

- 7.1. Emissão de gases com efeito de estufa e acidificante, matéria particulada e odores
- 7.2. Metodologias e equipamentos de monitorização
- 7.3. Mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera e águas

Descrição dos conteúdos procedimentais:

Neste capítulo são abordados os conceitos relativos às emissões gasosas, matéria particulada, odores, métodos de monitorização e mitigação do impacto ambiental. Em primeiro lugar, descrevem-se os processos de formação e emissão de gases com efeito de estufa (N_2O , CO_2 e CH_4) e acidificante (NH_3 e NO), H_2S , odores (unidade de odor, concentração, emissão média e factor de emissão de odores) e matéria particulada ($\text{PM}_{2.5}$ μm e $\text{PM}_{10.0}$ μm) com origem nos sistemas de produção animal e das diferentes etapas da gestão dos efluentes produzidos (fermentação entérica, instalações, estruturas de armazenamento, aplicação de efluentes ao solo e pastoreio).

Em segundo lugar, apresentam-se as principais metodologias e equipamentos de medição de gases (armadilhas ácidas, analisador de quimioluminescência, tubos de detecção de gases, analisador foto-acústico de gases e cromatografia gasosa), odores (cromatografia gasosa e olfatómetro de campo), matéria particulada (sistemas de amostragem para $\text{PM}_{2.5}$ μm e $\text{PM}_{10.0}$ μm) e lixiviação de nutrientes (cápsulas de sucção e métodos lisimétricos).

Em terceiro lugar, abordam-se as técnicas de mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera (gases com efeito de estufa e acidificante, odores e matéria particulada) e águas (azoto, fósforo e contaminação fecal). Descrição das melhores técnicas disponíveis (MTD) na gestão de efluentes animais, nos termos do documento de referência [BREF - Best Available Techniques (BAT) REFERENCE], Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de Dezembro e Portaria n.º

631/2009 de 9 de Junho. Referência a técnicas mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera e águas descritas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e Agência Europeia do Ambiente (EEA) (fermentação entérica, instalações, estruturas de armazenamento, aplicação de efluentes ao solo e pastoreio).

Bibliografia seleccionada:

- Cambra-López, M., Aarnink, A.J.A., Zhao, Y., Calvet, S., Torres, A.G., 2010. Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environmental Pollution* 158, 1-17.
- CIGR, 1994. Aerial environment in animal housing. Working Group Report Series No 94.1. International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) and CEMAGREF, Rennes, France, 116 pp.
- CIGR, 2014. The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group N° 14 Cattle Housing. International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. ISBN 978-2-9552352-0-1.
- Hassouna, M., Eglin, T., (Eds), 2016. Measuring emissions from livestock farming: greenhouse gases, ammonia and nitrogen oxides. INRA-ADEME, France, 220 pp, ISBN 2-7380-1392-9.
- Hristov, A.N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., Mcallister, T.A., Ndegwa, P.M., Rotz, A., 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Canadian Journal of Animal Science* 91, 1-35.
- Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Lee, C., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P.S., 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91, 5045-5069.
- Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A.N., Oh, J., Waghorn, G., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P.S., 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management options. *Journal of Animal Science* 91, 5070-5094.
- O'Neill, D.H., Phillips, V.R., 1991. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 1, Influence of the techniques for managing waste within the building. *Journal of Agricultural Engineering Research* 50, 1-10.

- O'Neill, D.H., Stewart, I.W., Phillips, V.R., 1992. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 2, The costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research* 51, 157-165.
- Pereira, J.L.S., 2010. Emissões de amoníaco e de gases com efeito de estufa em instalações e gestão de efluentes de bovinicultura no NW de Portugal. Tese de Doutoramento em Engenharia Rural, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 193 pp.
- Pereira, J., Trindade, H., 2014. Control of ammonia emissions in naturally ventilated dairy cattle facilities in Portugal. *Engenharia Agrícola* 34 (3), 600-609.
- Pereira, J., Trindade, H., 2015. Impact of the intensity of milk production on ammonia and greenhouse gas emissions in Portuguese cattle farms. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Volume 13 (4), e06SC05.
- Rotz, C.A., 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science* 82, E119-E137.
- Sakadevan, K., Nguyen, M.-L., 2017. Livestock production and its impact on nutrient pollution and greenhouse gas emissions. *Advances in Agronomy* 141, 147-184.
- Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L.D., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Italy, EUR 28674 EN, 858 pp. doi: 10.2760/020485.
- Schlegelmilch, M., Streese, J., Stegmann, R., 2005. Odour management and treatment technologies: An overview. *Waste Management* 25, 928-939.
- Sommer, S.G., Zhang, G.Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N.J., Menzi, H., Monteny, G.J., Ni, J.Q., Oenema, O., Webb, J., 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* 89, 261-335.
- Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T., Jensen, L.S., 2013. *Animal Manure Recycling: Treatment and Management*. Wiley, UK, 384 pp.

4.2.2. Conteúdos da componente prática

O ensino prático incluído na unidade curricular permite um contacto de maior proximidade com as matérias lecionadas nas aulas teóricas, mas que pela sua complexidade por vezes não são apreendidas de imediato. Pretende-se desenvolver uma maior capacidade de aplicação dos conceitos teóricos à resolução de problemas concretos.

Trabalho 1. Regime jurídico do exercício da actividade pecuária

Objectivo: Conhecer as normas de exercício da actividade pecuária.

