

Avaliação do impacto de sistemas agrícolas alternativos da Região Agrária do Alentejo, para a descarbonização da economia portuguesa

Gonçalo Nina Jorge Vale

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientador: Professor Doutor Francisco Ramos Lopes Gomes da Silva

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira,
Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de
Lisboa

Vogais:

Professor Doutor Francisco Xavier Miranda Avillez, Professor Catedrático
Emérito do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Professor Doutor Francisco Ramos Lopes Gomes da Silva, Professor Auxiliar
do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

2019

Agradecimentos:

Queria agradecer, antes de tudo, a todos os que de alguma forma contribuíram para o meu percurso académico e pessoal ao longo destes anos no Instituto Superior de Agronomia e Wageningen University and Research, desde da Família a Amigos e Professores.

Queria deixar um agradecimento a toda a equipa da AGRO.GES, pela confiança que depositaram em mim, tal como todo o apoio que me foi dado ao longo de todo o percurso. Queria agradecer em particular ao Professor Francisco Gomes da Silva, orientador da dissertação, pela oportunidade, disponibilidade e apoio na elaboração da dissertação, ao Professor Francisco Avillez por proporcionar toda a sabedoria e partilha de conhecimento, e ao João Maria Carvalho e Nélia Aires por toda a ajuda e conselhos ao longo de todo o processo.

Obrigado aos amigos e amigas, por todos os momentos em que estiveram presentes, tanto nos bons como nos maus, tendo dado todo o apoio necessário ao longo de todo o trajeto.

Agradeço à Cláudia por toda a sua paciência, motivação e opiniões ao longo deste projeto.

Um especial agradecimento a toda a família, Avós, Tios, Tias, Primos, Primas, Irmã Maria e Irmão Francisco, e principalmente aos meus Pais por todas as oportunidades que me proporcionaram, apoio, acompanhamento, paciência e persistência ao longo de todo o meu percurso, a quem dedico esta dissertação.

Obrigado, Março 2019

Resumo:

Este trabalho, que surgiu no âmbito do Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050, onde são definidas metas para os vários setores económicos de forma a que Portugal atinja emissões nulas a partir de 2050, como acordado no Tratado de Paris em 2015, consiste na contabilização das emissões de gases com efeito de estufa, do setor agrícola da região agrária do Alentejo, em 2016, e posterior avaliação de sistemas agrícolas alternativos que contribuam para a redução do impacto agrícola nas emissões nacionais.

Durante este estudo, é realizada uma exaustiva pesquisa bibliográfica de tecnologias com potencial de redução de gases com efeito de estufa sendo estas relacionadas com o setor pecuário, desde da eficiência alimentar à eficiência no tratamento dos efluentes animais, bem como no setor vegetal, desde de sistemas de produção alternativo como o modo produção biológico e a agricultura de precisão à interdição da queima de resíduos agrícolas. Os sistemas alternativos são posteriormente avaliados os impactos que poderão ter nas emissões do setor. As emissões são calculadas através da metodologia do IPCC, metodologia esta usada no Relatório do Inventário Nacional realizado pela Agência Portuguesa do Ambiente e também no Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050.

Através da análise dos resultados obtidos, nota-se um grande impacto do setor pecuário nas emissões agrícolas, 88%, permitindo concluir que medidas ligadas a outros setores que não o pecuário, não terão grande impacto nas emissões. As emissões da região são também comparadas com as emissões Nacionais, fornecidas pelo Relatório do Inventário Nacional de emissões para Portugal, o que reflete a importância de distinguir as diferentes regiões em separado quando analisadas as medidas a implementar.

Palavras-Chave: Acordo de Paris; Neutralidade Carbónica; Gases com Efeito de Estufa; Medidas Mitigadoras; Emissões Agrícolas

Abstract:

This work, which emerged in the framework of the Roadmap for Carbon Neutrality on 2050 (Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050), in which are set goals for the different economic sector in order to help Portugal achieve zero emission in 2050, as agreed in the Treaty of Paris in 2015, consists of accounting greenhouse gas emissions by Alentejo's agricultural sector in 2016 and subsequent evaluation of alternative agriculture systems that are able to reduce the impact of this sector amongst the national level of emissions.

During this study, is analysed an exhaustive bibliography research on potential technologies that aim to reduce the emissions of greenhouse gas which are connected to animal sector, as food efficiency and animal effluents treatment efficiency, and to plant sector as organic production, precision agriculture and banning agricultural burning waste. Those impacts are evaluated and the emissions are calculated according to IPCC method which is used in the National Inventory Report by the Agência Portuguesa do Ambiente and in the Roadmap for Carbon Neutrality on 2050 (Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050).

Through the analysis of the results, is concluded that there is a great impact of the animal sector on the agricultural sector emissions, rated in 88%, which allows to claim that taking measures on other sectors than animal one will not have a significant impact. A comparison between Alentejo's and national level emissions is also made, which reflects the importance to decide about measures to implement distinguishing the different regions, analyzing the measures impact on each region separately and deciding also regionally.

Key words: Treaty of Paris; Carbon Neutrality; Greenhouse Gas; Mitigation Measures; Agriculture Emissions.

Índice:

Agradecimentos:	i
Resumo:	ii
Abstract:	iii
Índice:	iv
Índice de Quadros:	vii
Índice de Figuras:	xi
Listagem de Siglas e Abreviaturas	xiii
1- Introdução:	1
1.1- Objetivos:	1
2- Revisão Bibliográfica:	2
2.1- Alterações Climáticas e Acordo de Paris:	2
2.2- Política Agrícola Comum na Europa (PAC):	3
2.2.1- História da Política Agrícola Comum na Europa:	3
2.3- Emissões de Gases com Efeito de Estufa:	5
2.3.1- Emissões de Gases com Efeito Estufa na Europa e em Portugal: ...	5
2.3.2- Emissões de Gases com Efeito Estufa do Setor Agrícola no Mundo, na Europa e em Portugal:	8
2.3.3- Emissões do Setor Agrícola:	9
2.4- Medidas Mitigadoras	13
2.4.1- Fermentação entérica:	13
2.4.2- Gestão de efluentes pecuários:	17
2.4.3- Solos Agrícolas:	19
2.4.4- Cultura do Arroz:	21
2.4.5- Queima de Resíduos Agrícolas:	21
3- Metodologia:	22
3.1- Emissões de GEE na região do Alentejo no ano de 2016:	23
3.1.1- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela fermentação entérica:	23
3.1.2- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários:	25
3.1.3- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela cultura do arroz:	26
3.1.4- Fatores de emissão e emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários:	28
3.1.5- Fatores de emissão e emissões de N₂O pelos solos agrícolas:	34
3.1.6- Fatores de emissão e emissões pela queima de resíduos agrícolas:	49
3.1.7- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela calagem:	50
3.1.8- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela aplicação de ureia:	51
3.1.9- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela maquinaria agrícola:	51

3.1.10-	Fatores de emissão e emissões de CO ₂ pela eletricidade:.....	53
3.1.11-	Emissões em CO ₂ e:.....	54
3.2-	Emissões do setor agrícola na região do Alentejo com Medidas Mitigadoras.....	55
3.2.1-	Emissões com medida mitigadora redução de Pagamento Ligado à Produção aos ruminantes (Políticas):.....	55
3.2.2-	Emissões com medida mitigadora de interdição da queima de resíduos agrícolas:	56
3.2.3-	Emissões com medida mitigadora de aumento de área de modo produção biológico:.....	56
3.2.4-	Emissões com medida mitigadora de aumento de área de agricultura de precisão:.....	58
3.2.5-	Emissões com medida mitigadora nos sistemas de gestão de efluentes pecuários:	59
3.2.6-	Emissões com medida mitigadora de aumento da digestibilidade dos animais:.....	59
3.2.7-	Emissões com medida mitigadora de alteração das práticas na cultura do arroz:.....	60
4-	Resultados	61
4.1-	Emissões totais globais:	61
4.1.1-	Emissões totais globais por fonte de emissão:.....	61
4.1.2-	Emissões totais globais por tipo de gás emitido:.....	68
4.2-	Emissões totais globais por tipo de gás emitido e fonte de emissão:...	69
4.2.1-	Emissões do setor agrícola com medidas mitigadoras:	69
4.2.2-	Emissões do setor agrícola com redução dos Pagamentos Ligados à Produção nos ruminantes:	70
4.2.3-	Emissões do setor agrícola com interdição de efetuar queima de resíduos agrícolas:	70
4.2.4-	Emissões do setor agrícola com aumento da área de Modo Produção Biológico:	71
4.2.5-	Emissões do setor agrícola com aumento da área de Agricultura de Precisão:	71
4.2.6-	Emissões do setor agrícola com aumento da digestibilidade dos alimentos dos variados animais:	71
4.2.7-	Emissões do setor agrícola com aplicação de enxofre e uso de híbridos na cultura do arroz:	71
4.2.8-	Emissões do setor agrícola com alterações nos sistemas de gestão de efluentes pecuários existentes:	71
5-	Discussão de Resultados	72
5.1-	Emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo, no ano 2016:	72
5.2-	Simulação de emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo com a introdução de medidas mitigadoras:	73
5.3-	Comparação emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo com o de Portugal:	75

5.3.1-	Fermentação entérica:	76
5.3.2-	Gestão de efluentes pecuários:.....	76
5.3.3-	Cultura do Arroz:.....	76
5.3.4-	Solos Agrícolas:	77
5.3.5-	Queima de resíduos agrícolas:.....	77
5.4-	Comparação de outros indicadores entre o setor agrícola Alentejano e o setor agrícola Nacional:	77
6-	Conclusão	79
	Referências Bibliográficas:	81
	Anexo I – Variáveis de base da Região Agrária do Alentejo.....	I
	Anexo II – Variáveis necessárias ao cálculo das emissões do setor agrícola do Alentejo em 2016	V
	Anexo III - Variáveis necessárias ao cálculo das emissões de sistemas alternativo ao praticados no setor agrícola do Alentejo em 2016.....	XIV
	Anexo IV – Outros indicadores	XVI

Índice de Quadros:

Quadro 1: Fator de dimensionamento para a gestão do regime hídrico durante o período de cultivo do arroz (Adimensional), para as diferenças no regime hídrico antes da época de cultivo do arroz (Adimensional), para o tipo de melhoramento orgânico aplicado (Adimensional).....	27
Quadro 2: Fatores de emissão direto de N ₂ O de cada sistema de gestão de efluentes pecuários (kg N ₂ O-N/kg N). (Fonte: APA)	28
Quadro 3: Perdas de nitrogénio por volatilização, lixiviação e o total, dos diferentes tipos de sistemas de gestão de efluentes pecuários por tipo de animal (%). (Fonte: APA e IPCC) 29	
Quadro 4: Fator de emissão de nitrogénio, em kg N/(cab.ano), por tipo de perda (lixiviação e volatilização), por tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários e por tipo de animal.	31
Quadro 5: Fator de emissão de N ₂ O-N por kg N perdido para o tipo de perda por volatilização e lixiviação (kg N ₂ O-N/kg N). (Fonte: APA)	32
Quadro 6: Fatores de emissão de N ₂ O-N e de N ₂ O a partir de N incorporado no solo proveniente de fertilizantes sintéticos, orgânicos e resíduos de cultura (EF ₁), bem como os fatores de emissão de N ₂ O pelo N incorporado no solo originado de urina e esterco de animais como bovinos, aves e suínos (EF _{3(prp, cpp)}), e ovinos e outros animais (EF _{3(prp, so)}), (kg N ₂ O-N/kg N). (Fonte: APA)	34
Quadro 7: Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no ano “y” em Portugal continental (Lamas – kg MS/ano); Teor de N contido nas lamas de ETAR (N _{content(lamas)} - Adimensional); Quantidade de N aplicado através das lamas de ETAR em Portugal continental no ano “y” (F _{SEW(PT)} – kg N/ano).....	37
Quadro 8: Quantidade de compostos de resíduos urbanos aplicados no ano “y” em Portugal continental (CRU – kg MS/ano); Teor de N contido nos compostos de resíduos urbanos (N _{content(RU)}) - Adimensional); Quantidade de N aplicado através compostos de resíduos urbano, em Portugal continental no ano “y” (F _{sew(PT)}).	38
Quadro 9: Quantidades de N aplicadas no solo através de fertilizantes sintéticos (F _{SN}), orgânicos (F _{ON}), resíduos de cultura (F _{CR}) e dejetos de animais nas pastagens (F _{prp}) no ano “y”, (kg N/ano).....	44
Quadro 10: Fator de emissão de N ₂ O-N e N ₂ O, respetivamente, da volatilização (EF ₄) e de lixiviação (EF ₅) de formas de N pela aplicação de N através de fontes fertilizantes incorporadas no solo, (kg N ₂ O-N/kg N e kg N ₂ O/kg N). (Fonte: APA)	46
Quadro 11: Fração de N que é volatilizado em formas de N pela aplicação de fertilizantes sintéticos (Frac _{GASF}), através de fertilizantes orgânicos e deposição de urina e dejetos na pastagem por parte de animais (Frac _{GASM}), e que é lixiviado da aplicação e N através de fertilizantes sintéticos, orgânicos, incorporação de resíduos de culturas ou deposição de urina e dejetos nas pastagens pelos animais (Frac _{CLEACH}), (Adimensional). (Fonte: APA) .	47
Quadro 12: Fator de emissão de CO ₂ -C e CO ₂ pela aplicação de ureia (EF _{Ureia} – kg CO ₂ -C/kg Ureia ou kg CO ₂ /kg Ureia). (Fonte: NIR)	51
Quadro 13: Potencial de aquecimento global (GWP) de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O, (Adimensional)....	54
Quadro 14: Fração de bovinos leiteiros, bovinos não leiteiros, outros bovinos, ovinos, outros ovinos, caprinos e outros caprinos, dentro de cada categoria, por tipo de animal para o ano 2016 e região agrária do Alentejo, (%).....	55

Quadro 15: Emissões do Setor Agrícola no ano de 2016 da região agrária do Alentejo (kt CO ₂ e/ano)	61
Quadro 16: Variação das emissões entre o ano 2016 sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras, para cada fonte de emissão principal, para o setor agrícola da região agrária do Alentejo, para o ano 2016, (%).	73
Quadro 17: Nº Explorações (unidades), Superfície Agrícola Utilizável (SAU) e a sua composição, Superfície de pastagens e Superfície Agrícola Cultivada, relativas à região agrária do Alentejo e a Portugal, ano 2016, em hectares. (Fonte: INE)	I
Quadro 18: Áreas de culturas temporárias e permanentes relativas à região agrária do Alentejo e a Portugal no ano 2016, em hectares. (Fonte: INE).....	I
Quadro 19: Produções das culturas referentes à região agrária do Alentejo e a Portugal, no ano 2016, em toneladas. (Fonte:INE)	II
Quadro 20: População da região agrária do Alentejo e Nacional relativa a 2016, em numero de habitantes. (Fonte: INE).....	II
Quadro 21: Quantidade de N aplicado via adubos azotados e ureia, para o ano 2016, em Portugal Continental segundo a APA e AGRO.GES, em Portugal e Alentejo segundo AGRO.GES e os respetivos resultados da metodologia usada, em kg N/ano. (Fonte: APA e AGRO.GES).	II
Quadro 22: Efetivo pecuário em nº animais e em cabeças normais, da região agrária do Alentejo e de Portugal, relativos ao ano 2016, em numero de animais e em cabeças normais.. (Fonte: INE)	III
Quadro 23: Culturas usadas no cálculo dos litros de gasóleo de cada cultura ou grupo de cultura. (Fonte: Agro.ges)	III
Quadro 24: Área regada de cada cultura, em %, e em hectares. (Fonte: Agro.ges).....	III
Quadro 25: Quantidades de gásóleo, em Litros, e eletricidade, em kWh, usados por hectares (L/ha e kWh/ha respetivamente), usados por tipo de cultura. (Fonte: Agro.ges).....	IV
Quadro 26: Digestibilidade (DE), em %, Energia bruta ingerida (GE), em MJ/(cab.dia), e Fator de conversão de CH ₄ (Y _m), em %, para Portugal, relativo ao ano 2016. (Fonte: APA)	V
Quadro 27: Fatores de conversão de CH ₄ para cada tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários, em cada região climática (MCF), em %, no ano 2016, para Portugal. (Fonte: APA).....	V
Quadro 28: Capacidade máxima de produção de CH ₄ (Bo), em m ³ /kg VS, e Fração de efluente pecuário que é tratado em cada um dos 4 sistemas considerados (MMS), em %, por categoria animal, no ano 2016, em Portugal, (Fonte: APA).....	V
Quadro 29: A energia urinária (UE), adimensional, a quantidade de cinza no estrume (ASH), adimensional, os sólidos voláteis excretados (VS), em kg dm/Dia e o fator de emissão de CH ₄ pela gestão de efluentes pecuários (EF _{GEP}), em kg CH ₄ /(cab.ano), em Portugal, ano 2016. (Fonte: APA)	VI
Quadro 30: Excreção média de nitrogénio por tipo de animal (kg N/(cab.ano)) e fator de emissão N ₂ O de origem direta por tipo de animal em cada sistema de gestão de efluentes pecuários (lagoa, tanques, armazenamento sólido) e total (kg N ₂ O/(cab.animal)). (Fonte: APA).....	VI
Quadro 31: Quantidade de N na palha da cama do animal do tipo “i”, no ano “y”, (Npalha – kg N/(cab.ano)). (Fonte: NIR)	VII

Quadro 32: Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no ano “y” em Portugal continental (Lamas – kg MS/ano); Teor de N contido nas lamas de ETAR (Ncontent(lamas) - Adimensional); Quantidade de N aplicado através das lamas de ETAR em Portugal continental no ano “y” ($F_{SEW(PT)}$ – kg N/ano).....	VII
Quadro 33: Fator de emissão de N ₂ O por tipo de perda, sistema de gestão de efluentes pecuários e tipo de animal, em kg N ₂ O/(cab.ano).....	VII
Quadro 34: Fatores de emissão para cada tipo de gás, da queima de resíduos de cultura para cada tipologia de cultura “i”, (g gás/kg MS queimada). (Fonte: NIR)	VIII
Quadro 35: Fator de combustão da cultura “i” (Cf - Adimensional); Percentagem de área queimada da cultura “i” (F_{Aburnt} - %); Biomassa da cultura “i” que está disponível para combustão no ano “y”, (MB – t MS/(ha.ano)). (Fonte: NIR)	VIII
Quadro 36: Fatores de emissão por hectare da cultura “i”, de cada gás, pela queima de resíduos agrícolas (kg gás /(ha queimado.ano)).	IX
Quadro 37: Quantidade de N aplicado através de fertilizantes orgânicos de origem animal, por tipo de animal “i”, no ano “y”, (FAM – kg N/(cab.ano)); Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte de bovinos, suínos e aves ($F_{prp,opp}$) e de ovinos e outros animais ($F_{prp,so}$) nas pastagens, que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano)).....	IX
Quadro 38: Área queimada no ano “y” ($Area_{burnt}$ – ha/ano), fator de combustão (Cf - Adimensional), fração de área renovada anualmente (Fra_{CRenew} - Adimensional), fração de matéria seca removida ($Fra_{CRemoved}$ - Adimensional), fração de matéria seca colhida (Fra_{CDM} –Adimensional), quantidade de matéria seca colhida por hectare no ano “y” ($MS_{colhida}$ – kg/(ha.ano)), quantidade de matéria seca acima do solo por hectare (AG_{DM} – kg/ha), teor de N nos resíduos acima do solo (N_{AG} - Adimensional), ratio abaixo e acima do solo (R_{BG-BIO} - Adimensional), teor de N nos resíduos abaixo do solo (NBG - Adimensional) e quantidade de N aplicado através de resíduos agrícolas por hectares no ano “y” (FCR – kg N/(ha.ano)), todos estes para a cultura “t”. (Fonte: APA & IPCC).....	XII
Quadro 39: : Quantidade de CO ₂ emitido por hectare para cada cultura ou grupo de cultura “i” pelo consumo de gasóleo no uso de tratores, kg CO ₂ /ha e pela quantidade de eletricidade consumida, kg CO ₂ /ha.	XIII
Quadro 40: Efetivo pecuário por tipologia de animal “i”, para a região agrária do Alentejo excluindo os animais categorizados nas categorias 4, 5 e 6 e metade daqueles categorizados pela categoria 3. (Unidade).....	XIV
Quadro 41: Áreas de modo de proteção integrada e biológico da região agrária do Alentejo, (ha).....	XIV
Quadro 42: Reduções nas quantidades de N aplicado pelo uso da tecnologia VRT em cada um dos níveis existentes, (kg/ha)	XIV
Quadro 43: Efetivos animais de bovinos leiteiros, bovinos não leiteiros, outros bovinos, ovinos, outros ovinos, caprinos e outros caprinos, organizados por categorias, para o ano 2016 e região agrária do Alentejo, (unidades)	XIV
Quadro 44: Fator de N perdido pelo animal do tipo “i”, devido ao tipo de perda “j” (lixiviação ou volatilização) em cada sistema “s”, no ano “y”, com a alteração do peso de cada sistema de gestão de efluentes ($EF_{N(indirect)}(GEP)$ – kg N/(cab.ano)).....	XV
Quadro 45: Digestibilidade do alimento por tipo de animal “i” (DE - %); Fator de emissão de CH ₄ pela gestão de efluentes (kg CH ₄ /(cab.ano)); Fator de emissão de CH ₄ pela fermentação entérica (kg CH ₄ /(cab.ano));	XV

- Quadro 46:** Emissões por cada fonte de emissão principal, para o setor agrícola da região agrária do Alentejo, para o ano 2016, com a introdução de cada uma das medidas mitigadoras, (kt CO₂e/ano)..... XVI
- Quadro 47:** Emissões, em kg CO₂e/(CN.ano), pela fermentação entérica, pela gestão de efluentes pecuários, pela aplicação no solo de fertilizantes orgânicos de origem animal, pela deposição de dejetos na pastagem aquando do pastoreio e total, por categoria animal. XVI

Índice de Figuras:

Figura 1: Emissões setoriais em CO _{2e} em 2016 em Portugal. (Fonte: APA, 2018).....	6
Figura 2: Evolução das emissões setoriais em Portugal (Fonte: APA, 2018)	7
Figura 3: Emissões de CO _{2e} por fonte de emissão (FE, GEP, SA, CA, QRA, aplicação ureia, uso de trator ou uso de eletricidade na rega), (%)	61
Figura 4: Emissões de CO _{2e} pela emissão de CH ₄ através da fermentação entérica, por tipologia de animal, (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de CH ₄ através da fermentação entérica dos bovinos por categoria de bovinos, (%)	62
Figura 5: Emissões de CO _{2e} pela emissão de CH ₄ através da gestão de efluentes pecuários por tipologia de animal, (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de CH ₄ através da gestão de efluentes pecuários dos bovinos por tipo de bovinos, (%)	63
Figura 6: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários por tipo de origem de emissão (direta ou indireta), (%)	63
Figura 7: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários, de origem direta, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido), (%)	63
Figura 8: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta, por tipo de perda (Volatilização ou Lixiviação), (%)	64
Figura 9: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta por volatilização, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido) (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta por lixiviação, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido), (%)	64
Figura 10: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através da gestão de efluentes pecuários, por tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários (lagoa, tanque ou armazenamento sólido), (%).....	64
Figura 11: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas, por tipo de origem de emissão (direta ou indireta), (%).	65
Figura 12: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas, de origem direta, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens, resíduos de cultura e outros fertilizantes orgânicos), (%).	65
Figura 13: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas, de origem indireta, por tipo de perda (volatilização ou lixiviação), (%).	65
Figura 14: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas, de origem indireta e perda por volatilização, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos e pastagens), (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas, de origem indireta e perda por lixiviação, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens e resíduos de cultura), (%)	66
Figura 15: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O através dos solos agrícolas por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens, resíduos de cultura e outros fertilizantes orgânicos), (%)	66

Figura 16: Emissões de CO _{2e} pela queima de resíduos agrícolas, por tipo de gás emitido (N ₂ O e CH ₄), (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O e CH ₄ através da queima de resíduos agrícolas, por grupo de culturas (culturas temporárias e permanentes), (%)	67
Figura 17: Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O e CH ₄ através da queima de resíduos agrícolas, por cultura temporária (trigo, milho, arroz ou outros cereais), (%) e Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O e CH ₄ através da queima de resíduos agrícolas, por cultura permanente (vinha, olival ou pomares), (%).....	67
Figura 18: Emissões de CO _{2e} pela queima de combustível (gasóleo) por tipo de grupo de atividade agrícola vegetal associada a grupo de culturas (culturas temporárias, culturas permanentes ou pastagens), (%)	68
Figura 19: Emissões de CO _{2e} pelo uso de eletricidade, por tipo de grupo de atividade agrícola vegetal associada a grupo de culturas (culturas temporárias, culturas permanentes ou pastagens), (%)	68
Figura 20: Emissões de CO _{2e} por tipo de gás emitido (CH ₄ , N ₂ O ou CO ₂), (%)	69
Figura 21: Emissões de CO _{2e} pela emissão de CH ₄ por fonte de emissão (FE, GEP, CA ou QRA), (%); Emissões de CO _{2e} pela emissão de N ₂ O por fonte de emissão (GEP, SA ou QRA), (%); Emissões de CO _{2e} pela emissão de CO ₂ por fonte de emissão (aplicação de ureia, uso de máquina agrícolas, uso de eletricidade (rega)), (%).....	69
Figura 22: Comparação emissões da região agrária Alentejo com emissões de Portugal, (kt CO _{2e} /ano e %).....	75

Listagem de Siglas e Abreviaturas

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CA	Cultura do Arroz
CN	Cabeças Normais
COP	Conferência das Partes
CQNUAC	Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas
CRU	Compostos de Resíduos Urbanos
DE	Digestibilidade
DOC	Denominação de Origem Controlada
DOP	Denominação de Origem Protegida
EDIA	Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva
EEA	European Environment Agency
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EU	European Union
FAO	Food and Agriculture Organization
FE	Fermentação Entérica
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GEP	Gestão de Efluentes Pecuários
GIS	Geographical Information Systems
GPP	Gabinete de Planeamento e Projetos
GPS	Global Positioning Systemas
GWP	Global Warming Potencial
IFAP	Instituto de Financiamento à Agricultura e Pescas
IGP	Indicação Geográfica Protegida
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIAV	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
INRA	Institute National de la Recherche Agronomique
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MAA	Medidas Agro-Ambientais
MADRP	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas
MOAF	Mão de Obra Agrícola Familiar
MPB	Modo Produção Biológico
MZD	Medidas das Zonas Desfavorecidas

NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	National Inventory Report
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PAC	Política Agrícola Comum
PAMAF	Programa de Apoio à Modernização Agrícola e Florestal
PDP	Pagamentos Diretos aos Produtores
PLP	Pagamentos Ligados à Produção
PV	Pagamento Verde
QRA	Queima de Resíduos Agrícolas
RICA	Rede de Informação de Contabilidades Agrícolas
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
RPB	Regime de Pagamento Base
RPU	Regime de Pagamento Único
SA	Solos Agrícolas
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VRT	Variable Rate Technology

1- Introdução:

Ao longo dos últimos anos o ambiente tem estado no centro das atenções devido à problemática das alterações climáticas. Durante o Acordo de Paris, no ano 2015, Portugal comprometeu-se a ser neutro em carbono a partir do ano 2050, de forma a limitar o aquecimento global em 1,5°C.

Sendo a Agricultura responsável por aproximadamente 10% das emissões de gases com efeito de estufa, CH₄, N₂O e CO₂, e ser dos setores económicos mais afetado pelo aquecimento global, torna-se de extrema importância a análise das emissões do setor agrícola e avaliar de que forma este poderia contribuir para a neutralidade carbónica.

No âmbito do Tratado de Paris e do Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050, surgiu este trabalho, onde será levada a cabo a análise do setor agrícola da região agrária do Alentejo, para o ano 2016, devido à sua grande importância no setor da Agricultura.

Ao longo desta dissertação irão ser calculadas as emissões do setor agrícola segundo a metodologia seguida pelo NIR e pelo IPCC. Serão calculadas as emissões pela fermentação entérica, gestão de efluentes pecuários, cultura do arroz, solos agrícolas, ou seja, fontes de N incorporadas no solo, queima de resíduos agrícolas e pela aplicação de ureia no solo. Para além destas fontes de emissão, fontes estas consideradas pelo NIR no setor Agricultura, são estimadas as emissões pela produção de energia para uso na produção agrícola e pelo uso de máquinas agrícolas, que segundo a metodologia usada são consideradas no setor da energia.

Posteriormente serão estimadas as emissões do setor agrícola em sistemas alternativos, ou seja, incluindo medidas mitigadoras, permitindo perceber quais os sistemas alternativos mais eficazes na contribuição para a neutralidade carbónica.

1.1-Objetivos:

Os objetivos do trabalho são:

- Avaliar o setor agrícola da região do Alentejo de forma a perceber quais as fontes de emissão mais problemáticas.
- Comparar a região agrária do Alentejo com Portugal de forma a perceber qual o papel desta região no país quanto às suas emissões.
- Avaliar sistemas alternativos que permitam contribuir positivamente para neutralidade carbónica do país, ou seja, redução de emissões de gases com efeito de estufa.

2- Revisão Bibliográfica:

2.1-Alterações Climáticas e Acordo de Paris:

As alterações climáticas, ao longo dos anos, têm vindo a agravar-se, sendo hoje em dia uma problemática global. É considerada como uma das maiores ameaças ambientais, económicas e sociais que enfrenta o planeta e a humanidade (APA, 2018).

Foi com o testemunho, no ano de 1988, de James Hansen, cientista de Goddard Center da NASA, que a opinião pública começou a dar mais importância à questão das alterações climáticas (APA, 2018). Em 1987, foi escrito por este cientista que a temperatura média teria aumentado no século anterior (século XX) entre 0,5° a 0,7°C devido ao aquecimento global (Hansen, 1987).

Em 1988 formou-se o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, com o objetivo de fornecer ao Mundo uma visão científica clara das alterações climáticas e dos respetivos impactos (IPCC, 2018). Em 1990 foi publicado o Primeiro Relatório por esta entidade e em 1992, no Rio de Janeiro, durante a Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), de forma a combater as alterações climáticas limitando o aumento da temperatura média global (UNFCCC, 2018). No entanto, as preocupações eram tais, que em 1995 a Convenção foi aprovada e colocada em vigor (RNC2050, 2017; UNFCCC, 2018).

A Convenção tem como objetivo estabilizar as concentrações de gases com efeito de estufa em níveis que não sejam prejudiciais para o sistema climático (UNFCCC, 2018). Este objetivo deve ser alcançado de forma gradual, os ecossistemas devem-se adaptar naturalmente, a produção de alimentos deve manter-se constante ou evoluir e de modo a que o desenvolvimento económico consiga prosseguir de igual forma (UNFCCC, 2018). Os diversos países devem contribuir de acordo com as suas responsabilidades (UNFCCC, 2018), os mais desenvolvidos apresentam maiores responsabilidades, devido aos seus históricos de altas emissões enquanto os menos desenvolvidos apresentam níveis inferiores de emissões, logo menor responsabilidade. Para além disso, um grupo restrito de países desenvolvidos, estão encarregues de apoiar os restantes países no cumprimento dos compromissos (UNFCCC, 2018).

Em 1995, em Berlim, 192 países juntaram-se para iniciarem as negociações, na Conferência das Partes (COP 1) com o objetivo de fortalecer a resposta às alterações climáticas, fechando, dois anos depois (1997), o Protocolo de Quioto (COP 3), no Japão (UNCCC, 2018). Do Protocolo de Quioto, surgiram duas visões diferentes, por um lado os Estados aceitarem ter metas quantificadas de limitação ou redução de emissões, e por outro um sistema baseado na quantificação e comércio de direitos de emissão entre os países com metas (UNFCCC, 2018). Estes pontos são sujeitos a análise e sanções caso não sejam cumpridos. (UNFCCC, 2018)

Em 2001, no Acordo de Marraquexe (COP 7), surgem as regras para a implementação do Protocolo de Quioto e em 2005 entra em vigor o Protocolo, que tinha como prazo de redução das emissões o ano de 2010 (UNFCCC, 2018).

O mais recente passo, no âmbito das alterações climáticas, aconteceu a 12 de dezembro de 2015, na Cimeira que ocorreu em Paris (COP 21). Nesta data, após 20 anos de negociações globais de clima e de relatórios do IPCC sucessivamente mais negativos, chegou-se a um novo acordo, bastante mais abrangente do que os anteriores (UNFCCC, 2018). Este novo acordo visa a intensificar as ações e o investimento por forma a atingir sustentavelmente um baixo carbono no futuro (UNFCCC, 2018). Em termos mais específicos, o Acordo de Paris tem como objetivo a descarbonização das economias mundiais. A descarbonização das economias passa pela limitação ou eliminação de fontes de emissão de carbono para a atmosfera, de modo a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, limitando assim a subida da temperatura global média a níveis bem inferiores a 2°C acima dos níveis pré-industriais e continuando os esforços para limitar o aumento da temperatura em 1.5°C (já se encontra 1°C acima), reduzindo assim os impactos e os riscos das alterações climáticas (UNFCCC, 2018). O Acordo de Paris, ao contrário dos anteriores, assume incentivos e não sanções, no compromisso da luta contra o aquecimento global (APA, 2018).

No final de 2016, a 4 de novembro, o Acordo de Paris entrou em vigor, ficando explícito que apenas com o contributo de todas as partes seria possível ultrapassar a problemática das alterações climáticas (APA, 2018). Devido a este Acordo ser global, equilibrado, justo, ambicioso e duradouro, permite acreditar num caminho de baixo carbono mais resiliente que reduz a vulnerabilidade das sociedades (APA, 2018).

No âmbito do Tratado assinado em Paris, Portugal comprometeu-se internacionalmente a reduzir as emissões dos GEE a zero até 2050, ou seja, que o balanço de gases emitidos e gases removidos ou sequestrados da atmosfera, até 2050, seja nulo, atingindo assim a Neutralidade Carbónica (RNC2050, 2017).

2.2-Política Agrícola Comum na Europa (PAC):

2.2.1- História da Política Agrícola Comum na Europa:

A Política Agrícola Comum (PAC) nasceu no ano de 1962, no âmbito do Tratado de Roma, assinado por seis países da Europa Ocidental, em 1957, onde foi instituída a Comunidade Económica Europeia. A Comunidade Económica Europeia, precursora da União Europeia, tinha previsto a Política Agrícola Comum de forma a proporcionar alimentos a preços acessíveis e nível de vida equitativo para os agricultores, na União Europeia, para não se repetir os problemas de fome existentes no pós-guerra (European Commission, 2012).

A PAC foi criada com os seguintes objetivos: (European Commission, 2012)

- a) Apoiar os agricultores e melhorar as produtividades para que os consumidores da União Europeia tenham alimentos em quantidade suficiente;
- b) Garantir a segurança alimentar e a segurança dos alimentos;
- c) Proteger agricultores contra a volatilidade dos preços e crises de mercado, proporcionando-lhes uma melhor qualidade de vida;
- d) Incentivar os agricultores para a modernização da agricultura, modernizando as suas explorações;

- e) Apoiar comunidades rurais viáveis e diversificação das economias rurais;
- f) Criar e manter emprego nas explorações agrícolas, indústrias alimentares e setores associados;
- g) Proteção do ambiente e bem-estar animal, tentando combater as alterações climáticas e fomentar o uso sustentável dos recursos naturais.

As questões ambientais desde cedo que se tornaram uma preocupação, como podemos ver pelo ultimo objetivo indicado acima, aquando da determinação dos objetivos para a PAC.

Após diversas reformas, em 1968, revista em 1972, e em 1988, surgiu a reforma de 1992.

A reforma de 1992, foi aquela em que se deu inicio ao desenvolvimento sustentável, coincidindo com a Cimeira ocorrida no Rio de Janeiro, mais conhecida por Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Sustentável. Nesta reforma, entre diversas mudanças, surgiram os pagamentos diretos ao produtor em detrimento das medidas de suporte de preços de mercado. Estas medidas incentivavam os empresários agrícolas a terem em conta as melhores práticas agrícolas, de forma a diminuir os efeitos negativos sobre o ambiente (European Commission, 2012). Foram implementadas medidas que compensavam os agricultores, apoiando o rendimento, aquando da adoção de sistemas produtivos mais eficientes do ponto vista ambiental, ou mesmo apoiando a manutenção da atividade agrícola quando do ponto de vista ambiental e socioeconómico se justificava, como por exemplo nas zonas desfavorecidas (Avillez, 2016). Nesta fase, os pagamentos compensatórios eram ligados à produção.

Ao longo desta reforma diversas medidas foram introduzidas, inicialmente com a introdução dos pagamentos ligados e posteriormente os apoios estruturais e ambientais, no âmbito do Programa de Apoio à Modernização Agrícola e Florestal (PAMAF), em 1994 (Avillez, 2015). Os apoios ambientais que surgiram foram as Medidas Agroambientais (MAA), que ainda nos dias de hoje, apesar de diferentes, existem. Para além destas, a qualidade dos alimentos também suscitou alguma preocupação, criando-se a proteção dos produtos regionais e tradicionais, bem como os produtos biológicos (ex: DOP, DOC e IGP) (European Commission, 2012).

Em 2003, no âmbito da Agenda 2000, os apoios ao rendimento através dos pagamentos diretos ao agricultor continuaram, com a diferença que houve um quase total desligamento destes (Avillez, 2015). Estes apoios obrigaram a respeitar normas criadas no âmbito ambiental, bem-estar animal e segurança animal. Para além do desligamento dos pagamentos diretos ao produtor, apareceu também o Regime de Pagamento Único (RPU), continuando a haver apoios estruturais e ambientais (Avillez, 2015).

Os apoios ao rendimento surgiram com a agricultura sustentável, pois novos desafios foram introduzidos. Os agricultores passaram a ter responsabilidades por bens públicos como a conservação de paisagens, biodiversidade, património cultural e a gestão sustentável de recursos naturais, tais como solo, água e ar. Estes desafios têm um custo para os agricultores, e de forma a não recair sobre os consumidores, a PAC impediu que estes custos se transferissem para o preço dos bens através do uso dos apoios ao rendimento (European Commission, 2012).

Em 2007, 12 novos Estados-Membros integraram a EU, mudando o paradigma agrícola, dando-se então origem às negociações para uma nova reforma que desse uma maior ênfase à competitividade económica e ecológica do setor agrícola. Esta nova reforma, PAC 2014 – 2020, incentiva

principalmente a inovação, o combate às alterações climáticas e o desenvolvimento de zonas rurais (European Commission, 2012).

A PAC 2014 – 2020, tinha como objetivos a produção alimentar viável, a gestão sustentável dos recursos naturais e alterações climáticas e o desenvolvimento territorial equilibrado (GPP, 2015). Continuou com a mesma estrutura, apresentando as Medidas de Regulação de Mercados como os Pagamentos Diretos aos Produtores (PDP) desligados da produção. Nos PDP, entre outros, surge um pagamento nomeado de Pagamento Verde (PV) ou “Greening” que consiste num apoio de adoção obrigatória pelos Estados-membro, que resulta de um apoio ao rendimento de acordo com práticas agrícolas que possam ser consideradas ambientalmente sustentáveis, sendo a elegibilidade dependente de três tipos de condições, que são a diversificação de culturas, a manutenção de prados e pastagens e áreas de interesse ecológico (Avillez, 2014hammo). Para além deste novo pagamento, continuam a existir as seguintes MAA, agricultura biológica, produção integrada, pagamentos de rede natura, conservação do solo, uso eficiente da água, culturas permanentes tradicionais, pastoreio extensivo, mosaico agroflorestal e silvo-ambientais (GPP, 2015).

Por fim surge a PAC pós-2020, com 3 objetivos que são a promoção do setor agrícola inteligente, resiliente e diversificado assegurando a segurança alimentar, reforçar as preocupações ambientais e a ação contra as alterações climáticas indo em contra com os objetivos da União Europeia para estas questões, e por ultimo o fortalecimento do tecido socioeconómico nas zonas rurais (GPP, 2018). Apesar destes 3 objetivos mais gerais, surgem também os objetivos específicos, que entre outros, possui os três objetivos ambientais seguintes, contribuição para a mitigação e adaptação às alterações climáticas, promover o desenvolvimento sustentável e a gestão eficiente dos recursos naturais e o terceiro, a preservação da natureza e paisagem (GPP, 2018).

