



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

**Estimativa da carbon footprint de uma exploração de gado
de corte do Piemonte**

Francesco Muscau

Orientador(es) | Giuseppe Pulina

Évora 2022



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

Dissertação

**Estimativa da carbon footprint de uma exploração de gado
de corte do Piemonte**

Francesco Muscau

Orientador(es) | Giuseppe Pulina

Évora 2022



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Macciotta Nicolò Pietro Paolo (Università degli Studi di Sassari)

Vogais | Atzori Alberto Stanislao (Università degli Studi di Sassari)
Francesco Giunta (Università degli Studi di Sassari)
Gianni Battacone (Università degli Studi di Sassari)
Giuseppe Pulina (Università degli Studi di Sassari)
Ignazio Floris (Università degli Studi di Sassari)
Maria Grazia Cappai (Universita Degli Studi Di Teramo)
Pietro Pulina (Università degli Studi di Sassari)

Índice

RESUMO	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
1.1 A criação de bovinos de carne no mundo e na Itália	5
1.2 Ciclo de produção do novilho	9
1.3 Gases com efeito de estufa associados à criação de bovinos	13
1.4 Metodologias de cálculo para a quantificação dos gases de efeito estufa emitidos	18
1.5 Estudos sobre a carbon footprint da criação de bovinos de carne	22
2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Área de estudo e sistema de produção	28
3.2 Recolha de dados	33
3.3 Limites espaciais e temporais do sistema	33
3.4 Estimar a pegada de carbono	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5. CONCLUSÕES	43
6. AGRADECIMENTOS	44
7. BIBLIOGRAFIA	45
8. SITOGRAFIA	52

INDICE FIGURAS

Figura 1 -	5
Figura 2 -	6
Figura 3 -	13
Figura 4 -	14
Figura 5 -	15
Figura 6 -	16
Figura 7 -	17
Figura 8 -	28
Figura 9 -	28
Figura 10 -	41

INDICE TABELAS

Tabela 1 -	8
Tabela 2 -	23
Tabela 3 -	29
Tabela 4 -	30
Tabela 5 -	32
Tabela 6 -	38
Tabela 7 -	40

Estimativa da carbon footprint de uma exploração de gado de corte do Piemonte

RESUMO

O objectivo deste trabalho foi estimar a *carbon footprint* (CFP) de uma exploração extensiva de gado bovino para produção de carne, de ciclo fechado, no Piemonte. Os animais, pertencentes às raças Angus, Piemontese, Varzese e Scottish Highland, foram alimentados exclusivamente com forrajes (*grass-fed*) e abatidos a uma idade entre os 18-22 meses, com 625 kg de peso. A recolha de dados foi realizada através da administração de um questionário, a fim de obter informações sobre gestão animal, consumo de energia e fornecimento de stocks e matérias-primas. O limite temporal do sistema foi o ano agrícola médio (desde 1 de Outubro até 30 de Setembro) dos últimos 5 anos, enquanto que o limite espacial foi o "from cradle to farm gate".

Os dados foram analisados utilizando o IPCC Tier 1 e Tier 2 (2006), considerando as emissões directas de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂) da produção pecuária agrícola e as emissões indirectas de N₂O e CO₂ associadas à lixiviação e volatilização e todos os outros insumos agrícolas. As contribuições individuais foram expressas em termos equivalente de CO₂ (CO₂ eq) considerando o potencial de aquecimento global de 100 anos (GWP) (27,9 para CH₄, 273 para N₂O e 1 para CO₂). A unidade funcional (FU) considerada foi o quilograma de peso vivo (LW) e o quilograma de peso de carcaça (CW), referentes a vitelos, touros, novilhas e vacas rejeitadas. A análise dos resultados mostrou que o impacto relacionado com a produção de 1 kg de peso vivo foi de 26.7 kg de CO₂ eq e o impacto relacionado com a produção de 1 kg de carcaça foi de 42.7 kg de CO₂ eq. A maior parte do impacto foi atribuída às emissões de metano entérico para cerca de 65%, seguido das emissões provenientes do estrume para 17%, energia para 11% e alimentação para 7%.