Procedimento:

Regime jurídico do exercício da actividade pecuária nas explorações pecuárias, entrepostos e centros de agrupamento, bem como as normas a aplicar às actividades de gestão, por valorização ou eliminação, dos efluentes pecuários, anexas a explorações pecuárias ou autónomas, isto é, às unidades intermédias, aos entrepostos de fertilizantes orgânicos, unidades de compostagem e de produção de biogás.

Será disponibilizado na plataforma e-Learning da ESAV (<http://moodle.esav.ipv.pt/>) toda a legislação ambiental aplicável ao sector pecuário, conjuntamente com uma cópia da apresentação, em formato MS PowerPoint, dos conteúdos da componente teórica “2. Condicionantes legais à actividade pecuária”.

Na primeira parte da aula, os alunos farão pesquisa em grupo (de três elementos) sobre o tema atribuído (por exemplo: licença ambiental ou plano de gestão de efluentes pecuários). Na segunda parte da aula, os alunos responderão a perguntas, dirigidas por elementos de outros grupos, acerca do tema atribuído. No final da aula, o docente fará uma síntese dos aspectos chave descritos nas normas de exercício da actividade pecuária.

Questões:

Requisitos legais necessários para o licenciamento da actividade pecuária?

Gestão de efluentes pecuários e normas técnicas a observar no âmbito do licenciamento das actividades de valorização agrícola ou de transformação dos efluentes pecuários?

Condições de produção, recolha, armazenamento, transporte, valorização, transformação, tratamento e destino final dos efluentes pecuários?

Condições aplicáveis a outros fertilizantes orgânicos, nomeadamente os produtos derivados de subprodutos de origem animal transformados?

Bibliografia:

Declaração de Rectificação n.º 31/2013 de 24 de Julho

Decreto-Lei n.º 152/1997 de 19 de Junho

Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto

Decreto-Lei n.º 69/2000 de 3 de Maio

Decreto-Lei n.º 193/2003 de 22 de Agosto

Decreto-Lei n.º 197/2005 de 8 de Novembro

Decreto-Lei n.º 118/2006 de 21 de Junho

Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio

Decreto-Lei n.º 173/2008 de 26 de Agosto

Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de Junho

Decreto-Lei n.º 165/2014 de 5 de Novembro

Decreto-Lei n.º 75/2015 de 11 de Maio

Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho

Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de Dezembro

Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro

Portaria n.º 330/2001 de 2 de Abril

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 634/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 635/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 636/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 637/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 114-A/2011 de 23 de Março

Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto

Portaria n.º 42/2015 de 19 de Fevereiro

Portaria n.º 68/2015 de 9 de Março

Portaria n.º 398/2015 de 5 de Novembro

Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015 de 30 de Julho.

Trabalho 2. Volume e composição de efluentes animais

Objectivo: Seleccionar valores de referência do volume e composição de efluentes animais.

Procedimento:

O cálculo da capacidade de armazenamento e o tratamento/valorização de efluentes tem por base o conhecimento da composição e volume dos efluentes gerados, sendo obtido com recurso a análises laboratoriais ou valores de referência da quantidade e composição média de efluentes não diluídos produzidos anualmente por diferentes espécies animais.

Será disponibilizado na plataforma e-Learning da ESAV (<http://moodle.esav.ipv.pt/>) cópias de análises de chorumes e estrumes animais com e sem tratamento, assim como dos valores de referência do volume e composição de efluentes pecuários (Código de Boas Práticas Agrícolas, Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto e Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho).

Na primeira parte da aula, os alunos farão pesquisa em grupo (de três elementos) sobre a composição e volume do efluente que lhe for atribuído (por exemplo: chorumes de vacas leiteiras ou estrumes de frangos de engorda). Na segunda parte da aula, os alunos responderão a perguntas, dirigidas por elementos de outros grupos, acerca do tema atribuído. No final da aula, o docente fará uma síntese sobre a composição de diferentes efluentes e resíduos animais.

Questões:

Expressar os teores de N e P em peso seco e peso fresco e calcular as doses de efluente a aplicar aos solos?

Comparar a composição de diferentes efluentes e resíduos animais com e sem tratamento?

Quantidade de efluentes produzidos anualmente por diferentes espécies animais e sistemas de alojamento?

Bibliografia:

Decreto-Lei n.º 152/1997 de 19 de Junho

Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho

Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto.

Trabalho 3. Exercícios sobre compostagem e aplicação ao solo

Objectivo: Elaborar planos de compostagem e de aplicação aos solos de efluentes animais.

Exercício 1:

Resíduos florestais (RF), com uma razão C/N de 60, são misturados com resíduos orgânicos de avicultura (AV) (razão C/N = 10). A composição dos resíduos é a seguinte:

- Teor de humidade nos resíduos: $H_{AV} = 60\%$; $H_{RF} = 35\%$;
- Teor de N total nos resíduos: $N_{AV} = 9,1\%$; $N_{RF} = 0,5\%$;
- Peso específico dos resíduos = 1200 kg m^{-3} .

Responda às seguintes questões, apresentando os cálculos para o efeito.