Na nova reforma, PAC pós-2020, dentro dos pagamentos diretos existirá, entre outros, um pagamento chamado “*eco-regimes*”, de adesão obrigatória e que transparece a ideia transmitida inicialmente pela União Europeia, de que iria dar mais independência aos Estados-membros (GPP, 2018). Neste pagamento direto, irão ser os Estados-membros a definir a lista de práticas ambientais apoiadas, que apenas deverão estar relacionadas com um dos três objetivos específicos da PAC, mencionados anteriormente, que estavam ligados ao clima e ambiente. Para além deste apoio, continua a existir as MAA, podendo ainda existir um bônus em 2026, aos Estados-Membro que tenham conseguido bons resultados ambientais e climáticos (GPP, 2018).

2.3-Emissões de Gases com Efeito de Estufa:

2.3.1- Emissões de Gases com Efeito Estufa na Europa e em Portugal:

Como foi dito anteriormente, o problema das alterações climáticas tem vindo a agravar-se, sendo uma das principais razões desta mudança as emissões gases com efeito estufa proveniente das atividades humanas (Avillez, 2015; European Commission, 2018). Em 2006, os gases considerados com efeito de estufa eram o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) como os principais e o hidrofluorcarbonetos (HFC's), Perfluorcarbonetos (PFC's), hexafluoreto de enxofre (SF₆), trifluoreto de nitrogénio (NF₃), trifluormetil sulfato pentafluoride, halogenatos de éteres e outros halocarbonetos, mais secundários (IPCC, 2006).

Quanto às emissões da EU-28 foram de 4 450 Mt de CO_{2e}, em que 75% aplicava-se às Energias incluindo os Transportes, 9,7% a Agricultura, 8,5% os Processos Industriais e Uso de Produtos e 3% os Resíduos, sendo de importante reparo o facto de nestes valores não estarem incluídos os 441 Mt de CO_{2e} sequestrado pelo uso do solo, da alteração do uso do solo e florestas (LULUCF), que tem características sumidouras (EUROSTAT, 2018).

Entre 1990 e 2016, as emissões totais na Europa diminuíram cerca de 22%, devido a diversas descidas em vários setores como os 23% no setor da Energia e Transportes, 27% nos Processos Industriais e Uso de Produtos, 41% nos Resíduos e 21% na Agricultura (EUROSTAT, 2018).

Quanto a Portugal, no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas publicado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), entidade responsável pela elaboração dos relatórios anuais nacionais das emissões de poluentes atmosféricos (NIR), em 2018, foram fornecidos os dados referentes às emissões do ano de 2016.

As emissões totais em Portugal de GEE em 2016, sem a contabilização das emissões do uso do solo, da alteração do uso do solo e florestas (LULUCF), foram cerca de 71 Mt CO_{2e}, o que representa um aumento de 16% comparativamente a 1990 e uma descida de 2,6% relativamente ao ano de 2015 (EUROSTAT, 2018; APA, 2018). Destas emissões, 74% foram de dióxido de carbono (CO₂), devido ao elevado peso do setor energético e predominância do uso de combustíveis fósseis, 16% de metano (CH₄), 5% de óxido nitroso (N₂O) e 5% flúor carbonetos (F-gases) (APA, 2018; EUROSTAT, 2018). Considerando o LULUCF as emissões diminuem 9 Mt de CO_{2e}, que como referido anteriormente, este setor possui um efeito sequestrador (EUROSTAT, 2018).

Quanto aos setores, existem 5 setores, que em termos gerais se podem dividir em dois grupos, os emissores e os sumidouros. O primeiro setor emissor, o da Energia, que inclui Produção e Transformação de Energia, Combustão na Indústria, Transportes e entre outros, é o setor que possui os maiores valores de emissões, com cerca de 70% das emissões, sendo que os transportes representam aproximadamente 20% das emissões (APA, 2018). Este setor relativamente a 2015 apresentou uma descida de 2.5% (APA, 2018). Seguindo-se os outros três setores emissores, o da Agricultura, Processos Industriais e Uso de Produtos e Resíduos com 10% das emissões cada um, aproximadamente (EUROSTAT, 2018). Por fim, temos o único setor sequestrador, em condições normais, no seu balanço, o uso do solo, alteração de uso do solo e floresta, sequestrou em 2016 o equivalente a 7% das emissões (APA, 2018).

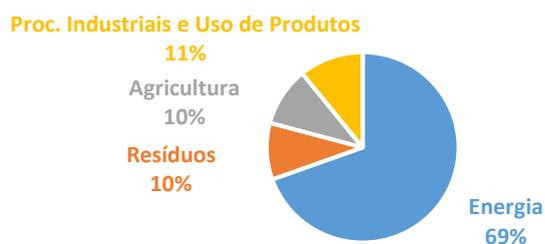


Figura 1: Emissões setoriais em CO_{2e} em 2016 em Portugal. (Fonte: APA, 2018)

Na figura 2 podemos ver que o setor agrícola, desde 1990, manteve-se estável, não variando muito as emissões. O LULUCF percebe-se que é o sumidouro, exceto nos anos em que ocorre excesso de incêndios florestais como por exemplo nos anos 2003 e 2005, razão pela qual se referiu em cima que só seria sumidouro em condições normais, como podemos ver nos anos 2003 e 2005.

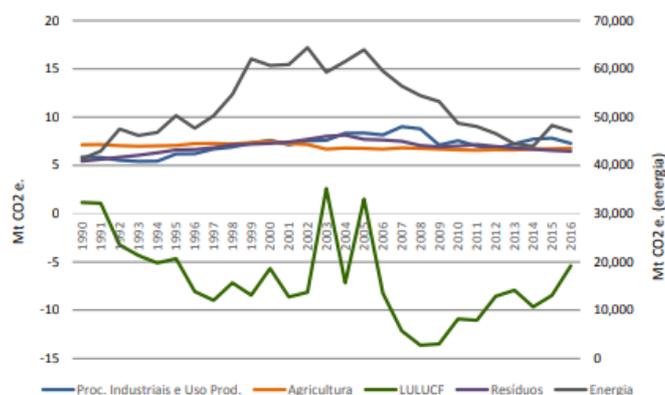


Figura 2: Evolução das emissões setoriais em Portugal (Fonte: APA, 2018)

Em termos gerais as emissões tiveram uma ligeira subida durante a década de 90, que pode ser explicada pela evolução da economia portuguesa (aumento da procura de energia e da mobilidade na década de 1990), com um abrandamento em 2000 e descida a partir de 2005 devido ao abrandamento da economia portuguesa e a sua estagnação, respetivamente (APA, 2018).

No entanto, como dito anteriormente, existem diversos setores emissores, o que provoca que algumas emissões provenientes da atividade agrícola, em vez de estarem alocadas nesse setor, encontram-se noutros, como por exemplo no da energia, resíduos ou uso do solo, alteração do uso do solo e florestas (Canaveira, P., 2018).

Posto isto, no setor Energia, esta incluído os transportes, agroindústria e máquinas agrícolas. Os transportes são de muito difícil contabilização pois encontram-se todos num todo, pelo que para separar os transportes pesados afetos ao setor agrícola, como o transporte de animais por exemplo, é uma difícil tarefa. Para além disto, temos ainda a agroindústria, o uso de tratores e máquinas agrícolas e a produção de eletricidade, que é usada na rega por exemplo, que estão também contabilizados no setor energia (Canaveira, P., 2018).

Para além deste setor, o setor dos processos e gases naturais tem as emissões da produção de ácido nítrico. Ainda assim temos os desperdícios alimentares associados ao setor dos resíduos e às emissões do setor do uso do solo e sua alteração do uso que poderiam estar associados ao setor agrícola. (Canaveira, P., 2018).

Concluindo, todas estas emissões associadas à agricultura, mas contabilizadas nos outros setores, têm um pequeno peso nas emissões totais, sendo que associadas ao setor agrícola teriam um peso superior.

2.3.2- Emissões de Gases com Efeito Estufa do Setor Agrícola no Mundo, na Europa e em Portugal:

Os principais GEE no setor agrícola são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) (APA, 2018). O setor agrícola para além do sequestro de carbono que realiza no solo, também é responsável pela emissão destes gases sendo principalmente através de metano e de óxido nitroso. Estes gases são gases residuais que influenciam os fluxos de energia para a atmosfera, através da absorção de radiação infravermelha (GPP, 2011; Johnson *et al.*, 2007). Através do equivalente de dióxido de carbono (CO₂e), que é uma unidade de medida que é utilizada para indicar o Potencial de Aquecimento Global (GWP) dos GEE, é possível comparar diferentes GEE relativamente ao seu GWP (OECD, 2018). O equivalente de dióxido de carbono reformula o impacto no aquecimento global de um gás como o metano ou o óxido nitroso, em termos de CO₂ necessário para criar o mesmo impacto no aquecimento global (OECD, 2018). O dióxido de carbono é escolhido como gás de referência porque é considerado como o maior contribuinte para o aquecimento global (Gohar, 2007). O GWP do CO₂ é de 1, enquanto o CH₄ é de 25 e o N₂O é de 298. (Greenhouse Gas Protocol, 2014).

Em termos mundiais, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), em 2016, as emissões do setor agrícola foram de 5 294 Mt de CO₂ equivalente, 16% superior a 1990 (FAOSTAT, 2018). De acordo com os inventários realizados pelos 28 membros da União Europeia, as emissões de GEE do setor agrícola europeu em 2016, foram cerca de 430 Mt de CO₂ equivalente. Em termos globais, a agricultura representava 9,7% das emissões totais dos 28 membros da EU, em 2016 (EUROSTAT, 2018).

Os países, da União Europeia, com maior peso da agricultura nas emissões totais do seu país são a Irlanda (31%), Lituânia (23,5%), Letónia (22%), Dinamarca (18,6%) e França (18,2%). Pode-se ainda avaliar o peso das emissões agrícolas nacionais nas emissões agrícolas totais da EU-28, em que França contribuiu com 19%, Alemanha com 15%, Reino Unido com 11% e Espanha, Polónia e Itália 8%, o que somando tudo significa que 6 países representam 68% das emissões agrícolas europeias (Dominguez *et al.*, 2016).

Contudo, na EU-28, as emissões agrícolas desde 1990 até 2016 sentiram uma forte descida, 21 pontos percentuais, de 543 Mt de CO₂e para 430 Mt de CO₂e. Esta descida pode ser explicada devido a diversos fatores como por exemplo o aumento das produtividades e descida do número de cabeças de gado, no melhoramento das práticas agrícolas e na introdução de políticas agrícolas e ambientais (EUROSTAT, 2018; INE, 2018; APA, 2018).

Quanto a Portugal, em 2016, 9,6% do total das emissões de GEE (6,8 Mt CO₂e) estavam associadas ao setor agrícola, valor que se encontra próximo da média europeia (EUROSTAT, 2018). Como foi dito anteriormente, existem países que contribuem muito, como França, Alemanha e Reino Unido, para as emissões do setor agrícola europeu, não sendo o caso de Portugal, que apenas contribuiu com 2% (Dominguez *et al.*, 2016; EUROSTAT, 2018).

Entre 1990 e 2016, as emissões do setor agrícola português tiveram a mesma tendência que o conjunto de todos os setores, diminuindo 5% (EUROSTAT; 2018). Observou-se um aumento de 5% entre 1990

a 2000 e um decréscimo de 10% entre 2000 a 2016, daí a descida em termos globais (Dominguez *et al*, 2016; EUROSTAT, 2018).

2.3.3- Emissões do Setor Agrícola:

As emissões de GEE do setor agrícola são devidas principalmente a 5 fatores, a fermentação entérica, a gestão de efluentes pecuários, solos agrícolas, cultura do arroz e a queima de resíduos agrícolas (APA, 2018; EUROSTAT, 2018). As principais fontes de emissão agrícola de CH₄ são a fermentação entérica e a gestão de efluentes pecuários, que representam cerca de 80% e 16%, respetivamente, das emissões de metano, enquanto que as principais de N₂O são a gestão de efluentes pecuários e os solos agrícolas com 6% e 74% das emissões de óxido nitroso, respetivamente. (Dominguez *et al*, 2016; EUROSTAT, 2018; European Environment Agency, 2018; NIR, 2018).

A fermentação entérica é das maiores fontes de emissões agrícolas (AnimalChange, 2015; Clark, 2016), que no ano de 2016 representou 39,2% (2 074 Mt de CO₂e) das emissões agrícolas mundiais e 44,4% das emissões agrícolas da EU-28 (191 Mt de CO₂e). As emissões causadas pela fermentação entérica representam 10 a 12% das emissões totais do mundo, que no caso de se contabilizar as emissões de CO₂ proveniente do uso de combustíveis fósseis, aumentaria para 25% a contribuição para as emissões mundiais (Smith *et al.*, 2014). Ocorre com a produção do metano (CH₄) durante o processo digestivo dos animais, em que carboidratos são degradados, por microrganismos, em moléculas simples que são absorvidas na corrente sanguínea. (Hook *et al.*, 2010; APA, 2018). As emissões causadas por esta via desde 1990 até 2016, caíram em 22%. (Dominguez *et al*, 2016; EUROSTAT, 2018; European Environment Agency, 2018; FAOSTAT, 2018)

Na fermentação, a quantidade de CH₄ produzido depende muito do tipo de sistema digestivo. Os ruminantes são o tipo de animais que mais produzem metano, representando cerca de 95% das emissões por fermentação entérica, enquanto os não ruminantes, cavalos por exemplo, e os monogástricos, porcos e aves, produzem apenas pequenas quantidades deste gás (APA, 2018). Isto acontece devido aos ruminantes possuírem um rúmen, que permite intensa atividade microbiana, enquanto os restantes animais com outros sistemas digestivos, tem menor atividade microbiana. (Dominguez *et al*, 2016; Jonhson and Johnson, 1995; IPCC, 2006; European Environment Agency, 2018)

Para além do sistema digestivo, as emissões também dependem das características do animal, como a idade e peso por exemplo, como da quantidade e qualidade do alimento (European Environment Agency, 2018). No que respeita a quantidades ingeridas de alimento, quanto mais alimento ingerido, superiores serão as emissões de metano (IPCC, 2006). Por sua vez, as quantidades ingeridas, vão depender do tamanho do animal, da taxa de crescimento deste e do sistema de produção. (Dominguez *et al*, 2016; IPCC, 2006;)

Quanto às emissões da fermentação entérica, em Portugal no ano de 2016, foram de 3,6 Mt de CO₂ equivalente, o que representa 52,4% das emissões de GEE do setor agrícola. Estes valores têm-se mantido estáveis ao longo dos anos. Desde 1990 até 2016, houve um aumento de apenas 1% (EUROSTAT, 2018).

A gestão de efluentes pecuários no ano de 2016 representou 6,6% (348 Mt de CO₂e) das emissões agrícolas mundiais e na EU-28 representou 15% das emissões agrícolas, com uma emissão de 64,4 Mt de CO₂e. Estas emissões diminuíram 23%, aproximadamente o mesmo que na fermentação entérica, entre os anos 1990 e 2016 (EUROSTAT, 2018; FAOSTAT, 2018). Considerando apenas Portugal, houve uma emissão de 0,911 Mt de CO₂e, o que significa 13,4% das emissões agrícolas nacionais, tendo diminuído menos do que a média europeia, cerca de 16% (EUROSTAT, 2018).

Quanto aos efluentes pecuários, estes são provenientes da urina e do esterco, isto é, sólidos e líquidos, produzidos pelos animais (European Environment Agency, 2018; IPCC, 2006). As emissões surgem durante o tratamento e armazenamento dos efluentes, ou seja, durante a sua gestão, e não só é emitido metano, como também óxido nítrico (APA, 2018). O metano é emitido durante a decomposição do estrume sobre condições anaeróbicas devido à ação de bactérias metanogénicas, enquanto o N₂O é produzido quando a decomposição acontece em condições aeróbicas ou mistas, aeróbicas e anaeróbicas. (Dominguez *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 1990; IPCC, 2006; APA, 2018; European Environment Agency, 2018). O N₂O emitido pode ter origem direta ou indireta. A origem direta resulta dos processos de nitrificação e desnitrificação, em ambiente aeróbio e anaeróbio respetivamente, que afeta o nitrogénio amoniacal, através das nitrobacter e nitrosomonas. Quanto às origens indiretas, são provenientes da volatilização na forma de amoníaco (NH₃) e de outros óxidos de nitrogénio (NO_x) durante a recolha e armazenamento dos efluentes e da lixiviação e escurrimto de N durante o armazenamento destes (APA, 2018).

As condições de decomposição e as quantidades de GEE emitidos depende dos sistemas de gestão dos efluentes pecuários usados na exploração, do tempo de retenção, da temperatura e das condições de tratamento (Dominguez *et al.*, 2016). Com isto, podemos concluir que as quantidades de CH₄ vão depender do tipo de sistema produtivo, pois quando fazemos a gestão dos efluentes sob a forma líquida, estamos perante um processo de degradação anaeróbico, logo maiores emissões. Por outro lado, no caso de uma gestão em sólido, em que o estrume é depositado nas pastagens, por exemplo, estamos perante uma decomposição aeróbica, logo menores emissões de CH₄ mas mais de N₂O (Dominguez *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 1990; IPCC, 2006; European Environment Agency, 2018).

No entanto as emissões de N₂O geradas nas pastagens e prados ocorrem diretamente e indiretamente do solo, sendo, portanto, atribuída às emissões dos solos agrícolas, tal como as emissões de metano associadas à queima de estrume para combustível, que não é contabilizada nas emissões agrícolas. (Dominguez *et al.*, 2016; Watson *et al.*, 1990)

Passando então para as emissões de GEE dos solos agrícolas, são devidas principalmente a processos naturais de nitrificação e desnitrificação que ocorrem nos solos, devido ao aumento da disponibilidade de N no solo (Dominguez *et al.*, 2016; APA, 2018). Em 2016, em termos mundiais, 37,1% (1 962 Mt de CO₂e) das emissões agrícolas estavam associadas aos solos agrícolas enquanto que na EU-28 as emissões de N₂O por solos agrícolas, representavam 37% (159 Mt CO₂e) das emissões agrícolas, sendo que sofreu uma descida de 17% desde 1990 (EUROSTAT, 2018). Em Portugal, no mesmo ano, o peso das emissões por solos agrícolas foi ligeiramente inferior, com 31% (2 Mt CO₂e) das emissões nacionais, tendo sofrido uma descida inferior desde 1990, de apenas 9%, sendo que

aumentou 7% até ao ano 2000, diminuindo 15% desde daí (EUROSTAT, 2018). Os países com maior contribuição para Europa neste tipo de emissões são a Alemanha, França, Polónia e Reino Unido (Dominguez *et al*, 2016; EUROSTAT, 2018; European Environment Agency, 2018; FAOSTAT, 2018).

Existem diversas atividades que aumentam a disponibilidade de azoto (N) nos solos, podendo ter origem direta ou indireta (APA, 2018). Os aumentos de N nem sempre são positivos, pois quando em excesso, este aumento leva a nitrificação ou desnitrificação aumentando conseqüentemente as emissões de N₂O (Dominguez *et al*, 2016; EUROSTAT, 2018; European Environment Agency, 2018). Segundo alguns autores, 70% das emissões de N₂O para atmosfera são provenientes dos solos agrícolas (Bouwman, 1990; IPCC, 1992).

As emissões diretas do solo são devidas, principalmente à atividade humana, com a introdução de fontes de azoto no solo, como por exemplo a fertilização com fontes de azoto mineral ou orgânico, com a fixação biológica de azoto, com o retorno de azoto para o solo aquando da incorporação dos resíduos das culturas no solo e com o pastoreio animal, com a deposição direta no solo de urina e estérno por parte destes (Dominguez *et al*, 2016; APA, 2018).

Quanto às emissões indiretas, temos a volatilização de azoto sob a forma de NH₃ e NO_x e conseqüente deposição atmosférica de azoto, e a lixiviação de N e erosão do solo que levam a acumulação deste nas águas subterrâneas e superficiais (Dominguez *et al*, 2016; APA, 2018; EUROSTAT, 2018; European Environment Agency, 2018). As emissões indiretas devido à volatilização de fontes de N são devido ao aumento do teor de N causadas pela fertilização sintética, orgânica e deposição de estrume e urina pelos animais nas pastagens, enquanto que as emissões devido à lixiviação e escoamento ocorre devido ao mesmo aumento de N conseqüente dos mesmos fatores, acrescentando a incorporação de resíduos de culturas no solo (APA, 2018).

Com a alteração do uso do solo, ou seja, com as mudanças de zonas florestais para as zonas agrícolas, desde há 2 séculos para cá (Hammond, 1990), não só as emissões de N₂O aumentaram, como uma das únicas fontes sumidouros diminuiu bastante (Mosier, 1994).

Por fim, quanto às emissões provenientes à cultura do arroz e à queima de resíduos agrícolas, no Mundo tinham um peso de 9,7% (511 Mt CO₂e) e 0,56% (30 Mt CO₂e) das emissões agrícolas respetivamente, enquanto que na EU-28, tinham um peso nas emissões agrícolas inferior, de 0,6 (2,6 Mt CO₂e) e 0,2% (0,86 Mt CO₂e) respetivamente. No entanto, apesar das emissões da cultura do arroz ter diminuído pouco desde 1990, apenas 5%, no que se refere à queima de resíduos agrícolas, teve uma diminuição de 70% desde 1990 (EUROSTAT, 2018; FAOSTAT, 2018).

Quanto a Portugal, a cultura do arroz tem um peso ligeiramente superior ao que tem nas emissões agrícolas da Europa, 2% (138 kt CO₂e), muito devido a cultura do arroz não ter as condições necessárias para completar o ciclo sem problemas em todos os países, sendo que em Portugal existem, como se pode ver pelas áreas cultivadas (EUROSTAT, 2018; INE, 2018; APA, 2018). Por outro lado, o peso da queima de resíduos agrícolas é baixo, com apenas 0,7% (47 kt CO₂e) (EUROSTAT, 2018). Tal como aconteceu na Europa, Portugal teve uma descida acentuada nas emissões da queima de resíduos agrícolas, apesar de bastante inferior à ocorrida na Europa, de 22%, enquanto nas emissões

da cultura do arroz houve um aumento de 3% (EUROSTAT, 2018), que pode ser explicado pelo aumento de área cultivada de arroz, que foi de 24% aproximadamente, entre 1995 e 2015 (APA, 2018; INE, 2018). Os decréscimos ocorridos nas emissões, podem ser explicados pelas normas criadas devido às problemáticas alterações climáticas e incêndios florestais, ligada também ao aproveitamento destes para incorporação no solo, de forma a melhorar fertilidade do solo. Um exemplo foi a interdição de queima de resíduos na cultura do arroz, no ano 2000 (APA, 2018)

As emissões na cultura do arroz ocorrem aquando da decomposição anaeróbica de material orgânico em campos de arroz alagado, que cria condições de anaerobiose, ideais para a metanogénese (Dominguez *et al.*, 2016; APA, 2018), que posteriormente é lançado para atmosfera através das plantas durante a época de crescimento (IPCC, 1996; APA, 2018). Através de estudos feitos, sabe-se que os fluxos de metano variam com o tipo de solo, mais precisamente com a textura, com o clima, práticas agrícolas, como por exemplo o grau de fertilização e o regime hídrico (Neue and Sass, 1994).

A queima de resíduos agrícolas, para além das emissões de GEE para atmosfera, também leva a que haja perdas de nutrientes e recursos, afetando as propriedades do solo (Gupta *et al.*, 2004). Os poluentes emitidos para a atmosfera são o óxido nítrico (N_2O) e metano (CH_4) em quantidades superiores, emitindo também, em quantidades inferiores gases como o monóxido de carbono (CO), outros óxidos de nitrogénio (NO_x), tal como compostos orgânicos voláteis (NMVOC) (Jain *et al.*, 2014; APA, 2018). Estes gases vão causar um impacto negativo nas alterações climáticas devido às alterações da composição química da atmosfera (Crutzen and Andreae, 1990), piorando a qualidade do ar (Yang *et al.*, 2008).

Por fim, nas emissões contabilizadas no setor agrícola, temos as emissões de CO_2 provenientes da calagem e da aplicação de ureia, que segundo o NIR, em 2016, foram de 7,43 kt CO_2e e 40,39 kt CO_2e respetivamente, ou seja, valores muito pouco significativos.

Agora, passando às emissões que são referentes ao setor agrícola, mas contabilizados nos restantes setores, temos no setor da energia, as emissões pelo uso de máquinas agrícolas e florestais, com 0,9 Mt CO_2e , ou seja, 1,3% das emissões nacionais. Neste setor temos ainda os transportes de matérias primas, produtos e resíduos e a indústria dos alimentos, bebidas e tabaco que não se consegue individualizar o que é referente à agricultura e não, sendo as emissões destes 6,9 e 0,79 Mt de CO_2e respetivamente (Canaveira, 2018).

No setor indústria e processos, também existe emissões referentes à atividade agrícola, provenientes da produção de ácido nítrico, útil na produção de fertilizantes, com 24 kt CO_2e .

Para além das fontes de emissão anteriores, temos ainda o setor sumidouro de GEE, o LULUCF, que contabiliza 0,56 Mt CO_2e emitidos pelos solos em uso agrícola, 56 kt Mt CO_2e em pastagens e ainda as emissões devido a incêndios em zonas consideradas agrícolas, que são 0,1% das emissões totais devido aos incêndios, ou seja, 0,31 Mt CO_2e .

Finalmente, no setor dos resíduos também existem emissões que provêm do setor agrícola, mas que não se consegue individualizar dos restantes.

2.4-Medidas Mitigadoras

Devido ao agravamento da problemática das alterações climáticas, e com toda a evolução que a agricultura tem sofrido ao longo dos anos, tornou-se necessário a investigação de medidas mitigadoras que pudessem contribuir de forma positiva no ambiente. Com isto, no ano de 2015, em Sevilha, Espanha, foi organizado um workshop, onde participaram inúmeros especialistas de instituições e universidades/institutos de renome tais como FAO, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Teagasc, INRA, Wageningen University, Swedish University of Agricultural Science, Aarhus University, Scotland's Rural College e a German Association for Technology, bem como membros do *staff* da União Europeia, definindo-se quais as medidas mitigadoras mais promissoras (Dominguez et al., 2016).

As principais medidas discutidas neste encontro foram a digestão anaeróbia, a melhor altura de fertilização, os inibidores de nitrificação, a agricultura de precisão, o *Variable Rate Technology* (VRT), o aumento de leguminosas nas pastagens, medidas ao arroz, pousio de solos orgânicos, alimentação com baixo teor de nitrogénio, linhaça com aditivo alimentar, aumento da produtividade das vacas leiteiras, melhoria da eficiência na alimentação animal, aditivos de nitrato na alimentação para a redução do metano resultante da fermentação entérica, vacinação contra bactérias metanogénicas do rúmen e precursores de propionato (ácidos orgânicos). Das 16 medidas extraídas do workshop, apenas as 14 primeiras foram consideradas como aptas até 2030, sendo que as últimas duas não foram consideradas, por falta de informação, devido a estado embrionário das investigações (Dominguez et al., 2016).

Posto isto, com as 5 principais fontes de emissões, referidas anteriormente, a fermentação entérica, a gestão de efluentes pecuários, os solos agrícolas, a cultura do arroz e a queima de resíduos agrícolas, pode-se proceder à explicação das diversas medidas discutidas no workshop bem como outras medidas adicionais que foram consideradas de relevância.

2.4.1- Fermentação entérica:

No que respeita às emissões devido à fermentação entérica realizada pelos ruminantes, fonte emissora com maior importância do setor agrícola, diversas medidas mitigadoras, com potencial segundo alguns autores, são consideradas. Neste tipo de emissões, as principais ações discutidas de forma a diminuir as emissões passam por uma gestão mais eficiente da alimentação e/ou por influência no funcionamento do rúmen.

2.4.1.1- Alimentação:

A dieta possui uma grande influência na produção de CH₄ e diversos estudos têm sido feitos por forma a perceber de que forma seria possível diminuir as suas emissões (Clark, 2012). Pensa-se que com uma correta gestão da alimentação se consegue atingir reduções nas emissões de gases com efeito de estufa. A correta gestão pode passar pela alteração da composição da dieta, melhorando a sua qualidade, alterando a constituição da forragem, através do melhoramento de plantas, suplementando a dieta com aditivos alimentares e alimentos ou alterando a forma de gestão, com o objetivo principal de aumentar a sua digestibilidade (Eckard et al., 2010; Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013).

2.4.1.1.1- Qualidade da dieta:

A melhoria da qualidade da forragem, consoante as alterações feitas na sua constituição, possui diversas vantagens. Como a produção de CH₄ está negativamente relacionada com a digestão de fibra, com a diminuição das quantidades de fibra, aumenta-se a digestibilidade e conseqüentemente diminui-se as emissões de CH₄ (Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013). Para além disto, consegue-se ainda com a colheita mais precoce da forragem, ou seja, num estado mais jovem, um aumento dos carboidratos solúveis e uma redução da lenhificação das plantas, aumentando assim a sua digestibilidade (Eckard et al., 2010; Gerber, P. et al., 2013). Pode-se ainda optar por uma forragem constituída mais a base de plantas C₃ em vez de C₄, pois a produção de metano é inferior (Eckard et al., 2010; Gerber, P. et al., 2013), bem como optar mais por leguminosas do que plantas C₄ (Eckard et al., 2010; Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013), que significam uma redução de 20% na produção de CH₄ (Gerber, P. et al., 2013). No entanto, esta opção de aumento de leguminosas na forragem, traz consigo a desvantagem da produção de matéria seca ser bastante inferior, diminuindo a produtividade e aumentando custos (Clark, 2012), não se justificando em todos os climas esta medida (Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013). Concluindo, com a melhoria da qualidade da forragem, para além do aumento do uso de plantas C₄ ou mesmo de leguminosas na constituição das forragens, significa uma redução das emissões de GEE para a atmosfera, a principal vantagem desta não é a diminuição destes gás mas sim a melhoria da digestibilidade, levando a um aumento da ingestão voluntária por parte dos animais, reduzindo o tempo de retenção dos alimentos no rúmen, promovendo assim uma maior eficiência energética e conseqüente redução de produção de CH₄ (Clark, 2012).

2.4.1.1.2- Aditivos Alimentares:

Outra forma que pode levar à mitigação dos GEE é a suplementação das dietas com aditivos alimentares. Têm ocorrido diversos estudos em relação a diversos suplementos que poderão reduzir a produção de CH₄, sendo que alguns dos estudos se encontram num estado embrionário, não havendo ainda grandes certezas quanto aos seus resultados. Os aditivos alimentares que se tem falado são os lipídios, grãos, taninos, extrato de cebola, especiarias, óleos essenciais (enzimas, leveduras, antimicrobianos), ácidos orgânicos (málico e fumárico), nitratos e sulfatos (Eckard et al., 2010; Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013). Apenas os principais serão abordados, sendo estes os aditivos à base de lipídios, concentrados, taninos, ácidos orgânicos e nitratos e sulfatos.

2.4.1.1.3- Lipídios:

A adição de lipídios nas dietas animais têm vindo a ganhar importância ao longo dos anos. As gorduras podem ter diversas origens, tal como origem animal, óleos extraídos das plantas, óleos provenientes de sementes e gorduras extraídas de resíduos das plantas no processamento alimentar (Grainger and Beauchemin, 2011). Sabe-se através de um estudo feito por Grainger e Beauchemin em 2011 que suplementar a dieta animal com gorduras provoca uma continua diminuição das emissões de metano sem afetar, em termos globais, a produtividade dos animais, sendo agora o objetivo apenas identificar em termos de custo-benefício, quais as quantidades rentáveis a adicionar à dieta de forma a que seja apelativo em termos de custo e de redução de emissões de GEE (Grainger and Beauchemin, 2011). A adição de ácidos gordos diminui o CH₄ produzido reduzindo a digestão de fibra, diminuindo a ingestão

de matéria seca, afetando a metanogénese ou os organismos que atuam no rúmen (Eckard et al., 2010).

A linhaça tem sido vista como uma das mais eficientes fontes de gordura para se adicionar à dieta (Martin et al., 2008), mas diversos estudos foram feitos em que não é aconselhável fornecer mais de 3% de linhaça na dieta, pois com valores superiores a digestibilidade é fortemente afetada (Chung et al., 2011; Van Middelaar et al., 2014; Nguyen et al., 2012). A linhaça pode ser fornecida na dieta em bruto, em forma de granulado ou em óleo. Conforme seja fornecido, os efeitos que vão ter na dieta e na produção de CH₄ difere, sendo que o mesmo acontece conforme a dieta que esteja a ser fornecida inicialmente (Martin et al., 2008). A redução nas emissões pode chegar a cerca de 20% (Eugène et al., 2011), cerca de 3,8% (g/kg Matéria seca ingerida) menos de CH₄, por cada 1% a mais de gorduras (Martin et al., 2010). No entanto, podem ocorrer reduções na digestibilidade da dieta que poderão afetar a produtividade dos animais, caso as quantidades fornecidas de linhaça não sejam as adequadas (Martin et al., 2008; Chung et al., 2011). A linhaça também diminui a ingestão de matéria seca, que ajuda nas reduções de CH₄ (Martin et al., 2008).

2.4.1.1.4- Concentrados

A adição de concentrados na dieta animal, que são feitos à base de cereais, aumenta o amido diminuindo a ingestão de fibra. Consequentemente, o pH do rúmen reduz-se, provocando a produção de propionatos no rúmen, que são substitutos do hidrogénio (H₂) que é indispensável a metanogénese, em depressão de outras substâncias como o acetato. Os propionatos levam à redução das emissões de CH₄, pois como a disponibilidade de H₂ diminui, a metanogénese é afetada ocorrendo com menores intensidades, diminuindo assim a produção de CH₄ (McAllister and Newbold, 2008). Pelas razões apresentadas acima, a dieta com elevadas quantidades de concentrados é menos emissora de GEE para atmosfera do que uma dieta mais baseada em forragem (Clark, 2012). Por outro lado, esta medida apenas começa a fazer-se sentir quando a inclusão destes é superior a 40% relativamente à ingestão de matéria seca (Clark, 2012; Gerber, P. et al., 2013), e o seu efeito vai depender no nível de inclusão, do tipo de cereais e respetivo processamento (Gerber, P. et al., 2013). Apesar de alguns autores por vezes considerarem economicamente não viável e nalgumas partes do mundo socialmente não aceitável, o suplemento com rações irá sempre aumentar a produtividade dos animais, mesmo em quantidades inferiores aos 40% indicados acima, baixando as emissões por quantidade produzida (Gerber, P. et al., 2013).

2.4.1.1.5- Taninos:

Diversos estudos vieram demonstrar que forragens que contenham taninos condensados podem levar a uma redução da produção de CH₄, pois possuem propriedades anti-metanogénicas (Clark, 2012). Estimou-se que essa redução pudesse passar por uma percentagem entre os 13% a 16% menos de CH₄ produzido (Eckard et al., 2010). No entanto, elevados teores de taninos condensados também podem acarretar efeitos negativos, como a redução das quantidades ingeridas e da digestibilidade. (Cordão, M, et al., 2010)

2.4.1.1.6- Ácidos Orgânicos:

Os ácidos orgânicos como o málico e o fumárico são precursores do propionato no rúmen, sendo ele, como referido anteriormente, um substituto do H₂. Posto isto, pela mesma razão que no caso da adição de concentrados, a disponibilidade de H₂ para que ocorra a metanogénese é menor, diminuindo assim a produção de CH₄ no rúmen (Clark, 2012). No entanto, há autores que depois de alguns estudos concluíram ser economicamente não viável (McAllister and Newbold, 2008).

2.4.1.1.7- Nitratos e Sulfatos:

Tal como acontece com o propionato, os nitratos e os sulfatos são também alternativas ao H₂, levando a que o seu uso como suplemento provoque a diminuição das quantidades de CH₄ produzido (Clark, 2012). Alguns estudos feitos sugerem que as reduções com o uso destas substâncias podem levar a uma redução de até 50% de CH₄ produzido, em relação aos valores por matéria seca ingerida (Clark, 2012). No entanto, aumentar as quantidades adicionadas às dietas de nitrato, faz com que as quantidades de amoníaco (NH₃) produzido no rúmen aumentem, causando assim maior concentração de N excretado pelos animais, como irá ser abordado mais à frente no ponto das medidas mitigadoras para a gestão de efluentes pecuários (Clark, 2012).

2.4.1.1.8- Outros:

2.4.1.1.8.1- Redução do tamanho dos constituintes alimentares:

A redução das partículas da forragem aumenta a digestibilidade desta, aumentando assim a eficiência do alimento, não havendo tanta produção de CH₄, pois os microrganismos responsáveis pela atividade do rúmen terão maior facilidade em funcionarem, reduzindo a energia gasta (Gerber, P. et al., 2013).

2.4.1.1.8.2- Alimentação de precisão:

Como visto anteriormente, as medidas propostas e aplicadas não precisam de diminuir literalmente as quantidades de CH₄ produzido, mas podendo aumentar eficiências e produtividades, reduzindo assim as quantidades de CH₄ produzido por unidade de alimento ingerido ou de produto produzido. Com uma alimentação de precisão, a eficiência da alimentação irá ser maximizada, pois os animais irão ser alimentados conforme as suas necessidades, havendo uma redução da quantidade de alimento ingerido, bem como uma maior eficiência do rúmen (Gerber, P. et al., 2013).

2.4.1.1.8.3- Modificações genéticas e melhoramento de plantas:

Como anteriormente foi visto, a suplementação das dietas é um fator a ter em conta na redução das emissões, sendo uma das grandes fontes de aditivos, as plantas, através de substâncias que são delas extraídas. Através do melhoramento genético ou do melhoramento de plantas é possível obter maiores concentrações, nas plantas, de certos constituintes desejados para a redução da produção de CH₄ (Eckard et al., 2010). Com isto, podemos potencialmente aumentar a concentração de óleos e de taninos condensados nas forragens, que como explicado anteriormente, possuem características que provocam a redução de CH₄ (Eckard et al., 2010). No entanto mais estudos terão de ser feitos por forma a perceber quais as mudanças que serão possíveis em termos das plantas e quais os seus verdadeiros efeitos (Eckard et al., 2010).

2.4.1.2- Vacinação contra bactérias metanogénicas do rúmen:

A vacinação contra bactérias metanogénicas do rúmen é a outra forma de diminuir as emissões provenientes da fermentação entérica, resultante da intervenção no funcionamento do rúmen. Estas vacinas reduzem o CH₄ produzido no rúmen, afetando as bactérias responsáveis pela sua produção, em 7,7% por matéria seca ingerida (Eckard et al., 2010). A diversidade de bactérias metanogénicas depende da dieta e do local geográfico, o que dificulta a eficácia das vacinas, sendo, portanto, necessário o desenvolvimento de uma vacina contra a superfície celular de proteínas, onde se alojam as bactérias, de forma a conseguir essa melhoria na eficiência (McAllister and Newbold, 2008; Eckard et al., 2010). Esta medida ainda se encontra num estado embrionário, sendo necessário novas investigações de forma a torna-la comercialmente viável (Eckard et al., 2010).

2.4.2- Gestão de efluentes pecuários:

A gestão de efluentes pecuários é o terceiro grande contribuinte das emissões do setor agrícola, como foi explicitado anteriormente, no ponto 3.3 da revisão bibliográfica. Do workshop realizado no ano de 2015, em Sevilha, as principais medidas que foram discutidas por forma a diminuir as emissões deste setor são a digestão anaeróbica dos efluentes pecuários e a manipulação da alimentação, que tem influencia nas emissões.

2.4.2.1- Digestão anaeróbica de efluentes pecuários:

A digestão anaeróbica consiste na conversão microbiológica da matéria orgânica na ausência de oxigénio. Este sistema de gestão de efluentes pecuários produz um biogás, com 50% a 75% de metano, 25% a 45% de dióxido de carbono e outros gases em quantidades vestigiais, que poderá ser utilizado como fonte de energia. Para além deste gás, também são produzidas lamas que podem ser utilizadas como fertilizante (Clemens *et al.*, 2006; Holm-Nielsen *et al.*, 2009; Möller and Müller, 2012).

A digestão anaeróbica é tida em conta como muito vantajosa em termos ambientais pois para além de reduzir as emissões provenientes dos efluentes pecuários, no caso de se adicionar resíduos de cultura na digestão, estamos a melhorar a qualidade do produto extraído da digestão, bem como a diminuir as emissões por queima de resíduos agrícolas (Clemens *et al.*, 2006; Holm-Nielsen *et al.*, 2009). Ainda assim existe produção de uma energia renovável que irá diminuir as emissões no caso de substituir o uso de combustíveis fósseis, bem como reduz risco de poluição de águas, elimina patogénios e parasitas presentes no estrume, diminui a emissão de odores, bem como diminui as necessidades de herbicidas pois as sementes das plantas presentes no estrume perdem viabilidade, reduzindo assim essa necessidade (Clemens *et al.*, 2006; Holm-Nielsen *et al.*, 2009; Massé *et al.*, 2011; Petersen *et al.*, 2013).