Em conclusão, o impacto estimado do gado de corte *grass-fed* está em conformidade com o que foi observado anteriormente na literatura em explorações semelhantes. Contudo, isto não exclui que este tipo de criação possa apresentar vantagens e ser menos impactante, do ponto de vista ambiental, se forem implementadas acções para melhorar a eficiência reprodutiva da exploração, para promover estratégias de pastagem sustentável ou se for considerado o sequestro de carbono.

Estimation of the carbon footprint of a Piedmont beef cattle farm

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the carbon footprint (CFP) of a beef farm located in the Piedmont region. Farm adopted the cow-calf grazing system with a closed productive cycle where Angus, Piedmontese, Varzese and Scottish Highland breeds were reared mainly on pasture, until to reach the final weight of 625 kg (age: 18-22 months). Data were collected by interviewing the farmer for a complete life cycle inventory (LCI) of farm production processes from October 1st to September 30st of the last five years. The LCI included information on flock, animal diets, feed purchases, crops, farm stocks, and a diesel use audit. Direct emissions of methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O) and carbon dioxide (CO₂) from on-farm livestock production and indirect N₂O and CO₂ emissions associated with leaching, volatilization and inputs used on the farm were considered. Data were analyzed with a Tier 1 and Tier 2 of the IPCC (2006), by using coefficients of IPCC for estimation of animal and manure CH₄ and N₂O emissions and literature coefficients for purchased feeds and for energy and diesel consumptions. Greenhouse gas emissions (GHG) were expressed in CO₂ equivalent units to account for global warming potential (GWP) of each gas, in accordance with IPCC (2021) assuming a 100-year time horizon (27.9 for CH₄, 273 for N₂O and 1 for CO₂). The system boundaries of the analysed beef production system concerned a cradle to-farm gate analysis. The considered functional unit (FU) were one kilogram of live weight (LW) and one kilogram of carcass weight (CW), considering finished steers, bulls, heifers and culled cows for slaughter produced on the farm at the farm gate. The assessment of the environmental impacts showed a mean GWP value of 26.7 kg CO₂eq kg BW⁻¹ and 42.7 kg CO₂eq kg CW⁻¹. Enteric CH₄ was the largest source accounting for 65% of total GHG emissions. Methane and N₂O from manure and soil were the second largest source accounting for, on average, 17 % of the total emissions. In conclusion, in Piedmont beef farms emission mitigation should be based on the improvement of farm efficiency especially in terms of reproductive efficiency, pasture improvement and considering carbon sequestration.

1. INTRODUÇÃO

1.1 A criação de bovinos de carne no mundo e na Itália

A criação de bovinos sempre desempenhou um papel central na produção de produtos animais, uma vez que a carne e o leite têm sido uma importante fonte de nutrição para os seres humanos. Actualmente, o número total de bovinos a nível mundial é de cerca de 1 bilião (Figura 1). A produção de carne mais do que triplicou nos últimos 50 anos para um total de cerca de 340 milhões de toneladas em 2016 (Ritchie e Roser, 2017) e, de acordo com Salter (2017), a procura global está a aumentar.