- a) Determine a proporção dos componentes na mistura de resíduos a compostar para que a razão C/N inicial na mistura seja 25. Expresse os resultados obtidos com base no peso fresco de resíduos.
- b) Verifique o resultado obtido e determine teor de humidade da mistura de resíduos a compostar.
- c) Se um avicultor tiver 100 m^3 de camas para serem compostadas nas condições anteriores, indique a quantidade de resíduos florestais, expressa em camiões de 10 toneladas, necessários para realizar a compostagem.
- d) Elabore o plano da compostagem, considerando que será realizada em pilhas estáticas revolvidas periodicamente e durante 5 meses. Inclua todos os meios necessários e o rendimento esperado de resíduo compostado.

Exercício 2:

Um Bovicultor pretende aplicar $170 \text{ kg N total ha}^{-1}$ sob a forma de chorume à sementeira da cultura de milho silagem. O teor em nutrientes no chorume fresco é o seguinte:

- Teor de N total = 4 g kg^{-1} ;
- Teor de N mineral = 2 g kg^{-1} ;
- Teor de P = $0,4 \text{ g kg}^{-1}$;
- A mineralização do N orgânico proveniente do chorume durante esta cultura forrageira é 60% do N orgânico aplicado;
- As emissões gasosas durante o espalhamento do chorume e durante o ciclo da cultura forrageira representam 12% do N total aplicado sob a forma de chorume;

- A exportação de nutrientes pela cultura de milho silagem é de 280 kg N ha⁻¹ e 100 kg P ha⁻¹.

Responda às seguintes questões, apresentando os cálculos para o efeito.

- a) Quantas cisternas de chorume, com 4 m³ de capacidade, o Bovicultor deverá aplicar de forma a aplicar a dose pretendida?
- b) Determine a velocidade de trabalho no espalhamento do chorume aos solos, considerando que o débito da cisterna é de 60 t h⁻¹ e a largura de trabalho de 4 m.
- c) Qual a quantidade de N e P por hectare que será disponibilizada pelo chorume durante o ciclo da cultura forrageira?
- d) Que quantidade de N e P na forma de adubo mineral será necessário aplicar de forma a satisfazer as necessidades totais de exportação pela cultura forrageira?
- e) Que técnica recomendaria ao Bovicultor de forma a reduzir as emissões gasosas e de odores devido à aplicação do chorume à sementeira da cultura forrageira?

Bibliografia:

Pereira, J.L.S., 2005. Manipulação de efluentes de bovinicultura: pré-tratamento e aplicação ao solo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 152 pp.

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., 1993. Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues. International Edition, MacGraw-Hill, USA, 978 pp.

Trabalho 4. Plano de gestão de efluentes pecuários

Objectivo: Elaborar o plano de gestão de efluentes pecuários.

Procedimento:

A elaboração do plano de gestão de efluentes pecuários constituiu uma peça fundamental para a apreciação e decisão de aprovação do processo de licenciamento.

Será disponibilizada na plataforma e-Learning da ESAV (<http://moodle.esav.ipv.pt/>) uma cópia da Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho, assim como a Norma Técnica para elaboração do plano de gestão dos efluentes pecuários do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

Os alunos elaboram, ao longo do semestre, o plano de gestão de efluentes pecuários em grupo (de dois elementos) para uma exploração pecuária concreta, incluindo o seguinte:

- a) Descrição pormenorizada da exploração: localização das estruturas, estábulos e afins, que servem de suporte à actividade, parcelas de terreno onde será realizada a valorização agrícola do efluente pecuário.
- b) Composição pormenorizada dos efectivos animais e composição e volume dos efluentes produzidos.
- c) Descrição pormenorizada dos processos e das estruturas de recolha, redução, armazenamento, transporte, tratamento e transformação ou eliminação dos efluentes pecuários.
- d) Descrição pormenorizada do encaminhamento ou destino dos efluentes pecuários produzidos (valorização agrícola na exploração ou por terceiros ou encaminhamento para outros destinos).

Na última aula do semestre, os alunos apresentam (10 minutos) o trabalho desenvolvido, respondendo a perguntas, dirigidas por elementos de outros grupos e pelo docente.

Bibliografia:

MWPS, 1998. Liquid Manure Application Systems Design Manual. NRAES-89, Midwest Plan Service, Ames, USA, 168 pp.

Pereira, J.L.S., 2005. Manipulação de efluentes de bovinicultura: pré-tratamento e aplicação ao solo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 152 pp.

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho.

Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto.

USDA, 2012. Part 651 Agricultural Waste Management Field Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>

Trabalho 5. Monitorização de gases em instalações pecuárias

Objectivo: Conhecer os procedimentos de utilização de instrumentos de monitorização de gases em instalações pecuárias.

Procedimento:

A monitorização das concentrações e emissões de gases é um aspecto fundamental na saúde e bem-estar animal e humana e no exercício da actividade pecuária.

Na primeira parte da aula, os alunos terão contacto com os equipamentos disponíveis no laboratório de engenharia rural da ESAV. O docente demonstrará os procedimentos de utilização dos seguintes instrumentos e respectivos softwares:

- a) Analisador foto-acústico (NH₃, N₂O, CO₂ e CH₄) INNOVA 1412i-5 da marca Lumasense Technologies.
- b) Amostrador multiponto INNOVA 1409-12 da marca Lumasense Technologies.
- c) Micrologger CR3000 da marca Campbell Scientific.
- d) Sensores de temperatura e humidade relativa CS215 da marca Campbell Scientific.
- e) Sensor de dióxido de carbono GM222 da marca Vaisala.
- f) Anemómetro ultra-sónico Windmaster Pro 3D da marca GILL.
- g) Registador de pressão estática KP320 da marca KIMO.