Estes sistemas de gestão de efluentes pecuários apenas são rentáveis quando falamos de explorações agrícolas com um numero superior a 200 cabeças de gado (AnimalChange, 2015). Para além desta condicionante existem outras, tais como a eficiência do processo quanto às perdas, ou seja, as perdas que ocorrem durante todo o processo, e a eficiência energética do processo.

2.4.2.2- Influencia da alimentação:

A alimentação tem uma grande influencia nas quantidades de GEE excretados, pois no rúmen é produzido N que posteriormente será convertido em N₂O. Alguns estudos mostram a problemática que se vive, em que 75% a 95% do N ingerido é excretado (Eckard et al., 2010). Consequentemente, torna-se de severa importância definir as estratégias para reduzir as emissões de N₂O, pois é o gás mais importante emitido pelos efluentes pecuários (Eckard et al., 2010).

2.4.2.3- Manipulação genética:

A manipulação genética ou melhoramento animal pode levar a uma melhor eficiência da conversão do N no rúmen, ou seja, um maior aproveitamento do N ingerido, reduzindo assim as quantidades excretadas, ou mesmo outras questões válidas como urinar com maior frequência ou andando enquanto urina, levando a menores concentrações de N na urina e no solo respectivamente, podendo resultar numa redução de 3,3% de N na excreção (Eckard et al., 2010).

2.4.2.4- Alimentação com baixo teor em N:

Esta medida mitigadora consiste na redução das emissões de amoníaco (NH₃) da produção animal. Considera-se que esta redução é possível através da redução de nitrogénio fornecido nos alimentos (Luo *et al.*, 2010), ou seja, fornecer alimentos com inferior teor de nitrogénio, levando a que a excreção de nitrogénio por parte dos animais seja inferior (Luo et al., 2010; Eckard et al., 2010; Gerber, P. et al., 2013). Com a redução de nitrogénio excretado pelos animais, as quantidades de óxido nitroso emitido para atmosfera também diminuem. Por outro lado, como visto anteriormente, uma das formas de diminuir as emissões da fermentação entérica é suplementar a dieta através de nitratos, o que significa que a redução de N na dieta proposta aqui leva a um aumento das emissões por fermentação entérica, causada pelo impacto negativo na digestibilidade.

2.4.2.5- Suplementação da dieta:

A suplementação da dieta com alguns aditivos permite para além de reduzir as emissões provenientes da fermentação entérica, como visto anteriormente, também permite reduzir as emissões nos efluentes pecuários. Os principais suplementos para a redução de produção de N₂O são os açúcares de alta energia e os taninos condensados, tendo ambos os seus limites (Eckard et al., 2010; Gerber, P. et al., 2013)

2.4.2.5.1- Balanço diferente de proteínas na dieta:

O balanço de proteínas na dieta caso seja corretamente feito, permite reduzir as quantidades de N₂O excretado (Eckard et al., 2010). Balançando a razão proteína/energia na dieta, irá ocorrer uma minimização do N₂O excretado pelos animais, pois aquando da elevada razão, maiores concentrações amoniacais vão ocorrer, sendo excretadas sob a forma de ureia através da urina (Eckard et al., 2010). Um animal que ingira 14% de proteína bruta na dieta relativamente a 19%, significa que 45% menos N na urina, tal como acontece com uma dieta com baixa razão proteína/açúcares, que reduz 6% a 9% de N excretado (Eckard et al., 2010). Concluindo, fornecendo uma dieta com uma elevada razão

energia/proteína, ou balanceando suplementos de alta energia quando a forragem tem elevadas quantidades de proteína, permite diminuir o N excretado através da urina (Eckard et al., 2010), ou seja, reduzindo a proteína bruta ingerida, menores quantidades de amoníaco (NH_3) serão produzidas, logo menores quantidades de N excretadas (Luo, 2010; Gerber, P. et al., 2013).

2.4.2.5.2- Taninos condensados:

O uso de taninos condensados como suplemento da dieta permite reduzir as quantidades de N excretado (Eckard et al., 2010). Isto acontece devido à maior eficiência de digestão dos aminoácidos, reduzindo assim as quantidades de N excretado (Eckard et al., 2010). Diversos estudos foram realizados onde é mostrado a redução do N excretado através da urina, dependendo da percentagem de taninos condensados incluída na dieta (Eckard et al., 2010), sendo que uma dieta com 3,5% de taninos condensados produz 8% mais de N que irá ser excretado do que uma dieta com 1% de taninos condensados (Misselbrook et al., 2005). No entanto, os extratos de taninos condensados são de elevado custo devido à pequena procura, o que leva a que suplementar dietas com estes aditivos se torne inviável economicamente, mas nunca excluindo a hipótese do melhoramento de plantas (Eckard et al., 2010). Pensa-se que a redução é de aproximadamente 25% (Misselbrook et al., 2005).

2.4.3- Solos Agrícolas:

2.4.3.1- Melhor altura de fertilização:

Esta medida define-se pela melhor sincronização das necessidades da cultura e da aplicação dos fertilizantes. Com a adoção de esta medida, haverá diversas vantagens do ponto de vista ambiental pois com a correta aplicação de fertilizantes, ou seja, no momento certo, as perdas que ocorrerão para a atmosfera serão bastante inferiores, principalmente no caso dos fertilizantes azotados. Aquando das perdas destes nutrientes para a atmosfera, estes vão sofrer diversas reações contribuindo para o aumento de emissões de gases com efeito de estufa. A altura correta para aplicação de fertilizantes depende de diversos fatores tais como as características do solo e ambientais. Esta medida mitigadora pode levar a custos mais elevados de produção devido à maior frequência de fertilizações e consequentes análises, mas por outro lado leva a maiores produtividades, bem como menores necessidades de fertilizantes e menores emissões de gases com efeito de estufa. (Du et al., 2008)

2.4.3.2- Inibidores de nitrificação:

A nitrificação é um processo natural que ocorre no solo através de bactérias, que degradam o amónio (NH_4^+) em nitrito (NO_2) e posteriormente em nitrato (NO_3). A passagem de amónio para nitrito é auxiliada pelas Nitrosomonas, enquanto que a segunda fase é dependente das Nitrobacter (Nelson and Huber, 2001). Segundo alguns estudos feitos, sabe-se que apenas 50% do nitrogénio é utilizado pelas plantas, sendo que outros 25% são imobilizados e os restantes são perdidos por lixiviação ou desnitrificação (Nelson and Huber, 2001).

Os inibidores de nitrificação são compostos químicos que surgem de forma a atrasar a transformação do amónio em nitrato, levando a diversas vantagens (Nelson and Huber, 2001; Snyder et al., 2009; Lam et al., 2015; Ruser et al., 2015). Estes afetam o metabolismo das bactérias responsáveis pela oxidação

dos íons de amónio, durante um certo período, atrasando consequentemente a sua transformação (Nelson and Huber, 2001).

As razões pelas quais os inibidores são usados são principalmente para diminuir as perdas de nitrogénio, pois com a sua utilização a lixiviação de nitratos é controlada, e reduzindo também as emissões de óxido nitroso durante os processos de nitrificação e desnitrificação, pois com a manutenção do nitrogénio em forma de amónio, previne a desnitrificação, que é a forma que leva a maiores perdas de N (Nelson and Huber, 2001; Weiske, 2006; Snyder et al., 2009; Akiyama *et al.*, 2010; Ruser et al., 2015). Por conseguinte, as culturas ficam assim com maior disponibilidade de nutrientes, aumentando assim a eficiência de uso do nitrogénio e menores gastos em fertilizantes (Snyder et al., 2009; Akiyama *et al.*, 2010).

A eficácia dos inibidores de nitrificação depende de fatores ambientais e práticas agrícolas, tais como a temperatura, o pH e a humidade do solo, a proximidade do sistema radicular, que quanto maior menor a eficácia de atuação, bem como práticas culturais (Nelson and Huber, 2001; Akiyama *et al.*, 2010). Segundo alguns estudos feitos, as reduções das emissões de óxido nitroso são entre os 30% e os 40%, havendo até estudo em que as reduções chegam aos 60% (Akiyama *et al.*, 2010; Snyder et al. 2014; Hoglund-Isaksson, et al., 2013; Lam et al., 2015; Ruser et al., 2015).

Apesar destas vantagens, esta medida não é muito bem conhecida, tal como pode haver vestígios de compostos químicos introduzidos no solo através dos inibidores, nos alimentos frescos (Ruser et al., 2015)

2.4.3.3- Maiores quantidades de leguminosas na pastagem:

Esta medida mitigadora passa pelo aumento da percentagem de leguminosas nas pastagens. Com esta alteração das pastagens, teremos um aumento da quantidade de carbono nos solos ligado a diminuição das necessidades de nitrogénio do solo. Assim sendo, com o aumento de leguminosas teremos um aumento da fixação de nitrogénio e uma consequente diminuição das necessidades de aplicação, melhorando a eficiência de uso por parte das plantas, reduzindo as emissões pois com as menores aplicações, menores quantidades haverá disponíveis para que ocorram as reações de nitrificação e desnitrificação, origem de grandes perdas. Considera-se que poderá haver uma fixação de até 15% de N (Dominguez *et al.*, 2016).

2.4.3.4- Agricultura de Precisão

A Agricultura de Precisão é uma técnica que visa a optimização dos inputs preservando os recursos, tendo diversas vantagens entre elas as ambientais (Du et al., 2008). Apenas se torna viável quando existir benefícios adicionais, como por exemplo redução de encargos ambientais (Auernhammer, 2001). Baseia-se na observação e medição da resposta intraespecífica e interespecífica das culturas ou de sistemas de produção animal, à introdução de tecnologias de informação, e posterior gestão da informação, de forma a melhorar a eficiência (Auernhammer, 2001; Mulla, 2013). Estes sistemas de informação permitem aplicar fertilizantes, pesticidas, herbicidas, bem como semear conforme as necessidades das plantas tanto nas quantidades certas como no momento certo, melhorando assim produtividades, eficiência do uso dos fatores e a qualidade do ambiente (Du et al., 2008; Mulla, 2013).

A redução de emissões de N₂O pode chegar aos 36% com a agricultura de precisão (Hoglund-Isaksson, et al., 2013). Este tipo de agricultura inclui o VRT (Variable Rate Technology), tecnologias sensoriais remotas, GPS (Global Positioning Systems, e GIS (Geographical Information Systems), que permitem a utilização de inputs mais eficiente (Du et al., 2008). O VRT permite avaliar diversos parâmetros, como por exemplo a produtividade, permitindo a aplicação de fatores de produção de acordo com as verdadeiras necessidades e não homoganeamente na parcela, otimizando assim a produção em termos de produtividades e custos (Du et al., 2008). As reduções de aplicação com a tecnologia do VRT são muito variáveis, pois depende de parcela para parcela. Contudo, no relatório realizado pela Comissão Europeia, utilizando apenas o sensor de nitrogénio teremos uma redução de 5 kg N/ha (3,6%), de 10 kg N/ha (7,1%) caso se utilize também o mapa, e por fim, 20 kg N/ha (14,3%) com os sensores, mapa e software de gestão de dados moderno (Dominguez *et al*, 2016). No entanto, apesar de trazer algumas vantagens, como a otimização na aplicação de fertilizantes, reduzindo-a, esta tecnologia tem custos bastantes elevados, que para alguns autores, só se torna viável para a exploração agrícola no caso de ser adquirida de forma barata (Lawes and Robertson, 2011).

2.4.4- Cultura do Arroz:

Apesar do pequeno peso que a cultura do arroz possui nas emissões agrícolas da EU-28, com 0,6% (EUROSTAT, 2018), em certos países as medidas a implementar nesta cultura podem ajudar a reduzir o impacto dela nas emissões agrícolas. Estas medidas baseiam-se na combinação do arejamento intermitente, utilização de variedades de arroz específicas e a aplicação de enxofre nos arrozais, em que ambas diminuem as emissões de CH₄ (Hoglund-Isaksson et al., 2013). Apesar de saber-se que estas medidas levarão a reduções de emissões, ainda não existem estudos do impacto que esta terá nas emissões, sendo que no caso do arejamento intermitente para além de reduzir a produção de CH₄, também reduz as quantidades de água utilizadas e aumenta a produtividade (Hoglund-Isaksson et al., 2013). O mesmo acontece com os híbridos de arroz que aumentam a produtividade em 3% e diminuem as emissões quando aplicados sozinhos em 10% (Hoglund-Isaksson et al., 2013). Por fim, a aplicação de enxofre diminui as emissões em 20% a não ser que seja aplicado em simultâneo com as medidas acima em que a redução é de metade (Hoglund-Isaksson et al., 2013).

2.4.5- Queima de Resíduos Agrícolas:

No workshop realizado em Espanha, Sevilha, nenhuma medida mitigadora foi discutida relativamente a esta fonte de emissões. No entanto, uma das medidas discutidas pode afetar a produção de GEE, diminuindo-a, que é a incorporação de resíduos das culturas aquando da digestão anaeróbica dos efluentes pecuários, pois para além de se reduzir os resíduos para queimar, aumenta-se a fertilidade do composto que vai servir de fertilizantes. Outras medidas neste âmbito podem passar pela proibição de queima de resíduos, incentivo à incorporação no solo dos resíduos da cultura anterior ou apenas o incentivo à sementeira direta, deixando no terreno os resíduos.

3- Metodologia:

Para o cumprimento dos objetivos da dissertação, será necessário primeiramente proceder aos cálculos das emissões do setor agrícola da região agrária Alentejo, que inclui o Alto Alentejo, Alentejo Litoral, Alentejo Central e Baixo Alentejo, no ano 2016.

Como foi visto anteriormente, as principais fontes de emissão de gases com efeito de estufa, do setor agrícola, são a fermentação entérica, gestão de efluentes pecuários, solos agrícolas, cultura do arroz e queima de resíduos agrícolas, que em Portugal representou 99,5% das emissões deste setor. Os principais gases emitidos pela atividade agrícola são o CH₄, N₂O e o CO₂. O CH₄ tem origem principalmente na fermentação entérica e gestão de efluentes pecuários, com uma representatividade, em Portugal, de 79,8% e 16,4% respetivamente, tendo, portanto, origem 96,2% das emissões deste gás nestas duas fontes. Quanto às emissões de N₂O, têm origem na gestão de efluentes pecuários e nos solos agrícolas, com 7,9% e 91,4% respetivamente, perfazendo um total de aproximadamente 99%.

Posto isto, as emissões que são calculadas, segundo o NIR, do setor agrícola são as de CH₄ devido à fermentação entérica, gestão de efluentes pecuários, cultura do arroz e queima de resíduos agrícolas, tal como as emissões de N₂O devido à gestão de efluentes pecuários, solos agrícolas e queima de resíduos agrícolas, e as emissões de CO₂ devido à calagem e aplicação de ureia.

No entanto, como visto anteriormente, no ponto 3.3 da revisão bibliográfica, existem emissões provenientes da atividade agrícola que não são contabilizados no setor. Com isto e de forma a tornar os valores das emissões provenientes da agricultura mais próximos da realidade, calcular-se-á as emissões pela queima de combustível por parte de máquinas agrícolas e pela produção de energia para consumo aquando da rega, devido a estas serem aquelas com maior valor. Não se vai contabilizar as emissões da indústria alimentar, bebidas e tabaco, nem o transporte de matérias-primas, produtos e resíduos e nem dos resíduos devido à dificuldade de separar as emissões do setor agrícola dos restantes setores. Para além desses, não se contabilizará as emissões da produção de ácido nítrico nem do uso do solo agrícola, com o sequestro das pastagens, contabilizado nas florestas e incêndios agrícolas devido à muito pequena representatividade.

Para que estes cálculos sejam efetuados, de acordo com as diretrizes do IPCC e do relatório do inventário nacional de emissões (NIR), são necessários os valores de diversas variáveis, representadas no anexo I, de forma a aplicar as fórmulas de cálculo fornecidas

- Fatores de emissão fornecidos pelo IPCC (IPCC, 2006), pelo NIR (APA, 2018) ou calculados através das fórmulas e respetivos valores necessários à sua aplicação (IPCC, 2006; APA, 2018).
- Áreas e produção das diferentes culturas para 2016 (INE, 2018),
- Efetivos pecuários de 2016 (INE, 2018),
- População nacional e da região agrária do Alentejo em 2016 (INE, 2018),
- Contas de cultura relativas à eletricidade e combustível, relativos ao gásóleo gasto por máquinas agrícolas e eletricidade afeta as atividades agrícolas (Agro.ges, 2018),
- Consumo de fertilizantes sintéticos, (Agro.ges, 2018).

Através do NIR de 2018 (National Inventory Report 2018) e do IPCC 2006, são então fornecidos os fatores de emissão ou fórmulas de cálculo de forma a determiná-los para o CH₄ originário da fermentação entérica, o CH₄ proveniente da gestão de efluentes pecuários, o N₂O produzido de forma direta e indireta pela gestão de efluentes pecuários e pelos solos agrícolas, bem como, o CH₄ emitido pela cultura do arroz, o CH₄ e N₂O com origem da queima de resíduos das culturas e o CO₂ da calagem, aplicação de ureia, uso de máquinas agrícolas e rega (APA, 2018).

Para além destes dados, temos ainda os dados de áreas e produção para a região agrária do Alentejo, no ano de 2016, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Estatísticas (INE), bem como os efetivos pecuários para a mesma região e ano. O INE forneceu ainda dados da população nacional e da região agrária Alentejo, no ano 2016 (INE, 2018).

Por fim, dados fornecidos pela AGRO.GES, referentes a contas de diversas culturas, donde se retira os dados de combustível gasto pelas máquinas agrícolas por hectare de cada cultura, e o quilowatt hora consumido pela rega por hectare de cultura regada.

Posteriormente, são calculadas as emissões com a introdução de medidas mitigadoras apresentadas na revisão bibliográfica, podendo estas ser tecnologias ou políticas mitigadoras, analisando o seu impacto nas emissões.

Após estes cálculos analisar-se-á todas as medidas mitigadoras do setor vegetal em conjunto e comparar-se-á ao setor animal com as medidas mitigadoras todas agregadas, tentando perceber qual o setor que poderá ter maior papel no contributo à neutralidade carbónica.

Como referido anteriormente, segue-se a metodologia para o cálculo das emissões para o ano 2016, na região agrária Alentejo.

3.1- Emissões de GEE na região do Alentejo no ano de 2016:

3.1.1- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela fermentação entérica:

No cálculo das emissões de CH₄ pela fermentação entérica são necessários os números de animais existentes em cada categoria bem como os fatores de emissão de CH₄ pela fermentação entérica, que é calculado através da energia bruta ingerida por cada animal e pelo fator de conversão de CH₄ a partir da energia bruta ingerida, como se pode ver de seguida.

3.1.1.1- Fatores de emissão de CH₄ pela fermentação entérica:

No cálculo das emissões de CH₄ pela fermentação entérica (FE), o IPCC 2006 disponibiliza, através da equação 10.21, a fórmula para determinar o fator de emissão de CH₄ pela fermentação entérica, como representada de seguida (APA, 2018).

$$EF_{CH_4(i,y)}(FE) = \frac{GE_{(i)} * \left(\frac{Ym}{100}\right) * 365}{55,65}$$

Onde:

EF_{CH₄(i)}(FE) – fator de emissão de CH₄ pela fermentação entérica para cada tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg CH₄/(cab.ano));

GE – Energia bruta ingerida para cada tipo de animal “i”, (MJ/(cab.dia));

Ym – Fator de conversão do CH₄ (% de energia bruta ingerida que é convertida em CH₄), (Adimensional);

365 – Dias;

55,65 – Energia contida no CH₄, (MJ/kg CH₄).

Através desta fórmula, obtém-se os fatores de emissão de CH₄ pela fermentação entérica para cada tipo de animal e por ano, pois a APA fornece os dados necessários ao seu cálculo, com a digestibilidade, energia bruta ingerida e fator de conversão do CH₄ representados no quadro 26. Estes valores de energia bruta ingerida por tipo de animal fornecida são relativos às digestibilidades apresentadas. Através destes cálculos, pode-se ver os resultados dos fatores de emissão de CH₄ pela fermentação entérica na última coluna do quadro 26. Não serão considerados os fatores de emissão associados à produção de aves, pois são negligenciáveis (APA, 2018).

3.1.1.2- Emissões de CH₄ pela fermentação entérica:

Tendo acesso aos coeficientes de emissão por tipo de animal, pode-se assim proceder ao cálculo das emissões de CH₄ pela fermentação entérica, através da seguinte fórmula, adaptada da equação fornecida pelo IPCC na equação 10.19 (IPCC, 2006):

$$Emi_{FE(y)}(CH_4) = (EF_{FE(i,y)}(CH_4) * N_{(i,y)})$$

Onde:

Emi_{FE(i,y)}(CH₄) – Emissões de CH₄ pela fermentação entérica no ano “y” para o animal do tipo “i”, (kg CH₄/ano);

EF_{CH₄(i,y)}(FE) – Fator de emissão de CH₄ do tipo de animal “i” no ano “y”, (kg CH₄/(cab.ano));

N_(i,y) – Número de cabeças animais do tipo “i” no ano “y”, (unidade).

As emissões são calculadas através do produto entre o fator de emissão de CH₄ e o número de animais, para cada categoria de animais. O número de animais (N) é disponibilizado pelo Instituto Nacional de Estatísticas (INE), como se pode ver no quadro 26, enquanto os fatores de emissão, como referido anteriormente, estão representados no quadro 26, que coincidem com os disponibilizados pelo NIR na tabela 5.3 (APA, 2018).

Com isto, pode-se então proceder ao cálculo das emissões de CH₄ pela fermentação entérica, somando as emissões de cada tipo “i” de animal, adaptada também da fórmula 10.19 do IPCC (IPCC, 2006) e da equação anterior:

$$Emi_{FE(y)}(CH_4) = \sum_i Emi_{FE(i,y)}(CH_4)$$

Onde:

Emi_{FE(y)}(CH₄) – Emissões de CH₄ pela fermentação entérica no ano “y”, (kg CH₄/ano);

Emi_{FE(i,y)}(CH₄) – Emissões de CH₄ pela fermentação entérica no ano “y” para o animal do tipo “i”, (kg CH₄/ano).

3.1.2- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários:

Tal como acontece no caso da fermentação entérica, para o cálculo das emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários, são necessários os efetivos pecuários, bem como os fatores de emissão deste gás na gestão de efluentes, que é calculado através das quantidades de sólidos voláteis excretados pelos animais, da capacidade máxima de produção de CH₄ pelo estrume animal, do fator de conversão de CH₄ para cada tipo de sistema de gestão de efluente pecuário e para cada região climática e da fração de efluente pecuário que é tratado em cada sistema de gestão, como esta demonstrado de seguida.

3.1.2.1- Fatores de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários:

As emissões de CH₄ proveniente da gestão de efluentes pecuários depende das quantidades de estrume produzido por cada tipo de animal, da percentagem de efluentes pecuários que cada sistema trata e da região climática em causa. Posto isto, o IPCC faculta a fórmula 10.23 (IPCC, 2006), representada em baixo, que permite calcular os fatores de emissão, para Portugal, referentes a este tipo de emissões.

$$EF_{GEP(i,y)}(CH_4) = (VS_{(i)} * 365) * (Bo_{(i)} * 0,67 * \sum_{jk} \frac{MCF_{(j,k,y)}}{100} * MMS_{(i,j,y)})$$

Onde:

EF_{GEP(i,y)} (CH₄) – Fator de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários para um animal de determinada raça “i”, no ano “y”, (kg CH₄/(cab.ano))

VS_(i) – Sólidos voláteis excretados em média pelo animal “i”, (kg dm/dia);

Bo_(i) – Capacidade máxima de produção de CH₄ pelo estrume do animal “i”, (m³ CH₄/kg VS excretada);

0,67 – Fator de conversão de m³ de CH₄ em kg CH₄;

MCF_(j,k) – Fator de conversão de CH₄ para cada tipo de sistema de gestão de efluente pecuário “j” para cada região climática “k”, no ano “y”, (%)

MMS_(i,j,y) – Fração de efluente pecuário do animal “i” que é tratado no sistema de gestão “j”, no ano “y” (Adimensional).

Tanto os valores da capacidade máxima de produção de metano por cada animal (Bo), como a fração de efluente pecuário de cada tipo animal tratada em cada sistema (MMS), são fornecidos nas tabelas 5.21 e 5.23 do NIR (APA, 2018), respetivamente. Os fatores de conversão de CH₄ para cada tipo de sistema de gestão de efluente pecuário em cada região climática (MCF), são também fornecidos pelo NIR na tabela 5.25. (APA, 2018). Estes valores estão representados no quadro 28 e no quadro 27.

No entanto, os dados referentes aos sólidos voláteis excretados em média por cada tipo de animal têm de ser calculados, através da fórmula abaixo (IPCC, 2006).

$$VS = \left(GE_{(i)} * \left(1 - \left(\frac{DE_{(i)}}{100} \right) \right) \right) + (UE * GE)_{(i)} * ((1 - ASH_{(i)})/18,45) * 365$$

Onde:

VS_(i) – Sólidos voláteis excretados por tipo de animal “i”, (kg VS/dia);

GE_(i) – Energia bruta ingerida média diária por tipo de animal “i”, (MJ/dia);

$DE_{(i)}$ – Digestibilidade do alimento por tipo de animal “i”, (%);

$(UE*GE)_{(i)}$ – Energia urinária por tipo de animal “i”, (Adimensional);

$ASH_{(i)}$ – Conteúdo em cinza nos efluentes pecuários, calculada em fração de alimento ingerido, por tipo de animal “i”, (Adimensional);

18,45 – Fator de conversão da energia bruta ingerida na dieta para kg/matéria seca (MJ/kg)

A energia bruta ingerida média diária (GE), é fornecida pelo NIR na tabela 5.5 (APA, 2018), aquando do cálculo das emissões de CH₄ pela fermentação entérica, representada no quadro 26, tal como a digestibilidade (DE). A energia urinária (UE) e a quantidade de cinza no estrume (ASH) são fornecidos pelo NIR na tabela 5.21 (APA, 2018), como mostra o quadro 29.

A partir dos valores de sólidos excretados obtidos (VS), quadro 29, e recorrendo aos dados fornecidos pela APA (APA, 2018), Bo, MMS e MCF disponíveis no quadro 26 e 28, respetivamente, é possível então calcular o fator de emissão de CH₄ referente a gestão de efluentes pecuários ($EF_{GEP(i)}(CH_4)$), com os resultados apresentados no quadro 29.

3.1.2.2- Emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários:

Através dos fatores de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários (quadro 29) e do número de animais do INE (quadro 17), calcula-se as emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários, com a adaptação da fórmula 10.22 do IPCC (IPCC, 2006), dando origem à fórmula seguinte:

$$Emi_{CH_4(i,y)}(GEP) = EF_{CH_4(i,y)}(GEP) * N_{(i,y)}$$

Onde:

$EF_{CH_4(i,y)}(GEP)$ – Emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i” no ano “y”, (kg CH₄/ano);

$EF_{CH_4(i,y)}(GEP)$ – Fator de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários para um animal de determinada raça “i”, no ano “y” (kg CH₄/(cab.ano));

$N_{(i,y)}$ – Número de cabeças animais do tipo “i” no ano “y”, (unidade).

Posteriormente, através da soma das emissões de cada tipo “i” de animal, obtêm-se os valores referentes às emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários num dado ano “y”, como mostra a fórmula em baixo, proveniente também da fórmula 10.22 do IPCC (IPCC, 2006):

$$Emi_{CH_4(y)}(GEP) = \sum_i (Emi_{CH_4(i,y)}(GEP))$$

Onde:

$Emi_{CH_4(y)}(GEP)$ – Emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários no ano “y”, (kg CH₄/ano);

$EF_{CH_4(i,y)}(GEP)$ – Emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i” no ano “y”, (kg CH₄/ano).

3.1.3- Fatores de emissão e emissões de CH₄ pela cultura do arroz:

Nas emissões CH₄ provenientes da cultura do arroz, é necessário a área de cultura de arroz realizada no ano de interesse e na região de interesse, bem como o fator de emissão de CH₄ devido a esta cultura, determinado através do fator base de emissão para campos de arroz continuamente alagados,

sem haver melhorias orgânicas e através dos fatores de dimensionamento para a gestão do regime hídrico durante o período de cultivo, para as diferenças no regime hídrico antes da época de cultivo, para o tipo de melhoramento orgânico aplicado e para o tipo de solo, como se vê a seguir.

3.1.3.1- Fatores de emissão de CH₄ pela cultura do arroz:

Quanto ao fator de emissões de CH₄ proveniente da cultura de arroz, este é calculado através de uma equação fornecida pelo IPCC 2006, equação 5.2 (IPCC, 2006), apresentada em baixo.

$$EF_{CH_4(y)}(CA) = EF_{c(t,y)} * SF_w * SF_p * SF_o * SF_s$$

Onde:

EF_{CH₄(y)}(CA) – Fator de emissão de CH₄ pela cultura do arroz por hectare, no ano “y”, (kg CH₄/(ha.ano));

EF_{c(t,y)} – Fator base de emissão para campos de arroz continuamente alagados, sem haver melhorias orgânicas, durante um certo período “t”, no ano “y”, (kg/(ha.ano));

SF_w – Fator de dimensionamento para a gestão do regime hídrico durante o período do cultivo do arroz, (Adimensional);

SF_p – Fator de dimensionamento para as diferenças no regime hídrico antes da época de cultivo do arroz, (Adimensional);

SF_o – Fator de dimensionamento para o tipo de melhoramento orgânico aplicado, (Adimensional);

SF_s – Fator de dimensionamento para o tipo de solo, (Adimensional).

No entanto, o NIR na tabela 5.29 (APA, 2018), disponibiliza todos os dados, inclusive o resultado do fator de emissão, como se podem ver no quadro 1.

3.1.3.2- Emissões de CH₄ pela cultura do arroz:

Quadro 1: Fator de dimensionamento para a gestão do regime hídrico durante o período de cultivo do arroz (Adimensional), para as diferenças no regime hídrico antes da época de cultivo do arroz (Adimensional), para o tipo de melhoramento orgânico aplicado (Adimensional)

Tipo de emissão	Efct (kg/(ha.ano))	SFw (adimensional)	SFp (adimensional)	Sfo (adimensional)	SFs (adimensional)	EF (kg CH ₄ /(ha.ano))
Cultura do Arroz	198,9	0,6	0,68	2,34	1	189,68

Através dos dados fornecidos pela APA relativos aos fatores de emissão pela cultura do arroz, é possível calcular as emissões de CH₄ pela cultura do arroz, com a fórmula seguinte, adaptada da equação 5.1 do IPCC (IPCC, 2006):

$$Emi_{CH_4(y)}(CA) = EF_{CH_4(y)}(CA) * A_{rice(y)}$$

Onde:

Emi_{CH₄(y)}(CA) - Emissões de CH₄ pela cultura do arroz no ano “y”, (kg CH₄/ano);

EF_{CH₄(y)}(CA) – Fator de emissão de CH₄ pela cultura do arroz, no ano “y”, (kg CH₄/(ha.ano));

A_{rice(y)} – Área de arroz referente ao ano “y”, (ha/ano).

A área de arroz (A_{rice}), é disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estatísticas (INE), com os valores explícitos no quadro 18.

3.1.4- Fatores de emissão e emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários:

As emissões de N₂O proveniente da gestão de efluentes pecuários podem ser de origem direta ou indireta (APA, 2018).

Quadro 2: Fatores de emissão direto de N₂O de cada sistema de gestão de efluentes pecuários (kg N₂O-N/kg N). (Fonte: APA)

MMS	EF ₃ (kg N ₂ O-N/kg N)
Lagoa (sistema líquido)	0
Tanque (sistema líquido)	0,005
Armazenamento sólido	0,005

3.1.4.1- Fatores de emissão e emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, de origem direta:

As emissões de N₂O de origem direta na gestão de efluentes pecuários necessitam, para o seu cálculo, do número de animais, como acontece com as emissões de CH₄ devido a esta fonte, bem como do fator de emissão direto de N₂O, que é determinado pela excreção de nitrogénio média por animal, a fração de efluente pecuário tratado em cada sistema de gestão, e o fator de emissão direto de N₂O a partir do nitrogénio de cada sistema de gestão de efluente pecuário, como se poderá ver em seguida.

3.1.4.1.1- Fatores de emissão de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta:

As emissões diretas de N₂O, como explicado anteriormente, são causadas pelos processos de nitrificação e desnitrificação durante a gestão e armazenamento dos efluentes (APA, 2018). O fator de emissão de N₂O associado a emissões de origem direta é calculado através da fórmula abaixo, sendo esta, o somatório das emissões de cada sistema de gestão de efluentes pecuários. Esta fórmula foi adaptada da equação 10.25 do IPCC (IPCC, 2006):

$$EF_{N_2O(direct)(i,y)}(GEP) = \sum_s (N_{ex(i,y)} * MS_{(i,s)}) * EF_{3(s)} * \frac{44}{28}$$

Onde:

EF_{N₂O(direct)(i,y)}(GEP) – Fator de emissão de N₂O por emissão direta do tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N₂O/(cab.ano));

N_{ex(i,y)} – Excreção de N média anual no país de interesse por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

MS_(i,s) – Fração de nitrogénio/estrupe por animal “i” que é tratado no sistema de gestão de efluente “s”, (Adimensional);

EF_{3(s)} – Fator de emissão direto de N₂O do sistema de gestão de efluente “s”, pela gestão de efluentes pecuários, (kg N₂O-N/kg N).

44/28 – Conversão de kg N₂O-N para kg N₂O.

Os três indicadores referidos acima (N_{ex}, MS_(i,s) e EF_{3(s)}) são disponibilizados pelo NIR, nas tabelas 5.35, 5.23 e 5.33 respetivamente (APA, 2018), sendo que os dados referentes à fração de nitrogénio/estrupe por categoria de animal que é tratado no sistema de gestão de efluente pecuário, foi fornecido aquando do cálculo das emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários, representado no quadro 28. A excreção de N média anual no país de interesse por categoria de animal

e o fator de emissão direto de N₂O de cada sistema de gestão de efluentes pecuários estão disponíveis no quadro 30 e 2 respetivamente.

Quadro 3: Perdas de nitrogénio por volatilização, lixiviação e o total, dos diferentes tipos de sistemas de gestão de efluentes pecuários por tipo de animal (%). (Fonte: APA e IPCC)

Tipo Animal	Armazenamento Sólido			Tanque			Lagoa		
	Perdas N Total	Perdas N Volatilização	Perdas N Lixiviação	Perdas N Total	Perdas N Volatilização	Perdas N Lixiviação	Perdas N Total	Perdas N Volatilização	Perdas N Lixiviação
Vacas Leiteiras	40	30	10	40	40	0	35	35	0
Vacas não Leiteiras	50	45	5	0	0	0	0	0	0
Suínos	50	45	5	48	48	0	40	40	0
Aves	55	55	0	0	0	0	40	40	0
Outros	15	12	3	0	0	0	0	0	0

Com estes valores é assim possível proceder ao cálculo do fator de emissão de cada tipo de animal para cada sistema de gestão de efluentes pecuários por cabeça animal, como se pode ver os resultados no quadro 30.

Somando os fatores de emissão de N₂O de cada sistema de gestão de efluentes pecuários, armazenamento sólido, tanques e lagoas, obtêm-se o fator de emissão de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta global para cada tipo de animal por cabeça animal, como podemos ver também no quadro 30.

3.1.4.1.2- Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, de origem direta:

Com os resultados dos fatores de emissão de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta, torna-se possível calcular as emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta, através da fórmula seguinte (adaptada da fórmula 10.22 fornecida pelo IPCC (IPCC, 2006)):

$$Emi_{N2O(direct)(i,s,y)}(GEP) = EF_{N2O(direct)(i,s,y)}(GEP) * N_{(i,y)}$$

Onde:

Emi_{N2O(direct)(i,s,y)}(GEP) – Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta, pelo animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

EF_{N2O(direct)(i,y)}(GEP) – Fator de emissão de N₂O por emissão direta do tipo de animal “i” para o sistema de gestão “s”, no ano “y”, (kg N₂O/(cab.ano));

N_(i,y) - Número de cabeças animais do tipo “i” no ano “y”, (unidade).

Posto isto, pode-se então calcular as emissões totais de N₂O de origem direta pela gestão de efluentes pecuários, somando as emissões de cada tipo de animal, através da fórmula seguinte:

$$Emi_{N2O(direct)(y)}(GEP) = \sum_i Emi_{N2O(direct)(i,s,y)}(GEP)$$

Onde:

Emi_{N2O(direct)(y)}(GEP) – Emissões de N₂O de origem direta pela gestão de efluentes pecuários, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N2O(direct)(i,s,y)}(GEP) – Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta, pelo animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

3.1.4.2- Fatores de emissão e emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta:

Como acontece com as emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem direta, no caso de ser de origem indireta, torna-se necessário saber na mesma o efetivo animal, bem como o fator de emissão de N₂O de origem indireta que é calculado através do nitrogénio excretado pelos animais, do nitrogénio perdido para cada tipo de perda e para cada sistema de gestão e dos fatores de emissão de N₂O por N perdido para cada tipo de perda.

3.1.4.2.1- Fatores de emissão de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta:

As emissões indiretas de N₂O, que como já foi referido, resultam das perdas por volatilização sob a forma de amoníaco (NH₃) e de monóxidos (NO_x) durante a recolha e armazenamento dos efluentes, e da lixiviação e escorrimento para o solo destes, são calculadas a partir das emissões diretas de N₂O pela gestão de efluentes pecuários. No IPCC, tabela 10.23 (IPCC, 2006), são fornecidas as percentagens de perdas por volatilização e lixiviação para cada categoria de animal em cada sistema de gestão de efluentes, armazenamento sólido, tanque e lagoa no caso da volatilização e armazenamento sólido no caso da lixiviação, relativamente às emissões diretas de N₂O apresentadas no quadro 3.

Através destas percentagens e da quantidade de azoto excretada por tipo de animal (N_{ex(i)}), disponível no quadro 30, é possível calcular os fatores de emissão de N lixiviado e volatilizado a partir dos efluentes pecuários, para cada tipo de animal e sistema (N_{perd(i,j,s)}), através da equação abaixo, adaptada da equação 10.28 do IPCC (IPCC, 2006), aquando da sua gestão. Estes resultados são nos mostrados no quadro 33.

$$EF_{N(indirect)(i,j,s,y)}(GEP) = \left(\frac{N_{perd(i,j,s)}}{100} \right) * N_{ex(i,y)}$$

Onde:

EF_{N(indirect)(i,j,s,y)}(GEP) – Fator de N perdido pelo animal do tipo “i”, devido ao tipo de perda “j” (lixiviação ou volatilização) em cada sistema “s”, no ano “y” (kg N/(cab.ano));

N_{ex(i,y)} – Excreção de N média anual no país de interesse por animal “i”, no ano “y” (kg N/(cab.ano));

N_{perd(i,j,s)} – Perdas de N devido à emissão “j” para cada sistema “s” por cada tipo de animal “i”, (%)

Com estes fatores de emissão anual de N por cabeça animal (quadro 33), e do fator de emissão de N₂O-N por volatilização de NH₃ e NO_x ou por lixiviação e escorrimento de N devido à gestão de efluentes pecuários, fornecidos pelo IPCC tabela 11.3 e representados no quadro 4, consegue-se proceder ao cálculo dos fatores de emissões de N₂O indiretas por volatilização e lixiviação, através da adaptação da fórmula 10.29 do IPCC (IPCC, 2006) abaixo:

$$EF_{N2O(indirect)(i,j,s,y)}(GEP) = (EF_{N(indirect)(i,j,s,y)}(GEP) * EF_x) * \frac{44}{28}$$

Onde:

EF_{N2O (indirect)(i,j,s,y)}(GEP) – Fator de emissão de N₂O pela perda do tipo “j” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i” no sistema de gestão “s”, no ano “y”, (kg N₂O/(cab.ano))

$EF_{N(\text{indirect})(i,j,s,y)}(\text{GEP})$ – Fator de N perdido pelo animal do tipo “i”, com o tipo de perda “j” (lixiviação ou volatilização) no sistema “s”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

EF_x - Fator de emissão de N_2O por volatilização de NH_3 e NO_x ou por lixiviação e escoamento de N devido à gestão de efluentes pecuários, (kg N_2O-N /kg N);

44/28 – Conversão de kg N_2O-N para kg N_2O .