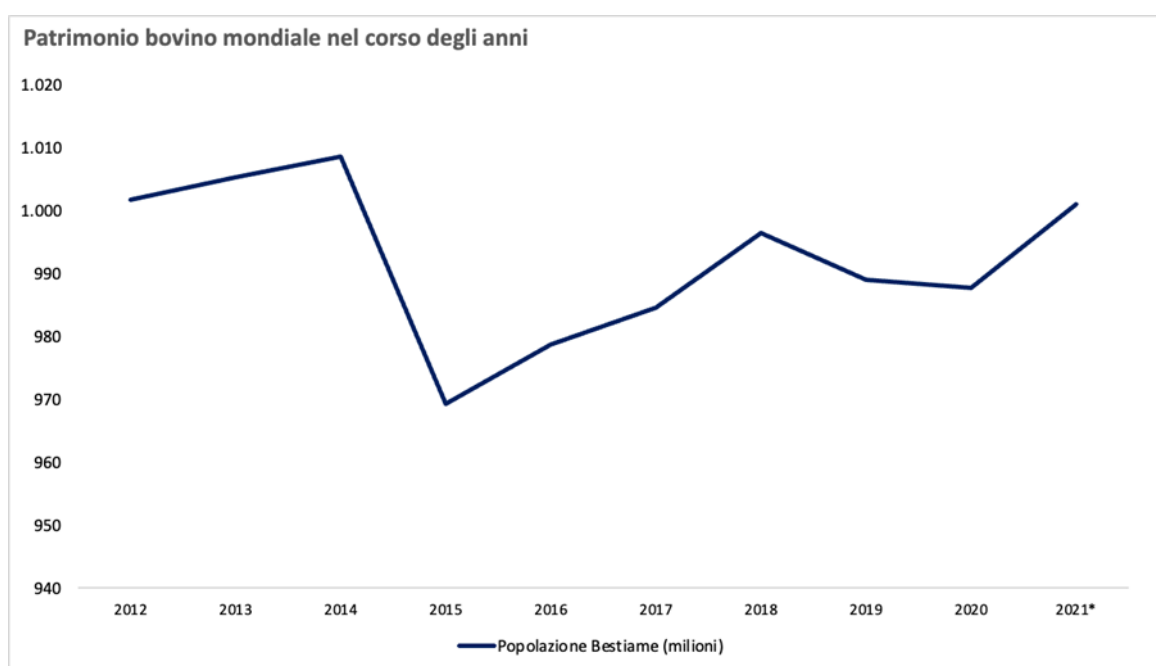


Figura 1 - Desenvolvimento da população mundial de gado bovino de 2012 a 2021 (Fonte: <https://www.statista.com/statistics/263979/global-cattle-population-since-1990/>).

Como se pode ver na Figura 2, que mostra a evolução da produção de carne de bovino (1961 a 2018) nos diferentes continentes, a Ásia e a América do Sul registaram um aumento contínuo da produção, com aumentos também registados, embora em menor grau, na América do Norte

em África. Em contraste, a Europa registou um declínio acentuado, de 20 milhões de toneladas em 1990 para 11 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020).

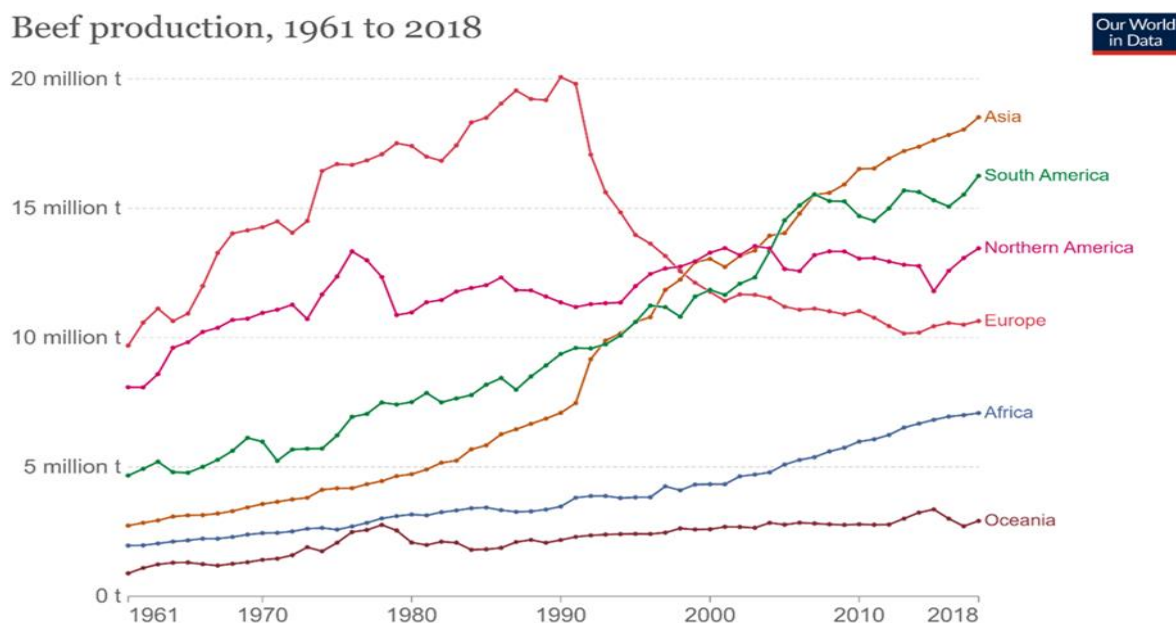


Figura 2 - Produção de carne bovina no mundo¹ (FAO, 2020).