Na segunda parte da aula, será realizada a monitorização das concentrações de gases nas instalações para ovinos/caprinos, coelhos e aves da ESAV. Serão colocadas tubagens em Teflon (3 mm de diâmetro interno) para condução de amostras gasosas para um analisador foto-acústico de gases (INNOVA 1412i-5, LumaSense Technologies), controlado por um amostrador multiponto (INNOVA 1409-12, Lumasense Technologies).

Bibliografia:

- Alberdi, O., Arriaga, H., Calvet, S., Estellés, F., Merino, P., 2016. Ammonia and greenhouse gas emissions from an enriched cage laying hen facility. *Biosystems Engineering* 144, 1-12.
- Hassouna, M., Eglin, T., (Eds), 2016. *Measuring emissions from livestock farming: greenhouse gases, ammonia and nitrogen oxides*. INRA-ADEME, France, 220 pp, ISBN 2-7380-1392-9.

- Ni, J.Q., Heber, A.J., 2008. Sampling and measurement of ammonia at animal facilities. *Advances in Agronomy* 98, 201-269.
- Pereira, J.L.S., 2017. Assessment of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in Portugal. *Atmospheric Pollution Research* 8, 949-955.
- Pereira, J.L.S., Ferreira, S., Garcia, C.S.P., Conde, A., Ferreira, P., Pinheiro, V., Trindade, H., 2017. Assessment of ammonia and carbon dioxide concentrations in a breeding hen building under Portuguese winter. *International Journal of Food and Biosystems Engineering* 5, 1-6.
- Saha, C.K., Ammon, C., Berg, W., Fiedler, M., Loebstin, C., Sanftleben, P., Brunsch, R., Amon, T., 2014. Seasonal and diel variations of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy building and the associated factors influencing emissions. *Science of The Total Environment* 468-469, 53-62.

Trabalho 6. Exercício sobre emissões gasosas de pavimentos

Objectivo: Conhecer os procedimentos de tratamento de dados de emissões gasosas.

Exercício:

Será disponibilizado na plataforma e-Learning da ESAV (<http://moodle.esav.ipv.pt/>) uma cópia do ficheiro, em formato MS Excel, com os dados originais da medição das concentrações de NH₃, N₂O, CO₂ e CH₄ de dois tipos de pavimentos de instalações para bovinos, publicados no artigo: Pereira, J., Fangueiro, D., Misselbrook, T.H., Chadwick, D.R., Coutinho, J., Trindade, H., 2011. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted and solid floors in dairy cattle houses: A scale model study. *Biosystems Engineering* 109, 148-157.

Nestas aulas com exercícios que requerem a implementação de fórmulas em folhas de cálculo, o início da resolução é demonstrada para todos os alunos, de modo a que os menos familiarizados com folhas de cálculo possam acompanhar o ritmo da turma.

Os alunos realizam algumas etapas do tratamento dos dados, conforme aparece no artigo, incluindo o seguinte:

- a) Determinação dos fluxos de gases expressos em mg N ou C m⁻² h⁻¹.
- b) Determinação das emissões acumuladas expressas em g m⁻², % N ou C aplicado, e g CO₂-eq. m⁻².
- c) Apresentação de figuras e tabelas.

Bibliografia:

Pereira, J., Fangueiro, D., Misselbrook, T.H., Chadwick, D.R., Coutinho, J., Trindade, H., 2011. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted and solid floors in dairy cattle houses: A scale model study. *Biosystems Engineering* 109, 148-157.

4.3. Bibliografia

Bibliografia de suporte à unidade curricular

- Burton, C.H., Turner, C., 2003. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. 2nd edition, Silsoe Research Institute, Silsoe, UK, 451 pp.
- Pereira, J.L.S., 2005. Manipulação de efluentes de bovinicultura: pré-tratamento e aplicação ao solo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 152 pp.
- Pereira, J.L.S., 2010. Emissões de amoníaco e de gases com efeito de estufa em instalações e gestão de efluentes de bovinicultura no NW de Portugal. Tese de Doutoramento em Engenharia Rural, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 193 pp.
- Santonja, G.G., Georgitzikis, K., Scalet, B.M., Montobbio, P., Roudier, S., Sancho, L.D., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs. Italy, EUR 28674 EN, 858 pp. doi: 10.2760/020485.
- Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T., Jensen, L.S., 2013. Animal Manure Recycling: Treatment and Management. Wiley, UK, 384 pp.
- USDA, 2012. Part 651 Agricultural Waste Management Field Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA), Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>

Bibliografia complementar

- Alberdi, O., Arriaga, H., Calvet, S., Estellés, F., Merino, P., 2016. Ammonia and greenhouse gas emissions from an enriched cage laying hen facility. *Biosystems Engineering* 144, 1-12.
- Andrews, J., Davison, T., Pereira, J., 2016. Dairy Farm Layout and Design: Building and Yard Design, Warm Climates. In: Smithers G. (Ed.) Reference Module in Food Science. Elsevier, UK. doi: 10.1016/B978-0-08-100596-5.00705-8.
- Cambra-López, M., Aarnink, A.J.A., Zhao, Y., Calvet, S., Torres, A.G., 2010. Airborne particulate matter from livestock production systems: A review of an air pollution problem. *Environmental Pollution* 158, 1-17.