Os fatores de emissão de N_2O-N pela quantidade de N perdido, que como dito anteriormente, estão representados no quadro 4, são o EF_4 e EF_5 , sendo eles, o fator de emissão de N_2O-N por volatilização de NH_3 e NO_x pela gestão de efluentes pecuários e o fator de emissão de N_2O-N por lixiviação e escoamento de N devido à gestão de efluentes pecuários, respetivamente.

Quadro 4: Fator de emissão de nitrogénio, em kg N/(cab.ano), por tipo de perda (lixiviação e volatilização), por tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários e por tipo de animal.

Tipo Animal	Sub-Categoria	Armazenamento Sólido		Tanque		Lagoa	
		Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização	Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização	Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	2,82	8,45	0	11,74	0	4,93
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Machos (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Novilhos (>2 yrs)	0,25	2,21	0	0	0	0
	Novilhas Carne (>2 yrs)	0,33	2,97	0	0	0	0
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	0,33	2,97	0	0	0	0
	Vacas não Leiteiras	0,24	2,16	0	0	0	0
Suínos	Leitões (<20 kg)	0	0	0	0	0	0
	Porcos (20-50 kg)	0,01	0,08	0	0,35	0	3,06
	Porcos (50-80 kg)	0,01	0,12	0	0,50	0	4,42
	Porcos (80-110 kg)	0,01	0,12	0	0,50	0	4,42
	Porcos (> 110 kg)	0,01	0,12	0	0,50	0	4,42
	Varrascos (>50 kg)	0,02	0,16	0	0,69	0	6,12
	Porcas Cobertas	0,01	0,09	0	0,58	0	6,80
	Porcas não Cobertas	0,02	0,19	0	1,21	0	14,28
Ovinos	Ovelhas	0,02	0,10	0	0	0	0
	Outros Ovinos	0,02	0,07	0	0	0	0
	Borregos	0	0	0	0	0	0
Caprinos	Cabras	0,02	0,09	0	0	0	0
	Outros Caprinos	0,02	0,09	0	0	0	0
	Cabritos	0	0	0	0	0	0
Equídeos	Cavalos	0,15	0,58	0	0	0	0
	Burros e Mulas	0,07	0,29	0	0	0	0
Aves	Galinhas reprodutoras	0	0,19	0	0	0	0
	Galinhas Poedeiras	0	0,44	0	0	0	0
	Frangos de Carne	0	0,24	0	0	0	0
	Perus	0	0,77	0	0	0	0
	Outras Aves	0	0,22	0	0	0	0
Outros	Coelhos (Femêas por gaiola)	0,27	1,08	0	0	0	0

Através da soma dos fatores de emissão de N_2O de cada sistema de gestão de efluentes pecuários, armazenamento sólido, lagoas e tanques, obtêm-se ainda o fator de emissão de N_2O pela gestão de

efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de perda (volatilização e lixiviação) por categoria animal, como mostra a equação seguinte, também adaptada da fórmula 10.29 do IPCC (IPCC, 2006):

$$EF_{N2O(indirect)(i,j,y)}(GEP) = \sum_s EF_{N2O(indirect)(i,j,s,y)}(GEP)$$

Onde:

$EF_{N2O(indirect)(i,j,y)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N₂O pela perda do tipo “j” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N₂O /(cab.ano));

$EF_{N2O(indirect)(i,j,s,y)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N₂O pela perda do tipo “j” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i” no sistema de gestão “s”, no ano “y”, (kg N₂O /(cab.ano)).

Quadro 5: Fator de emissão de N₂O-N por kg N perdido para o tipo de perda por volatilização e lixiviação (kg N₂O-N/kg N). (Fonte: APA)

EF ₄ - volatilização	0,01
EF ₅ - lixiviação	0,0075

Somando os fatores de emissão para cada tipo de perda por tipo de animal, através da fórmula seguinte adaptada mais uma vez da fórmula 10.29 do IPCC (IPCC, 2006), obtêm-se um fator de emissão global para cada tipo animal.

$$EF_{N2O(indirect)(i,y)}(GEP) = \sum_j EF_{N2O(indirect)(i,j,y)}(GEP)$$

Onde:

$EF_{N2O(indirect)(i,y)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N₂O na gestão de efluentes pecuários para cada tipo de animal “i”, no ano “y” (kg N₂O /(cab.ano)).

$EF_{N2O(indirect)(i,j,y)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N₂O pela perda do tipo “j” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “i”, no ano “y” (kg N₂O /(cab.ano));

3.1.4.2.2- Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta:

Posto isto, com os fatores de emissão de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta e o número de animais segundo o INE (INE, 2018), torna-se possível proceder ao cálculo das emissões de N₂O através da gestão de efluentes pecuários de origem indireta por tipo de animal, por tipo de perda e sistema de gestão ou por tipo de perda e tipo de animal, através das fórmulas seguintes (adaptadas da fórmula 10.22 fornecida pelo IPCC (IPCC, 2006)):

$$Emi_{N2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP) = EF_{N2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP) * N_{(i,y)}$$

ou

$$Emi_{N2O(i,j,y)(indirect)}(GEP) = EF_{N2O(i,j,y)(indirect)}(GEP) * N_{(i,y)}$$

ou

$$Emi_{N2O(i,y)(indirect)}(GEP) = EF_{N2O(i,y)(indirect)}(GEP) * N_{(i,y)}$$

Onde:

$Emi_{N2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “i”, perda “j” e sistema de gestão de efluentes pecuários “s”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(i,j,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “ i ” e por tipo de perda “ j ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(i,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “ i ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$EF_{N_2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N_2O pela perda do tipo “ j ” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “ i ” no sistema de gestão “ s ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /(cab.ano));

$EF_{N_2O(i,j,y)(indirect)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N_2O pela perda do tipo “ j ” na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “ i ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /(cab.ano));

$EF_{N_2O(indirect)}(GEP)$ – Fator de emissão de origem indireta de N_2O na gestão de efluentes pecuários do tipo de animal “ i ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /(cab.ano));

$N_{(i,y)}$ - Número de cabeças animais do tipo “ i ” no ano “ y ”, (unidade).

Através do somatório das emissões de cada tipo de animal para cada uma das emissões determinadas através das equações anteriores, obtêm-se as emissões totais para cada tipo de perda e tipo de sistema de gestão ou totais para cada tipo de perda ou totais gerais, como mostram as fórmulas seguintes:

$$Emi_{N_2O(j,s,y)(indirect)}(GEP) = \sum_i Emi_{N_2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP)$$

ou

$$Emi_{N_2O(j,y)(indirect)}(GEP) = \sum_i Emi_{N_2O(i,j,y)(indirect)}(GEP)$$

ou

$$Emi_{N_2O(y)(indirect)}(GEP) = \sum_i Emi_{N_2O(i,y)(indirect)}(GEP)$$

Onde:

$Emi_{N_2O(j,s,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta por tipo de perda “ j ”, para cada sistema de gestão de efluentes “ s ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(j,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta por tipo de perda “ j ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(i,j,s,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “ i ”, perda “ j ” e sistema de gestão de efluentes pecuários “ s ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(i,j,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “ i ” e por tipo de perda “ j ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(i,y)(indirect)}(GEP)$ – Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta para cada tipo de animal “ i ”, no ano “ y ”, (kg N_2O /ano);

3.1.4.3- Emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários

Somando as emissões de N_2O de origem direta e indireta pela gestão de efluentes pecuários, obtêm-se as emissões de N_2O pela gestão de efluentes pecuários totais.

$$Emi_{N_2O(y)}(GEP) = Emi_{N_2O(y)(direct)} + Emi_{N_2O(y)(indirect)}$$

Onde:

Emi_{N2O(y)}(GEP) – Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, no ano “y”, (kg N₂O/ano)

Emi_{N2O(y)}(direct)(GEP) – Emissões de N₂O de origem direta pela gestão de efluentes pecuários, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N2O(y)}(indirect)(GEP) – Emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários de origem indireta, no ano “y” (kg N₂O/ano);

3.1.5- Fatores de emissão e emissões de N₂O pelos solos agrícolas:

Tal como acontece no caso das emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, nas emissões deste gás devido aos solos agrícolas também podem ser de origem direta ou indireta.

3.1.5.1- Fatores de emissão e emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta:

As emissões diretas de N₂O, que como referido anteriormente, são consequência do aumento da disponibilidade de N nos solos agrícolas a partir das atividades humanas, como o uso de fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, a deposição de urina e dejetos de pecuária nas pastagens e a incorporação de resíduos das culturas precedentes nos solos.

As quantidades de N₂O incorporadas no solo pelas várias fontes, que irão dar origem as emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas, têm de ser determinadas no caso dos fertilizantes orgânicos de origem animal, resíduos de cultura e pastagens, enquanto nos restantes são fornecidas.

Quadro 6: Fatores de emissão de N₂O-N e de N₂O a partir de N incorporado no solo proveniente de fertilizantes sintéticos, orgânicos e resíduos de cultura (EF₁), bem como os fatores de emissão de N₂O pelo N incorporado no solo originado de urina e esterco de animais como bovinos, aves e suínos (EF_{3(prp, cpp)}), e ovinos e outros animais (EF_{3(prp, so)}), (kg N₂O-N/kg N). (Fonte: APA)

Fator de emissão	Valor (kg N ₂ O-N/kg N input)	Valor (kg N ₂ O/kg N input)
EF ₁ - N introduzido no solo	0,01	0,0157
EF _{3(prp, cpp)} - N introduzido no solo por urina e esterco de gado bovino, aves e porcos	0,02	0,0314
EF _{3(prp, so)} - N introduzido no solo por urina e esterco de ovelhas e outros animais	0,01	0,0157

Os fatores de emissão de N₂O-N a partir do N incorporado no solo proveniente de fertilizantes sintéticos, orgânicos e resíduos de cultura (EF₁), bem como os fatores de emissão de N₂O pelo N incorporado no solo originado pela urina e esterco de animais como bovinos, aves e suínos (EF_{3(prp, cpp)}) e ovinos e outros animais (EF_{3(prp, so)}), que são necessários ao cálculo das emissões são fornecidos pelo NIR na tabela 5.40 (APA, 2018), estando representados no quadro 5.

Posto isto torna-se possível calcular as emissões de N₂O relativas aos solos agrícolas, usando as quantidades de N incorporadas no solo de cada tipo e através dos fatores de emissão.

3.1.5.1.1- Fertilizantes sintéticos:

Os dados do consumo anual de fertilizantes sintéticos (F_{SN(0,577)(y)}) existentes para o cálculo das emissões diretas devido ao seu uso, são fornecidos pela Agro.ges, fornecendo dados relativos a às diferentes regiões agrárias, mas apenas representando 57,7% do consumo nacional em relação aos valores da tabela 4 do anexo F do NIR (APA, 2018), como se pode ver no quadro 21, tendo de extrapolar

os valores para 100% do consumo (F_{SN}), da região de interesse, visto o NIR não fornecer o consumo de fertilização sintética regionalizado. Estes dados estão disponíveis também no quadro 21. Não se contabiliza emissões provenientes da aplicação de P_2O_5 nem de K_2O .

$$F_{SN(y)} = (F_{SN(0,577)(y)} * 100)/57,7$$

Onde:

$F_{SN(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N/ano);

$F_{SN(0,577)(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de fertilizantes sintéticos para 57,7% do consumo, no ano “y”, (kg N/ano).

As emissões devido a este tipo de fertilizantes são calculadas através da fórmula seguinte, adaptada da equação fornecida pelo IPCC, equação 11.1 (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(y)(direct)}(F_{SN}) = F_{SN(y)} * EF_1 * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(direct)}(F_{SN})$ – Emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem direta devido à aplicação de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$F_{SN(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de fertilizantes sintéticos por ano, no ano “y”, (kg N/ano);

EF_1 – Fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas, (kg N_2O -N/kg N);

44/28 – Conversão de kg N_2O -N para kg N_2O .

3.1.5.1.2- Fertilizantes orgânicos:

Os fertilizantes orgânicos também são uma importante fonte de N pelo que tem associado emissões. Para o cálculo destas emissões torna-se necessário a determinação dos valores disponíveis de fertilizantes orgânicos para a aplicação no solo.

Existem diversos tipos de fertilizantes orgânicos, sendo um deles o proveniente do tratamento de efluentes pecuários e das camas dos animais. Os outros fertilizantes orgânicos disponíveis são as lamas de ETAR e os compostos de resíduos urbanos.

3.1.5.1.2.1- Fertilizantes orgânicos de origem animal:

3.1.5.1.2.1.1- Quantidade de N nos fertilizantes orgânicos de origem animal:

Com a adaptação da equação 10.34 do IPCC (IPCC, 2006), é possível obter a quantidade por tipo de animal disponível para uso como fertilizante.

$$F_{AM(i,y)} = \sum ((N_{ex(i,y)} * MS_{(i,s)}) * (1 - \frac{N_{perd(i,j,s)}}{100})) + (N_{Palha(i,y)} * MS_{AS(i)})$$

Onde:

$F_{AM(i,y)}$ – Quantidade de N orgânico disponível de origem animal, para o animal do tipo “i”, (kg N/(cab.ano))

$N_{ex(i,y)}$ – Excreção de N média anual no país de interesse por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$MS_{(i,s)}$ – Fração de nitrogénio/estrupe por animal “i” que é tratado no sistema de gestão de efluente “s”, (Adimensional);

$N_{perd(i,j,s)}$ – Perdas de N devido à emissão “j” para cada sistema “s” por cada tipo de animal “i”, (%);
 $N_{Palha(i,y)}$ – Quantidade de N na palha da cama do animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano)).
 $MS_{AS(i)}$ – Fração de nitrogênio/estrupe por animal “i” em armazenamento sólido, (Adimensional)

A média anual de excreção de N por animal (N_{ex}) foi disponibilizada pelo NIR como referido aquando do cálculo do fator de emissão de N_2O de origem direta pela gestão de efluentes pecuários, quadro 30. O mesmo acontece com a fração de nitrogênio tratada num dado sistema de gestão (MMS), disponível no quadro 28. A percentagem de N perdido para cada sistema de gestão por categoria de animal e tipo de perda (N_{perd}), fornecido aquando do cálculo das emissões de N_2O de origem indireta pela gestão de efluentes pecuários, está representado no quadro 3. Por fim, tem de se contabilizar o N presente nas camas dos animais, em que a quantidade de azoto presente na palha das camas dos animais (N_{palha}) é disponibilizada pelo NIR na tabela 5.42 (APA, 2018), disponível no quadro 31, e a fração de estrupe por categoria de animal que é tratado em armazenamento sólido (MS_{AS}), disponível no quadro 28, tal como as restantes frações para os restantes sistemas de gestão de efluentes pecuários.

Através destes três indicadores obtêm-se a quantidade de N orgânico de origem animal que está disponível para uso como fertilizante, por cabeça animal, disponível no quadro 37.

3.1.5.1.2.1.2- Emissões de fertilizantes orgânicos de origem animal:

As emissões provenientes do uso de fertilizantes orgânicos de origem animal podem ser calculadas através da equação seguinte, adaptada da equação 11.1 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N2O(Direct)(i,y)}(F_{AM}) = F_{AM(i,y)} * N_{(i,y)} * EF_1 * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N2O(Direct)(i,y)}(F_{AM})$ – Emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem direta da aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal para o animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$F_{AM(i,y)}$ - Quantidade de N orgânico disponível de origem animal, para o animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano))

$N_{(i,y)}$ - Número de cabeças animais do tipo “i” no ano “y”, (unidade).

EF_1 – Fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas, (kg N_2O -N/kg N);

44/28 – Conversão de kg N_2O -N para kg N_2O .

Fazendo o somatório das emissões de origem direta de N_2O pelos solos agrícolas do uso de fertilizantes orgânicos de cada tipo de animal, obtêm-se as emissões totais de origem direta de N_2O pelos solos agrícolas do uso de fertilizantes orgânicos de origem animal.

$$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{AM}) = \sum_i Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{AM})$$

Onde:

$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{AM})$ – Emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem direta da aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{AM})$ – Emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem direta da aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal para o animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

3.1.5.1.2.2- Outros fertilizantes orgânicos:

3.1.5.1.2.2.1- Lamas de ETAR

3.1.5.1.2.2.1.1- Quantidade de N nas lamas de ETAR para aplicação:

As lamas de ETAR disponíveis para aplicação são fornecidas pelo NIR na tabela 5.44 (APA, 2018), para Portugal continental ($F_{Lamas(PT)}$), disponíveis no quadro 32.

As quantidades dessas lamas de ETAR, relativas à população de Portugal continental do ano “y”, têm de ser ponderadas para a região de interesse (F_{Lamas}), através dos dados fornecidos pelo Censos (INE, 2018), determina-se as quantidades per capita aplicando à população da região agrária de interesse, nesse mesmo ano “y”.

$$F_{Lamas(y)} = \frac{F_{Lamas(y)(PT)} * Pop_{ALE(y)}}{Pop_{PT(y)}}$$

Onde:

$F_{Lamas(y)}$ – Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no solo na região de interesse, no ano “y”, (kg MS/ano);

$F_{Lamas(y)(PT)}$ - Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no solo em Portugal continental, no ano “y”, (kg MS/ano);

$Pop_{ALE(y)}$ – População residente na região agrária do Alentejo, no ano “y”, (unidades);

$Pop_{PT(y)}$ – População residente em Portugal continental, no ano “y”, (unidades);

Quadro 7: Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no ano “y” em Portugal continental (Lamas – kg MS/ano); Teor de N contido nas lamas de ETAR ($N_{content(lamas)}$ - Adimensional); Quantidade de N aplicado através das lamas de ETAR em Portugal continental no ano “y” ($F_{SEW(PT)}$ – kg N/ano).

Lamas (kg MS/ano)	N content (lamas) (kg N/kg MS)	F _{(SEW)(PT)} (N aplicado) (kg N/ano)
12 364 000	0,0318	393 175,2

Os dados das populações, tanto de Portugal continental (Pop_{PT}) como para a região agrária do Alentejo (Pop_{ALE}) são disponibilizadas pelo Censos (INE, 2018), podendo se consultar os seus valores no quadro 20.

Com estes cálculos determina-se as quantidades de N que pode ser usado para aplicação nos solos, na região agrária do Alentejo, através de lamas de ETAR (F_{SEW}), valores esses disponíveis no quadro 7.

$$F_{SEW(y)} = F_{Lamas(y)} * N_{content(lamas)}$$

Onde:

$F_{SEW(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de lamas de ETAR na região de interesse, no ano “y”, (kg N/ano);

$F_{Lamas(y)}$ – Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no solo na região de interesse, no ano “y”, (kg MS/ano);

$N_{content(lamas)}$ – Teor N contido nas lamas de ETAR, (kg N/kg MS)

O teor de N contido nas lamas de ETAR ($N_{content(lamas)}$), tal como as quantidades de lamas disponíveis para aplicação em Portugal continental, é disponibilizado pelo NIR na tabela 5.44 (APA, 2018)

3.1.5.1.2.2.1.2- Emissões pelas lamas de ETAR:

Através das quantidades de N aplicado pelas lamas de ETAR (F_{SEW}) e do fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos (EF_1), pode-se calcular as emissões provenientes da aplicação de lamas, com a equação seguinte, adaptada da equação 11.1 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{SEW}) = F_{SEW(y)} * EF_1 * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{SEW})$ – Emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de lamas de ETAR, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$F_{SEW(y)}$ – Quantidade de N proveniente da aplicação de lamas de ETAR, no ano “y” (kg N/ano);

EF_1 – Fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas, (kg N_2O -N/kg N);

44/28 – Conversão de kg N_2O -N para kg N_2O .

3.1.5.1.2.2.2- Compostos de resíduos urbanos:

3.1.5.1.2.2.2.1- Quantidade N nos compostos de resíduos urbanos aplicados

Tal como acontece com as quantidades de lamas de ETAR, as quantidades de N aplicados pelos compostos de resíduos urbanos fornecidos pelo NIR no capítulo 5.7.1.4.3. (APA, 2018) no âmbito de Portugal continental ($F_{RU(PT)}$), disponíveis no quadro 8, tem de ser extrapolados para a região agrária do Alentejo através das populações de Portugal continental (Pop_{PT}) e dessa região (Pop_{ALE}), disponibilizadas pelos Censos (INE, 2018) (quadro 30).

$$F_{RU(y)} = \frac{F_{RU(y)(PT)} * Pop_{ALE(y)}}{Pop_{PT(y)}}$$

Onde:

$F_{RU(y)}$ – Quantidade de compostos de resíduos urbanos aplicados no solo na região de interesse, no ano “y”, (kg MS/ano);

$F_{RU(y)(PT)}$ - Quantidade de compostos de resíduos urbanos aplicados no solo em Portugal continental, no ano “y”, (kg MS/ano);

$Pop_{ALE(y)}$ – População residente na região agrária do Alentejo, no ano “y”, (unidades);

$Pop_{PT(y)}$ – População residente em Portugal continental, no ano “y”, (unidades);

Quadro 8: Quantidade de compostos de resíduos urbanos aplicados no ano “y” em Portugal continental (CRU – kg MS/ano); Teor de N contido nos compostos de resíduos urbanos ($N_{content(RU)}$) - Adimensional); Quantidade de N aplicado através compostos de resíduos urbano, em Portugal continental no ano “y” ($F_{sew(PT)}$).

CRU (kg MS/ano)	$N_{content(RU)}$ (kg N/kg MS)	$F_{(MSW)(PT)}$ (N aplicado) (kg N/ano)
49 408 000	0,02	987 997

Posto esta extrapolação, determina-se os valores de N introduzidos no solo pela incorporação de compostos de resíduos urbanos (F_{MSW}). Para isso é necessário o teor de N nesses compostos ($N_{content(RU)}$), valor fornecido pelo NIR no capítulo 5.7.1.4.3 (APA, 2018), consultável no quadro 8.

$$F_{MSW(y)} = F_{RU(y)} * N_{content(RU)}$$

Onde:

$F_{MSW(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de compostos de resíduos urbanos na região de interesse, no ano “y”, (kg N/ano);

$F_{RU(y)}$ – Quantidade de compostos de resíduos urbanos aplicados no solo na região de interesse, no ano “y”, (kg MS/ano);

$N_{content(RU)}$ – Teor N contido nos compostos de resíduos urbanos, (kg N/kg MS)

Estes valores são consultáveis no quadro 8.

3.1.5.1.2.2.2- Emissões pelos compostos de resíduos urbanos:

Tal como acontece com o caso das emissões das lamas de ETAR, com as quantidades de compostos de resíduos urbanos aplicados no solo (F_{MSW}) e do fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas (EF_1), determina-se as emissões provenientes do uso de compostos de resíduos urbanos aplicados no solo, com a equação seguinte, adaptada da equação 11.1 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{MSW}) = F_{MSW(y)} * EF_1 * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{MSW})$ – Emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de compostos de resíduos orgânicos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$F_{MSW(y)}$ – Quantidade de N proveniente da aplicação de compostos de resíduos orgânicos, no ano “y”, (kg N/ano);

EF_1 – Fator de emissão de N_2O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas, (kg N_2O -N/kg N);

$44/28$ – Conversão de kg N_2O -N para kg N_2O .

3.1.5.1.2.2.3- Emissões de outros fertilizantes orgânicos:

Somando as emissões dos dois tipos de outros fertilizantes orgânicos, obtêm-se as emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem direta proveniente do uso de outros fertilizantes orgânicos.

$$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{OON}) = Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{SEW}) + Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{MSW})$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{OON})$ – Emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de outros fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{SEW})$ – Emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de lamas de ETAR, no ano “y” (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{MSW})$ – Emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de compostos de resíduos orgânicos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

3.1.5.1.2.3- Emissões de fertilizantes orgânicos:

Por fim, quanto às emissões de fertilizantes orgânicos, soma-se as emissões de cada tipo de fertilizantes orgânicos, de origem animal (F_{AM}) e de origem urbana (F_{OON}), obtendo as emissões totais de N_2O pelos solos agrícolas da aplicação de fertilizantes orgânicos.

$$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{ON}) = (Emi_{N_2O(y)(Direct)}F_{AM}) + Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{OON})$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)(Direct)}(F_{ON}) – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela aplicação de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(Direct)(i)}(F_{AM}) – Emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta da aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal para o animal do tipo “i”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(Direct)}(F_{OON}) – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas da aplicação de outros fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

3.1.5.1.3- Resíduos de cultura:

As emissões por resíduos agrícolas consistem no N libertado para atmosfera aquando da incorporação dos resíduos das culturas no solo.

3.1.5.1.3.1- Quantidade de N nos resíduos de cultura incorporados:

A quantidade de N presente nos resíduos de cultura incorporados no solo pode ser determinada através da equação 11.7 A do IPCC (IPCC, 2006), apresentada de seguida:

$$F_{CR(t,y)} = (AG_{DM(t)} * N_{AG(t)} * (1 - Frac_{Remove(t)})) + (AG_{DM(t)} + Crop_{(t,y)}) * R_{BG-BIO(t)} * N_{BG(t)}$$

Onde:

F_{CR(t,y)} – Quantidade de N aplicado através de resíduos agrícolas por hectare da cultura “t”, no ano “y” (kg N/(ha.ano));

AG_{DM(t)} – Matéria seca de resíduos acima do solo por hectare da cultura “t”, (kg/ha);

N_{AG(t)} – Teor de N nos resíduos acima do solo da cultura “t”, (kg N/kg MS);

Crop_(t,y) – Matéria seca colhida por hectare da cultura “t”, no ano “y” (kg MS/(ha.ano));

R_{BG-BIO(t)} – Rácio acima e abaixo do solo da cultura “t”, (Adimensional);

N_{BG(t)} – Teor de N nos resíduos abaixo do solo da cultura “t”, (kg N/kg MS).

Esta equação permite calcular a quantidade de N dos resíduos das culturas que irá levar aos cálculos das emissões de N₂O pela operação agrícola de incorporação destes no solo.

O valor calcula-se através da soma entre a quantidade de N presente nos resíduos acima do solo e abaixo do solo. A quantidade de N nos resíduos acima do solo determina-se com o produto da quantidade de matéria seca dos resíduos acima do solo (AG_{DM}), a fração de matéria seca dos resíduos mantida na parcela para incorporação (1-Frac_{Remove}) e o teor de N destes resíduos (N_{AG}), sendo que todos estes dados são disponibilizados no quadro 5.45 do NIR 2018 (APA, 2018), exceto a matéria seca acima do solo, disponível na tabela 11.2 do IPCC (IPCC, 2006). Quanto à quantidade presente abaixo do solo, obtêm-se multiplicando a quantidade de matéria seca abaixo do solo (calculado pelo produto do ratio de matéria seca acima e abaixo do solo (R_{BG-BIO}) e a quantidade de matéria seca acima do solo, que é a soma entre matéria seca de resíduos (AG_{DM}) e colhida (Crop)) e o teor de N presente nos resíduos abaixo do solo (N_{BG}). Todos estes dados estão disponíveis na tabela 5.45 do NIR (APA, 2018). Os valores destes indicadores, tal como o resultado das quantidades de N incorporadas por hectare pelos resíduos agrícolas encontram-se no quadro 38.

3.1.5.1.3.2- Emissões dos resíduos de cultura:

Com as quantidades de N disponíveis nos resíduos incorporados no solo por hectare, obtido anteriormente e visíveis no quadro 38, consegue se calcular as emissões a partir desta prática, segundo a fórmula abaixo, adaptada da fórmula 11.1 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(Direct)(t,y)}(F_{CR}) = F_{CR(t,y)} * (Area_{(t,y)} - Area_{burnt(t,y)} * Cf_{(t)} * Frac_{Renew(t)} *) * EF_1 * \frac{44}{28}$$

Onde:

Emi_{N₂O(direct)(t,y)}(F_{CR}) – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela incorporação dos resíduos agrícolas da cultura “t”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

F_{CR(t,y)} – Quantidade de N aplicado através de resíduos agrícolas por hectare da cultura “t”, no ano “y”, (kg N/(ha.ano));

Area_(t,y) – Área da cultura “t”, no ano “y”, (ha/ano);

Area_{burnt(t,y)} – Área queimada da cultura “t”, no ano “y”, (ha/ano);

Cf_(t) – Fator de combustão da cultura “t”, (Adimensional);

Frac_{Renew(t)} – Fração de área renovada anualmente da cultura “t”, (Adimensional);

EF₁ – Fator de emissão de N₂O a partir de N adicionado ao solo via fertilizantes sintéticos, orgânicos ou resíduos de culturas, (kg N₂O-N/kg N);

44/28 – Conversão de kg N₂O-N para kg N₂O.

Esta fórmula calcula as emissões multiplicando a quantidade de N incorporada no solo através de resíduos de cultura calculado acima, pela diferença entre a área da cultura e a área queimada dessa mesma cultura. A área da cultura (Area) é fornecida pelo INE (INE, 2016) enquanto a área queimada (Area_{burnt}) é determinada pela percentagem de área queimada de cada cultura, fornecidas pelo NIR no capítulo 5.8.4 (APA, 2018), multiplicando-a pelas áreas da cultura do INE, pelo fator de combustão (Cf), fornecido pelo NIR na tabela 5.53 e pela fração renovada anualmente das culturas (Frac_{Renew}) fornecidas pelo IPCC no capítulo 11.2.1.3. Os valores destas variáveis encontram-se disponíveis no quadro 38.

Somando as emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas da incorporação de resíduos de cada cultura, determina-se as emissões totais de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas da incorporação de resíduos de culturas.

$$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{CR}) = \sum_t Emi_{N_2O(Direct)(t,y)}(F_{CR})$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)(direct)}(F_{CR}) – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela incorporação dos resíduos agrícolas, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(direct)(t,y)}(F_{CR}) – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela incorporação dos resíduos agrícolas da cultura “t”, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

3.1.5.1.4- Pastagens:

As pastagens também originam emissões de N₂O devido à deposição de dejetos e urina por parte dos animais, como referido anteriormente.

3.1.5.1.4.1- Quantidade de N proveniente dos dejetos animais incorporados no solo:

Para o cálculo das quantidades de N incorporadas no solo a partir das pastagens, devido aos dejetos dos animais, tem de ser feito por duas fases.

A primeira, segundo a equação em baixo, adaptada da equação 11.5 do IPCC (IPCC, 2006), para os bovinos, suínos e aves, em que se multiplica a excreção média anual no país de interesse por tipo de animal (N_{ex}) pela fração correspondente ao sistema de gestão de efluentes pecuários em pastagem ($MS_{P(i)}$), ambos disponíveis no NIR aquando dos cálculos das emissões de origem direta de N_2O pela gestão de efluentes pecuários, apresentados no quadro 30 e 2 respetivamente.

$$F_{(prp,cpp)(i,y)} = N_{ex(i,y)} * MS_{P(i)}$$

Onde:

$F_{(prp,cpp)(i,y)}$ – Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte dos bovinos, suínos e aves nas pastagens que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$N_{ex(i,y)}$ – Excreção de N média anual no país de interesse por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$MS_{P(i)}$ – Fração de nitrogénio/estrupe por animal “i” que é tratado no sistema de gestão de efluente pastagem (Adimensional)

A segunda corresponde aos ovinos e aos outros animais, calculado da mesma forma, mas apenas para estas categorias de animais, como se pode ver pela equação em baixo, adaptada também da equação 11.5 do IPCC (IPCC, 2006).

$$F_{(prp,so)(i,y)} = N_{ex(i,y)} * MS_{P(i)}$$

Onde:

$F_{(prp,so)(i,y)}$ – Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte dos ovinos e outros animais nas pastagens que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$N_{ex(i,y)}$ – Excreção de N média anual no país de interesse por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$MS_{P(i)}$ – Fração de nitrogénio/estrupe por animal “i” que é tratado no sistema de gestão de efluente pastagem (Adimensional);

Estas quantidades por categoria de animal podem ser consultadas no quadro 37.

3.1.5.1.4.2- Emissões das pastagens:

Com os valores das quantidades de N proveniente da deposição de dejetos e urina nas pastagens é possível calcular as emissões de N_2O de origem direta pelos solos agrícolas provenientes de pastagens para os bovinos, suínos e aves bem como para os ovinos e outros animais, através da adaptação da equação 11.1 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)}) = F_{(prp,cpp)(i,y)} * N_{(i,y)} * EF_{3(prp,cpp)} * \frac{44}{28}$$

ou

$$Emi_{N_2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,so)}) = F_{(prp,so)(i)} * N_{(i)} * EF_{3(prp,so)} * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas dos dejetos de bovinos, suínos e aves nas pastagens por categoria “i” de animal, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas dos dejetos de ovelhas e outros animais nas pastagens por categoria “i” de animal, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$F_{(prp,cpp)(i,y)}$ – Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte dos bovinos, suínos e aves nas pastagens que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$F_{(prp,so)(i,y)}$ – Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte dos ovinos e outros animais nas pastagens que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano));

$EF_{3(prp,cpp)}$ – Fator de emissão de N₂O a partir de N adicionado ao solo via dejetos e urina de bovinos, suínos e aves depositados nas pastagens, (kg N₂O-N/kg N);

$EF_{3(prp,so)}$ – Fator de emissão de N₂O a partir de N adicionado ao solo via dejetos e urina de ovinos e outros animais depositados nas pastagens, (kg N₂O-N/kg N);

$N_{(i,y)}$ - Número de cabeças animais do tipo “i” no ano “y”, (unidade).

44/28 – Conversão de kg N₂O-N para kg N₂O.

Somando todas as categorias de animais obtêm-se as emissões totais de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido a deposição de dejetos e urina nas pastagens por parte dos bovinos, suínos e aves, e as mesmas emissões, mas para os ovinos e outros animais.

$$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)}) = \sum_i Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)})$$

e

$$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,so)}) = \sum_i Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$$

Onde:

$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de bovinos, suínos e aves nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de ovelhas e outros animais nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de bovinos, suínos e aves nas pastagens por categoria “i” de animal, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N2O(i,y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de ovelhas e outros animais nas pastagens por categoria “i” de animal, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Podemos ainda proceder à soma das emissões dos dois diferentes grupos de animais, obtendo assim as emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta devido aos dejetos e urina animais depositados nas pastagens.

$$Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp)}) = Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)}) + Emi_{N2O(y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{(prp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina dos animais nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{(prp,cpp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de bovinos, suínos e aves nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{(prp,so)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina de ovelhas e outros animais nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano).

3.1.5.1.5- Emissões diretas de N₂O pelos solos agrícolas:

As emissões diretas de N₂O pelos solos agrícolas são calculadas através da soma das diferentes emissões, fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, outros fertilizantes orgânicos, resíduos de cultura e pastagens.

$$\begin{aligned} Emi_{N_2O(y)(Direct)}(SA) \\ = Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{SN}) + Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{ON}) + Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{CR}) \\ + Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{prp}) \end{aligned}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(direct)}(SA)$ – Emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(direct)}(F_{SN})$ – Emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta devido à aplicação de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{ON})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela aplicação de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(direct)}(F_{CR})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas pela incorporação dos resíduos agrícolas, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

$Emi_{N_2O(y)(Direct)}(F_{(prp)})$ – Emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas devido à deposição dos dejetos e urina dos animais nas pastagens, no ano “y”, (kg N₂O/ano).

3.1.5.2. Fatores de emissão e emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem indireta:

Agora, relativamente às emissões indiretas dos solos agrícolas de N₂O, são devido às mesmas razões das emissões indiretas de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, volatilização de NH₃ e NO_x e lixiviação ou escoamento de N. No entanto, em vez de provenientes do tratamento e gestão de efluentes, estas emissões provêm da aplicação de N através de fontes fertilizantes no solo, como fertilizantes sintéticos (F_{SN}), orgânicos (F_{ON}), resíduos de cultura (F_{CR}) e dejetos e urina depositados pelos animais nas pastagens (F_{prp}). Estas fontes foram determinadas no ponto anterior, relativo aos fatores de emissão e emissões de N₂O de origem direta pelos solos agrícolas (5.1 Fatores de emissão e emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta), estando disponíveis no quadro 9.

Quadro 9: Quantidades de N aplicadas no solo através de fertilizantes sintéticos (F_{SN}), orgânicos (F_{ON}), resíduos de cultura (F_{CR}) e dejetos de animais nas pastagens (F_{prp}) no ano “y”, (kg N/ano).

F(SN)	26 482 607
F(ON)	5 017 501,0
F(PRP)	43 058 812,6
F(CR)	12 343 111,8

3.1.5.2.1- Perdas N por volatilização:

3.1.5.2.1.1- Fatores de emissão de N₂O pelos solos agrícolas de origem indireta devido às perdas de N por volatilização:

O fator de emissão de N₂O-N da volatilização de formas de N (NH₃ e NO_x) pela aplicação N através das fontes fertilizantes incorporados no solo referidas em cima (EF₄), é disponibilizado pelo NIR, na tabela 5.49 (APA, 2018), representado no quadro 10.

3.1.5.2.1.2- Emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem indireta devido às perdas de N por volatilização:

Visto o NIR fornecer os fatores de emissão como referido anteriormente (quadro 10), e ter-se determinado anteriormente as quantidades de N aplicado através de cada tipo de fertilizante (quadro 9), fica-se em condições de proceder ao cálculo das emissões de N₂O, pelas perdas de N por volatilização devido à incorporação de N no solo através dos vários tipos de fertilizantes, à exceção dos resíduos agrícolas em que o N disponível não é volatilizado (APA, 2018), adaptando a equação 11.9 do IPCC (IPCC, 2006).

$$\begin{aligned} Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{SN}) &= (F_{SN(y)} * Frac_{GASF}) * EF_4 * \frac{44}{28} \\ &e \\ Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{ON}) &= (F_{ON(y)} * Frac_{GASM}) * EF_4 * \frac{44}{28} \\ &e \\ Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{prp}) &= (F_{prp(y)} * Frac_{GASM}) * EF_4 * \frac{44}{28} \end{aligned}$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{SN}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{ON}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{prp}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela deposição de N nas pastagens através de dejetos e urina de animais, no ano “y” (kg N₂O/ano);

F_{SN(y)} – Quantidade de N aplicado no solo através de fertilizantes sintéticos por ano “y”, (kg N/ano);

F_{ON(y)} – Quantidade de N aplicado no solo através de fertilizantes orgânicos por ano “y”, (kg N/ano);

F_{prp(y)} – Quantidade de N depositado nas pastagens pelos animais através de dejetos e urina por ano “y”, (kg N/ano);

Frac_{GASF} – Fração de N que é volatilizado na forma de NH₃ e NO_x da aplicação de N através de fertilizantes sintéticos, (Adimensional);

Frac_{GASM} – Fração de N que é volatilizado na forma de NH₃ e NO_x da aplicação de N através de fertilizantes orgânicos e da deposição de urina e dejetos na pastagem por parte dos animais, (Adimensional);

EF₄ – Fator de emissão de N₂O-N da volatilização de formas de N (NH₃ e NO_x) pela aplicação de N através de fertilizantes incorporados no solo, (kg N₂O-N/kg N);

44/28 – Conversão de kg N₂O-N para kg N₂O.

Quadro 10: Fator de emissão de N₂O-N e N₂O, respetivamente, da volatilização (EF₄) e de lixiviação (EF₅) de formas de N pela aplicação de N através de fontes fertilizantes incorporadas no solo, (kg N₂O-N/kg N e kg N₂O/kg N). (Fonte: APA)

Emission Factor	N ₂ O-N	N ₂ O
EF₄ - N perdido por volatilização de NH₃ e N_{ox} devido à aplicação de fontes de N	0,01	0,0157
EF₅ - N perdido por lixiviação ou escoamento devido à aplicação de N no solo	0,01	0,0118

As frações de N que são volatilizadas, na forma de NH₃ e NO_x, da aplicação de N através de fertilizantes sintéticos (Frac_{GASF}), fertilizantes orgânicos ou deposição de urina e dejetos nas pastagens (Frac_{GASM}) são disponibilizados pelo NIR no quadro 5.48 (APA, 2018), apresentados no quadro 11.

Assim sendo, torna-se possível o cálculo das emissões de N₂O devido às perdas por volatilização separadamente e posteriormente os totais, como se pode ver através da fórmula abaixo:

$$\begin{aligned}
 Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(SA) \\
 = Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{SN}) + Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{ON}) \\
 + Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(F_{prp})
 \end{aligned}$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(SA) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por volatilização de N aquando da aplicação de N no solo através das fontes de fertilizantes referidas anteriormente, no ano “y” (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{SN}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes sintéticos, no ano “y” (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{ON}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(F_{prp}) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas de N provocadas pela deposição de N nas pastagens através de dejetos e urina de animais, no ano “y”, (kg N₂O/ano).