As explorações de gado bovino em todo o mundo diferem de acordo com a sua dimensão, localização e sistema de produção. Em geral, é possível distinguir quatro tipos de sistema (Montanari, 2011):

1. explorações extensivas: os países da América do Sul, e da Europa do Norte, apresentam maioritariamente este tipo de sistema, onde o pastoreio é a principal fonte de subsistência do gado, os animais são mantidos ao ar livre durante todo o ano ou durante longos períodos, com um investimento mínimo em estruturas e equipamento. Do ponto de vista do desempenho da produção, estas explorações caracterizam-se, com muito poucas exceções, pelo muito baixo ganho médio diário de peso e, conseqüentemente, pela longa duração dos ciclos de engorda, que duram bem mais de um ano e por vezes dois anos;
2. explorações intensivas em *feedlot*, ou seja, grandes recintos ao ar livre parcialmente equipados com abrigos sombreadores, onde as vendas anuais podem exceder várias dezenas de milhares de animais. Este tipo de sistema caracteriza-se por uma elevada carga pecuária e pela utilização intensiva de concentrados, muitas vezes provenientes de fontes não agrícolas. Países como a Austrália, Canadá, Estados Unidos e África do

¹ As toneladas referem-se ao peso das carcaças, que inclui não só o gado, mas também os búfalos.

Sul utilizam este sistema, embora *os feedlot* estejam também presentes na América do Sul;

3. explorações intensivas em estábulos: onde os animais são confinados dentro de estruturas cobertas e são alimentados com forragens, principalmente silagem produzida na quinta, e concentrados, que são frequentemente comprados no mercado. Este sistema prevalece no centro e sul da Europa, com exceção de alguns países do Norte como a Grã-Bretanha e a Irlanda, que se caracterizam principalmente pela agricultura extensiva
4. Familiar e subsistência: este sistema, típico dos países do sudeste asiático incluindo a Indonésia, envolve a utilização de pequenas áreas ou espaços abertos limitados. Estas são explorações familiares onde o gado é alimentado principalmente com erva ou outra vegetação verde cortada, resíduos de culturas ou alimentos familiares.

Em Itália, são identificados três sistemas principais de produção de referência (ISMEA, 2020):

- Sistemas intensivos para a produção de vitelos de carne branca de raças leiteiras;
- Sistemas intensivos de criação de vitelos, divididos em leves e pesados;
- Sistemas extensivos caracterizados pela "linha vaca-bezerro".

O número de bovinos para carne em Itália é de 2,46 milhões (Tab. 1), 30% dos quais são raças bovinas nativas (Anagrafe Nazionale Zootecnica, 2021). Aproximadamente 60% da população nacional de gado bovino está localizada no norte de Itália, com o Piemonte, Veneto e Lombardia representando as regiões com o maior número de animais (Anagrafe Nazionale Zootecnica, 2021). Nestas áreas, é adoptado um sistema agrícola intensivo, orientado para a produção de vitelos pesados, embora também estejam presentes sistemas agrícolas extensivos e semi-intensivos. As regiões centro-sul, por outro lado, caracterizam-se principalmente pela preferência por um sistema extensivo (ISMEA, 2011). É importante especificar que nos sistemas intensivos de produção de vitelos, os animais excedentários das explorações leiteiras são também engordados (puros ou principalmente em cruzamentos industriais) (ISMEA, 2020).

A nível europeu, a Itália é o terceiro maior produtor de carne de bovino (ISMEA, 2020) e 33% dos bovinos abatidos são novilhos, 20% bezerros, 18% vacas em fim de carreira, 13% novilhas, 13% vitelas (ISMEA, 2020).

Tabela 1 - Número de explorações e cabeças de gado bovino nas diferentes regiões italianas a partir de 31/12/2021 (Anagrafe Nazionale Zootecnica).

Região	Nº de explorações	Nº de cabeças
Piemonte	9.705	512.640
Veneto	9.725	479.498
Lombardia	8.006	332.652
Sicília	9.085	254.353
Sardenha	7.682	206.371
Lazio	10.772	112.927
Emilia Romagna	2.822	85.854
Campânia	7.534	79.342
Calábria	6.276	72.722
Toscana	3.409	64.807
Apúlia	1.947	52.742
Basilicata	1.908	46.907
Úmbria	3.027	43.719
Marcas	3.074	39.626
Abruzzo	3.569	38.456
Molise	1.474	13.849
Friuli Venezia Giulia	1.115	10.145
Ligúria	724	8.847
Trento	391	5.437
Bolzano	88	1.193
Vale de Aosta	118	1.075
Total	92.451	2.463.162

Fonte: https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/1.