- CIGR, 1994. Aerial environment in animal housing. Working Group Report Series No 94.1. International Commission of Agricultural Engineering (CIGR) and CEMAGREF, Rennes, France, 116 pp.
- CIGR, 2014. The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group N° 14 Cattle Housing. International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering. ISBN 978-2-9552352-0-1.
- Hassouna, M., Eglin, T., (Eds), 2016. Measuring emissions from livestock farming: greenhouse gases, ammonia and nitrogen oxides. INRA-ADEME, France, 220 pp, ISBN 2-7380-1392-9.
- Hristov, A.N., Hanigan, M., Cole, A., Todd, R., Mcallister, T.A., Ndegwa, P.M., Rotz, A., 2011. Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. *Canadian Journal of Animal Science* 91, 1-35.
- Hristov, A.N., Oh, J., Firkins, J., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Lee, C., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P.S., 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91, 5045-5069.
- Macedo, S.A.N.A., 2013, Avaliação do impacto ambiental de novas estratégias de gestão de chorumes para minimização de perdas de nutrientes e aumento da produção. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 69 pp.
- MDC, 2007. Effective use of water on dairy farms. Milk Development Council (MDC), Trent Lodge, UK, 36 pp.
- Montes, F., Meinen, R., Dell, C., Rotz, A., Hristov, A.N., Oh, J., Waghorn, G., Gerber, P.J., Henderson, B., Makkar, H.P.S., 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: II. A review of manure management options. *Journal of Animal Science* 91, 5070-5094.
- MWPS, 1998. Liquid Manure Application Systems Design Manual. NRAES-89, Midwest Plan Service, Ames, USA, 168 pp.
- Ni, J.Q., Heber, A.J., 2008. Sampling and measurement of ammonia at animal facilities. *Advances in Agronomy* 98, 201-269.
- O'Neill, D.H., Phillips, V.R., 1991. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 1, Influence of the techniques for managing waste within the building. *Journal of Agricultural Engineering Research* 50, 1-10.

- O'Neill, D.H., Stewart, I.W., Phillips, V.R., 1992. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 2, The costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research* 51, 157-165.
- Pereira, J.L.S., 2017. Assessment of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in Portugal. *Atmospheric Pollution Research* 8, 949-955.
- Pereira, J., Figueiro, D., Misselbrook, T.H., Chadwick, D.R., Coutinho, J., Trindade, H., 2011. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted and solid floors in dairy cattle houses: A scale model study. *Biosystems Engineering* 109, 148-157.
- Pereira, J.L.S., Ferreira, S., Garcia, C.S.P., Conde, A., Ferreira, P., Pinheiro, V., Trindade, H., 2017. Assessment of ammonia and carbon dioxide concentrations in a breeding hen building under Portuguese winter. *International Journal of Food and Biosystems Engineering* 5, 1-6.
- Pereira, J., Trindade, H., 2014. Control of ammonia emissions in naturally ventilated dairy cattle facilities in Portugal. *Engenharia Agrícola* 34 (3), 600-609.
- Pereira, J., Trindade, H., 2015. Impact of the intensity of milk production on ammonia and greenhouse gas emissions in Portuguese cattle farms. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Volume 13 (4), e06SC05.
- Pirra, A.J.D., 2005. Caracterização e tratamento de efluentes vinícolas da região demarcada do Douro. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 296 pp.
- Ribeiro, R., 2003. Contribuição para o estudo do tratamento de efluentes de suinicultura em lagoas de estabilização. Teses de Mestrado LNEC, TM 10, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 105 pp.
- Rotz, C.A., 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science* 82, E119-E137.
- Saha, C.K., Ammon, C., Berg, W., Fiedler, M., Loebstin, C., Sanftleben, P., Brunsch, R., Amon, T., 2014. Seasonal and diel variations of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy building and the associated factors influencing emissions. *Science of The Total Environment* 468-469, 53-62.
- Sakadevan, K., Nguyen, M.-L., 2017. Livestock production and its impact on nutrient pollution and greenhouse gas emissions. *Advances in Agronomy* 141, 147-184.

- Schlegelmilch, M., Streese, J., Stegmann, R., 2005. Odour management and treatment technologies: An overview. *Waste Management* 25, 928-939.
- Sommer, S.G., Zhang, G.Q., Bannink, A., Chadwick, D., Misselbrook, T., Harrison, R., Hutchings, N.J., Menzi, H., Monteny, G.J., Ni, J.Q., Oenema, O., Webb, J., 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy* 89, 261-335.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., 1993. *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues. International Edition*, MacGraw-Hill, USA, 978 pp.
- Trindade, H.M.F., 1997. Fluxos e perdas de azoto em explorações forrageiras de bovinicultura leiteira no Noroeste de Portugal. Tese de Doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 213 pp.
- USDA, 2010. Part 637 Environmental Engineering. *National Engineering Handbook. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture (USDA)*, Washington DC, USA. <http://directives.sc.egov.usda.gov/>