3.1.5.2.2- Perdas de N por lixiviação e/ou escoamento:

3.1.5.2.2.1- Fatores de emissão de N₂O pelos solos agrícolas de origem indireta devido às perdas de N por lixiviação e/ou escoamento:

Tal como acontece nas perdas de N por volatilização (2.1.5.2.1. Perdas de N por volatilização), o fator de emissão de N₂O-N da lixiviação de N pela aplicação de N no solo através de fertilizantes sintéticos,

fertilizantes orgânicos, dejetos e urina animal depositados nas pastagens e resíduos de cultura (EF_5), é fornecido pelo NIR na tabela 5.49 (APA, 2018), e esta consultável no quadro 10.

Quadro 11: Fração de N que é volatilizado em formas de N pela aplicação de fertilizantes sintéticos ($Frac_{GASF}$), através de fertilizantes orgânicos e deposição de urina e dejetos na pastagem por parte de animais ($Frac_{GASM}$), e que é lixiviado da aplicação e N através de fertilizantes sintéticos, orgânicos, incorporação de resíduos de culturas ou deposição de urina e dejetos nas pastagens pelos animais ($Frac_{LEACH}$), (Adimensional). (Fonte: APA)

$Frac_{(GASF)}$	$Frac_{(GASM)}$	$Frac_{(LEACH)}$
0,064	0,16	0,3

3.1.5.2.2.2- Emissões de N_2O pelos solos agrícolas de origem indireta devido às perdas de N por lixiviação e/ou escurrimto:

Posto isto, com o fator de emissão disponibilizado pela APA (Quadro 10), das quantidades de N aplicadas através de cada tipo de fertilizante (Quadro 9) e com a fração de N lixiviado e/ou perdido por escurrimto pela aplicação de N através das fontes fertilizantes referidas em cima ($Frac_{LEACH}$) também dado pelo NIR (APA, 2018), disponível no quadro 11, torna-se possível proceder ao cálculo das emissões de N_2O para cada tipo de fertilizante, com a adaptação da fórmula 11.10 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{SN}) = (F_{SN(y)} * Frac_{LEACH}) * EF_5 * \frac{44}{28}$$

e

$$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{ON}) = (F_{ON(y)} * Frac_{LEACH}) * EF_5 * \frac{44}{28}$$

e

$$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{prp}) = (F_{prp(y)} * Frac_{LEACH}) * EF_5 * \frac{44}{28}$$

e

$$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{CR}) = (F_{CR(y)} * Frac_{LEACH}) * EF_5 * \frac{44}{28}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{SN})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escurrimto de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{ON})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escurrimto de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{prp})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escurrimto de N provocadas pela deposição de N nas pastagens através de dejetos e urina de animais, no ano “y” (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{CR})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escurrimto de N provocadas pela incorporação de N nos solos através de resíduos de culturas, no ano “y” (kg N_2O /ano);

$F_{SN(y)}$ – Quantidade de N aplicado no solo através de fertilizantes sintéticos por ano, no ano “y” (kg N/ano);

$F_{ON(y)}$ – Quantidade de N aplicado no solo através de fertilizantes orgânicos por ano, no ano “y” (kg N/ano);

$F_{prp(y)}$ – Quantidade de N depositado nas pastagens pelos animais através de dejetos e urina por ano, no ano “y” (kg N/ano);

$F_{CR(y)}$ – Quantidade de N incorporado no solo através da incorporação de resíduos agrícolas, no ano “y”, (kg N/ano);

$Frac_{LEACH}$ – Fração de N que é lixiviado da aplicação de N através de fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, incorporação de resíduos de culturas ou deposição de urina e dejetos nas pastagens pelos animais, (Adimensional);

EF_5 – Fator de emissão de N_2O-N da lixiviação ou escoamento de N pela aplicação de N através de fertilizantes incorporados no solo, (kg N_2O-N /kg N);

44/28 – Conversão de kg N_2O-N para kg N_2O .

Tal como para o caso da volatilização, somando as emissões de N_2O de cada um dos fertilizantes obtêm-se as emissões de N_2O de origem indireta pela lixiviação e/ou escoamento de N dos solos agrícolas aquando da aplicação de fontes de N fertilizantes.

$$\begin{aligned} &Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(SA) \\ &= Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{SN}) + Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{ON}) \\ &+ Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{prp}) + Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{CR}) \end{aligned}$$

Onde:

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(SA)$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N aquando da aplicação de N no solo através das fontes fertilizantes referidas anteriormente, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{SN})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{ON})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N provocadas pela aplicação de N nos solos através de fertilizantes orgânicos, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{prp})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N provocadas pela deposição de N nas pastagens através de dejetos e urina de animais, no ano “y”, (kg N_2O /ano);

$Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(F_{CR})$ – Emissões de N_2O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N provocadas pela deposição de N nas pastagens através de dejetos e urina de animais, no ano “y”, (kg N_2O /ano).

3.1.5.2.3- Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas:

Com os cálculos anteriores, torna-se possível calcular as emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem indireta, somando os dois tipos de emissões associadas a cada tipo de perda, volatilização e lixiviação e/ou escoamento, somando as duas.

$$Emi_{N_2O(y)(indirect)}(SA) = Emi_{N_2O(y)(indirect-volatilization)}(SA) + Emi_{N_2O(y)(indirect-leaching)}(SA)$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)(indirect)}(SA) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-volatilization)}(SA) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por volatilização de N quando da aplicação de N no solo através das fontes de fertilizantes referidas anteriormente, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect-leaching)}(SA) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas devido às perdas por lixiviação ou escoamento de N quando da aplicação de N no solo através das fontes fertilizantes referidas anteriormente, no ano “y”, (kg N₂O/ano);

3.1.5.3- Emissões de N₂O pelos solos agrícolas:

Por fim, com os valores das emissões de N₂O de origem diretas e indiretas pelos solos agrícolas calculadas, pode-se determinar as emissões de N₂O pelos solos agrícolas totais.

$$Emi_{N_2O(y)}(SA) = Emi_{N_2O(Direct)(y)}(SA) + Emi_{N_2O(indirect)(y)}(SA)$$

Onde:

Emi_{N₂O(y)}(SA) – Emissões de N₂O pelos solos agrícolas, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(direct)}(SA) – Emissões de N₂O pelos solos agrícolas de origem direta, (kg N₂O/ano);

Emi_{N₂O(y)(indirect)}(SA) – Emissões de N₂O de origem indireta pelos solos agrícolas, (kg N₂O/ano);

3.1.6- Fatores de emissão e emissões pela queima de resíduos agrícolas:

3.1.6.1- Fatores de emissão pela queima de resíduos agrícolas:

A queima de resíduos agrícolas provoca a emissão de diversos gases com efeito de estufa, tal como CH₄, N₂O, CO, NMVOC e NO_x. A estes gases estão associados fatores de emissão por quilograma de matéria seca queimada, para cada tipologia de cultura, como se pode ver no quadro 34, valores do NIR na tabela 5.52 (APA 2018).

Através dos fatores de emissão dos gases por massa de matéria seca queimada é possível determinar o fator de emissão por cultura, por hectare, de cada gás, no caso da queima de resíduos agrícolas (quadro 36), através de uma adaptação da fórmula 2.27 do IPCC (IPCC, 2006) que se pode ver de seguida:

$$EF_{x(i,y)} = M_{B(i,y)} * C_{f(i)} * EF_{0-x(i)}$$

Onde:

EF_{x(i)} – Fator de emissão do gás “x” por hectare de área queimada de cada cultura “i” no ano “y”, (kg gás x/(ha queimado.ano));

M_{B(i)} – Biomassa da cultura “i” que está disponível para combustão no ano “y”, (t MS/(ha.ano));

C_{f(i)} – Fator de combustão, (Adimensional);

EF_{0-x(i)} – Fator de emissão do gás “x” por massa de matéria seca queimada, da cultura “i”, (g gás x/kg MS queimada).

Os valores referentes à biomassa das culturas que estão disponíveis para combustão e ao fator de combustão, são disponibilizados na tabela 5.53 do NIR (APA, 2018), como se pode ver no quadro 35.

3.1.6.2- Emissões pela queima de resíduos agrícolas:

Estes indicadores irão assim permitir o cálculo das emissões devido à queima de resíduos agrícolas, através da fórmula abaixo, adaptada também da equação 2.27 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{x(i,y)}(QRA) = Area_{(i,y)} * AF_{burnt(i,y)} * EF_{x(i,y)}$$

Onde:

Emi_{x(i,y)}(QRA) – Emissões do gás “x” pela queima de resíduos agrícolas de cada cultura “i” no ano “y”, (kg gás x/ano);

Area_(i,y) – Área da cultura “i” no ano “y”, (ha);

A_{burnt(i,y)} – Fração da área da cultura “i” disponível para ser queimada no ano “y”, (Adimensional);

EF_{x(i,y)} – Fator de emissão do gás “x” por hectare de área queimada de cada cultura “i” no ano “y”, (kg gás x/(ha queimado.ano)).

Como referido anteriormente, na fórmula de cálculo das emissões da cultura do arroz, a área das culturas é fornecido pelo INE (INE, 2018), estando disponível no quadro 18. Quanto às frações das áreas queimadas de cada cultura, são fornecidas pelo NIR (APA, 2018), podendo ver os seus valores no quadro 35.

Uma vez calculadas as emissões para cada gás (CH₄, N₂O, CO, NMVOC e NO_x) por cultura, pode-se somar as emissões de cada cultura, obtendo assim as emissões de totais de cada gás pela queima de resíduos agrícolas.

$$Emi_{x(y)}(QRA) = \sum_i Emi_{x(i,y)}(QRA)$$

Onde:

Emi_{x(y)}(QRA) – Emissões do gás “x” pela queima de resíduos agrícolas no ano “y”, (kg gás x/ano);

Emi_{x(i,y)}(QRA) – Emissões do gás “x” pela queima de resíduos agrícolas de cada cultura “i” no ano “y”, (kg gás x/ano).

3.1.7- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela calagem:

3.1.7.1- Fatores de emissão de CO₂ pela calagem:

As emissões de GEE causadas pela calagem dos solos é principalmente de CO₂, devido à aplicação de calcário e/ou de dolomite. O calcário e a dolomite são aplicadas para a correção do pH aquando da instalação de culturas permanentes.

Não existem dados referentes às quantidades de dolomite e cal aplicados regionalmente pelo que se torna complicado o cálculo das emissões provenientes desta aplicação. Para além da falta de dados, visto as emissões estarem a ser calculadas para um ano específico, não faria sentido aplicar estas emissões apenas a esse ano, mas diluir ao longo dos anos da cultura em que não volta a ser aplicada

a calagem (INIAP, 2006). Posto isto, opta-se por não se contabilizar as emissões referentes a esta fonte de GEE, devido ao pequeno contributo nas emissões.

3.1.8- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela aplicação de ureia

3.1.8.1- Fatores de emissão de CO₂ pela aplicação de ureia:

As emissões de CO₂ pela aplicação de ureia têm vindo a sofrer grandes aumentos desde 1990 (APA, 2018), sendo então de alguma importância (APA, 2018). O NIR (APA, 2018) fornece o fator de emissão associado a estas emissões, apresentado no quadro 12.

Quadro 12: Fator de emissão de CO₂-C e CO₂ pela aplicação de ureia (EF_{Ureia} – kg CO₂-C/kg Ureia ou kg CO₂/kg Ureia). (Fonte: NIR)

$EF_{Ureia(CO_2-C)}$	$EF_{Ureia(CO_2)}$
0,2	0,73

3.1.8.2- Emissões de CO₂ pela aplicação de ureia:

Com os valores do fator de emissão de CO₂ pela aplicação nos solos de ureia e das quantidades de N aplicadas através da aplicação de ureia, torna-se possível calcular as emissões provenientes desta prática agrícola, através da fórmula abaixo, adaptada da equação 11.13 do IPCC (IPCC, 2006).

$$Emi_{CO_2(y)}(Ureia) = EF_{Ureia} * F_{Ureia} * \frac{44}{12}$$

Onde:

$Emi_{CO_2(y)}(Ureia)$ – Emissões de CO₂ pela aplicação de ureia nos solos, no ano “y”, (kg CO₂/ano);

EF_{Ureia} – Fator de emissão de CO₂ pela aplicação de ureia nos solos, (kg CO₂-C/kg Ureia);

$F_{Ureia(y)}$ – Quantidade de ureia aplicada nos solos, no ano “y”, (kg Ureia/ano);

44/12 – Conversão de CO₂-C em CO₂.

A quantidade de N pela aplicação de ureia (F_{Ureia}), por falta de dados é determinada através de extrapolação dos dados fornecidos pela APA (APA, 2018), em que disponibiliza as quantidades aplicadas de ureia no âmbito de Portugal continental, representando 22,3% das aplicações totais de N, como se pode ver no quadro 21. Assim sendo, determina-se a ureia aplicada na região de interesse, na mesma proporção com que é consumida em Portugal continental, disponível também no quadro 21.

$$F_{Ureia(y)} = F_{SN(y)} * \frac{22,3}{100}$$

Onde:

$F_{Ureia(y)}$ – Quantidade de ureia aplicada nos solos, no ano “y”, (kg Ureia/ano);

$F_{SN(y)}$ – Quantidade de N aplicado através de fertilizantes sintéticos por ano, no ano “y”, (kg N/ano);

3.1.9- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela maquinaria agrícola:

Como referido anteriormente, os consumos de combustível e de eletricidade não são contabilizados nas emissões de GEE do setor agrícola, fazendo parte do setor da energia, no entanto nesta dissertação calcula-se as emissões provenientes destes, de forma a fabricar cenários mais reais relativos às emissões da atividade agrícola. Os valores de eletricidade, num caso geral, não são contabilizados, pois não emitem GEE com o seu consumo, mas sim com o seu fabrico, no entanto, neste caso, pode-se adjudicar essas emissões ao setor agrícola (Canaveira, P., 2018). No caso dos

gasóleos, que também se encontram noutra setor, mais concretamente o setor energia, contabiliza-se nos tratores.

3.1.9.1- Fatores de emissão de CO₂ pela maquinaria agrícola:

Os fatores de emissão de CO₂ pelo uso de tratores pode ser calculado através dos litros de gasóleo usado por hectare de cada cultura. Posto isto, através das contas de cultura fornecidas pela Agro.ges, extraiu-se os litros de gasóleo usado por cada hectare para diversas culturas, como se pode ver no quadro 25. Através destes valores, determinou-se os litros de gasóleo usado para cada cultura ou grupo de culturas de interesse (Trigo, milho grão, cevada, arroz, outros cereais, leguminosas secas para grão, batata, milho forragem, forragens não específicas, girassol, tomate de industria, outras culturas industriais, hortícolas extensivas, hortícolas intensivas, frutos frescos, citrinos, frutos de casca rija, outros frutos, olival, vinha, pastagem natural e pastagens melhoradas). Para algumas culturas as quantidades consumidas foram fornecidas diretamente, enquanto para as restantes realizou-se uma média do consumo de gasóleo de cada uma das várias culturas ou dos vários sistemas de produção, como se pode ver no quadro 23.

Com estes valores, e com o fator de emissão de CO₂ por quantidade de gasóleo consumido, disponibilizado na footprint crop calculator (Crop Calculator, 2016), 2,982 kg CO₂/L, é possível determinar os fatores de emissão de CO₂ pelos tratores por cada hectare de cada cultura, com a fórmula em baixo, como se pode ver os resultados no quadro 39.

$$EF_{CO_2(i)}(Trator) = EF_{CO_2(i)}(Gasoleo) * F_{Gasoleo(i)}$$

Onde:

EF_{CO₂(i)}(Trator) – Fator de emissão de CO₂ pelos tratores, para cada cultura “i”, (kg CO₂/ha);

EF_{CO₂(i)}(Gasóleo) – Fator de emissão de CO₂ por cada litro de gasóleo para cada cultura “i”, (kg CO₂/L);

F_{Gasoleo(i)} – Litros de gasóleo usado por hectare de cada cultura “i”,(L/ha)

3.1.9.2- Emissões de CO₂ pela maquinaria agrícola:

Quanto às emissões de CO₂ pelos tratores, com a queima de gasóleo, podem ser calculadas através da fórmula abaixo:

$$Emi_{CO_2(i,y)}(Trator) = EF_{CO_2(i)}(Trator) * Area_{(i,y)}$$

Onde:

Emi_{CO₂(i,y)}(Trator) – Emissões de CO₂ pela queima de combustível, gasóleo, pelos tratores, para a cultura “i”, no ano “y”, (kg CO₂/ano)

EF_{CO₂(i)}(Trator) – Fator de emissão de CO₂ pelos tratores, para cada cultura “i”, (kg CO₂/ha);

Area_(i,y) – Área da cultura “i”, no ano “y”, (ha/ano);

A área das culturas, tal como referido em cálculos anteriores, foi fornecido pelo INE, (INE, 2018).

Através desta equação obtêm-se as emissões de CO₂ pelos tratores para cada cultura, que fazendo o somatório, obtêm-se as emissões de CO₂ totais pelo uso de tratores.

$$Emi_{CO_2(y)}(Trator) = \sum_i Emi_{CO_2(i,y)}(Trator)$$

Onde:

Emi_{CO₂(i)}(Trator) – Emissões de CO₂ pela queima de combustível, gasóleo, pelos tratores, no ano “y”, (kg CO₂/ano).

Emi_{CO₂(i,y)}(Trator) – Emissões de CO₂ pela queima de combustível, gasóleo, pelos tratores, para a cultura “i”, no ano “y”, (kg CO₂/ano).

3.1.10- Fatores de emissão e emissões de CO₂ pela eletricidade:

3.1.10.1- Fatores de emissão de CO₂ pela eletricidade:

Agora, quanto aos fatores de emissão de CO₂ pela rega, pode ser calculado através dos quilowatts hora usado de eletricidade por hectare. Estes valores são fornecidos através das contas de cultura, para as diversas culturas (Agro.ges, 2018). Os valores de energia usado por hectares para cada cultura ou grupo de cultura são apresentados no quadro 25 (Trigo, milho grão, cevada, arroz, outros cereais, leguminosas secas para grão, batata, milho forragem, forragens não específicas, girassol, tomate de indústria, outras culturas industriais, hortícolas extensivas, hortícolas intensivas, frutos frescos, citrinos, frutos de casca rija, outros frutos, olival, vinha, pastagem natural e pastagens melhoradas). Para algumas culturas as quantidades consumidas foram fornecidas diretamente, enquanto para as restantes realizou-se uma média do consumo de energia de cada uma das várias culturas ou dos vários sistemas de produção, como se pode ver no quadro 23, retirando as culturas de sequeiro.

Com estes valores, e com o fator de emissão de CO₂ por quilowatt hora consumido, disponibilizado na footprint crop calculator (Crop Calculator, 2016), 0,52 kg CO₂/kWh, é possível determinar os fatores de emissão de CO₂ pela rega por cada hectare de cada cultura, com a fórmula em baixo, como se pode ver os resultados no quadro 39.

$$EF_{CO_2(i)}(Rega) = EF_{CO_2(i)}(Eletricidade) * F_{Eletricidade(i)}$$

Onde:

EF_{CO₂(i)}(Rega) – Fator de emissão de CO₂ pela rega, para cada cultura “i”, (kg CO₂/ha);

EF_{CO₂(i)}(Eletricidade) – Fator de emissão de CO₂ por cada quilowatt hora de energia consumido para cada cultura “i”, (kg CO₂/kWh);

F_{Eletricidade(i)} – quilowatt hora consumido por hectare de cada cultura “i”,(kWh/ha).

3.1.10.2- Emissões de CO₂ pela eletricidade:

Quanto às emissões de CO₂ pela rega, com o consumo de eletricidade, podem ser calculadas através da fórmula abaixo:

$$Emi_{CO_2(i,y)}(Rega) = EF_{CO_2(i)}(Rega) * AreaReg_{(i,y)}$$

Onde:

Emi_{CO₂(i,y)}(Rega) – Emissões de CO₂ pelo consumo de eletricidade, pela rega, para a cultura “i”, no ano “y”, (kg CO₂/ano)

EF_{CO₂(i)}(Rega) – Fator de emissão de CO₂ pela rega, para cada cultura “i”, (kg CO₂/ha);

AreaReg_(i,y) – Área regada da cultura “i”, no ano “y”, (ha/ano);

A área das culturas, tal como referido em cálculos anteriores, foi fornecido pelo INE, (INE, 2018), quadro 18, no entanto por falta de informação relativa às áreas regadas é necessário ponderar as áreas regadas de cada cultura para a região em causa, exceto no caso do olival que foi retirado do Sistema

de Informação do Azeite e da Azeitona de Mesa (SIAZ) (GPP, 2018). Posto isto considerou-se as percentagens de área regada e respetivas áreas de cada cultura, calculadas através das percentagens, apresentadas no quadro 24. O somatório das áreas regadas encontra-se de acordo com os valores fornecidos pelo IFAP (IFAP, 2018) para a superfície regada, sendo este ligeiramente inferior.

Através desta equação obtêm-se as emissões de CO₂ pelos tratores para cada cultura, que fazendo o somatório, obtêm-se as emissões de CO₂ totais pelo uso de tratores.

$$Emi_{CO_2(y)}(Rega) = \sum_i Emi_{CO_2(i,y)}(Rega)$$

Onde:

Emi_{CO₂(i)}(Rega) – Emissões de CO₂ pelo consumo de eletricidade por parte da rega, no ano “y”, (kg CO₂/ano).

Emi_{CO₂(i,y)}(Rega) – Emissões de CO₂ pelo consumo de eletricidade através da rega, para a cultura “i”, no ano “y”, (kg CO₂/ano).

3.1.11- Emissões em CO₂e:

Depois de todas as emissões calculadas para cada tipo de emissão, em emissões de CH₄, pela fermentação entérica, gestão de efluentes pecuários, cultura do arroz e queima de resíduos agrícolas, em emissões de N₂O, pela gestão de efluentes pecuários, solos agrícolas, e queima de resíduos agrícolas, e em emissões de CO₂ pelo uso de tratores, rega, e aplicação de ureia, converte-se em CO₂ equivalente. Esta conversão é conseguida multiplicando o valor de emissão em CH₄ ou N₂O ou CO₂ por um indicador, chamado de potencial de aquecimento global (GWP), que leva ao CO₂e, como se pode com a fórmula seguinte. Estes indicadores estão apresentados no quadro 13.

$$Emi_{CO_2e(x,y)} = Emi_{(x,y)}(z) * GWP_{(z)}$$

Onde:

Emi_{CO₂e(x)} – Emissões de CO₂e para o tipo de emissão “x”, no ano “y”, (kg CO₂e/ano);

Emi_(x,y)(z) – Emissões do tipo de emissão “x”, no ano “y”, do gás “z”, (kg gás z/ano);

GWP_(z) – Potencial de aquecimento global para o gás “z”.

Quadro 13: Potencial de aquecimento global (GWP) de CO₂, CH₄ e N₂O, (Adimensional).

	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
GWP	25	298	1

Posto isto, finalmente é possível determinar as emissões totais do setor agrícola para a região de interesse no ano “y”, fazendo o somatório de cada emissão em CO₂e, através da fórmula seguinte.

$$Emi_{CO_2e(y)}(Totais) = \sum_x Emi_{CO_2e(x,y)}$$

Onde:

Emi_{CO₂e(y)}(Totais) - Emissões do setor agrícola no ano “y”, (kg CO₂e/ano)

Emi_{CO₂e(x)} – Emissões de CO₂e para o tipo de emissão “x”, no ano “y”, (kg CO₂e/ano);

3.2- Emissões do setor agrícola na região do Alentejo com Medidas Mitigadoras

3.2.1- Emissões com medida mitigadora redução de Pagamento Ligado à Produção aos ruminantes (Políticas):

Como se referiu anteriormente, os animais são os maiores contribuintes de emissões de gases com efeito estufa, responsáveis pela maioria dessas emissões. Posto isto uma das medidas mitigadoras que pode ser tomada em conta de forma a diminuir as emissões de CO₂e, é a extinção dos pagamentos ligados à produção (PLP) relacionados com os animais. Esta política mitigadora iria fazer com que grande parte dos produtores agrícolas abandonasse a atividade dos bovinos, ovinos e caprinos, pois apenas estes possuem neste momento apoios.

O cálculo das emissões do setor agrícola com a introdução desta política mitigadora é feita exatamente nos mesmo moldes que no ponto 2.1 da metodologia. No entanto, para determinar a redução do efetivo consequente das de políticas, são necessários os dados fornecidos pela Agro.ges em que as explorações agrícolas de cada região agrária foram classificadas em 6 categorias sendo, estas, resultado de vários indicadores económicos (RICA, 2016), como explicito em baixo (Agro.ges, 2018):

Categoria 1= Produto Bruto Agrícola Preços no Produtor - Consumos intermédios - Salários e Encargos Sociais - Impostos e Taxas - Rendas - Encargos Financeiros – Amortizações

Categoria 2= Categoria 1 + Medidas Agroambientais (MAA) + MZD

Categoria 3= Categoria 2 + RPB

Categoria 4= Categoria 3 + Pagamentos Ligados à Produção (PLP)

Categoria 5= Categoria 4 + Amortizações

Categoria 6= Categoria 5 + Remuneração MOAF

Quadro 14: Fração de bovinos leiteiros, bovinos não leiteiros, outros bovinos, ovinos, outros ovinos, caprinos e outros caprinos, dentro de cada categoria, por tipo de animal para o ano 2016 e região agrária do Alentejo, (%)

		Nº Animais (%)						Total
		Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6	
ALENTEJO	Vacas Leiteiras	0,0%	0,9%	98,7%	0,0%	0,0%	0,4%	100,0%
	Vacas Aleitantes	2,0%	47,9%	47,2%	1,4%	0,0%	1,6%	100,0%
	Outros Bovinos	1,7%	41,1%	51,6%	1,0%	0,0%	4,5%	100,0%
	Ovinos	2,5%	8,6%	67,6%	3,4%	0,0%	17,8%	100,0%
	Outros Ovinos	3,2%	10,0%	62,5%	4,2%	0,0%	20,2%	100,0%
	Caprinos	1,0%	5,0%	61,5%	1,8%	0,0%	30,7%	100,0%
	Outros Caprinos	1,6%	5,9%	58,2%	2,0%	0,0%	32,3%	100,0%

Associado a estas categorias a Agro.ges disponibilizou os efetivos animais de bovinos leiteiros, não leiteiros, outros bovinos, ovinos, outros ovinos, caprinos e outros caprinos para a região de interesse e ano de interesse, segundo o IFAP, como definido abaixo no quadro 14.

Posteriormente, definiu-se dentro de cada categoria animal, qual a percentagem de animais em cada categoria, de forma a extrapolar os dados da Agro.ges, para os dados de efetivos pecuários fornecidos pelo inquérito às estruturas pelo INE, fornecidas no quadro 44.

De acordo com a definição de cada uma das categorias, considerou-se como resultado desta opção mitigadora, diminuir os efetivos numa percentagem equivalente à soma das percentagens da categoria 4, 5 e 6 e metade (50%) da categoria 3, pois os animais pertencentes às categorias 4, 5 e 6 são aqueles que pertencem às explorações que necessitam dos PLP para obter lucro positivo da atividade, pois apesar desses pagamentos, não conseguem pagar as amortizações nem a mão-de-obra familiar, posto isto estas explorações têm tendência no longo prazo, acabar com os animais.

Para além destas 3 categorias, optou-se por acabar com 50% do efetivo da categoria 3, pois apesar destas explorações não dependerem dos pagamentos ligados, os produtores procurarão outras atividades mais lucrativas, pois retirando os pagamentos ligados à produção, estas atividades deixariam de ser tão atrativas.

Ora, posto isto, para o cálculo das emissões, que é feito nos mesmos moldes que sem medidas mitigadoras, determina-se o efetivo pecuário, recorrendo ao presente no quadro 17, onde se apresenta os efetivos animais referente à região agrária do Alentejo em 2016, e exclui-se a percentagem equivalente aos bovinos, ovinos e caprinos, respetivamente, das explorações agrícolas categorizadas pelas categorias 4, 5 e 6 e metade das com categoria 3, aquando dos cálculos das emissões no ponto 2.1.1, 2.1.2, 2.1.4.1, 2.1.4.2, 2.1.5.1.2.1, 2.1.5.1.4, 2.1.5.2.1 e 2.1.5.2.2, ou seja, o efetivo presente no quadro 40, onde se apresenta os efetivos animais referente à região do Alentejo em 2016, excluindo os bovinos, ovinos e caprinos das explorações agrícolas categorizadas pelas categorias 4, 5 e 6 e metade das com categoria 3.

3.2.2- Emissões com medida mitigadora de interdição da queima de resíduos agrícolas:

A queima de resíduos agrícolas, como referido na revisão bibliográfica, é uma das componentes emissoras de gases com efeito de estufa. Posto isto, umas das medidas mitigadoras seria a proibição de queima de resíduos agrícolas, e esses resíduos seriam incorporados no solo.

Para efetuar as emissões do setor agrícola com a introdução desta medida, os cálculos são feitos de igual modo ao referido anteriormente nos cálculos sem qualquer medida, alterando apenas as percentagens de área queimada por cada cultura utilizadas no ponto 2.1.5.1.3.2, 2.1.5.2.2.2, e 2.1.6.2 da metodologia, que corresponde as emissões diretas pela incorporação de resíduos agrícolas no solo, indiretas por essa mesma incorporação e emissões pela queima de resíduos agrícolas respetivamente. Estas percentagens foram fornecidas pelo NIR no capítulo 5.8.4 (APA, 2018), passando agora a valores nulos devido à medida de interdição desta prática para todos os casos. Multiplicando pela área das culturas, disponibilizadas pelo INE, obter-se-ia uma área queimada ($Area_{burnt}$), para cada cultura, de valor nulo, sendo que essa redução a zero da área queimada, provoca um conseqüente aumento da matéria seca que é incorporada no solo, como tendo sido contabilizado no cálculo das emissões pelos solos agrícolas, mais especificamente na incorporação de resíduos agrícolas, em que a área queimada foi contabilizada nula.

3.2.3- Emissões com medida mitigadora de aumento de área de modo produção biológico:

Para realizar os cálculos relativos à introdução da política mitigadora do modo produção biológica, teve de se determinar as áreas de proteção integrada na região agrária do Alentejo e as áreas em modo

produção biológico, em conversão e manutenção, como se podem ver no quadro 41, determinadas através dos dados fornecidos pelo IFAP, relativos ao ano 2016.

Posto isto, tornou-se possível calcular as quantidades de N aplicadas por unidade de área, dividindo a quantidade de N total aplicada, representada anteriormente no quadro 21, pela superfície agrícola cultivada excluindo a área em modo produção biológica, ambas representadas no quadro 41.

$$F_{SN(ha)(y)} = F_{SN(y)} / (A_{SAC(y)} - A_{MPB(y)})$$

Onde:

F_{SN(ha)(y)} – Quantidade de N sintético aplicado por unidade de área agricultada, subtraindo a área em modo produção biológico, no ano “y”, (kg/(ha.ano));

F_{SN(y)} – Quantidade de N aplicado através de fertilizantes sintéticos, no ano “y”, (kg N/ano);

A_{SAC(y)} - Superfície agrícola cultivada no ano “y”, (ha);

A_{MPB(y)} – Superfície em modo produção biológico no ano “y”, (ha).

Posteriormente a estes cálculos calcula-se a quantidade total de N aplicado com a introdução da nova área de modo produção biológica. A área introduzida é a correspondente ao atual modo produção proteção integrada, 596 426 hectares. Esta nova quantidade de N sintético aplicado é calculada através da fórmula seguinte.

$$F_{SN(MPB)} = F_{SN(ha)(y)} * ((A_{SAC(y)} - A_{MPB(y)} - [(A_{PRODI(y)} - A_{MPB(y)})]))$$

Onde:

F_{SN(MPB)} – Quantidade de N sintético aplicado por unidade de área agricultada, subtraindo a área em modo produção biológico, no ano “y” e a nova área em modo produção biológico, (kg/ano);

F_{SN(ha)(y)} – Quantidade de N sintético aplicado por unidade de área agricultada, subtraindo a área em modo produção biológico, no ano “y”, (kg/(ha.ano));

A_{SAC(y)} - Superfície agrícola cultivada no ano “y”, (ha);

A_{MPB(y)} – Superfície em modo produção biológico no ano “y”, (ha);

A_{PRODI(y)} - Superfície em modo proteção integrada no ano “y”, (ha);

Determinada a quantidade total de N aplicada com as novas áreas em modo produção biológico, pode-se realizar os cálculos das emissões do setor agrícola quando se introduz a medida mitigadora relativa ao modo produção biológico. Os valores são todos iguais aos calculados anteriormente, exceto no caso das emissões pelos solos agrícolas, pela diminuição das emissões tanto diretas como indiretas do uso de fertilizantes sintéticos e das emissões pela aplicação de ureia.

Quanto às emissões pelos fertilizantes sintéticos de origem direta e indireta, os cálculos são feitos através dos mesmos métodos e fórmulas das emissões calculadas no 2.1.5.1.1 e 2.1.5.2 da metodologia respetivamente, mas aplicando a quantidade de fertilizante sintético determinada para o caso da introdução de nova área de modo produção biológica, 12 337 923 kg N.

No outro lado, as emissões pela aplicação de ureia, quantidade essa calculada através da mesma percentagem usada no cálculo da quantidade de ureia aplicada no ano 2016, como demonstrada no quadro 21, também são determinadas através dos mesmos métodos e fórmulas do ponto 2.1.8 da metodologia.

Posto isto pode-se então proceder ao somatório das emissões, agora com as emissões dos solos agrícolas e da aplicação de ureia, da aplicação da medida mitigadora modo produção biológico.

3.2.4- Emissões com medida mitigadora de aumento de área de agricultura de precisão:

A agricultura de precisão é também considerada uma medida mitigadora de carbono, pois com a sua introdução acarreta reduções nas quantidades de *inputs*, não só não prejudicando as produtividades, mas melhorando-as.

Dentro da agricultura de precisão existem diversas componentes, sendo que aqui são consideradas o VRT (Variable Rate Tecnhonology). Esta tecnologia, por si, possui 3 níveis de aplicação como explicado anteriormente, e cada um destes níveis possui uma redução diferente de aplicação de N por hectare, como foi referido na revisão bibliográfica, e representado no quadro 42.

Com isto, de forma a calcular as emissões do setor agrícola com a introdução da medida mitigadora agricultura de precisão tornou-se necessário determinar as áreas de agricultura de precisão no ano 2016, que segundo o IFAP são relativos ao uso eficiente da água (VRT_{atual}) e foram de 63 852 hectares. A esta área adiciona-se a área de regadio em que aumenta a Empresa de Desenvolvimento e Infra-Estruturas do Alqueva (VRT_{novo}), sendo estes, 50 000 hectares (EDIA, 2018)

Para além destes valores, foi necessário determinar qual a percentagem de cada nível que é utilizada, para determinar a respetiva área (Nvl_1 , Nvl_2 , Nvl_3). Assumiu-se que no ano 2016, 5% da área de agricultura de precisão aloca-se ao nível 2 e outros 5% ao nível 3, sendo que os restantes 90% ao nível 1. Para os cálculos da redução de emissões para a medida mitigadora agricultura de precisão, assumiu-se que metade da área existente em 2016 seria de nível 2 e a restante metade nível 3 e que da nova área seria 20% nível 1, 30% nível 2 e 50% nível 3. Desta forma torna-se possível proceder aos cálculos das reduções de aplicação de N total, através da fórmula seguinte.

$$Var_N = [(-5) * Nvl_1] + [(-10) * Nvl_2] + [(-20) * Nvl_3]$$

Onde:

Var_N – Variação das quantidades de N aplicadas ao solo, segundo as diferentes percentagens de uso de cada nível de VRT.

Nvl₁ – Área de VRT nível 1 em utilização, (ha);

Nvl₂ – Área de VRT nível 2 em utilização, (ha);

Nvl₃ – Área de VRT nível 3 em utilização, (ha).

Em que:

$$Nvl_1 = 0 * VRT_{atual} + 0,2 * VRT_{novo}$$

$$Nvl_2 = 0,5 * VRT_{atual} + 0,3 * VRT_{novo}$$

$$Nvl_3 = 0,5 * VRT_{atual} + 0,5 * VRT_{novo}$$

Onde:

VRT_{atual} – Área de agricultura de precisão em 2016, (ha);

VRT_{novo} – Área de agricultura de precisão incrementada, (ha).

Posto isto, torna-se possível calcular então as emissões do setor agrícola com a aplicação da medida mitigadora agricultura de precisão. As emissões são iguais às calculadas na ausência de qualquer medida mitigadora, à exceção das emissões de N₂O pelos solos agrícolas devido à redução de

aplicação de fertilizantes sintéticos e também nas emissões da aplicação de ureia, pelos mesmos motivos do caso da aplicação da medida mitigadora modo produção biológico, em que as quantidades de ureia aplicadas são uma percentagem do N aplicado.

Para o cálculo das emissões pelos solos agrícolas, calcula-se com as mesmas fórmulas que no ponto 2.1.5.1.1 e 2.1.5.2 da metodologia, respetivamente para as emissões diretas e indiretas dos solos agrícolas, com a pequena diferença que as quantidades de N aplicadas seriam as 25 207 940 kg N, resultantes da redução devido ao uso de agricultura de precisão.

Passando às emissões pela ureia, determina-se também da mesma forma que no ponto 2.1.8 da metodologia, com a mesma diferença que nas emissões pelos solos agrícolas em que as quantidades de ureia seriam 5 622 473, resultantes do uso de agricultura de precisão.

Ora, com os cálculos anteriores, pode-se então proceder ao somatório das emissões, agora com as emissões dos solos agrícolas e da aplicação de ureia, da aplicação da medida mitigadora agricultura de precisão, mais especificamente VRT.

3.2.5- Emissões com medida mitigadora nos sistemas de gestão de efluentes pecuários:

A medida mitigadora Gestão de Efluentes Pecuários consiste no aumento de peso dos sistemas de gestão de efluentes tanques, em detrimento das lagoas, pois as reduções de emissões de CH₄ pela passagem de um sistema para outro, compensa o aumento das emissões de N₂O da passagem de um sistema para o outro.

Posto isto, com a introdução da medida mitigadora Gestão de Efluentes Pecuários, os cálculos serão exatamente os mesmos, alterando apenas no quadro 28, as percentagens de efluentes que é tratado em cada um dos dois sistemas (MMS) indicados no parágrafo anterior, aumentando os tanques em 1% e reduzindo as lagoas em 1%, de forma a se obter resultado das alterações de emissões por unidade, facilitando a extrapolação.

Consequentemente, as alterações na fração de efluentes que é tratado em cada um dos sistemas (MMS), apenas afetará os cálculos no ponto 2.1.2 da metodologia, bem como no 2.1.4.1 e 2.1.4.2., onde afeta os fatores indicados no quadro 33, que passam a ter outros valores, apresentados no quadro 43, que permitirão assim o cálculo das novas emissões, com a introdução destas medidas.

Consequentemente, as alterações na fração de efluentes que é tratado em cada um dos sistemas (MMS), apenas afetará os cálculos no ponto 2.1.2 da metodologia, bem como no 2.1.4.1 e 2.1.4.2., onde afeta os fatores indicados no quadro 33, que passam a ter outros valores, apresentados no quadro 43, que permitirão assim o cálculo das novas emissões, com a introdução destas medidas.

3.2.6- Emissões com medida mitigadora de aumento da digestibilidade dos animais:

A medida mitigadora digestibilidade consiste no aumento de digestibilidade dos alimentos dos animais, melhorando assim o seu aproveitamento e reduzindo por sua vez as emissões de CH₄ deles provenientes.

Ao se alterar a digestibilidade, iremos afetar a energia bruta ingerida por cada animal (GE), que por sua vez irá afetar os fatores de emissão de CH₄ pela fermentação entérica e os fatores de emissão de CH₄

pela gestão de efluentes pecuários, pois a energia bruta ingerida afeta os sólidos voláteis excretados (VS).

Ora, a introdução desta medida mitigadora implicou o aumento de um ponto percentual na digestibilidade de cada tipo de animal. Aumenta-se a digestibilidade nesta percentagem por forma a analisar-se os ganhos por ponto percentual, facilitando a extrapolação.

Para o cálculo da nova energia bruta ingerida, para os novos valores de digestibilidade, definiu-se a energia bruta ingerida por unidade percentual de digestibilidade, extrapolando assim a nova energia bruta ingerida para os novos valores de digestibilidade.

Posto isto, as emissões do setor agrícola são calculadas da mesma forma que como sem medidas mitigadoras, alterando apenas os cálculos no ponto 2.1.1 e 2.1.2 da metodologia, em que os valores da digestibilidade representados anteriormente no quadro 1, são agora representados no quadro 45.