1.2 Ciclo de produção do novilho

O ciclo de produção do novilho divide-se em duas fases básicas: a fase vaca-bezerro e a fase de engorda.

1.2.1 Fase vaca-bezerro

A fase vaca-bezerro é uma forma de criação que promove e apoia a produção de bezerros para engorda. Na maioria dos casos, este tipo de sistema de produção é realizado com raças autóctones de carne ou cruzamentos com raças francesas (broutards), alimentados quer com pastagens e forragens², quer com rações concentradas (ISMEA, 2017). O bezerro, alimentado com o leite materno e, desde os primeiros meses, com forragem³, permanece perto da mãe até ao desmame; normalmente este período dura entre 140 e 240 dias, período após o qual, o animal pode ser vendido a centros de engorda, ou engordado na própria exploração⁴. Na "fase vaca-bezerro", vários objetivos são geralmente perseguidos (Ansaloni et al., 2009):

1. obter o maior número de bezerros desmamados por ano. Isto depende da fertilidade e fecundidade das vacas, da taxa de aborto e da taxa de mortalidade neonatal e perinatal;
2. produzir animais saudáveis e bem formados. Isto é conseguido através de uma adequada gestão nutricional e sanitária tanto dos reprodutores como dos vitelos;
3. reduzir os custos de produção, particularmente os relacionados com intervenções sanitárias e laborais.

Nesta fase do sector dos novilhos, as vacas são criadas com o único objectivo de obter vitelos para repovoamento, e no final da sua carreira, após serem engordadas ou não, são abatidas. A utilização da fase vaca-bezerro, especialmente em zonas montanhosas e de baixa montanha, desempenha um importante papel ecológico e paisagístico, uma vez que contribui para a protecção e preservação do ambiente e da cultura (Dell'Orto et al., 2008).

² Principalmente pasto e feno.

³ A alimentação com alimentos sólidos a partir dos primeiros meses visa acelerar o desmame do bezerro, cuja implementação varia de acordo com as decisões agrícolas (ANABORAPI, 2012).

⁴ Isto é referido como "criação de animais em circuito fechado", onde os animais nascem, são criados e engordados na mesma quinta.

1.2.2 Fase de engorda e terminação

A criação dos novilhos pode ser subdividida em relação às raças criadas, ao sistema de alimentação e à localização em (INEA, 2014):

- novilho "extensivo", criado principalmente em ambiente livre no Piemonte, nos Apeninos centro-sul e nas ilhas através da linha de vaca-bezerro;
- novilho "intensivo", principalmente criado em ambiente confinado no Vale do Pó e alimentado com silagem de milho e concentrados.

No sistema de criação "extensivo", podemos falar de criação de "ciclo fechado", em que o animal é engordado dentro da própria empresa. Os animais, após o desmame no pasto, são confinados em abrigos especiais para a fase de engorda (Ansaloni et al., 2009). Os abrigos caracterizam-se por uma área coberta, na qual é garantido um espaço de 4-6 m² por animal, com pavimento em betão no corredor de alimentação e uma manjedoura equipada com barreiras de alimentação; e uma área descoberta ou área de exercício em terra, com uma superfície de 10-20 m² por cabeça (Dell'Orto et al., 2008). Para este tipo de criação, são utilizadas raças nativas como Piemontese, Marchigiana, Chianina, Romagnola, e a engorda pode ocorrer tanto machos quanto fêmeas (ANABORAPI, 2012). Os animais estão prontos para o abate num período que varia entre 18 e 24 meses (Ansaloni et al., 2009).

O sistema de criação intensiva, por sua vez, caracteriza-se por ser um sistema "aberto", em que a exploração adquire os factores de produção⁵ do mercado, e realiza a fase de transformação, a fim de se apresentar posteriormente no mercado com a venda dos animais prontos para abate (C.R.P.A., 2004). O sistema de produção do novilho intensivo, por sua vez, pode ser dividido em (INEA, 2014):

- Leve, com peso variável de 450-500 kg, aos 14-16 meses;
- Pesado, com peso de 600-650 kg, aos 16-20 meses.