Legislação

Declaração de Rectificação n.º 31/2013 de 24 de Julho

Decreto-Lei n.º 152/1997 de 19 de Junho

Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de Agosto

Decreto-Lei n.º 69/2000 de 3 de Maio

Decreto-Lei n.º 193/2003 de 22 de Agosto

Decreto-Lei n.º 197/2005 de 8 de Novembro

Decreto-Lei n.º 118/2006 de 21 de Junho

Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de Maio

Decreto-Lei n.º 173/2008 de 26 de Agosto

Decreto-Lei n.º 81/2013 de 14 de Junho

Decreto-Lei n.º 165/2014 de 5 de Novembro

Decreto-Lei n.º 75/2015 de 11 de Maio

Decreto-Lei n.º 103/2015 de 15 de Junho

Directiva (UE) 2016/2284 de 14 de Dezembro

Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro

Portaria n.º 330/2001 de 2 de Abril

Portaria n.º 631/2009 de 9 de Junho
 Portaria n.º 634/2009 de 9 de Junho
 Portaria n.º 635/2009 de 9 de Junho
 Portaria n.º 636/2009 de 9 de Junho
 Portaria n.º 637/2009 de 9 de Junho
 Portaria n.º 114-A/2011 de 23 de Março
 Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto
 Portaria n.º 42/2015 de 19 de Fevereiro
 Portaria n.º 68/2015 de 9 de Março
 Portaria n.º 398/2015 de 5 de Novembro
 Resolução do Conselho de Ministros n.º 56/2015 de 30 de Julho.

Revistas científicas

Revista	Site:
Advances in Agronomy	http://www.sciencedirect.com/science/bookseries/00652113
Agriculture, Ecosystems and Environment	http://www.sciencedirect.com/science/journal/01678809?sdc=1
Atmospheric Environment	http://www.sciencedirect.com/science/journal/13522310?sdc=1
Atmospheric Pollution Research	https://www.journals.elsevier.com/atmospheric-pollution-research
Biosystems Engineering	http://www.sciencedirect.com/science/journal/15375110?sdc=1
Journal of Animal Science	https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas
Journal of Cleaner Production	http://www.sciencedirect.com/science/journal/09596526?sdc=1
Journal of Environmental Management	http://www.sciencedirect.com/science/journal/03014797?sdc=1
Journal of Environmental Quality	https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq
Reference Module in Food Science	http://www.sciencedirect.com/science/referenceworks/9780081005965
Transactions of the ASABE	https://elibrary.asabe.org/toc.asp

Endereços electrónicos

Entidade	Site:
EEA-Agência Europeia do Ambiente	https://www.eea.europa.eu/
APA-Agência Portuguesa do Ambiente	http://www.apambiente.pt/
CIGR-International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering	http://www.cigr.org/
Diário da República Portuguesa	https://dre.pt/
FANCOM	http://www.fancom.com/en
INRA-French National Institute for Agricultural Research	http://www.inra.fr/en
Legislação da União Europeia	http://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=pt
Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente	http://www.mapama.gob.es/es/
Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas	http://www.drapc.min-agricultura.pt/
IPCC-Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas	http://www.ipcc.ch/
RAMIRAN-Research Network on Recycling of Agricultural and Industrial Residues in Agriculture	http://ramiran.uvlf.sk/
USDA-United States Department of Agriculture	https://www.usda.gov/

5. Metodologia de ensino e avaliação

5.1. Planeamento

Semana	Duração (h)	Conteúdo programático
1	2 h T	Apresentação dos conteúdos programáticos da unidade curricular. Meios de apoio às aulas, bibliografia e acesso à plataforma informática. Normas de avaliação das matérias leccionadas. Capítulo 1. Introdução.
	2 h TP	Capítulo 1. Introdução.
2	2 h T	Capítulo 2. Condicionantes legais à actividade pecuária.
	2 h TP	Trabalho 1. Regime jurídico do exercício da actividade pecuária.
3	2 h T	Capítulo 3. Produção de efluentes pecuários e uso eficiente da água.
	2 h TP	Trabalho 1. Regime jurídico do exercício da actividade pecuária.
4	2 h T	Capítulo 4. Caracterização física, química e biológica de efluentes.
	2 h TP	Trabalho 2. Volume e composição de efluentes animais.
5	2 h T	Capítulo 5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 3. Exercícios sobre compostagem e aplicação ao solo.
6	2 h T	Capítulo 5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 3. Exercícios sobre compostagem e aplicação ao solo.
7	2 h T	Capítulo 5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 4. Plano de gestão de efluentes pecuários.
8	2 h T	Capítulo 5. Tecnologias de tratamento de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 4. Plano de gestão de efluentes pecuários.
9	2 h T	Capítulo 6. Valorização agrícola de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 4. Plano de gestão de efluentes pecuários.
10	2 h T	Capítulo 6. Valorização agrícola de efluentes pecuários.
	2 h TP	Trabalho 4. Plano de gestão de efluentes pecuários.
11	2 h T	Capítulo 7. Impacto ambiental da produção animal.
	2 h TP	Trabalho 5. Monitorização de gases em instalações pecuárias.
12	2 h T	Capítulo 7. Impacto ambiental da produção animal.
	2 h TP	Trabalho 5. Monitorização de gases em instalações pecuárias.
13	2 h T	Capítulo 7. Impacto ambiental da produção animal.
	2 h TP	Trabalho 6. Exercício sobre emissões gasosas de pavimentos.
14	2 h T	Capítulo 7. Impacto ambiental da produção animal.
	2 h TP	Trabalho 6. Exercício sobre emissões gasosas de pavimentos.
15	2 h T	Avaliação teórica.
	2 h TP	Avaliação prática.