3.2.7- Emissões com medida mitigadora de alteração das práticas na cultura do arroz:

As emissões da cultura de arroz também são consideradas de alguma importância apesar de pouca representatividade na região em causa. Segundo a bibliografia, existem duas medidas que facilitam a redução das emissões deste sistema de produção, o primeiro são as variedades híbridas, que podem se reduzir até 10%, aumentando também a produtividade, e a aplicação de enxofre na cultura, que pode reduzir até 20%, sendo que o conjunto das duas se mantêm nos 20% de redução.

Assim sendo, o cálculo das emissões do setor agrícola com a introdução desta medida mitigadora é efetuado exatamente da mesma forma, apenas diminuindo, depois de calculadas as emissões pela cultura do arroz, ponto 2.1.3 da metodologia, dez pontos percentuais (10%) estas emissões, através da fórmula seguinte:

$$Emi_{CH_4(MM)CA} = Emi_{CH_4(y)CA} * 0.9$$

Onde:

$Emi_{CH_4(MM)CA}$ – Emissões de CH₄ pela cultura do arroz pela introdução de medidas mitigadoras, (kg CH₄/ano)

$Emi_{CH_4(y)CA}$ - Emissões de CH₄ pela cultura do arroz no ano “y”, (kg CH₄/ano);

4- Resultados

Neste capítulo, serão apresentados, inicialmente, os resultados relativos às emissões de gases com efeito de estufa do setor agrícola e dos diversos subsetores que o constituem, na região agrária do Alentejo no ano 2016.

Posteriormente serão também apresentados os resultados das emissões de sistemas agrícolas alternativos, com medidas mitigadoras, ou seja, tecnologias e políticas mitigadoras.

4.1-Emissões totais globais:

As emissões do setor agrícola, como se vê no quadro 15, na região agrária do Alentejo, no ano de 2016, segundo a metodologia anteriormente referida, foram de 3 021 kt de CO_{2e}.

Quadro 15: Emissões do Setor Agrícola no ano de 2016 da região agrária do Alentejo (kt CO_{2e}/ano)

Fermentação Entérica	Cultura do Arroz	Gestão de Efluentes Pecuários	Solos Agrícolas	Queima de Resíduos Agrícolas	Ureia	Maquinaria Agrícola	Eletricidade	Total
1 586	42	188	697	17	4	424	63	3 021

Estas emissões foram calculadas através de várias fontes de emissão, pelo que de seguida se irão apresentar os resultados, fazendo sempre referência ao quadro acima, e respetivas representatividades de cada um dessas fontes no valor total de emissão da região.

4.1.1- Emissões totais globais por fonte de emissão:

Como se pode ver nos diagramas circulares seguintes, figura 3, na região agrária em estudo, a fermentação entérica (FE) é o maior contribuinte com 52,5% das emissões. O subsector dos solos agrícolas (SA) é o segundo mais emissivo com 23,1% das emissões. Seguem-se as emissões pelo uso de combustível através de máquinas agrícolas (Trator), com 14%, as emissões pela gestão de efluentes pecuários (GEP) com 6,2% e 2,1% das emissões para o consumo de eletricidade (Rega). As restantes fontes possuem pesos muito reduzidos, com 1,4% para a cultura do arroz (CA), a queima de resíduos agrícolas (QRA) com 0,6% para a cultura do arroz (CA) e 0,1% da aplicação de ureia (Ureia).

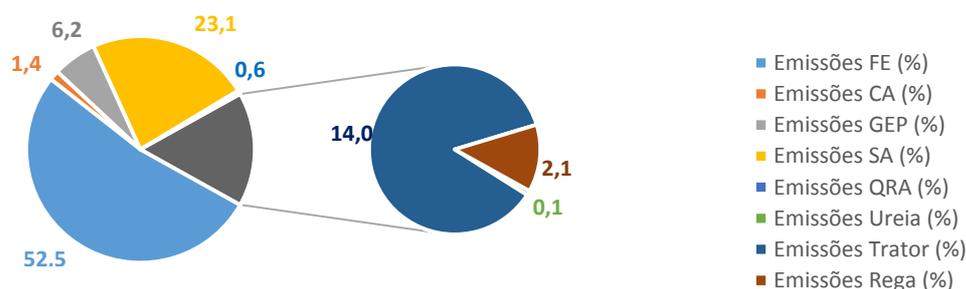


Figura 3: Emissões de CO_{2e} por fonte de emissão (FE, GEP, SA, CA, QRA, aplicação ureia, uso de trator ou uso de eletricidade na rega), (%)

4.1.1.1- Emissões fermentação entérica:

As emissões de fermentação entérica, como referido anteriormente, resultantes do efetivo pecuário, principalmente de ruminantes, foram de 1 586 kt CO_{2e}, 52,5% das emissões totais da região.

Este tipo de emissões é devido ao processo de fermentação que ocorre no rúmen dos animais, principalmente nos ruminantes. Na figura 4 pode-se ver o peso que cada um destes tipos de animais possui nas emissões totais pela fermentação entérica.

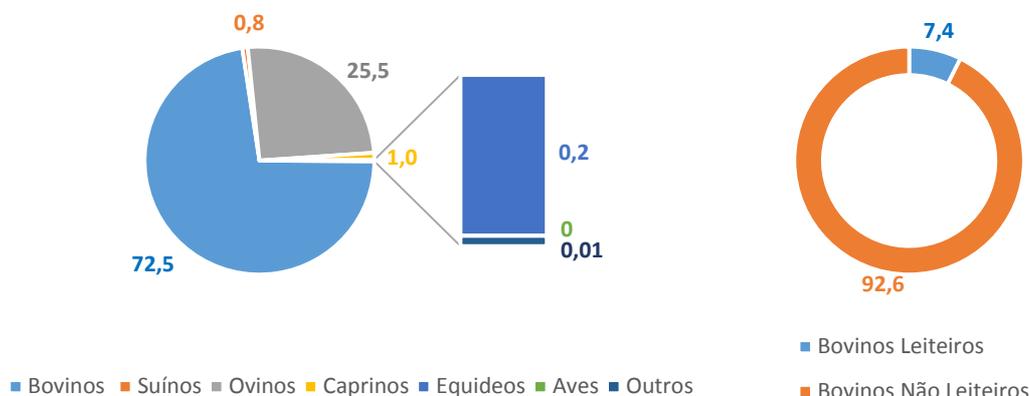


Figura 4: Emissões de CO_{2e} pela emissão de CH₄ através da fermentação entérica, por tipologia de animal, (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de CH₄ através da fermentação entérica dos bovinos por categoria de bovinos, (%)

Analisando então o primeiro gráfico, o grupo com maior peso são os bovinos, com 72,5%, seguindo-se os ovinos com 25,5%, caprinos com 1%, suínos com 0,8% e sobrando os equídeos e os outros animais com 0,2% e 0,01%, respetivamente. As aves não contribuem com qualquer emissão nesta categoria.

Nos bovinos em particular, o peso dos leiteiros é inferior ao dos não leiteiros, com 7,4% e 92,6% respetivamente, como se pode ver no segundo gráfico da figura 4.

4.1.1.2- Emissões pela produção da cultura do arroz:

Passando às emissões pela produção da cultura do arroz, que resulta, como explicado anteriormente, da decomposição de material orgânico em meio anaeróbico, causado pelo alagamento dos campos de produção, meio ideal para que ocorra a metanogénese aquando da decomposição desse material. Estas emissões para o ano de 2016 na região do Alentejo representaram 1,4% das emissões totais, ou seja, 41,7 kt CO_{2e}.

4.1.1.3- Emissões pela gestão de efluentes pecuários:

Quanto às emissões pela gestão de efluentes pecuários, que foram de 187,6 kt CO_{2e}, ou seja, os 6,2% referidos em cima, são originadas pela emissão de CH₄ e de N₂O, sendo que este último pode ser de origem direta ou indireta. Estas emissões dependem das quantidades excretadas por cada animal e das formas como são tratados, ou seja, as quantidades tratadas em cada sistema de gestão.

No que diz respeito às emissões de CH₄, que ocorrem na decomposição do estrume em meio anaeróbico, foi de 155 kt CO_{2e}, o que equivale a 82,6% das emissões pela gestão de efluentes pecuários. Neste caso, ao contrário do que acontece no caso da fermentação entérica, os animais que mais contribuem para a emissão do CH₄ são os suínos com 52,2%, seguindo-se os bovinos com 36,7%, os ovinos com 9,7% e as restantes categorias de animais com muito pouco peso, como se pode ver no primeiro gráfico da figura 5.



Figura 5: Emissões de CO_{2e} pela emissão de CH₄ através da gestão de efluentes pecuários por tipologia de animal, (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de CH₄ através da gestão de efluentes pecuários dos bovinos por tipo de bovinos, (%)

Das emissões de CH₄ dos bovinos pela gestão de efluentes pecuários, 71,4% corresponde aos não leiteiros e 28,6% aos leiteiros, perceptível no segundo gráfico da figura 5.

Quanto às emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, foram de 32,6 kt CO_{2e}, que representa 17,4% das emissões pela gestão de efluentes. Este tipo de emissão é de origem direta ou indireta, e é causada pela decomposição, em meio aeróbio ou misto, do estrume animal.

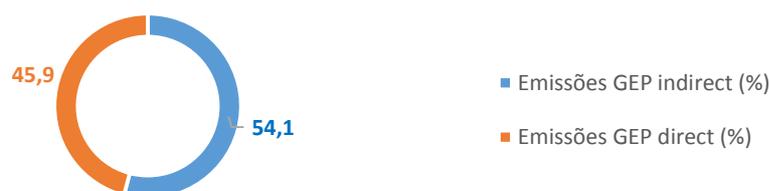


Figura 6: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários por tipo de origem de emissão (direta ou indireta), (%)

As emissões de origem direta, que resultam dos processos de nitrificação e desnitrificação aquando da decomposição do estrume e dependentes dos mesmos fatores que no caso da emissão de CH₄, foram de 15 kt CO_{2e}, ou seja 45,9% das emissões de N₂O via gestão de efluentes, como se pode ver na figura 6. Destas emissões, 76,6% foram causadas no sistema de armazenamento sólido e 23,4% nos tanques. As lagoas não possuem emissões diretas pelo tratamento dos efluentes como se pode ver na figura 7.



Figura 7: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários, de origem direta, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido), (%)

Passando às origens indiretas, são causadas aquando das perdas por lixiviação e volatilização que ocorrem durante a decomposição do estrume animal. As emissões de origem indireta tiveram um valor de 17,6 kt CO_{2e}, o que significa 54,4% das emissões destes sistemas. Por sua vez, 95,1% das emissões

indiretas provêm da volatilização (*Volatilization*) enquanto 4,9% da lixiviação (*Leaching*), como se vê na figura 8.



Figura 8: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta, por tipo de perda (Volatilização ou Lixiviação), (%)

Baseando-nos nas perdas por lixiviação, que foram de 0,9 kt CO_{2e}, sendo 100% responsabilidade do sistema de armazenamento sólido, pois não existindo perdas por lixiviação nas lagoas nem nos tanques (APA,2018), como se pode ver no segundo gráfico da figura 9.

No que respeita às perdas por volatilização, 47,2% das emissões são do armazenamento sólido, 40,5% das lagoas e 12,4% dos tanques, como se vê no primeiro gráfico da figura 9.



Figura 9: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta por volatilização, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido) (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários, de origem indireta por lixiviação, por tipo de sistema de gestão (Lagoa, Tanque ou Armazenamento Sólido), (%)

Na figura 10, podemos ainda ver o peso de cada tipo de sistema das emissões totais pela gestão de efluentes, em que 62,1% representa o armazenamento sólido (20,2 kt CO_{2e}), 17,1% os tanques (5,6 kt CO_{2e}) e 20,8% as lagoas (6,8 kt CO_{2e}).



Figura 10: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através da gestão de efluentes pecuários, por tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários (lagoa, tanque ou armazenamento sólido), (%)

4.1.1.4- Emissões pelos solos agrícolas:

Relativamente aos solos agrícolas, as emissões são de N₂O, e tal como ocorre nas emissões deste gás pela gestão de efluentes, estas emissões podem ser de origem direta ou indireta. Esta fonte de emissão possui diferentes emissores, sendo eles os fertilizantes sintéticos, os fertilizantes orgânicos,

provenientes da produção animal e também urbana e outros, os resíduos de culturas incorporados no solo e as pastagens, ou seja, a deposição de dejetos e urina por parte dos animais no solo aquando do pastoreio. As emissões desta fonte de emissão no ano e região em causa foram de 697,1 kt CO_{2e}, o que em termos globais do setor agrícola representa 23,1% como referido anteriormente.



Figura 11: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas, por tipo de origem de emissão (direta ou indireta), (%).

Abordando as origens diretas, que resultaram em 561,5 kt CO_{2e} emitidas, ou seja, 80,6% das emissões desta fonte, como está demonstrado na figura 11, tem por base principalmente a atividade humana aquando da incorporação de fontes de N no solo, tendo também na sua origem a fixação biológica de N ou deposição de N pelos animais nas pastagens através dos dejetos excretados por estes. Assim sendo, observando na figura 12, conclui-se que os dejetos depositados nas pastagens por parte dos animais são o maior contribuinte para as emissões pelos solos agrícolas de origem direta, com 63,4% (356,2 kt CO_{2e}), seguindo-se os fertilizantes sintéticos com 22,1% (124 kt CO_{2e}), os fertilizantes orgânicos de origem animal com 4,1% (23,2 kt CO_{2e}), os resíduos das culturas com 10,3% (57,8 kt CO_{2e}) e os outros fertilizantes orgânicos com 0,1% (0,3 kt CO_{2e}).



Figura 12: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas, de origem direta, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens, resíduos de cultura e outros fertilizantes orgânicos), (%).

Passando agora às emissões de origem indireta, tal como acontece na gestão de efluentes pecuários, esta resulta da volatilização e da lixiviação do N incorporado no solo pelas diversas fontes anteriormente referidas. Estas perdas têm um peso de 32,4% (44 kt CO_{2e}) e 67,6% (91,6 kt CO_{2e}) respetivamente, como se vê na figura 13.

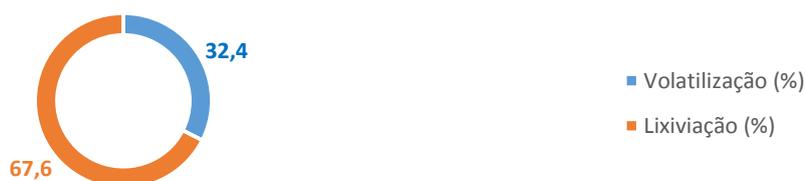


Figura 13: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas, de origem indireta, por tipo de perda (volatilização ou lixiviação), (%).

Posto isto, os 32,4% devidos à volatilização, são causados devido ao aumento do teor de N no solo por fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos e deposição de dejetos pelos animais nas pastagens com um peso de 18,1% (7,9 kt CO_{2e}), 8,6% (3,8 kt CO_{2e}) e 73,4% (32,3 kt CO_{2e}) nas emissões indiretas por volatilização respectivamente, como se pode ver no primeiro gráfico da figura 14.

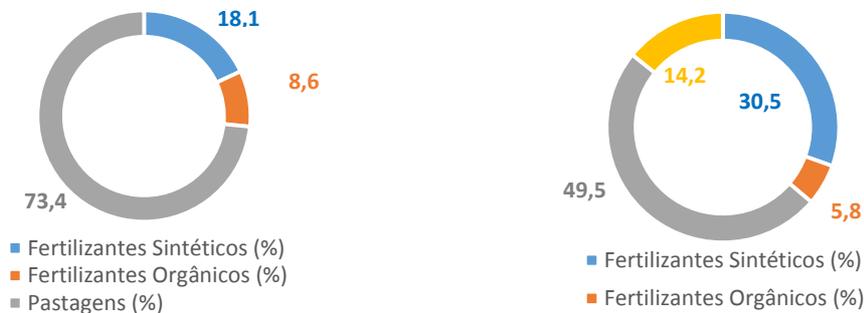


Figura 14: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas, de origem indireta e perda por volatilização, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos e pastagens), (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas, de origem indireta e perda por lixiviação, por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens e resíduos de cultura), (%) .

Quanto aos 67,6% das emissões devido à lixiviação causada pelo aumento de N no solo através dos fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens e resíduos de cultura, em que contribuem com um peso de 30,5% (27,9 kt CO_{2e}), 5,8% (5,3 kt CO_{2e}), 49,5% (45,4 kt CO_{2e}) e 14,2% (13 kt CO_{2e}) respectivamente, como se pode ver no segundo gráfico da figura 14.

Ora, num ponto de vista mais global, observando a figura 15, podemos concluir sobre que fontes de N adicionadas ao solo têm maior peso nas emissões pelos solos agrícolas, em que temos as pastagens com 62,6%, os fertilizantes sintéticos com 22,9%, os fertilizantes orgânicos de origem animal com 4,6%, os resíduos das culturas com 10,2% e por fim, com uma contribuição praticamente insignificante, os outros fertilizantes orgânicos com 0,05%.



Figura 15: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O através dos solos agrícolas por fonte de emissão (fertilizantes sintéticos, fertilizantes orgânicos, pastagens, resíduos de cultura e outros fertilizantes orgânicos), (%)

4.1.1.5- Emissões pela queima de resíduos agrícolas:

A queima de resíduos agrícolas é uma prática que ao longo dos anos tem vindo a diminuir a sua representatividade nas emissões nacionais, e o mesmo acontece na região em estudo. Como referido anteriormente, esta fonte de emissão resulta da queima dos resíduos agrícolas deixados no campo, tendo representado 16,7 kt CO_{2e} no ano e região em estudo, ou seja, 0,6% das emissões totais.

Apesar de esta prática libertar variados gases, apenas são contabilizados os gases com efeito de estufa, o CH₄ e o N₂O, que têm um peso respetivo de 62,9% (10,5 kt CO_{2e}) e 37,1% (6,2 kt CO_{2e}), como mostrado no primeiro gráfico da figura 16.

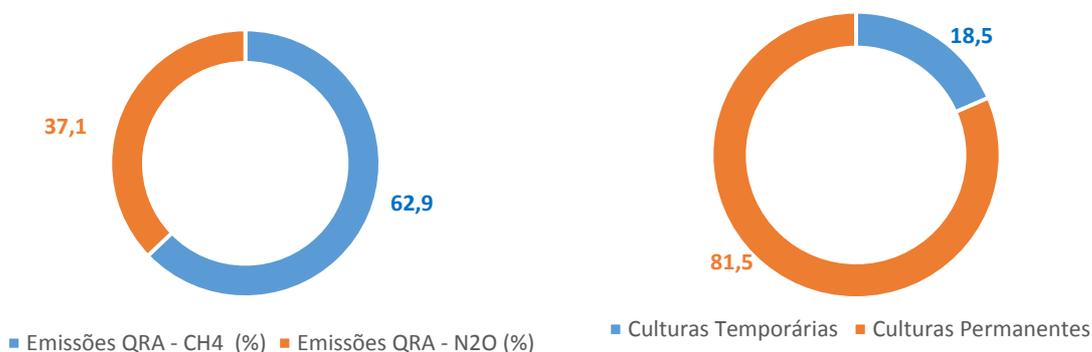


Figura 16: Emissões de CO_{2e} pela queima de resíduos agrícolas, por tipo de gás emitido (N₂O e CH₄), (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O e CH₄ através da queima de resíduos agrícolas, por grupo de culturas (culturas temporárias e permanentes), (%)

Pode-se dividir ainda estas emissões em dois grandes grupos, as provenientes da queima de resíduos das culturas permanentes ou da queima dos resíduos das culturas temporárias, tendo um peso de 81,5% (13,6 kt CO_{2e}) e 18,5% (3,1 kt CO_{2e}) respetivamente, representado no segundo gráfico da figura 14.

Desagregando agora cada um dos dois grupos de culturas obtemos então as emissões causadas por culturas principais, onde se põe em prática a queima, que no caso das culturas temporárias esta representada na figura 17, no primeiro gráfico, e das culturas permanentes na figura 17, no segundo gráfico.



Figura 17: Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O e CH₄ através da queima de resíduos agrícolas, por cultura temporária (trigo, milho, arroz ou outros cereais), (%) e Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O e CH₄ através da queima de resíduos agrícolas, por cultura permanente (vinha, olival ou pomares), (%)

Nas culturas temporárias temos a maior representatividade para o arroz com 86,5% (2,7 kt CO_{2e}), seguindo-se os outros cereais com 7,2% (0,1 kt CO_{2e}), milho com 2,5% (0,1 kt CO_{2e}) e trigo com 2,9% (0,1 kt CO_{2e}).

Quanto às culturas permanentes temos o domínio dos pomares em geral com 36,4% (4,9 kt CO_{2e}), olival com 41,4 (5,6 kt CO_{2e}) e vinha com 22,2% (3 kt CO_{2e}).

4.1.1.6- Emissões da aplicação de ureia:

As emissões da aplicação de ureia, que resultam da aplicação desta no solo, como referido anteriormente, possuem um muito reduzido peso nas emissões totais para o ano e região em causa, com apenas 0,1%, o que em valor absoluto significa 4,3 kt CO_{2e}.

4.1.1.7- Emissões pelo uso de máquinas agrícolas:

Agora, quanto às emissões pelo uso de máquinas agrícolas, possuem um peso de 14%, ou seja 423,9 kt CO_{2e} das emissões totais do setor agrícola para o ano e região em causa. Estas emissões resultam da queima de combustível aquando do uso das máquinas alocadas à prática agrícola, pelo que se pode desagregar estas emissões por tipo de grupo de cultura produzida, como se pode ver na figura 18.

O maior uso de combustível é feito nas culturas temporárias, com 48,4% (205 kt CO_{2e}), as culturas permanentes com 35,6% (150,7 kt CO_{2e}), e com muito menor peso, as pastagens com 16,1% (68,1 kt CO_{2e}).



Figura 18: Emissões de CO_{2e} pela queima de combustível (gasóleo) por tipo de grupo de atividade agrícola vegetal associada a grupo de culturas (culturas temporárias, culturas permanentes ou pastagens), (%)

4.1.1.8- Emissões pelo consumo de eletricidade:

As emissões pelo consumo de eletricidade, resultante principalmente da rega das culturas, sendo que não existe emissões pelo uso da energia, mas sim pelo seu fabrico, estando a alocar essas emissões ao setor agrícola. Estas emissões foram de 63,1 kt CO_{2e}, como referido anteriormente 2,1% das emissões totais do setor agrícola alentejano em 2016.

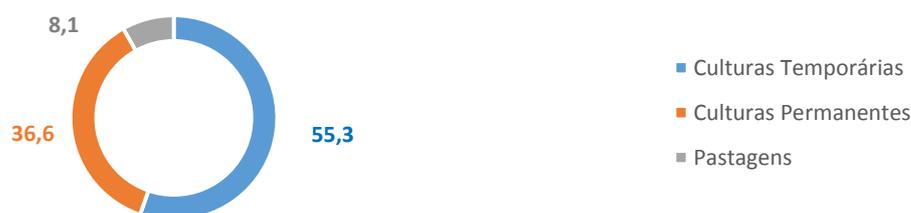


Figura 19: Emissões de CO_{2e} pelo uso de eletricidade, por tipo de grupo de atividade agrícola vegetal associada a grupo de culturas (culturas temporárias, culturas permanentes ou pastagens), (%)

O maior uso de eletricidade para efetuar a rega foi nas culturas temporárias com 55,3% (34,9 kt CO_{2e}), seguindo-se com 23,1% (30 kt CO_{2e}) e 8,1% (5,1 kt CO_{2e}) as culturas permanentes e pastagens respetivamente, como se vê na figura 19.

4.1.2- Emissões totais globais por tipo de gás emitido:

Na figura 20, mostra-se o peso, em percentagem de cada gás no total de CO₂ equivalente emitido no setor agrícola da região agrária do Alentejo durante o ano 2016. Posto isto, vemos que o gás com maior

peso é o metano (CH₄) com 59,4% das emissões, seguindo-se o óxido nitroso (N₂O) com 24,4% e por fim, diretamente em dióxido de carbono (CO₂), 16,3%.



Figura 20: Emissões de CO_{2e} por tipo de gás emitido (CH₄, N₂O ou CO₂), (%)

4.2-Emissões totais globais por tipo de gás emitido e fonte de emissão:

Nos gráficos seguintes esta representada a distribuição por fonte de emissão de cada tipo de gás emitido.

Começando pelo primeiro gráfico da figura 21, temos as fontes de emissão do CH₄, com 88,4% para a fermentação entérica, 8,6% para a gestão de efluentes pecuários e com muito menor peso 2,3% e 0,6% para a cultura do arroz e queima de resíduos agrícolas respetivamente.

Passando ao segundo gráfico da figura 21, relativo às emissões de N₂O, 94,7% representa as emissões dos solos agrícolas, seguindo 4,4% e 0,8% para a gestão de efluentes pecuários e queima de resíduos agrícolas respetivamente.

Por fim, o terceiro gráfico da figura 21, respetivo às emissões de CO₂, com 86,3% das emissões para o uso de combustível, 12,8% para a eletricidade usada em rega e 0,9% para a aplicação de ureia.

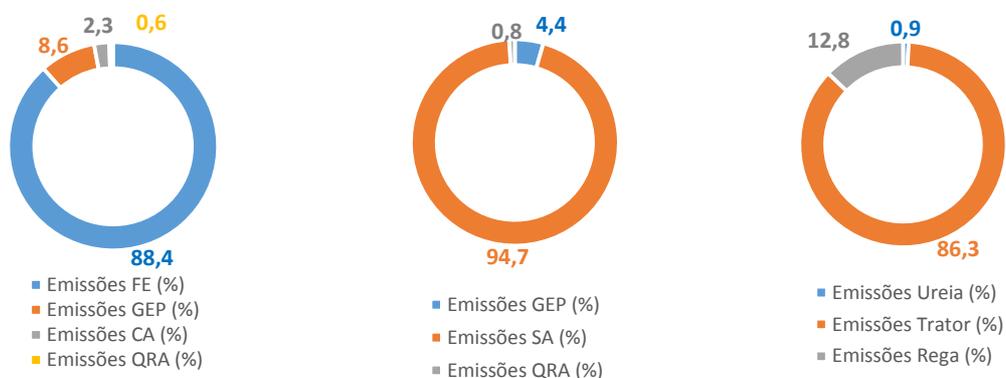


Figura 21: Emissões de CO_{2e} pela emissão de CH₄ por fonte de emissão (FE, GEP, CA ou QRA), (%); Emissões de CO_{2e} pela emissão de N₂O por fonte de emissão (GEP, SA ou QRA), (%); Emissões de CO_{2e} pela emissão de CO₂ por fonte de emissão (aplicação de ureia, uso de máquina agrícolas, uso de eletricidade (rega)), (%)

4.2.1- Emissões do setor agrícola com medidas mitigadoras:

Como indicado na metodologia, foram realizados cálculos que simulam as emissões do setor agrícola com introdução de certas medidas mitigadoras, sendo elas a alteração do quadro da PAC, alterando os pagamentos ligados hoje existentes, mais concretamente, alocando os pagamentos ligados ao efetivo animal atuais para os cereais de sequeiro (Nº Animais), de acordo com a Estratégia Nacional para a Promoção à Produção de Cereais (Barreiros, L., et al., 2018), a interdição de queima de resíduos agrícolas (QRA), o aumento de área beneficiada pela agricultura de precisão (VRT), tecnologias que

umentem a digestibilidade do efetivo animal (DE), a alteração dos sistemas de gestão de efluentes (GEP), a introdução de práticas agrícolas novas na cultura do arroz (CA) e aumento da área beneficiado por agricultura biológica (MPB).

Através do quadro seguinte, quadro 38, é possível observar as emissões que se atingiria com a implementação das medidas referidas anteriormente.

As emissões do setor agrícola para a região agrária do Alentejo, para o ano 2016, simulando a hipótese de os pagamentos ligados à produção aos ruminantes desaparecer, acarretava a consequência de diminuição do efetivo, ou seja, o equivalente ao existente, em 2016, nas explorações classificadas na categoria 1 e 2 e metade das classificadas na categoria 3, significando emissões de 2 332 kt CO_{2e}.

A segunda medida mitigadora em que se calculou o impacto nas emissões do setor agrícola da região do Alentejo para o ano 2016 foi a interdição da queima de resíduos agrícolas, resultando num total de emissões de 3 006 kt CO_{2e}.

As emissões do setor agrícola com o aumento de área do modo de produção biológico para a área equivalente à atual do modo de proteção integrada, terceira medida mitigadora, resultaria em 2 924 kt CO_{2e} de emissões.

Quanto às emissões do setor agrícola com o aumento de área de agricultura de precisão, em 50 000 hectares, área que a EDIA prevê aumentar o seu regadio, e da opção que leva a uma maior eficiência de recursos, resultaria em 3 013 kt CO_{2e} de emissões.

Passando às medidas que visam a melhoria de digestibilidade, com o aumento de 1% da digestibilidade de todas as categorias animais, resultaria em 2 986 kt CO_{2e} de emissões.

As emissões do setor agrícola para o ano 2016 na região do Alentejo, com a aplicação de enxofre e uso de híbridos do arroz seriam de 3 016 kt CO_{2e}.

Por fim, as emissões do setor agrícola com o aumento de tanques (+1%) em detrimento de lagoas (-1%) resultaria em 3 020 kt CO_{2e} de emissões.

Em todos estes casos as emissões alteraram-se em diferentes subsectores, como se vê no quadro 38.

4.2.2- Emissões do setor agrícola com redução dos Pagamentos Ligados à Produção nos ruminantes:

Estas emissões apenas se alterariam, relativamente às condições normais, nas fontes em que estão dependentes dos animais, sendo elas a fermentação entérica, com 1 060 kt CO_{2e}, a gestão de efluentes pecuários, com 162 kt CO_{2e} e as emissões dos solos agrícolas, com 560 kt CO_{2e}, associadas aos fertilizantes orgânicos e às pastagens, ficando as restantes emissões exatamente idênticas às apresentadas no ponto 3.1.

4.2.3- Emissões do setor agrícola com interdição de efetuar queima de resíduos agrícolas:

Neste caso todas as emissões foram iguais ao caso sem qualquer medida mitigadora, apenas afetando as emissões da fonte da queima de resíduos agrícolas, reduzindo-a a zero (0 kt CO_{2e}) e aumentando as emissões dos resíduos de culturas que passariam a ser incorporados no solo, afetando assim as emissões pelos solos agrícolas, que passariam a ser 698,8 kt CO_{2e}.

4.2.4- Emissões do setor agrícola com aumento da área de Modo Produção Biológico:

Com a introdução desta medida mitigadora, as únicas fontes de emissão que alterariam o seu impacto, no curto prazo, seriam as associadas aos fertilizantes sintéticos, sendo, portanto, as emissões pelos solos agrícolas, com 602,8 kt CO_{2e} e pela aplicação de ureia, com 2 kt CO_{2e}.

4.2.5- Emissões do setor agrícola com aumento da área de Agricultura de Precisão:

Esta medida mitigadora, apenas afetaria as emissões do setor agrícola alentejano nas fontes associadas aos fertilizantes sintéticos, sendo, portanto, as emissões pelos solos agrícolas, com 689,1 kt CO_{2e} e pela aplicação de ureia, com 4,1 kt CO_{2e}.

4.2.6- Emissões do setor agrícola com aumento da digestibilidade dos alimentos dos variados animais:

Com mais uma medida ligada aos animais, o melhoramento da digestibilidade dos animais, as únicas fontes de emissão que sairiam com ganhos de emissões seriam a fermentação entérica, com 1 560,8 kt CO_{2e} e a gestão de efluentes pecuários, com 179 kt CO_{2e}.

4.2.7- Emissões do setor agrícola com aplicação de enxofre e uso de híbridos na cultura do arroz:

Finalmente, a medida mitigadora imposta à produção de arroz, a alteração do sistema de produção, que como o nome indica apenas têm efeitos nas emissões da cultura do arroz, o que significa 37,6 kt CO_{2e} nas emissões por esta fonte, mantendo todas as outras emissões.

4.2.8- Emissões do setor agrícola com alterações nos sistemas de gestão de efluentes pecuários existentes:

Por fim, última medida relacionada com a produção animal, que apenas influencia a gestão dos efluentes pecuários, apenas teria impacto nas emissões nessas mesmas emissões, gestão de efluentes pecuários, com 583,6 kt CO_{2e}.

5- Discussão de Resultados

5.1-Emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo, no ano 2016:

As emissões do setor agrícola na região do Alentejo, no ano de 2016, como podemos ver nos resultados apresentados anteriormente (ponto 3), foram de 3 021 kt CO_{2e} incluindo as emissões pelo uso de maquinaria agrícola e produção de energia para fins agrícolas. Não contabilizando estas duas últimas fontes de emissão, pois, apesar de serem uma consequência da atividade agrícola, não são contabilizadas pela metodologia usada no setor agrícola, as emissões foram de 2 534 kt CO_{2e}, o que significa 37% das emissões agrícolas de Portugal.

Tal como vimos nos resultados apresentados para o setor agrícola na região agrária do Alentejo, no ano 2016, no que diz respeito às fontes de emissão consideradas pelo NIR para o setor agrícola, percebemos que o setor animal é aquele que mais contribui para as emissões da região, diretamente com 70% das emissões, ou seja, pela fermentação entérica (62,6%) e gestão dos efluentes pecuários (7,4%).

No que diz respeito aos solos agrícolas, ou seja, as fontes de N que são aplicadas diretamente e indiretamente pelo homem no solo, representaram 27,5% das emissões em causa. Destas, 17,1% resultaram da deposição de dejetos e urina por parte dos animais nas pastagens, 6,3% devido aos fertilizantes sintéticos, 1,3% devido à aplicação dos efluentes animais tratados, 0,01% aos outros compostos orgânicos e 2,8% da incorporação no solo dos resíduos das culturas.

Ainda no âmbito das fontes que são contabilizadas no setor agrícola segundo o NIR, temos as emissões pela queima de resíduos agrícolas, da cultura do arroz e da aplicação de ureia, com muito pouca preponderância, 0,7%, 1,6% e 0,2% das emissões, respetivamente.

Por fim, relativamente às emissões associadas à agricultura, mas que não são contabilizadas neste setor pela metodologia do IPCC, a utilizada no NIR, mas noutros setores, temos principalmente, as emissões pelo uso de máquinas agrícolas e pela produção de energia, principalmente para a prática da rega. Estas fontes de emissão se fossem contabilizadas no setor agrícola baixariam os pesos referidos até aqui, de todas as outras fontes, ficando responsáveis por 14% e 2,1% respetivamente.

Resumindo, seguindo com a não contabilização das máquinas agrícolas e eletricidade para uso de rega, de forma a poder-se comparar com o as emissões nacionais, os animais são o maior contribuinte nas emissões deste setor, responsável diretamente por aproximadamente 70% das emissões, e indiretamente, no caso de se contabilizar as fontes de N produzidas por estes, ou seja, fertilizantes orgânicos de origem animal incorporados no solo pelo Homem ou depositados nas pastagens pelos animais, passamos a falar numa responsabilidade de 88,4% das emissões. Os restantes 11,6%, são 6,3% para o uso de fertilizantes sintéticos, 2,6% para a incorporação de resíduos de culturas no solo, 1,6% para a cultura do arroz e 0,7% para a queima de resíduos agrícolas, sobrando emissões muito residuais. Portanto, o setor animal e aplicação de fontes de N significam 97,3% das emissões do setor agrícola, contabilizando apenas as emissões consideradas no setor agrícola no âmbito da metodologia IPCC, excluindo fontes de emissão como o uso de máquinas agrícolas, pela produção de energia para uso em agricultura ou pela produção de fertilizantes.

Para além das fontes de emissão não consideradas no setor agrícola no âmbito da metodologia do IPCC (referidas em cima), existe ainda fontes de sequestro que não são contabilizadas, tais como o sequestro feito pelas pastagens, principalmente das melhoradas, e o sequestro por das culturas permanentes.

5.2-Simulação de emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo com a introdução de medidas mitigadoras:

Como foi referido na metodologia e demonstrado nos resultados, no capítulo 3, simulou-se as emissões relativas ao ano de 2016 para a região agrária do Alentejo, com a introdução de algumas medidas mitigadoras, tanto políticas como tecnológicas.

No quadro seguinte, quadro 16, é possível observar os ganhos, em percentagem, de emissões com a introdução de cada umas das medidas mitigadoras, contabilizando o uso de máquinas agrícolas e produção energia.

Quadro 16: Variação das emissões entre o ano 2016 sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras, para cada fonte de emissão principal, para o setor agrícola da região agrária do Alentejo, para o ano 2016, (%).

	BASE	NºAnimais	QRA	MPB	VRT	DE	CA	GEP
Fermentação Entérica	0	-33,2	0	0	0	-1,6	0	0
Cultura do Arroz	0	0	0	0	0	0	-10	0
Gestão Efluentes Pecuários	0	-13,5	0	0	0	-4,6	0	-0,2
Solos Agrícolas	0	-19,6	0,3	-13,5	-1,1	0	0	0
Queima de Resíduos Agrícolas	0	0	-100	0	0	0	0	0
Aplicação Ureia	0	0	0	-53,4	-4,8	0	0	0
Maquinaria Agrícola	0	0	0	0	0	0	0	0
Eletricidade	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	-22,8	-0,5	-3,2	-0,3	-1,1	-0,1	-0,01

Como seria de esperar, a medida mitigadora que mais impacto teve foi a alteração no quadro da PAC atual, com menos 23% das emissões (-688,8 kt CO₂e/ano), consequência da acentuada redução do efetivo, nos bovinos não leiteiros, aproximadamente 30%, e nos ovinos e caprinos, 55% e 63% respetivamente. Com estas reduções seria de esperar que as emissões diminuíssem significativamente, visto o setor animal ser responsável por mais de 88% das emissões. Esta redução foi atingida através da redução em 33% das emissões provenientes da fermentação entérica, 13,5% da gestão de efluentes e e 20% dos solos agrícolas, mais especificamente no pastoreio e aplicação de fertilizantes orgânicos de origem animal.

No caso da redução observada com a interdição da queima dos resíduos da cultura poderá se dizer que seria insignificante, uma redução de meio ponto percentual (-14,5 kt CO₂e/ano), devido a dois fatores, o pequeno peso que a queima de resíduos agrícolas possui nas emissões do setor agrícola, 0,5%, e também devido ao facto de que os resíduos de culturas que deixariam de ser queimados, passariam a ser incorporados no solo, ou seja, aumento das emissões pelos solos agrícolas, significando um aumento em 0,3% (+2 kt CO₂e/ano).

Agora, quanto às emissões com a introdução de nova área de agricultura biológica, passando dos atuais 133 000 hectares para 596 000, aproximadamente, área atual de agricultura em proteção integrada, ou seja, aumento em 463 000 hectares, conseguiria-se uma redução significativa, 3,2% (96,5

kt CO₂e/ano) para o peso que os fertilizantes sintéticos possuem no total das emissões, 6,3%. Esta redução é causada pela redução das emissões dos fertilizantes sintéticos em 60%, refletindo-se em menos 13,5% nas emissões dos solos agrícolas e 53% a aplicação de ureia. Esta redução em termos práticos é bastante superior, pois estaríamos a falar de menos emissões no setor da indústria, setor que alberga as emissões provenientes da produção destes fertilizantes sintéticos que se deixariam de produzir. Para além disso, a redução não é tão acentuada assim pois os fertilizantes sintéticos são substituídos pelos fertilizantes orgânicos, que também têm um coeficiente de emissão associado, apesar de ligeiramente inferior, mas esses fertilizantes orgânicos também seriam mais eficientemente usados, não sendo aplicados em solos que não necessitariam. Esta redução significa um ganho de menos 208 kg CO₂e/ha de nova área em agricultura biológica.

Ainda nos fertilizantes sintéticos, a agricultura de precisão obteve uma redução muito pouco significativa, muito devido à pouca ambição aquando do aumento de área, que se ficou pelos 50 000 hectares, área que irá ser aumentada na EDIA como uso eficiente de água, classificação que se pode relacionar com agricultura de precisão. Ora a redução nas emissões do setor agrícola do Alentejo alcançada com esta medida foi de 0,3% (-7,9 kt CO₂e/ano), com menos 1% apenas nos solos agrícolas e menos 5% na aplicação de ureia. No entanto, este tipo de agricultura, mais do que ganho em termos de poupança em consumos intermédios, são os ganhos na produtividade, diminuindo as emissões por quantidade produzida. Estas reduções significam menos 158 kg CO₂e/ha de nova área em agricultura de precisão, o que nos mostra que no caso de maior aumento na área de agricultura de precisão, melhores resultados se obteriam.

De volta à questão dos animais, o aumento de digestibilidade de um ponto percentual em cada uma das categorias animais permitiria um ganho de menos 1,1% nas emissões (-34,1 kt CO₂e/ano). Estes menos 1,1% foram consequência da redução de 1,6% e 4,6% na fermentação entérica e gestão de efluentes pecuários, respetivamente. Esta redução foi bastante modesta devido ao pequeno aumento de digestibilidade, porque em algumas espécies poderá se obter um aumento da digestibilidade entre 3% a 5% de acordo com a bibliografia, o que levaria a uma diminuição bastante superior, como por exemplo aumentar apenas o gado bovino não leiteiro em mais quatro pontos percentuais a digestibilidade significaria uma diminuição de 3,5% as emissões.

Quanto à cultura do arroz, 1,4% das emissões agrícolas, também não permite grandes ganhos nas emissões totais do setor agrícola. Apesar da redução de 10% nas emissões da cultura do arroz pela aplicação de enxofre durante a produção e utilização de variedade híbridas, só se conseguiria uma redução de 0,1% nas emissões totais (-4,2 kt CO₂e/ano).

Mais uma vez no setor animal, com a alteração da composição atual dos sistemas de gestão de efluentes, diminuindo o peso das lagoas em 1%, aumentando 1% os tanques, atingiu-se uma redução insignificante em termos das emissões totais, menos 0,01% (-0,4 kt CO₂e/ano), devido à redução de 0,2% na gestão de efluentes pecuários. Esta redução é muito baixa por dois motivos, pois a alteração da composição de sistemas é muito conservadora e, esta alteração proposta apesar de baixar as emissões, tem dois efeitos, a diminuição das emissões de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários e o aumento das emissões de N₂O pela gestão de efluentes pecuários, mas um balanço positivo para as

emissões. Consequentemente, apesar de esta medida baixar as emissões, nunca se irá conseguir uma redução tão significativa quanto o desejável pois diminui-se de um lado, mas aumenta-se, em menor proporção, por outro lado.

Por fim, imaginando um cenário em que se cruzaria diversas medidas mitigadoras, estaríamos a falar no caso de se juntar todas as medidas do setor vegetal, ou seja, agricultura biológica, agricultura de precisão, queima de resíduos agrícolas e cultura do arroz, numa redução de 4,1% (123,2 kt CO₂e/ano), e no caso de adicionar às anteriores, o aumento de digestibilidade dos alimentos ingeridos pelos animais, optando por não incluir a gestão de efluentes devido ao pequeno peso na região do Alentejo, conseguiria-se uma redução de 5,2% de emissões (157,3 kt CO₂e).

5.3-Comparação emissões do setor agrícola da região agrária do Alentejo com o de Portugal:

Comparando os resultados da região agrária do Alentejo com os valores nacionais, rapidamente se percebe que as tendências são semelhantes, pois em Portugal, no setor agrícola, temos o setor animal diretamente com 65,8%, as fontes de N com 30,8% e depois a cultura do arroz, a queima de resíduos agrícolas, a aplicação de ureia e a calagem com 2%, 0,7%, 0,6% e 0,1% do total de emissões do setor agrícola. Isto significa que o setor animal e os fertilizantes aplicados ao solo, tal como na região do Alentejo, representam aproximadamente 97% das emissões.

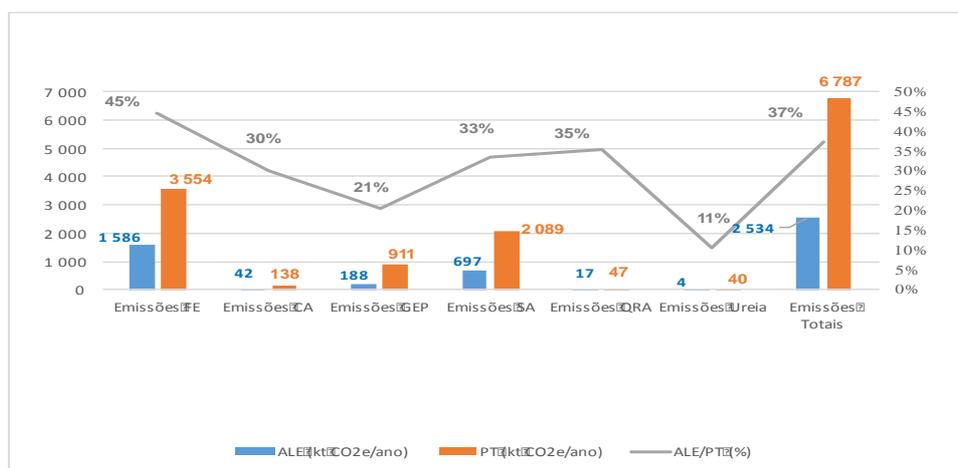


Figura 22: Comparação emissões da região agrária Alentejo com emissões de Portugal, (kt CO₂e/ano e %)

Analisando a figura 20 é possível determinar o peso que o Alentejo possui no país para cada uma das fontes de emissão. No que diz respeito à fermentação entérica, as emissões na região do Alentejo representam 45% das emissões nacionais por esta mesma fonte, enquanto para as emissões pela gestão de efluentes pecuários representa bastante menos, 21%. Passando do setor animal para o da fertilidade do solo, os solos agrícolas, que em certa medida ainda se encontra interligado com o animal, temos 33% das emissões nacionais afetas à região agrária do Alentejo. Por fim, com menos importância, temos a cultura do arroz com uma representatividade de 30% na região do Alentejo, 35% a queima de resíduos agrícolas e 11% a aplicação de ureia, para essa mesma região.

Posto isto, torna-se de interesse perceber o porquê, qual a razão, das percentagens anteriormente apresentadas.

5.3.1- Fermentação entérica:

Na fermentação entérica, os animais que mais contribuem são os ruminantes, como se pode ver no quadro 47, sendo os maiores emissores os bovinos leiteiros (3,3 t CO₂e/(CN.ano)), mas com números também bastantes elevados por parte dos restantes bovinos (bovinos aleitantes), entre 1 e 2,7 t CO₂e/(CN.ano). Com um fator de emissão ainda significativo, se bem que inferior, temos os restantes ruminantes, ovinos e caprinos, entre 0,5 e 2,1 t CO₂e/(CN.ano). No que respeita aos suínos e aves, os primeiros têm um fator de emissão praticamente insignificante enquanto as aves não emitem por fermentação entérica.

Quanto aos efetivos destes animais, o Alentejo apesar de apenas ter 11% dos bovinos leiteiros nacionais e 27% dos caprinos, possui praticamente metade das vacas aleitantes (48%) e 67% dos ovinos nacionais.

Ora, apesar dos bovinos leiteiros serem, por CN, os animais que mais emitem através da fermentação entérica, em Portugal, apenas são responsáveis por aproximadamente 21% das emissões por essa fonte, enquanto os bovinos aleitantes e ovinos representam 75%. Com isto, torna-se perceptível o porquê do Alentejo representar 44% da fermentação entérica, pois quase 80% do seu efetivo são bovinos aleitantes e ovinos, 52% das cabeças normais nacionais destas espécies.

5.3.2- Gestão de efluentes pecuários:

A gestão de efluentes pecuários, fonte direta de emissões pelos animais menos emissora, é quase maioritariamente devido aos suínos (quadro 47), que são os maiores emissores por CN, com, à exceção dos leitões, entre 0,7 e 1,5 t CO₂e/(CN.ano). Ainda com algum peso temos os bovinos leiteiros com 0,9 t CO₂e/(CN.ano) e as aves entre 0,1 e 0,5 t CO₂e/(CN.ano). Por fim temos os bovinos aleitantes, ovinos e caprinos entre 0,02 e 0,2 t CO₂e/(CN.ano).

Os efetivos de suínos no Alentejo representam apenas 20% do nacional e tal como vimos anteriormente, o de bovinos leiteiros é apenas de 11% e o das aves apenas 1%, sendo que estas três categorias animais, em Portugal, representam 86% das emissões pela gestão de efluentes pecuários.

Logo, com os números apresentados em cima, torna-se de perfeita compreensão que o Alentejo represente apenas 21% das emissões nacionais pela gestão de efluentes pecuários, pois para além do pouco peso dos animais mais emissores na gestão de efluentes, 19%, temos um grande peso de vacas aleitantes e ovinos (80% em CN), que são os menos emissores. Ora, enquanto em Portugal os ovinos e bovinos aleitantes representam 14% das emissões pela gestão de efluentes pecuários, no Alentejo são responsáveis por 38% das emissões da gestão de efluentes pecuários. Em conclusão, quatro quintos das cabeças normais apenas se responsabilizam por quase dois quintos das emissões, pois o fator de emissão destes animais quanto a esta fonte é baixo e o outro quinto com 19% do efetivo responsabiliza-se por mais de três quintos das emissões.

5.3.3- Cultura do Arroz:

Na cultura do arroz as emissões da região agrária do Alentejo representam apenas 30% das emissões nacionais pela cultura do arroz, pois o fator de emissão por hectare é o mesmo, logo as emissões vão depender apenas da área, em que os mesmos 30% estão alocados ao Alentejo.

5.3.4- Solos Agrícolas:

Agora, quanto às emissões pelos solos agrícolas, que representa a nível nacional 30,8% do setor agrícola, em vez dos 27,5% da região do Alentejo, que detém 33% das emissões nacionais pelos solos agrícolas.

Como já foi referido, esta fonte de emissão depende das fontes de N incorporadas no solo. Destas fontes, aquela que mais contribui, como foi visto anteriormente, são as pastagens através da deposição de dejetos e urina por parte dos animais, representando 17,1%, ou seja, 62% das emissões pelos solos agrícolas na região do Alentejo, e 45% das emissões de solos agrícolas nacionais. Consequentemente, visto o peso das pastagens nas emissões dos solos agrícolas ser tão elevado comparativamente aos outros e o Alentejo representar 47% das emissões nacionais pelas pastagens, resulta os 33% das emissões dos solos agrícolas serem resultantes da atividade no Alentejo, apesar dos menores pesos do Alentejo a nível nacional, das emissões pelos fertilizantes sintéticos, orgânicos e via resíduos de culturas, 23%, 12% e 33% respetivamente.

Este grande peso no Alentejo do pastoreio nas emissões pelos solos agrícolas advém do facto dos ruminantes, os mais emissores nas pastagens, estarem em grande representação nesta região, 40% dos bovinos, 67% os ovinos e 27% os caprinos, sendo que estas categorias a nível nacional representam mais de 97% das emissões pelo pastoreio.

Ora, concluindo, o Alentejo apresenta 33% das emissões dos solos agrícolas devido principalmente a possuir mais de metade dos ruminantes nacionais, em cabeças normais, e estes representarem mais de 97% das emissões pelo pastoreio, e o pastoreio representar quase metade das emissões via solos agrícolas.

5.3.5- Queima de resíduos agrícolas:

A queima de resíduos agrícolas no Alentejo representa 0,7% das emissões agrícolas, o mesmo que em Portugal. Comparando o nível regional com Portugal, o Alentejo representa 35% das emissões nacionais desta via. Isto acontece devido às culturas em causa, ou seja, aquelas em que se considerou a prática de queima de resíduos de culturas. A nível nacional, aquelas que têm mais peso nas emissões pela queima de resíduos agrícolas são a cultura do arroz, e as culturas permanentes, principalmente vinha e outros pomares. Ora, na região do Alentejo temos 30% da área do arroz e 36% das permanentes, o que leva a que as emissões pela queima de resíduos agrícolas no Alentejo represente aproximadamente um terço das emissões nacionais por esta fonte.

5.4-Comparação de outros indicadores entre o setor agrícola Alentejano e o setor agrícola Nacional:

Analisando agora outros parâmetros, não menos importantes que os anteriormente apresentados e analisados, temos a superfície agrícola utilizável, o nº de explorações e o efetivo. A região agrária do Alentejo possui 1 906 874 hectares de SAU, dos 3 641 691 nacionais, ou seja, 52% da área nacional. No entanto em números de explorações este é bastante inferior, com 11%, 2 424 em 258 983. A interpretação destes dois números prende-se pelo o baixo numero de explorações presentes no Alentejo, significando uma maior área média por exploração. A respeito do efetivo, estamos em falar em 28% do efetivo nacional, em CN, afeto à região agrária do Alentejo, 899 762 das 3 247 208 CN.

Em termos de emissões, o Alentejo possui 39% das emissões animais, apesar de apenas conter 28% do efetivo. Este facto é consequência da composição animal presente no Alentejo, em que, como referido anteriormente, possui 47,5% dos bovinos aleitantes e 67% dos ovinos, que por sua vez emitem cerca de 64% das emissões pelos animais, enquanto possui 11% das vacas leiteiras e 19% dos suínos que são responsáveis por 30%. Posto isto, percebe-se o porquê de uma percentagem mais elevada de emissões pelos animais desta região relativamente ao total nacional do que a percentagem do efetivo nesta região relativamente ao país.

Analisando os restantes indicadores, apesar das 2,5 t CO₂e/(CN.ano) emitidas na região do Alentejo comparativamente aos 1,8 t CO₂e/(CN.ano) em Portugal, ou seja, emissões acima da média na região do Alentejo, temos um encabeçamento e uma emissão por hectare de SAU abaixo da média nacional. O encabeçamento do Alentejo, relativamente à SAU é de 0,5 CN/ha enquanto a nível nacional temos 0,9 CN/ha, o que significa que existe muitas zonas do país em que temos um encabeçamento superior ao do Alentejo. Para além disso, o Alentejo contém 52% da área enquanto que emite apenas 37% das emissões, o que indica a tal diferença entre as emissões por hectare bastante inferiores nesta região comparativamente ao resto do país, nomeadamente, 1,9 t CO₂e/ha em Portugal e 1,3 t CO₂e/ha no Alentejo. Em termos de explorações, visto o reduzido número de explorações e a elevada área por exploração, tal como seria de esperar, as emissões por exploração são bastante mais elevadas no Alentejo que a média Portuguesa, com 89 t CO₂e/exploração relativamente às 26 t CO₂e/exploração média, respetivamente.

Outro aspeto importante, o Alentejo apesar de apenas conter 28% do efetivo nacional e 52% da área, contém 62% da área de pastagem contabilizada como existente, sendo estas em grande parte associada ao efetivo bovino extensivo e pequenos ruminantes como ovinos e caprinos, que como vimos anteriormente, tem uma grande significância na região. No entanto o sequestro das pastagens não é contabilizado no setor agrícola, mas no florestal. Estando as pastagens diretamente associadas à pecuária, pois sem esta não existiriam, este sequestro deveria ser contabilizado no setor agrícola, pois o impacto da pecuária não seria tão negativo, visto uma pastagem melhorada ou semeada sequestrar 6,5 t CO₂.ha⁻¹.ano⁻¹ (Terraprima, 2018). Estes valores de sequestro permitem perceber que com a área de pastagem melhorada ou semeada existente em 2016 segundo o INE (INE, 2018), 229 596 hectares, sequestrou-se cerca de 1 492 kt CO₂e, melhor cenário do que caso não houvesse pecuária nessas pastagens. Visto uma vaca aleitante emitir por CN menos de 3,5 t CO₂e, uma pastagem aguentaria ter um encabeçamento até 1,85 CN/ha na pastagem caso apenas se alimentasse de pastagem. No caso de ausência de pecuária, estas pastagens melhoradas, tal como as naturais, converter-se-iam em matos, que para apesar de também sequestrarem, em caso de incêndio, que é de maior probabilidade, teria um efeito bastante mais negativo e afetaria o sistema agrícola do montado. Concluindo, tendo em conta as emissões do setor agrícola do Alentejo, que foram de 3 021 kt CO₂e/ano e que a pecuária representa 88% das emissões, como referido anteriormente, seriam necessários aproximadamente 410 000 ha de pastagem melhorada para que as emissões deste setor fossem anuladas, assumindo o coeficiente de sequestro da Terraprima. Tendo em conta a área de pastagens melhoradas e pobres atualmente existente no Alentejo, é totalmente plausível o aumento de pastagens para fazer face ao efetivo da região, o que não seria plausível em muitas regiões do país.

6- Conclusão

Para haver uma boa contribuição na descarbonização da economia portuguesa por parte do setor agrícola do Alentejo terá de se intervir principalmente no setor animal, pois como vimos, representa 88,4% das emissões, não dando grande margem de manobra através do setor vegetal, que em grande parte são as fontes de N através dos fertilizantes sintéticos, 6,3%, e dos resíduos das culturas, 2,6%. Com muito menos importância, as emissões pela cultura do arroz e queima de resíduos com 1,6% e 0,7% respetivamente.

De olhos postos no setor vegetal, fontes de N sem serem de origem animal, cultura do arroz e queima de resíduos agrícolas, ou seja, 11,2% das emissões, é perceptível que não se pode ter grandes ambições de redução quando comparado com o setor animal, 88,4% das emissões.

Os resíduos das culturas, 2,6% das emissões, não possuem grande solução, pois caso não sejam incorporados no solo através de podas ou restos de culturas que não possuem interesse do ponto de vista económico, terão de ser introduzidos via um composto produzido, que emite durante a sua produção e aplicação, ou terão de ser queimados, ambos os casos mais negativos em termos de emissões.

Quanto aos fertilizantes sintéticos, 6,3% das emissões, poderão ser substituídos por fertilizantes orgânicos, que do ponto de vista desta metodologia terão muito pouco impacto, pois apenas são contabilizadas as emissões aquando da sua aplicação, pela aplicação de N. Consequentemente, a sua substituição por fertilizantes orgânicos não trará grandes ganhos pois também são fontes de N que emitem. Para além disso, no caso do Modo Produção Biológico, as emissões por quantidade de produto produzido será superior, mas no longo prazo, aliado a uma agricultura de conservação, poderá ter efeitos positivos através do aumento do teor de matéria orgânica no solo (Scialabba and Muller-Lindenlauf, 2010). No entanto, caso fosse contabilizado no setor agrícola toda a cadeia dos fertilizantes sintéticos, desde da sua produção até à sua aplicação, incluindo transporte, estes teriam mais peso nas emissões, dando maior importância aos fertilizantes orgânicos.

Nas restantes fontes de emissão de origem vegetal com alguma importância ainda, temos a cultura do arroz e a queima de resíduos, que atingem reduções de emissões insignificantes.

Passando ao setor mais emissivo (2 240 kt CO₂e/ano), setor animal, é o setor que com a introdução de medidas se consegue obter reduções mais significativas, devido ao seu grande peso. Existem diversas medidas que poderiam ser impostas, tais como melhorar os sistemas de armazenamento e tratamento dos efluentes, aumento de digestibilidade ou por exemplo redução de efetivos através do impacto do desaparecimento das ajudas ligadas à pecuária. No entanto, aquando da opção de medidas mitigadoras que se introduzir, há que ter em atenção a especificidade do setor agrícola de cada região. As medidas não devem ser generalizadas para o país todo, pois temos zonas do país em que uma medida se justifique enquanto para outra região não, tendo que ser outra medida. Há que ter em conta as consequências de cada medida imposta.

No Alentejo, o setor pecuário é um setor especial devido a extensividade. Nesta região para além do encabeçamento ser quase metade da média nacional, está associado a um sistema produtivo que é o

pastoreio em montado, que acarreta uma mais valia florestal associada à animal, enquanto que noutras regiões do país, no Norte e Centro nomeadamente, falamos em sistemas mais intensivos, confinados e também bastante mais emissores.

Estas características do Alentejo fazem com que as medidas, por exemplo a proposta para a gestão dos efluentes, não se justifiquem na região do Alentejo, neste exemplo devido a apenas 20% do efetivo estar associado ao manejo de tratamento de efluentes, enquanto nos maneios mais intensivos já se justificará mais. No Alentejo, é característica a extensividade da produção pecuária, que aliada com uma pastagem melhorada, o seu impacto seria muito inferior.

Outras questões bastante relevantes, é a não autossuficiência de Portugal no mercado de carne, que se encontra nos 78% (INE, 2018), e que caso o consumo de proteína animal não diminua, o aumento das importações ainda fará, em termos globais, um cenário mais negro devido ao transporte. Ainda com as exportações de animais vivos a aumentar, não fará sentido diminuir o efetivo para posteriormente outro país substituir Portugal na sua produção. A segunda questão prende-se com o forte impacto que poderá ter no aumento do êxodo rural, pois a existência de animais significa entre outras coisas, a fixação da população.

Apesar da metodologia utilizada nesta dissertação, não ser a mais correta, pois não engloba as emissões de maquinaria agrícola, da produção de eletricidade e da produção de fertilizantes sintéticos por exemplo, bem como não inclui o sequestro de pastagens e culturas permanentes, é conclusiva em relação à problemática das emissões de GEE do setor agrícola em Portugal no geral e no Alentejo em particular, em que em ambos os casos temos aproximadamente 90% das emissões causadas pelo setor animal.

Esta metodologia, do IPCC, usada na elaboração do NIR (APA, 2018), permitiu a comparação dos dados da região agrária em causa com os dados nacionais, não permitindo concluir na prática quais as melhores alternativas para se atingir o objetivo, neutralidade carbónica, por apresentar lacunas aos nível das fontes de emissão e sequestro, bem como outros fatores indispensáveis como as informações disponíveis para o fazer, tais como valores relativos aos diferente tipos de instalações pecuárias existentes, no entanto, através das emissões que se calculou, permitiu concluir que os sistemas agrícolas alternativos mais eficazes na contribuição do setor agrícola da região do Alentejo na descarbonização da economia portuguesa, passaria por uma redução do efetivo, substituindo por culturas temporárias ou permanentes essas áreas desocupadas pelos animais e/ou medidas que promovessem a melhor digestibilidade dos alimentos para os animais, tais como alteração da composição das dietas, aditivos alimentares ou melhoramentos genéticos, por exemplo.

Do ponto de vista económico e social, os sistemas alternativos terão de ser avaliados pois poderão não ser os mais apelativos, nem ter um impacto positivo na região, pois cada região terá o seu modo de produção, onde poderá não se aplicar uma medida mitigadora. Medidas menos disruptivas poderão ser introduzidas, que em conjunto terão menor impacto, mas impacto positivo como vimos anteriormente.

No caso de se abordar o setor Agricultura e Florestas da metodologia IPCC em conjunto, a questão teria de ser abordada de outra forma, pois poderia-se considerar medidas sequestradoras, como o aumento das pastagens melhoradas.

Referências Bibliográficas:

- Akiyama, H., Yan, X., & Yagi, K. (2010). Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology*, 16, 1837–1846.
- AnimalChange. (2015). An Integration of Mitigation and Adaptation Options for Sustainable Livestock Production under Climate Change. Retrieved June, 2018, from <http://www.animalchange.eu/>.
- APA - Departamento de Alterações Climáticas. (2018). *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas - Estimativas preliminares - Emissões 2016*. Amadora.
- APA. (2018). Acordo de Paris. Retrieved April, 2018, from <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1367>
- APA. (2018). Alterações Climáticas. Retrieved April, 2018, from <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81>
- APA. (2018). Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA). Retrieved April, 2018, from <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=150>
- APA. (2018). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2016*. Amadora.
- Auernhammer, H. (2001). Precision farming — the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30, 31–43.
- Avillez, F. (2014). *A Agricultura Portuguesa: Caminhos para um Crescimento Sustentável*. (Agro.Ges, Ed.) (1st ed.). Cascais.
- Avillez, F. (2015). *A Agricultura Portuguesa - As últimas décadas e perspectivas para o futuro*. (Fundação Francisco Manuel dos Santos, Ed.).
- Avillez, F. (2016). *A Agricultura Portuguesa e a Política Agrícola Comum*. (Agro.Ges, Ed.). Cascais.
- Bouwnam, A. F. (1990). Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and atmosphere. In *Soils and Greenhouse Effect* (pp. 61–127). New York.
- Canaveira, P. (2018). *Conferência Dia do Agricultor. LifeMedinet*. Lisbon.
- Chung, Y., He, M. L., Mcginn, S. M., Mcallister, T. A., & Beauchemin, K. A. (2011). Linseed suppresses enteric methane emissions from cattle fed barley silage, but not from those fed grass hay. *Animal Feed Science and Technology*, 167, 321–329.
- Clark, H. (2012). Nutritional and host effects on methanogenesis in the grazing ruminant. *The Animal Consortium 2012*, 7, 41–48.
- Clark, H. (2016). The Estimation and Mitigation of Agricultural Greenhouse Gas Emissions from Livestock, (December 2015), 5–13.
- Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., & Amon, B. (2006). Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 112, 171–177.
- Cordão, M., Filho, J., Bakke, O., & Bakke, I. (2010). *Taninos e seus efeitos na alimentação animal*. Publicações em medicina veterinária e zootecnia.

Crop Calculator. (2016). Footprint Expert Crop Calculator.

Crutzen, P. J., & Andreae, M. O. (1990). Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles. *Science*, 250(4988), 1669–1678.

Domínguez, I. P., Fellman, T., Weiss, F., Witzke, P., Barreiro-Hurlé, J., Himics, M., ... Leip, A. (2016). *An economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture*. Seville, Spain.

Du, Q., Chang, N., Yang, C., & Srilakshmi, K. R. (2008). Combination of multispectral remote sensing, variable rate technology and environmental modeling for citrus pest management. *Journal of Environment Management*, 86, 14–26.

Eckard, R. J., Grainger, C., & Klein, C. A. M. De. (2010). Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. *Livestock Science*, 130(1–3), 47–56.

EDIA. (2018). Anuário Agrícola de Alqueva 2018. Beja

Eugène, M., Martin, C., Mialon, M. M., Krauss, D., Renand, G., & Doreau, M. (2011). Dietary linseed and starch supplementation decreases methane production of fattening bulls. *Animal Feed Science and Technology*, 167, 330–337.

European Commission. (2012). A Política Agrícola Comum - A história continua. *Agricultura e Desenvolvimento Rural*.

European Commission. (2012). *A Política Agrícola Comum*. Luxembourg. Retrieved May, 2018, from http://ec.europa.eu/agriculture/50-years-of-cap/files/history/history_book_lr_pt.pdf

European Commission. (2012). *Common Agricultural Policy*. Retrieved May, 2018, from http://ec.europa.eu/agriculture/50-years-of-cap/files/history/milestones_of_the_cap_en.pdf

European Commission. (2012). The Treaty of Rome creates the European Economic Community. Retrieved May, 2018, from <http://ec.europa.eu/agriculture/50-years-of-cap>

European Commission. (2013). Overview of CAP Reform 2014-2020. *Agriculture and Rural Development*.

European Commission. (2016). A PAC no seu país. *Agricultura e Desenvolvimento Rural*.

European Commission. (2018). Agriculture. Retrieved May, 2018, from https://europa.eu/european-union/topics/agriculture_pt

European Commission. (2018). Causas das alterações climáticas. Retrieved May, 2018, from https://ec.europa.eu/clima/change/causes_pt

European Commission. (2018). The common agricultural policy at a glance. Retrieved June 1, 2018, from <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance>

European Environment Agency. (2018). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2016 and inventory report 2018*.

European Environment Agency. (2018). *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990 – 2016 and inventory report 2018*. Brussels.

EUROSTAT. (2018). Greenhouse gas emission by source sector. Retrieved June, 2018, from <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). Emissions - Agriculture. Retrieved June from <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Gerber, P. J., Hristov, A. N., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., ... Oosting, S. (2013). Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. *Animal*, 7, 220–234.
- Gohar, L. K., & Shine, K. P. (2007). Equivalent CO₂ and its use in understanding the climate effects of increased greenhouse gas concentrations. *Weather*, 62(11), 307–311.
- GPP. (2018). Propostas regulamentares da Comissão Europeia - PAC pós-2020.
- GPP. Conselho de Presidentes CAP: PAC 2014-2020 – Primeiro ano de aplicação - Produção Legislativa no Quadro da PAC (2015).
- GPP. Sistema de Informação do Azeite e Azeitona de Mesa (2018).
- Grainger, C., & Beauchemin, K. A. (2011). Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 308–320.
- Greenhouse Gas Protocol. (2014). *Global Warming Potential Values*.
- Gupta, P. K., Sahai, S., Singh, N., Dixit, C. K., Singh, D. P., Sharma, C., ... Garg, S. C. (2004). Residue burning in rice–wheat cropping system: Causes and implications. *Current Science*, 87(12), 1713–1717.
- Hammond, A. L. (1990). A report by the World Resource Institute. In *World Resources 1990 - 1991* (Oxford Uni, pp. 381–388). United Kingdom.
- Hansen, J., & Lebedeff, S. (1987). Global trends of measured surface air temperature. *Journal of Geophysical Research*, 92.
- Höglund-isaksson, L., Winiwarter, W., & Purohit, P. (2013). Non-CO₂ greenhouse gas emissions, mitigation potentials and costs in the EU-28 from 2005 to 2050, (GAINS model methodology).
- Holm-Nielsen, J. B., Seadi, T. Al, & Oleskowicz-popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 100(22), 5478–5484.
- Hook, S. E., Wright, A.-D. G., & McBride, B. W. (2010). Methanogens: Methane Producers of the Rumen and Mitigation Strategies. *Archaea*, 2010, 1–11.
- IFAP. (2018). Dados Estatísticos 2016. Retrieved November, 2018, from <https://www.ifap.pt>
- INE. (2018). Dados Estatísticos. Retrieved November, 2018, from https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados%0D
- INIAP. (2006). *Manual de Fertilização de Culturas*. (Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Ed.). Lisboa.
- IPCC. (1992). The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assesment. In J. T. Houghton, B. A. Callander, & S. K. Varney (Eds.), *Climate Change 1992*. Cambridge University Press.
- IPCC. (1996). Methane Emissions from Rice Cultivation: Flooded Rice Fields, 53–75.
- IPCC. (2006). Emissions from Livestock and Manure Management. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

- IPCC. (2018). Organization. Retrieved September, 2018, from <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>
- Jain, N., Bhatia, A., & Pathak, H. (2014). Emission of Air Pollutants from Crop Residue Burning in India. *Aerosol and Air Quality Research*, 14, 422–430.
- Johnson, J. M.-F., Franzluebbers, A. J., Weyers, S. L., & Reicosky, D. C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution*, 150(1), 107–124.
- Johnson, K. A., Johnson, D. E., & Johnson, K. A. (1995). Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 2483–2492.
- Lam, S. K., Suter, H., Davies, R., Bai, M., Sun, J., & Chen, D. (2015). Measurement and mitigation of nitrous oxide emissions from a high nitrogen input vegetable system. *Scientific Reports*, 8–11.
- Lassey, K. R. (2007). Livestock methane emission : From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142, 120–132.
- Lawes, R. A., & Robertson, M. J. (2011). Whole farm implications on the application of variable rate technology to every cropped field. *Field Crops Research*, 124(2), 142–148.
- Luo, J., Klein, C. A. M. De, Ledgard, S. F., & Saggar, S. (2010). Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136(3–4), 282–291.
- Martin, C., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 351–365.
- Martin, C., Rouel, J., Jouany, J. P., Doreau, M., & Chilliard, Y. (2008). Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil 1. *Animal Science*, 86, 2642–2650.
- Massé, D. I., Talbot, G., & Gilbert, Y. (2011). On farm biogas production: A method to reduce GHG emissions and develop more sustainable livestock operations. *Animal Feed Science and Technology*, 167, 436–445.
- McAllister, T. A., & Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2008), 7–13.
- McGBarreiros, L., Dimas, B., Costa, C., Maças, B., Palha, J., Albino, B., Mendes, J. (2018). *Estratégia Nacional para a Promoção da Produção de Cereais (ENPPC)*.
- Middelhaar, C. E. Van, Dijkstra, J., Berentsen, P. B. M., & Boer, I. J. M. De. (2014). Cost-effectiveness of feeding strategies to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming. *Journal of Dairy Science*, 97(4), 2427–2439.
- Ministério da Agricultura e do Mar. (2012). Emissões de gases com efeito de estufa pela agricultura. *Programa para a Rede Rural Nacional*, pp. 1–9.
- Misselbrook, T. H., Powell, J. M., Broderick, G. A., & Grabber, J. H. (2005). Dietary Manipulation in Dairy Cattle: Laboratory Experiments to Assess the Influence on Ammonia Emissions. *Dairy Science*, 88, 1765–1777.
- Möller, K., & Muller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineer Life Science*, (3), 242–257.
- Mosier, A. R. (1994). Nitrous oxide emissions from agricultural soils. *Fertilizer Research*, 37, 191–192.

- Mulla, D. J. (2013). Special Issue: Sensing in Agriculture Review Twenty five years of remote sensing in precision agriculture : Key advances and remaining knowledge gaps 5. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371.
- Nelson, D. W., & Huber, D. (2001). *National Corn Handbook. Nitrification Inhibitors for Corn Production*. Iowa State University.
- Neue, H.-U., & Sass, R. L. (1994). Trace Gas Emissions from Rice Fields. In *Global Atmospheric-Biospheric Chemistry* (pp. 119–147). Boston, MA: Springer US.
- Nguyen, T. T. H., Corson, M. S., Doreau, M., Euge, M., Chesneau, G., & Werf, H. M. G. Van Der. (2012). Effect of farming practices for greenhouse gas mitigation and subsequent alternative land use on environmental impacts of beef cattle production systems. *Animal*, 860–869.
- OECD. (2018). Glossary of statistical terms: Carbon Dioxide Equivalent. Retrieved December 1, 2018, from <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=285>
- Petersen, S. O., & Sommer, S. G. (2011). Ammonia and nitrous oxide interactions: Roles of manure organic matter management. *Animal Feed Science and Technology*, 167, 503–513.
- Petersen, S. O., Blanchard, M., Chadwick, D., Prado, A. Del, Edouard, N., Mosquera, J., & Sommer, S. G. (2013). Manure management for greenhouse gas mitigation. *Animal*, 266–282.
- RNC2050. (2017). Caminho de Futuro - O Acordo de Paris. Retrieved April, 2017, from <https://descarbonizar2050.pt/descarbonizar2050/caminho-futuro/>
- RNC2050. (2017). Roteiro. Retrieved April, 2018, from <https://descarbonizar2050.pt/roteiro/>
- RNC2050. (2017). Uma breve história do combate às alterações climáticas. Retrieved April, 2018, from <https://descarbonizar2050.pt/descarbonizar2050/alteracoes-climaticas/>
- Ruser, R., & Schulz, R. (2015). The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N₂O) release from agricultural soils — a review. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 178, 171–188.
- Scialabba, N. E.H., & Muller-Lindenlauf, M. (2010). Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25.2, 158–169.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., & Elsiddig, E., (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of working group III to the fifth assesment report of IPCC* (Cambridge, pp. 811–922). New York.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L., & Fixen, P. E. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 133, 247–266.
- Snyder, C. S., Davidson, E. A., Smith, P., & Venterea, R. T. (2014). ScienceDirect Agriculture: sustainable crop and animal production to help mitigate nitrous oxide emissions. *Environmental Sustainability*, 9–10, 46–54.
- UNFCCC. (2015). *Paris Agreement*. Paris. Retrieved May, 2018, from https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- UNFCCC. (2018). History of the convention. Retrieved May 1, 2018, from <https://unfccc.int/fr/node/16644#eq-1>

UNFCCC. (2018). Process and meetings. Retrieved May, 2018, from <https://unfccc.int/fr/process#:d8f74df9-0dbd-4932-bf3c-d8a37f8de70e>

Valada, T., (2018). Climate Friendly Practices: Biodiverse Pastures. In Terra Prima (Ed.).

Watson, R. T., Rodhe, H., Oeschger, H., & Siegenthaler, U. (1990). Greenhouse Gases and Aerosols. In *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment* (Cambridge, pp. 1–40). Cambridge U.K.

Weiske, A. (2006). *Selection and specification of technical and management-based greenhouse gas mitigation measures in agricultural production for modelling.*

Wright, A. D. G., Kennedy, P., Neill, C. J. O., Toovey, A. F., Popovski, S., Rea, S. M., Klein, L. (2004). Reducing methane emissions in sheep by immunization against rumen methanogens. *Vaccine*, 22, 3976–3985. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2004.03.053>

Yang, S., He, H., Lu, S., Chen, D., & Zhu, J. (2008). Quantification of crop residue burning in the field and its influence on ambient air quality in Sujian, China. *Atmospheric Environment*, 42(9), 1961–1969.

Anexo I – Variáveis de base da Região Agrária do Alentejo

Quadro 17: Nº Explorações (unidades), Superfície Agrícola Utilizável (SAU) e a sua composição, Superfície de pastagens e Superfície Agrícola Cultivada, relativas à região agrária do Alentejo e a Portugal, ano 2016, em hectares. (Fonte: INE)

	Alentejo	Portugal
Nº Explorações	28 424	258 983
SAU	1 906 874	3 641 691
Culturas Temporárias	370 104	849 558
Culturas Permanentes	241 466	696 309
Horta Familiar	1 238	16 331
Pastagens em Terra Limpa e sob coberto de matas e floresta	1 135 576	1 848 430
Pousio	158 489	231 064
Pastagens Melhoradas em Terra Limpa e sob coberto de matas e florestas	229 596	485 850
Pastagens Pobres em Terra Limpa e sob coberto de matas e florestas	905 981	1 362 780
SAC	842 404	2 047 847

Quadro 18: Áreas de culturas temporárias e permanentes relativas à região agrária do Alentejo e a Portugal no ano 2016, em hectares. (Fonte: INE)

	Cultura	Alentejo	Portugal
Cereais para grão	Trigo	30 032	40 784
	Milho Grão	9 895	78 696
	Arroz	8 804	29 308
	Outros Cereais	73 634	106 401
	Total	122 365	255 189
Leguminosas Secas p/grão	Total	12 693	18 084
Batata	Total	197	11 749
Culturas Forrageiras	Milho Forragem	2 929	79 332
	Forragens n.e.	152 532	344 338
	Total	155 461	423 670
Culturas Industriais	Girassol	15 268	16 004
	Tomate de Industria	2 717	19 542
	Outras Industriais	2 722	4 031
	Total	15 996	20 035
Culturas Hortícolas	Total Extensivas	6 479	34 598
	Total Intensivas	781	13 982
	Total	7 260	48 579
Subtotal Culturas Temporárias		370 104	640 950
Frutos Frescos	Total	2 265	44 166
Citrios	Total	1 715	2 932
Frutos Casca Rija	Total	46 766	142 797
Outros Frutos	Total	1 181	7 745
Subtotal	Total	51 927	197 640
Olival	Olival	164 504	320 696
Vinha	Vinha	25 035	162 672
Subtotal Culturas Permanentes		241 466	677 681
TOTAL		611 570	1 318 631

Quadro 19: Produções das culturas referentes à região agrária do Alentejo e a Portugal, no ano 2016, em toneladas. (Fonte:INE)

	Cultura	Alentejo	Portugal
Cereais para grão	Trigo	72 534	90 017
	Milho Grão	122 949	710 634
	Arroz	54 114	169 289
	Outros Cereais	138 874	168 146
	Total	388 471	1 138 086
Leguminosas Secas p/grão	Total	1 525	3 603
Batata	Total	8 727	451 041
Culturas Forrageiras	Milho Forragem	170 340	3 070 832
	Forragens n.e.	545 924	1 213 009
	Total	716 264	4 283 841
Culturas Industriais	Girassol	18 825	26 239
	Tomate de Industria	198 338	1 598 398
	Outras Industriais	-	-
	Total	217 163	1 624 637
Culturas Hortícolas	Total Extensivas	-	-
	Total Intensivas	-	-
	Total	-	-
Subtotal Culturas Temporárias		370 104	1 332 150
Frutos Frescos	Total	30 244	477 119
Citrinos	Total	14 382	24 589
Frutos Casca Rija	Total	5 218	45 432
Outros Frutos	Total	14 382	86 424
Subtotal	Total	64 226	633 564
Olival	Olival	348 564	493 319
Vinha	Vinha	149 297	800 738
Subtotal Culturas Permanentes		241 466	497 861
TOTAL		611 570	1 332 150

Quadro 20: População da região agrária do Alentejo e Nacional relativa a 2016, em numero de habitantes. (Fonte: INE)

Portugal	9 809 414
Alentejo	478 110

Quadro 21: Quantidade de N aplicado via adubos azotados e ureia, para o ano 2016, em Portugal Continental segundo a APA e AGRO.GES, em Portugal e Alentejo segundo AGRO.GES e os respetivos resultados da metodologia usada, em kg N/ano. (Fonte: APA e AGRO.GES).