T - Teórica; TP - teórico-prática.

5.2. Organização das aulas e metodologia

A unidade curricular de Qualidade Ambiental pertence ao 1.º Ciclo de estudos da Licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal da ESAV, do 1.º semestre do 2.º ano e tem 5 ECTS obrigatórios e um total de 128 horas de tempo de trabalho (60 horas de contacto: 30 horas teóricas e 30 horas teórico-práticas). A carga horária da unidade curricular é de 4 horas semanais (2 horas/semana teóricas e 2 horas/semana teórico-práticas), num semestre com 15 semanas de duração na ESAV.

O programa da unidade curricular está dividido em duas partes, leccionadas nas aulas teóricas e práticas. As aulas presenciais incluem aulas teórico-práticas em sala de aula convencional, laboratório de engenharia rural e laboratório de informática. As aulas de carácter teórico iniciam-se com a apresentação aos alunos de um plano da lição e dos objectivos pretendidos. A exposição dos conteúdos programáticos realiza-se em formato *MS PowerPoint*, com recurso a esquemas, figuras, gráficos e quadros de sistematização de informação para uma melhor compreensão dos assuntos. A organização de actividades de ensino e aprendizagem centradas em contextos reais, com significado para os alunos, facilitam o desenvolvimento integrado de competências de natureza conceptual e procedimental. Nas aulas com carácter prático, é fornecido ao aluno um protocolo contendo os objectivos, a descrição dos procedimentos e a bibliografia a consultar. A actividade a desenvolver é apresentada aos alunos através de uma breve exposição oral no início.

A unidade curricular terá horas de trabalho de carácter expositivo e de discussão em grupo relativamente aos principais conceitos leccionados. O ensino teórico tem como base a exposição dos conteúdos programáticos em sala de aula e orientação dos alunos para a elaboração do trabalho prático, que consiste na elaboração do plano de gestão de efluentes pecuários conforme o regime de exercício da actividade pecuária. As aulas práticas decorrem em sala de aula ou em laboratório. Uma vez que as apresentações das aulas são disponibilizadas no início do semestre, os alunos podem ter um primeiro contacto com os assuntos antes da aula, ou então usar algum tempo do período de aula teórico-prática para rever os slides apresentados. Como os recursos necessários para os exercícios práticos podem ser usados fora da sala de aula, os alunos poderão sempre acabar de resolver exercícios fora do tempo de aula.

Na unidade curricular são identificadas as principais fontes de emissão de poluentes gerados pelos sistemas de produção animal. Posteriormente identificam-se e caracterizam-se os efluentes gerados e explicam-se as tecnologias que podem ser empregues no tratamento e valorização. Por último, os alunos devem ser capazes de aplicar técnicas de protecção ambiental para mitigação do impacto ambiental sobre a atmosfera e águas. Com a abordagem anteriormente descrita, pretende-se que os alunos consigam identificar as fontes de emissão de poluentes, mas também que desenvolvam capacidades na gestão de soluções integradas de tratamento e valorização de efluentes e de mitigação do impacto ambiental. Estas competências serão potenciadas com a análise de casos de estudo nas aulas teórico-práticas e com a realização de trabalhos práticos a desenvolver autonomamente pelos alunos.

5.3. Avaliação

A avaliação da unidade curricular de Qualidade Ambiental é realizada através de um exame escrito teórico-prático, englobando os conhecimentos adquiridos nas vertentes teórica e teórico-prática, e de um trabalho sobre o plano de gestão de efluentes pecuários para um caso concreto. O aluno obterá aprovação à unidade curricular se a sua classificação final for igual ou superior a 10 valores (0 - 20).

As normas de avaliação da unidade curricular são as seguintes:

A. Condições de admissão a avaliação:

- Assistir a 75% das horas de contacto da unidade curricular (alunos do regime normal);
- Realizar e entregar nos prazos definidos os trabalhos e/ou relatórios escritos;
- Aos alunos com o estatuto de trabalhador-estudante aplica-se o Regulamento n.º 465/2008 de 18 de Agosto (Diário da República n.º 158 - 2.ª série).

B. Normas de avaliação:

Os alunos são avaliados por:

- Prova escrita (PE) teórico-prática 65%
- Trabalho prático (TP) 35%

Os alunos terão que realizar o trabalho prático proposto na componente prática (trabalho 4: Plano de gestão de efluentes pecuários), em grupos de 2 elementos. A não obtenção de classificações mínimas (≥ 8 valores) a cada uma das componentes de avaliação conduz à não aprovação na unidade curricular.

C. Classificação final à unidade curricular:

A classificação final ($\geq 10,0$ valores) é obtida a partir das seguintes avaliações parciais:

Classificação final (≥ 10 valores) = $(0,65 * PE) + (0,35 * TP)$.

D. Exame final nas épocas de avaliação da ESAV:

Elaboração e entrega do trabalho prático e realização da prova escrita. A classificação final à unidade curricular é obtida conforme anteriormente descrito.

E. Os restantes aspectos relativos à avaliação da unidade curricular seguem as normas gerais de avaliação de unidades curriculares da ESAV, descritas no Regulamento de Avaliação do Aproveitamento dos Estudantes da ESAV (Regulamento n.º 88/2015, Diário da República, 2.ª série - n.º 40 de 26-02-2015).