	Adubos azotados	Ureia
Portugal Continental (APA)	113 610 000	25 340 000
Portugal (AGRO.GES)	74 825 044	-
Portugal Continental (AGRO.GES)	65 594 721	-
Alentejo (AGRO.GES)	15 290 196	-
Percentagem AGRO.GES/APA (PT)	57,7%	-
Percentagem Ureia/Total N (APA)	-	22,3%
Aplicações ALE	26 482 608	5 906 780

Quadro 24: Área regada de cada cultura, em %, e em hectares. (Fonte: Agro.ges)

Quadro 25: Evolução da criação de animais e de cabeças normais, da região agrícola do Alentejo, em Portugal (Fonte: Agro.ges) no 2016, em número de animais e em cabeças normais.. (Fonte: INE)

Tipo de Animal	Sub-classe	ALENTEJO		PORTUGAL	
		Nº (unidade)	Nº (CN)	Nº (unidade)	Nº (CN)
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	25 985	25 985	277 609	277 609
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	53 909	32 345	157 232	94 339
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	48 820	29 292	106 790	64 074
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	60 753	36 452	168 030	100 818
	Machos (1-2 yrs)	19 326	11 596	65 204	39 122
	Fêmeas de Carne (1-2 yrs)	8 625	5 175	28 426	17 056
	Fêmeas Reprodutoras (1-2 yrs)	55 015	33 009	156 993	94 196
	Novilhos (>2 yrs)	13 328	13 328	27 013	27 013
	Novilhas Carne (>2 yrs)	4 545	4 545	11 249	11 249
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	22 128	22 128	54 523	54 523
Vacas não Leiteiras	315 725	315 725	513 574	513 574	
Subtotal	Total	628 159	529 580	1 566 643	1 293 573
Suíños	Leitões (<20 kg)	120 674	36 202	617 603	185 281
	Porcos (20-50 kg)	94 460	28 338	421 114	126 334
	Porcos (50-80 kg)	80 858	24 257	331 136	99 341
	Porcos (80-110 kg)	51 672	15 502	256 503	76 951
	Porcos (> 110 kg)	13 118	3 935	39 833	11 950
	Varrascos (>50 kg)	1 678	503	6 428	1 929
	Porcas Cobertas	33 753	16 876	139 130	69 565
	Porcas não Cobertas	10 295	5 147	63 362	31 681
Subtotal	Total	406 508	130 762	1 875 110	603 031
Ovinos	Ovelhas	389 702	58 455	923 809	138 571
	Outros Ovinos	988 212	148 232	1 736 021	260 403
	Borregos	0	0	0	0
Subtotal	Total	1 377 915	206 687	2 659 830	398 974
Caprinos	Cabras	45 583	6 837	202 827	30 424
	Outros Caprinos	53 831	8 075	257 061	38 559
	Cabritos	0	0	0	0
Subtotal	Total	99 415	14 912	459 888	68 983
Equídeos	Cavalos	6 299	6 299	29 395	29 395
	Burros e Mulas	619	619	13 390	13 390
Subtotal	Total	6 918	6 918	42 785	42 785
Aves	Galinhas reprodutoras	66 366	929	9 364 695	131 106
	Galinhas Poedeiras	0	0	0	0
	Frangos de Carne	290 065	8 702	24 094 668	722 840
	Perus	8 313	249	815 965	24 479
	Outras Aves	34 075	1 022	1 776 837	53 305
Subtotal	Total	398 818	10 903	36 052 165	931 730
Outros	Coelhos	27 972	-	401 544	-
Total		2 945 705	899 762	42 656 420	3 339 077

	Cultura	%	ha
	Trigo	10%	3 003
	Milho Grão	90%	8 906
	Arroz	100%	8 804
Trigo	Trigo mole, Trigo duro	0%	-
Milho grão	Milho grão	0%	-
Cevada	Cevada	0%	-
	TOTAL		20 713
Leguminosas Secas	Arroz		-
Outros Cereais	Triticale, Aveia, Azevem		
Leguminosas Secas para Grão	Fava, Ervilha, Feijão verde	100%	197
Prado Temporário e culturas Forrageiras	Milho Forragem	100%	2 929
Batata	Batata de consumo, Batata indústria	0%	-
Milho forragem	Milho forragem		2 929
Forragem não específicas	Sorgo, Colza, Girassol, Aveia/ervilhaca, Luzerna, Soja, Tréfolo	50%	7 634
Culturas Industriais	Sequeiro/Tomate de Indústria	100%	2 717
Girassol	Girassol indústria	100%	2 722
Tomate Indústria	Tomate indústria		13 073
Outras Culturas Industriais	Tabaco, Betão		
Culturas Hortícolas	Intensivas	70%	4 535
Hortícolas extensivas	Total Intensivas	100%	781
Hortícolas intensivas	Melao, Pimento		5 316
Subtotal	Temporárias		42 228
Frutos Frescos	Alface, Cebolas, Cenouras, Couve-flor, Alho Frances, Beringela, Floculo, Courgette		
Frutos frescos	Maçã, Pêra, Passiflora, Cereja, Ameixa, Damasco	50%	1 133
Citrinos	Citrinos	50%	858
Frutos de casca rija	Noz, Amêndoa	50%	23 383
Outros frutos	Morango	50%	591
Olival	Azeitona para Azeite	43%	69 914
Vinha	Olival tradicional, Olival Intensivo, Olival superintensivo	40%	10 014
Pastagem natural	Vinha (total)		105 892
Pastagem semeadas	Pastagens permanentes		
Total	Pastagens permanentes + Temporárias		148 119
Pastagens	Pastagem Natural	0%	-
	Pastagem Regadio	7%	8 789
	Pastagem Sequeiro	0%	-
Subtotal	Pastagens		8 789
TOTAL	Culturas Temporárias + Culturas Permanentes+Pastagens		156 908

Quadro 28: Capacidade máxima de produção de CH₄ (Bo), em m³/kg VS, e Fração de efluente pecuário que é tratado em cada um dos 4 sistemas considerados (MMS), em %, por categoria animal, no ano 2016, em Portugal, (Fonte: APA)

Anexo II – Variáveis necessárias ao cálculo das emissões do setor agrícola do Alentejo em 2016

Quadro 26: Digestibilidade (DE), em %, Energia bruta ingerida (GE), em MJ/(cab.dia), e Fator de conversão de CH₄ (Ym), em %, para Portugal, relativo ao ano 2016, (Fonte: APA)

Tipo Animal	Sub-Categoria	Cultura	DE (%)	GE (MJ/(cab.dia))	Gasóleo		Eletricidade		
					Ym (%)	EF _{FE} (kg CH ₄ /(cab.ano))			
		Trigo			231		1139		
		Milho - Grão			237		1815		
		Alfafa			232		0		
		Arroz			163		0		
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	Outros Cereais	73	306	211	6,5	0	130,3	
		Total			202		1293		
Bovinos não Leiteiros	Leguminosas de Carne (<1 yr)	Total	65	105		6,5		22,9	
		Total			253		1583		
	Bovinos Reprodutores (<1 yr)	Total	65	111		6,5		47,2	
		Total			95	342	6,5	2250	40,3
	Prado Temporário e Culturas Forrageiras	Machos (1-2 yrs)	60	192	276	5,2	1650	65,6	
		Fêmeas de Carne (1-2 yrs)	60	134	174	5,2	1265	45,6	
	Culturas Industriais	Fêmeas Reprodutoras (>2 yrs)	60	134	245	6,5	1522	57	
		Novilhos (>2 yrs)	Girassol	60	212	206	6,5	1320	90,6
		Novilhas Carne (>2 yrs)	Tomate de Indústria		143	313	6,5	1485	61,1
		Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	Outras Industriais	60	143	443	6,5	1815	61,1
	Vacas não Leiteiras	Total	60	215	351	6,5	1609	91,8	
Suínos	Culturas Industriais	Leitões (<20 kg)	Total Extensivas	88	7	326	0,6	1485	0,3
		Porcos (20-50 kg)	Total Intensivas	83	28	290	0,6	1645	1,1
		Total		83	41	341	0,6	1599	1,6
	Prado e Culturas Forrageiras	Porcos (50-80 kg)	Temporárias	83	50	289	0,6	1643	1,9
		Total		83	55	215	0,6	701	2,1
	Fruídos (CSP)	Porcos (>110 kg)	Total	83	41	231	0,6	650	1,6
		Variáveis	Total	78	41	231	0,6	465	1,6
		Total		78	40	224	0,6	465	1,6
	Fruídos Casca e Outras Cobertas	Porcos Cobertas	Total	78	83	31	0,6	1980	3,3
		Outros Fruídos	Total	78	83	31	0,6	1980	3,3
Total			78	83	31	0,6	1980	3,3	
Ovinos	Ovelhas	Total	60	23	250	6,5	413	9,3	
	Outros Ovinos	Total	60	20	338	6,5	330	12,5	
	Total		60	20	215	4,5	756	3,2	
Caprinos	Capras	Permanentes	70	11	215	4,5	756	3,2	
	Outros Caprinos	Permanentes + Temporárias	60	24	252	5	1199	7,3	
	Total		60	24	252	5	1199	7,3	
Equídeos	Outros Caprinos	Pastagem Nature	60	16	21	5	0	5,2	
	Pastagens	Pastagem Regadio	60	9	13	5	0	3	
	Total	Pastagem Sequeiro	70	110	16	0	0	18	
Aves	Galinhas reprodutoras	Culturas Temporárias + Pastagens	79	61		0		10	
		Culturas	64	2	134	0	600	0	
	Galinhas Poedeiras	Permanentes + Pastagens	64	2		0		0	
	Frangos de Carne		68	2		0		0	
	Perus		68	5		0		0	
Outras Aves		66	2		0		0		
Outros	Coelhos		59	7		0,6		0,3	

Quadro 27: Fatores de conversão de CH₄ para cada tipo de sistema de gestão de efluentes pecuários, em cada região climática (MCF), em %, no ano 2016, para Portugal. (Fonte: APA)

MCF (%)							
Clima Temperado				Clima Frio			
Lagoas	Tanques	Armazenamento Sólido	Pastagem	Lagoas	Tanques	Armazenamento Sólido	Pastagem
32	15	4	2	25	20	2	1

Quadro 30: Excreção média de nitrogénio por tipo de animal (kg N/(cab.ano)) e fator de emissão N₂O de origem direta por tipo de animal em cada sistema de gestão de efluentes pecuários (lagoa, tanques, armazenamento sólido) e total (kg N₂O/(cab.animal)). (Fonte: APA)

Tipo Animal	Bo (m ³ /kg VS)	MMS (adimensional)			
		Lagoas	Tanques	Armazenamento Sólido	Pastagem
Bovinos Leiteiros	0,24	0,12	0,25	0,24	0,39
Vacas não Leiteiras	0,17	0	0,01	0,06	0,93
Outros Bovinos não Leiteiros	0,17	0	0,02	0,12	0,86
Porcas reprodutoras	0,45	0,85	0,06	0,01	0,08
Outros suínos	0,45	0,85	0,08	0,02	0,05
Ovinos	0,19	0	0	0,09	0,91
Caprinos	0,18	0	0	0,11	0,89
Equídeos	0,315	0	0	0,11	0,89
Galinhas reprodutoras	0,39	0	0	1	0
Galinhas Poedeiras	0,39	0	0	1	0
Frangos de Carne	0,36	0	0	0,96	0,04
Perus	0,36	0	0	0,999	0,001
Outras Aves	0,36	0	0,1	0,9	0
Coelhos	0,32	0	0	1	0

Quadro 29: A energia urinária (UE), adimensional, a quantidade de cinza no estrume (ASH), adimensional, os sólidos voláteis excretados (VS), em kg dm/Dia e o fator de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes pecuários (EF_{GEP}), em kg CH₄/(cab.ano), em Portugal, ano 2016. (Fonte: APA)

Tipo Animal	Sub-Categoria	ASH (adimensional)	UE (adimensional)	VS (kg dm/dia)	EF _{GEP} (kg CH ₄ /(cab.ano))
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	0,08	0,04	4,75	25,10
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	0,08	0,04	2,03	1,55
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	0,08	0,04	2,15	1,73
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	0,08	0,04	1,84	1,44
	Machos (1-2 yrs)	0,08	0,04	4,22	3,23
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	0,08	0,04	2,93	2,27
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	0,08	0,04	2,93	2,28
	Novilhos (>2 yrs)	0,08	0,04	4,66	3,75
	Novilhas Carne (>2 yrs)	0,08	0,04	3,14	2,45
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	0,08	0,04	3,14	2,50
	Vacas não Leiteiras	0,08	0,04	4,73	3,31
Suínos	Leitões (<20 kg)	0,045	0	0,04	1,26
	Porcos (20-50 kg)	0,045	0	0,24	7,09
	Porcos (50-80 kg)	0,045	0	0,36	10,45
	Porcos (80-110 kg)	0,045	0	0,43	12,54
	Porcos (> 110 kg)	0,045	0	0,47	13,89
	Varrascos (>50 kg)	0,045	0	0,47	13,55
	Porcas Cobertas	0,045	0	0,45	12,99
	Porcas não Cobertas	0,045	0	0,94	26,88
Ovinos	Ovelhas	0,08	0,04	0,50	0,35
	Outros Ovinos	0,08	0,04	0,64	0,47
	Borregos	0,08	0,04	0,19	0,13
Caprinos	Cabras	0,08	0,04	0,52	0,33
	Outros Caprinos	0,08	0,04	0,35	0,22
	Cabritos	0,08	0,04	0,15	0,10
Equídeos	Cavalos	0,04	0	1,71	1,87
	Burros e Mulas	0,04	0	0,95	1,04
Aves	Galinhas reprodutoras	0,048	0	0,03	0,07
	Galinhas Poedeiras	0,048	0	0,04	0,10
	Frangos de Carne	0,02	0	0,04	0,08
	Perus	0,026	0	0,08	0,25
	Outras Aves	0,02	0	0,04	0,17
Outros	Coelhos	0,034	0	0,15	0,26

Tipo Animal	Sub-Categoria	N _{ex}	EF _{Lagoa}	EF _{Tanque}	EF _{Armazenamento Sólido}	EF _{Total}
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	117,4	0	0,231	0,221	0,452
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	25	0	0,004	0,024	0,028
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	25	0	0,004	0,024	0,028
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	25	0	0,004	0,024	0,028
	Machos (1-2 yrs)	40	0	0,006	0,038	0,044
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	40	0	0,006	0,038	0,044
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	40	0	0,006	0,038	0,044
	Novilhos (>2 yrs)	41	0	0,006	0,039	0,045
	Novilhas Carne (>2 yrs)	55	0	0,009	0,052	0,061
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	55	0	0,009	0,052	0,061
	Vacas não Leiteiras	80	0	0,006	0,038	0,044
Suínos	Leitões (<20 kg)	0	0	0,000	0,000	0,000
	Porcos (20-50 kg)	9	0	0,006	0,001	0,007
	Porcos (50-80 kg)	13	0	0,008	0,002	0,010
	Porcos (80-110 kg)	13	0	0,008	0,002	0,010
	Porcos (> 110 kg)	13	0	0,008	0,002	0,010
	Varrascos (>50 kg)	18	0	0,011	0,003	0,014
	Porcas Cobertas	20	0	0,009	0,002	0,011
	Porcas não Cobertas	42	0	0,020	0,003	0,023
Ovinos	Ovelhas	9,17	0	0,000	0,006	0,006
	Outros Ovinos	6,6	0	0,000	0,005	0,005
	Borregos	0	0	0,000	0,000	0,000
Caprinos	Cabras	7	0	0,000	0,006	0,006
	Outros Caprinos	6,6	0	0,000	0,006	0,006
	Cabritos	0	0	0,000	0,000	0,000
Equídeos	Cavalos	44	0	0,000	0,038	0,038
	Burros e Mulas	22	0	0,000	0,019	0,019
Aves	Galinhas reprodutoras	0,34	0	0,000	0,003	0,003
	Galinhas Poedeiras	0,8	0	0,000	0,006	0,006
	Frangos de Carne	0,45	0	0,000	0,003	0,003
	Perus	1,4	0	0,000	0,011	0,011
	Outras Aves	0,45	0	0,000	0,003	0,004
Outros	Coelhos (Femêas por gaiola)	9	0	0,000	0,071	0,071

Quadro 31: Quantidade de N na palha da cama do animal do tipo “i”, no ano “y”, (N_{palha} – kg N/(cab.ano)). (Fonte: NIR)

	Palha (kg/(cab.ano))	N na Palha (kg N/(cab.ano))
Bovinos Leiteiros	1471,41	5,89
Outros Bovinos	365,5	1,47
Ovelhas e Cabras	31,66	0,13
Porcas	566	2,26
Outros Suínos	192,33	0,77
Equídeos	304,73	1,22

Quadro 33: Fator de emissão de N₂O por tipo de perda, sistema de gestão de efluentes pecuários e tipo de animal, em kg N₂O/(cab.ano)

Quadro 32: Quantidade de lamas de ETAR aplicadas no ano “y” em Portugal continental (Lamas – kg MS/ano); Teor de N contido nas lamas de ETAR (N_{content}(lamas) - Adimensional); Quantidade de N aplicado através das lamas de ETAR em Portugal continental no ano “y” (F_{SEW(PT)} – kg N/ano).

	Quantidade de Fertilizante Orgânico (kg MS)	Teor de N (kg N/kg MS)	N aplicado (kg N/ano)
F_(SEW)	602620,3	0,0318	19163,3
F_(MSW)	2408141,7	0,0200	48154,9

Tipo Animal	Sub-Categoria	Volatilização			Lixiviação		
		Armazenamento Sólido	Tanque	Lagoa	Armazenamento Sólido	Tanque	Lagoa
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	0,133	0,184	0,077	0,033	0	0
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	0,021	0	0	0,002	0	0
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	0,021	0	0	0,002	0	0
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	0,021	0	0	0,002	0	0
	Machos (1-2 yrs)	0,034	0	0	0,003	0	0
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	0,034	0	0	0,003	0	0
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	0,034	0	0	0,003	0	0
	Novilhos (>2 yrs)	0,035	0	0	0,003	0	0
	Novilhas Carne (>2 yrs)	0,047	0	0	0,004	0	0
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	0,047	0	0	0,004	0	0
	Vacas não Leiteiras	0,034	0	0	0,003	0	0
Suínos	Leitões (<20 kg)	0	0	0	0	0	0
	Porcos (20-50 kg)	0,001	0,005	0,048	0,0001	0	0
	Porcos (50-80 kg)	0,002	0,008	0,069	0,0002	0	0
	Porcos (80-110 kg)	0,002	0,008	0,069	0,0002	0	0
	Porcos (> 110 kg)	0,002	0,008	0,069	0,0002	0	0
	Varrascos (>50 kg)	0,003	0,011	0,096	0,0002	0	0
	Porcas Cobertas	0,001	0,009	0,107	0,0001	0	0
	Porcas não Cobertas	0,003	0,019	0,224	0,0002	0	0
Ovinos	Ovelhas	0,002	0	0	0,0003	0	0
	Outros Ovinos	0,001	0	0	0,0002	0	0
	Borregos	0,000	0	0	0	0	0
Caprinos	Cabras	0,001	0	0	0,0003	0	0
	Outros Caprinos	0,001	0	0	0,0003	0	0
	Cabritos	0,000	0	0	0	0	0
Equídeos	Cavalos	0,009	0	0	0,002	0	0
	Burros e Mulas	0,005	0	0	0,001	0	0
Aves	Galinhas reprodutoras	0,003	0	0	0	0	0
	Galinhas Poedeiras	0,007	0	0	0	0	0
	Frangos de Carne	0,004	0	0	0	0	0
	Perus	0,012	0	0	0	0	0
	Outras Aves	0,004	0	0	0	0	0
Outros	Coelhos (Femêas por gaiola)	0,017	0	0	0,003	0	0

Quadro 34: Fatores de emissão para cada tipo de gás, da queima de resíduos de cultura para cada tipologia de cultura "i", (g gás/kg MS queimada). (Fonte: NIR)

	EF _{CH4}	EF _{N2O}	EF _{Nox}	EF _{NMvOC}	EF _{CO}
Trigo	2,7	0,07	2,3	0,5	66,7
Cevada	2,7	0,07	2,7	11,7	98,7
Milho	2,7	0,07	1,8	4,5	38,8
Arroz	2,7	0,07	2,4	6,3	58,9
Outros cereais	2,7	0,07	2,3	0,5	66,7
Pomares	4,7	0,26	3	0,7	107
Vinha	4,7	0,26	3	0,6	107
Olival	4,7	0,26	3	1,4	107

Quadro 35: Fator de combustão da cultura "i" (Cf - Adimensional); Percentagem de área queimada da cultura "i" (F_{Aburnt} - %); Biomassa da cultura "i" que está disponível para combustão no ano "y", (MB - t MS/(ha.ano)). (Fonte: NIR)

	Cf	F _{Aburnt}	MB
Trigo	0,9	1	3,69
Cevada	0,9	1	2,56
Milho	0,8	1,4	7,80
Arroz	0,8	56	7,37
Outros cereais	0,9	1	2,21
Pomares	1	22	2,27
Vinha	1	52	1,19
Olival	1	65	0,27

Quadro 36: Fatores de emissão por hectare da cultura “i”, de cada gás, pela queima de resíduos agrícolas (kg gás /(ha queimado.ano)).

	EF _{CH4}	EF _{N2O}	EF _{Nox}	EF _{NMVOG}	EF _{CO}
Trigo	9,0	0,2	7,6	1,7	221,5
Cevada	6,2	0,2	6,2	27,0	227,4
Milho	16,8	0,4	11,2	28,1	242,1
Arroz	15,9	0,4	14,2	37,1	347,3
Outros cereais	5,4	0,1	4,6	1,0	132,7
Pomares	10,7	0,6	6,8	1,6	242,9
Vinha	5,6	0,3	3,6	0,7	127,3
Olival	1,3	0,1	0,8	0,4	28,9

Quadro 37: Quantidade de N aplicado através de fertilizantes orgânicos de origem animal, por tipo de animal “i”, no ano “y”, (FAM – kg N/(cab.ano)); Quantidade de N proveniente da deposição de dejetos por parte de bovinos, suínos e aves (F_{prp,ppp}) e de ovinos e outros animais (F_{prp,so}) nas pastagens, que é incorporado no solo por tipo de animal “i”, no ano “y”, (kg N/(cab.ano)).

Tipo Animal	Sub-Categoria	F(AM)	F(prp)
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	39,17	45,8
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	2,18	21,5
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	2,18	21,5
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	2,18	21,5
	Machos (1-2 yrs)	3,38	34,4
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	3,38	34,4
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	3,38	34,4
	Novilhos (>2 yrs)	3,46	35,3
	Novilhas Carne (>2 yrs)	4,58	47,3
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	4,58	47,3
	Vacas não Leiteiras	3,29	74,4
Suínos	Leitões (<20 kg)	0,02	0
	Porcos (20-50 kg)	2,16	0,5
	Porcos (50-80 kg)	3,12	0,7
	Porcos (80-110 kg)	3,12	0,7
	Porcos (> 110 kg)	3,12	0,7
	Varrascos (>50 kg)	4,31	0,9
	Porcas Cobertas	4,49	1,6
	Porcas não Cobertas	9,40	3,4
Ovinos	Ovelhas	0,71	8,3
	Outros Ovinos	0,52	6,0
	Borregos	0,01	0
Caprinos	Cabras	0,67	6,2
	Outros Caprinos	0,63	5,9
	Cabritos	0,01	0,0
Equídeos	Cavalos	4,25	39,2
	Burros e Mulas	2,19	19,6
Aves	Galinhas reprodutoras	0,15	0
	Galinhas Poedeiras	0,36	0
	Frangos de Carne	0,19	0
	Perus	0,63	0
	Outras Aves	0,23	0
Outros	Coelhos (Femêas por gaiola)	7,65	0

Quadro 38: Área queimada no ano “y” ($Area_{burnt}$ – ha/ano), fator de combustão (C_f - Adimensional), fração de área renovada anualmente ($Frac_{Renew}$ - Adimensional), fração de matéria seca removida ($Frac_{Removed}$ - Adimensional), fração de matéria seca colhida ($Frac_{DM}$ – Adimensional), quantidade de matéria seca colhida por hectare no ano “y” ($MS_{colhida}$ – kg/(ha.ano)), quantidade de matéria seca acima do solo por hectare (AG_{DM} – kg/ha), teor de N nos resíduos acima do solo (N_{AG} - Adimensional), ratio abaixo e acima do solo (R_{BG-BIO} - Adimensional), teor de N nos resíduos abaixo do solo (N_{BG} - Adimensional) e quantidade de N aplicado através de resíduos agrícolas por hectares no ano “y” (FCR – kg N/(ha.ano)), todos estes para a cultura “t”. (Fonte: APA & IPCC)

Cultura	$Area_{burnt}$	C_f	$Frac_{Renew}$	$Frac_{Removed}$	$Frac_{DM}$	$MS_{colhida}$	AG_{DM}	Declive	Intercepção	N_{AG}	R_{BG-BIO}	N_{BG}	FCR
Trigo	300,3	0,9	1	0,7	0,9	2 149,5	3 765,8	1,5	0,5	0,006	0,24	0,009	19,86
Triticale	193,9	0,9	1	0,7	0,9	1 731,4	2 767,2	1,1	0,9	0,009	0,22	0,009	16,67
Milho Grão	5 541,3	0,8	1	0,7	0,9	10 809,9	11 744,2	1,0	0,6	0,010	0,22	0,007	73,78
Cevada	271,4	0,8	1	0,7	0,9	1 982,9	2 533,2	1,0	0,6	0,005	0,22	0,014	17,67
Centeio	1,4	0,9	1	0,7	0,9	1 010,4	1 981,3	1,1	0,9	0,009	0,22	0,011	12,8
Aveia	336,8	0,9	1	0,7	0,9	1 577,1	2 325,2	0,9	0,9	0,006	0,25	0,008	12,1
Arroz	183,5	0,9	1		0,9	5 470,4	7 656,9	1,0	2,5	0,009	0,16	0,009	86,28
Girassol			1		0,9	1 072,7	1 714,9	1,0	0,6	0,010	0,22	0,009	23,18
Batata			1		0,2	8 425,5	1 902,6	0,1	1,1	0,014	0,2	0,014	55,93
Feijão			1		0,9	806,2	970,2	0,4	0,7	0,100	0,19	0,008	99,72
Outras leguminosas			1		0,9	815,3	0,0			0,008	0,019	0,008	0,12
Tomate			1	0,9	0,1	4 379,9	1 498,0	0,1	1,1	0,019	0,2	0,009	13,14
Milho forragem			1	0,9	0,3	17 444,2	18 577,6	1,0	0,6	0,006	0,22	0,012	105,13
Outras forragens			1		0,9	3 221,2	966,4	0,3	0,0	0,027	0,4	0,019	57,92
Pomares	1 1164,1	1				0,0	0,0						0,00
Vinha	13 018,3	1				0,0	0,0						0,00
Olival	106 927,4	1				0,0	0,0						0,00

Quadro 39: : Quantidade de CO₂ emitido por hectare para cada cultura ou grupo de cultura “i” pelo consumo de gásóleo no uso de tratores, kg CO₂/ha e pela quantidade de eletricidade consumida, kg CO₂/ha.

	Cultura	EF_{Trator}	EF_{rega}
Cereais para grão	Trigo	688,2	592,0
	Milho Grão	707,3	943,8
	Cevada	693,0	-
	Arroz	486,2	-
	Outros Cereais	630,4	-
	TOTAL	3 854,2	672,1
Leguminosas Secas p/grão	TOTAL	754,7	823,3
Batata	TOTAL	1 020,3	1 170
Prado Temporário e culturas Forrageiras	Milho Forragem	822,3	858
	Forragens n.e.	519,9	657,8
	TOTAL	729,5	791,3
Culturas Industriais	Girassol	613,6	686,4
	Tomate de Industria	934,6	772,2
	Outras Industriais	1 320,1	943,8
	TOTAL	1 047,1	836,6
Culturas Hortícolas	Total Extensivas	971,6	772,2
	Total Intensivas	863,5	855,1
	TOTAL	1 017,7	831,4
Subtotal	Temporárias	861,9	854,1
Frutos Frescos	TOTAL	640,9	364,7
Citrinos	TOTAL	687,9	338
Frutos Casca Rija	TOTAL	666,5	241,8
Outros Frutos	TOTAL	93,1	1 029,6
Olival	Azeitona para Azeite	745,9	214,5
Vinha	Vinha	1 007,3	171,6
Subtotal	Permanentes	640,3	393,4
Total	Permanentes + Temporárias	751,1	623,7
Pastagens	Pastagem Natura	63,2	0
	Pastagem Regadio	40,2	780
	Pastagem Sequeiro	40,2	0
Subtotal	Pastagens	47,9	260
TOTAL	Culturas Temporárias + Culturas Permanentes + Pastagens	399,5	441,9

Anexo III - Variáveis necessárias ao cálculo das emissões de sistemas alternativo ao praticados no setor agrícola do Alentejo em 2016.

Quadro 40: Efetivo pecuário por tipologia de animal “I”, para a região agrária do Alentejo excluindo os animais categorizados nas categorias 4, 5 e 6 e metade daqueles categorizados pela categoria 3. (Unidade).

Tipo de Animal	Sub-classe	Nº (unidade)
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	25 985
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	39 585
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	35 849
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	44 611
	Machos (1-2 yrs)	13 267
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	5 921
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	37 765
	Novilhos (>2 yrs)	9 149
	Novilhas Carne (>2 yrs)	3 120
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	15 190
	Vacas não Leiteiras	231 838
Suínos	Leitões (<20 kg)	120 674
	Porcos (20-50 kg)	94 460
	Porcos (50-80 kg)	80 858
	Porcos (80-110 kg)	51 672
	Porcos (> 110 kg)	13 118
	Varrascos (>50 kg)	1 678
	Porcas Cobertas	33 753
	Porcas não Cobertas	10 295
Ovinos	Ovelhas	175 123
	Outros Ovinos	439 062
	Borregos	
Caprinos	Cabras	16 757
	Outros Caprinos	19 683
	Cabritos	
Equídeos	Cavalos	6 299
	Burros e Mulas	619
Aves	Galinhas reprodutoras e poedeiras	66 366
	Frangos de Carne	290 065
	Perus	8 313
	Outras Aves	34 075
Outros	Coelhos	27 972

Quadro 43: Efetivos animais de bovinos leiteiros, bovinos não leiteiros, outros bovinos, ovinos, outros ovinos, caprinos e outros caprinos, organizados por categorias, para o ano 2016 e região agrária do Alentejo, (unidades)

Quadro 41: Áreas de modo de proteção integrada e biológico da região agrária do Alentejo, (ha)

	Alentejo Litoral	Baixo Alentejo	Alto Alentejo	Alentejo Central	Total
Proteção Integrada	54 033	158 667	155 923	227 803	596 426
Agricultura Biológica	5 384	18 270	60 640	48 435	132 729
Conversão	3 432	8 937	22 209	16 251	50 829
Manutenção	1 952	9 333	38 431	32 184	81 900

Quadro 42: Reduções nas quantidades de N aplicado pelo uso da tecnologia VRT em cada um dos níveis existentes, (kg/ha)

Quadro 44: Fator de N perdido pelo animal do tipo “i”, devido ao tipo de perda “j” (lixiviação ou volatilização) em cada sistema “s”, no ano “y”, com a alteração do peso de cada sistema de gestão de efluentes (EF_{N(indirect)}(GEP) – kg N/(cab.ano)).

Tipo Animal	Sub-Categoria	Armazenamento Sólido		Tanque		Lagoa	
		Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização	Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização	Fator de N perdido por lixiviação	Fator de N perdido por volatilização
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	2,82	8,45	0	12,21	0	4,52
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	0,15	1,35	0	0	0	0
	Machos (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Femêas de Carne (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Femêas Reprodutoras (1-2 yrs)	0,24	2,16	0	0	0	0
	Novilhos (>2 yrs)	0,25	2,21	0	0	0	0
	Novilhas Carne (>2 yrs)	0,33	2,97	0	0	0	0
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	0,33	2,97	0	0	0	0
	Vacas não Leiteiras	0,24	2,16	0	0	0	0
Suínos	Leitões (<20 kg)	0	0	0	0	0	0
	Porcos (20-50 kg)	0,01	0,08	0	0,39	0	3,02
	Porcos (50-80 kg)	0,01	0,12	0	0,56	0	4,37
	Porcos (80-110 kg)	0,01	0,12	0	0,56	0	4,37
	Porcos (> 110 kg)	0,01	0,12	0	0,56	0	4,37
	Varrascos (>50 kg)	0,02	0,16	0	0,78	0	6,05
	Porcas Cobertas	0,01	0,09	0	0,67	0	6,72
	Porcas não Cobertas	0,02	0,19	0	1,41	0	14,11
Ovinos	Ovelhas	0,02	0,10	0	0	0	0
	Outros Ovinos	0,02	0,07	0	0	0	0
	Borregos	0	0	0	0	0	0
Caprinos	Cabras	0,02	0,09	0	0	0	0
	Outros Caprinos	0,02	0,09	0	0	0	0
	Cabritos	0	0	0	0	0	0
Equídeos	Cavalos	0,15	0,58	0	0	0	0
	Burros e Mulas	0,07	0,29	0	0	0	0
Aves	Galinhas reprodutoras	0	0,19	0	0	0	0
	Galinhas Poedeiras	0	0,44	0	0	0	0
	Frangos de Carne	0	0,24	0	0	0	0
	Perus	0	0,77	0	0	0	0
	Outras Aves	0	0,22	0	0	0	0
Outros	Coelhos (Femêas por gaiola)	0,27	1,08	0	0,00	0	0

Quadro 45: Digestibilidade do alimento por tipo de animal “i” (DE - %); Fator de emissão de CH₄ pela gestão de efluentes (kg CH₄/(cab.ano)); Fator de emissão de CH₄ pela fermentação entérica (kg CH₄/(cab.ano));

		Nº Animais (unidades)						Total	
		Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5	Categoria 6		
		1	2	3	4	5	6		
ALENTEJO	Vacas Leiteiras	10	181	20 203	0	0	72	20 466	
	Vacas Aleitantes	7 263	174 551	171 955	4 950	0	5 969	364 688	
	Outros Bovinos	5 677	134 811	169 046	3 378	0	14 874	327 786	
	Ovinos	22 822	78 798	617 432	31 501	0	162 571	913 124	
	Outros Ovinos	2 008	6 251	39 070	2 620	0	12 608	62 557	
	Caprinos	676	3 274	40 000	0	0	20 176	65 781	
	Outros Caprinos	108	397	3 943	-5	138	0	2 187	6 773
			Reduções (kg/ha)						
			Nível 1						
			Nível 2						
		Nível 3							

Quadro 46: Emissões por vaca fonte de emissão principal, para o setor agrícola da região agrária do Alentejo, para o ano 2016, com a introdução de cada uma das medidas mitigadoras, (kg CO₂e/ano).

Tipo Animal	Sub-Categoria	DE (%)	EF _{GEP} (kg CH ₄ /(cab.ano))			EF _{FE} (kg CH ₄ /(cab.ano))		
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	64	23,96			128,5		
	Vitelos de Carne (<1 yr)	66	1,48			22,6		
	Bezerras (1-2 yrs)	66	QA	MPB	MS	DE	CA	GEP
Fermentação Entérica	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	66	1,38				39,7	
	Machos (1-2 yrs)	586,3	1,586,3	3,11	1,560,8	1,586,3	64,5	1,586,3
Bovinos Não Leiteiros	Fêmeas de Carne (1-2 yrs)	41,7	41,7	2,19	41,7	37,6	44,9	41,7
	Fêmeas Reprodutoras (1-2 yrs)	61		2,20			56,1	
Gestão Efluentes Pecuários	Novilhos (>2 yrs)	162,2	187,6	187,6	179,0	182,1	187,2	187,2
	Novilhas Carne (>2 yrs)	61		2,35			60,1	
Solos Agrícolas	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	699,6	602,8	602,8	697,1	697,1	697,1	697,1
Queima de Resíduos Agrícolas	Vacas não Leiteiras	61		3,19			90,3	
	Leitões (<20 kg)	16,6	0,089	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Aplicação Ureia	Porcos (20-50 kg)	4,3	4,3	2,0	4,3	4,3	1,1	4,3
	Porcos (50-80 kg)	84	84	9,70			1,6	
Maquinaria Agrícola	Porcos (80-110 kg)	423,9	423,9	423,9	423,9	423,9	423,9	423,9
	Porcos (>110 kg)	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Suínos Eletricidade	Varrascos (>50 kg)	79	79	12,77			1,6	
	Porcas Cobertas	79		12,24			1,6	
	Porcas não Cobertas	79		25,32			3,2	
Ovinos	Ovelhas	61		0,34			9,6	
	Outros Ovinos	61		0,45			12,3	
	Borregos	71		0,12			3,2	
Caprinos	Cabras	61		0,31			7,6	
	Outros Caprinos	61		0,22			5,1	
	Cabritos	71		0,09			3,0	
Equídeos	Cavalos	71		1,78			18,0	
	Burros e Mulas	71		0,99			10,0	
Aves	Galinhas reprodutoras	65		0,07			0,0	
	Galinhas Poedeiras	65		0,10			0,0	
	Frangos de Carne	69		0,08			0,0	
	Perus	69		0,23			0,0	
	Outras Aves	67		0,16			0,0	
Outros	Coelhos	60		0,25			0,3	
Total		2 331,7	3 006,8	2 924,0	3 012,6	2 986,4	3 016,3	3 020,1

Anexo IV – Outros indicadores

Quadro 47: Emissões, em kg CO₂e/(CN.ano), pela fermentação entérica, pela gestão de efluentes pecuários, pela aplicação no solo de fertilizantes orgânicos de origem animal, pela deposição de dejetos na pastagem aquando do pastoreio e total, por categoria animal.

Tipo de Animal	Sub-classe	Total Fermentação Entérica	Total GEP	Total Fertilizantes Orgânicos Animais	Total Pastoreio	Total Setor Animal
Bovinos Leiteiros	Vacas Leiteiras	3 257,3	889,6	254,0	511,4	4 912,4
Bovinos não Leiteiros	Vitelos de Carne (<1 yr)	956,1	89,5	23,5	400,2	1 469,3
	Bezerros Reprodutores (<1 yr)	1 968,2	97,2	23,5	400,2	2 489,2
	Bezerras Reprodutoras (<1 yr)	1 678,7	85,2	23,5	400,2	2 187,6
	Machos (1-2 yrs)	2 734,2	174,9	36,5	640,3	3 585,9
	Fêmeas de Carne (1-2 yrs)	1 900,0	134,9	36,5	640,3	2 711,7
	Fêmeas Reprodutoras (1-2 yrs)	2 375,0	135,3	36,5	640,3	3 187,1
	Novilhos (>2 yrs)	2 263,8	118,5	22,4	393,8	2 798,5
	Novilhas Carne (>2 yrs)	1 527,3	94,2	29,7	528,3	2 179,5
	Novilhas Reprodutoras (>2 yrs)	1 527,3	95,5	29,7	528,3	2 180,8
	Vacas não Leiteiras	2 295,8	106,9	21,3	830,9	3 255,0
Suínos	Leitões (<20 kg)	23,1	104,9	0,3	0,0	128,3
	Porcos (20-50 kg)	92,0	652,6	46,8	16,8	808,2
	Porcos (50-80 kg)	135,7	959,7	67,4	24,2	1 186,9
	Porcos (80-110 kg)	162,4	1 133,9	67,4	24,2	1 387,9
	Porcos (> 110 kg)	178,9	1 246,2	67,4	24,2	1 516,7
	Varrascos (>50 kg)	135,9	1 252,5	93,2	33,5	1 515,1
	Porcas Cobertas	79,0	726,0	58,2	35,7	898,9
	Porcas não Cobertas	163,3	1 504,6	121,9	75,1	1 864,8
Ovinos	Ovelhas	1 634,2	75,7	30,8	360,8	2 101,6
	Outros Ovinos	2 087,6	90,5	22,3	259,7	2 460,1
	Borregos	538,2	21,7	0,5	0,0	560,4
Caprinos	Cabras	1 295,9	69,8	28,9	269,4	1 664,0
	Outros Caprinos	863,6	52,0	27,3	254,0	1 196,9
	Cabritos	499,6	16,2	0,6	0,0	516,4
Equídeos	Cavalos	450,0	61,3	27,6	254,0	792,8
	Burros e Mulas	250,0	33,2	14,2	127,0	424,4
Aves	Galinhas reprodutoras	0,0	250,0	70,9	0,0	320,9
	Galinhas Poedeiras	0,0	465,2	166,8	0,0	632,0
	Frangos de Carne	0,0	139,1	42,0	6,7	187,8
	Perus	0,0	433,4	136,1	0,5	570,0
	Outras Aves	0,0	210,7	49,1	0,0	259,8