6. Material fornecido aos alunos

No início do semestre, os alunos têm acesso aos seguintes documentos a partir da plataforma e-Learning da ESAV (<http://moodle.esav.ipv.pt/>), nomeadamente:

1. Programa da unidade curricular no formato em vigor na ESAV, incluindo os objectivos, competências, conteúdos programáticos das componentes teórica e prática, metodologias de ensino e aprendizagem, bibliografia e sistema de avaliação.
2. Protocolos dos trabalhos práticos a desenvolver.
3. Apresentações dos conteúdos de cada capítulo do programa.
4. Legislação ambiental aplicável ao sector pecuário.

ANEXO

Plano de estudos da Licenciatura em Ciência e Tecnologia Animal

(Despacho n.º 5449/2014, Diário da República, 2.ª Série, n.º 76, de 17 de Abril de 2014)

Instituição: Escola Superior Agrária de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu

Área de formação: 621 - Produção Agrícola e Animal

Grau conferido: Licenciatura - 1º Ciclo

Código do estabelecimento/curso: 3185/9818

1º Ano

1.º Semestre

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Biomatemática	Matemática e Informática	Semestral	138	T -30; TP -30	5,0
Biofísica	Ciências Físicas	Semestral	138	T -30; TP -30	5,0
Biologia Celular e Histologia Animal	Ciências Veterinárias	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Anatomia e Fisiologia Animal I	Ciências Veterinárias	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Genética Molecular e Biotecnologia	Ciências Biológicas	Semestral	154	T -30; P -45	5,5
Microbiologia	Microbiologia e Proteção de Plantas	Semestral	126	T -30; P -30	4,5

2.º Semestre

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Bioestatística e Tecnologias de Informação em Ciência Animal	Matemática e Informática	Semestral	138	T -30; TP -30	5,0
Introdução às Tecnologias de Produção Animal	Ciência Animal	Semestral	138	T -30; TP -30	5,0
Bioquímica	Ciências Químicas	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Anatomia e Fisiologia Animal II	Ciências Veterinárias	Semestral	154	T -30; P -45	5,5
Agroclimatologia e Pedologia	Engenharia Rural	Semestral	126	T -30; P -30	4,5
Agroecossistemas	Fitotecnia e Nutrição Vegetal	Semestral	138	T -30; P -30	5,0

2º Ano**1.º Semestre**

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Melhoramento e Conservação dos Recursos Genéticos Animais	Ciência Animal	Semestral	126	T -30; P -30	4,5
Tecnologias da Produção Vegetal	Fitotecnia e Nutrição Vegetal	Semestral	108	TP -45	4,0
Instalações para Animais	Engenharia Rural	Semestral	126	T -30; P -30	4,5
Zootecnia de Precisão	Engenharia Rural	Semestral	126	T -30; P -30	4,5
Infecçiology e Imunologia	Ciências Veterinárias	Semestral	126	T -30; P -30	4,5
Gestão da Exploração Animal	Economia Agrária e Sociologia Rural	Semestral	108	TP -45	4,0
Nutrição Animal	Ciência Animal	Semestral	108	TP -45	4,0

2.º Semestre

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Reprodução Animal	Ciências Veterinárias	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Qualidade Ambiental	Engenharia Rural	Semestral	138	T-30; TP -30	5,0
Apicultura, Espécies Alternativas e Parques Zoológicos	Ciência Animal	Semestral	138	T -30;T P -30	5,0
Tecnologia dos Produtos de Origem Animal	Ciência e Tecnologia de Alimentos	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Controlo e Profilaxia de Parasitoses	Ciências Veterinárias	Semestral	132	T -30; P -30	5,0
Empreendedorismo em Ciência Animal	Economia Agrária e Sociologia Rural	Semestral	138	T -30; P -30	5,0

3º Ano**1.º Semestre**

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Produção de Ruminantes	Ciência Animal	Semestral	154	T -30; P - 45	5,5
Alimentação e Tecnologia dos Alimentos para Animais	Ciência Animal	Semestral	126	T -30; P - 30	4,5
Cunicultura e Espécies Cinegéticas	Ciência Animal	Semestral	140	T -30; P - 45	5,0
Aquacultura e Recursos Piscícolas	Ciência Animal	Semestral	132	T -30; P - 30	5,0
Avicultura e Suinicultura	Ciência Animal	Semestral	165	T -30; P - 45	6,0
Bem-Estar Animal	Ciência Animal	Semestral	108	TP -45	4,0

2.º Semestre

Unidades curriculares	Área científica	Duração	Horas de trabalho	Horas de contacto	ECTS
Laboratório em Ciência Animal	Ciência Animal / Ciências Veterinárias	Modular	140	O -60	5,0
Métodos de Investigação	Ciência Animal / Ciências Veterinárias	Modular	140	O -60	5,0
Projeto	Ciência Animal / Engenharia Rural	Modular	140	O -60	5,0
Estágio em Contexto Empresarial	Ciência Animal	Modular	405	E -180	15,0

T - Teórica; TP - Teórico-Prática; PL - Prática Laboratorial; S - Seminários; E - Estágios; TU - Tutoriais; O - Outras (Avaliações); ECTS - European Credit Transfer and Accumulation System.