A compra de novilhos de raças especializadas para carne é baseada na criação de vacas em aleitamento, principalmente ao pasto, de origem nacional ou estrangeira, sobretudo francesa⁶. O bezerro, adquirido a um peso entre 250 e 450 kg, é transportado para os centros de engorda para a fase seguinte, que termina com o abate de 650 a 700 kg de peso após 8-10 meses.

⁵ Principalmente animais vivos e alimentos para animais.

⁶ Charolaise e Limousine (INEA, 2014).

No centro de engorda, os animais são alojados em diferentes tipos de estruturas: pode haver uma fileira de boxes quadrangulares com corredor de alimentação lateral ou duas fileiras de boxes com corredor de alimentação central. No primeiro caso, são frequentemente utilizadas as estruturas abertas no lado da manjedoura, enquanto no segundo, são preferidos estábulos fechados, mas com grandes superfícies que podem ser abertas para ventilação (Gastaldo et al., 2019). De qualquer forma, a disposição das boxes é tal que cada fileira tem pelo menos um corredor de ligação para a circulação de homens, veículos e animais (Bittante et al., 1993).

A estrutura do estábulo tem o objetivo de obter a máxima eficiência de produção, a máxima funcionalidade de trabalho e a melhoria do bem-estar animal. Os animais são divididos com o objetivo de criar um grupo o mais homogêneo possível em termos de idade, características genéticas e de produção (Sturaro et al., 2005). Cada boxe é dimensionado para acomodar de um mínimo de 8 a um máximo de 16 cabeças, com preferência por capacidades menores, isto para limitar conflitos e agitações dentro do grupo. Com base no tipo de boxe utilizado, os abrigos para os bovinos de engorda distinguem-se principalmente em (Gastaldo et al., 2019):

- estábulos com pavimento em grelha. Representa a tipologia mais difundida nas explorações do Vale do Pó, pois permite a simplificação das operações de limpeza, uma maior facilidade no controle dos animais, ocupando também uma menor superfície por cabeça em comparação com as soluções com cama. Noa boxes com pavimento em grelha, a área ideal de alojamento é ligeiramente superior à superfície fornecida pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), de fato, é igual a 3,0 m² até 400 kg e 4,2 m² até 700 kg.
- estábulos com cama. Esta tipologia implica uma maior mão-de-obra para as operações de manutenção e um maior consumo de palha; no entanto, permite a utilização da cama do ponto de vista agrônômico e uma melhoria no bem-estar animal. O estábulo com cama permanente prevê áreas de estabulação coletiva com pavimentação plana, nas quais a palha é adicionada regularmente para manter a cama suficientemente seca. No caso de cama limitada à área de repouso, o consumo diário de palha é igual a 2-3 kg/cabeça, enquanto no caso de cama em toda a superfície do boxe, o consumo aumenta para 4-6 kg/cabeça. Nas boxes com cama permanente, a área ideal de estabulação é superior à superfície prevista pela EFSA, e igual a 4,2 m² até 400 kg e 6,5 m² até 700 kg.
- estábulos com cama inclinada. Neste caso, graças à inclinação do piso e graças ao pisoteio dos animais, no caso de um declive frontal, a cama tende a deslizar para a zona de alimentação, ou para o canal de recolha do lado oposto, no caso de uma inclinação

traseira, onde é removido por meios mecânicos. A área de alojamento é de 3,4 m² até 400 kg e 5,6 m² até 700 kg.

De um modo geral, o principal objetivo da criação do bovinos de carne, e sobretudo dos centros de engorda, é obter dos animais criados a rápida manifestação das capacidades de produção, que neste caso específico se identificam com a maior capacidade de crescimento; ou seja, produzir sujeitos comercialmente maduros no menor tempo possível (ANABORAPI, 2012). Quando se fala de “maturação comercial”, referimo-se à composição corporal considerada adequada para a venda de animais. Este tipo de maturação ocorre em diferentes idades e pesos, dependendo do tipo genético a que pertence o indivíduo, e representa a fase em que a carne irá conseguir expressar melhor todas as suas características organolépticas e nutricionais.

Para obter excelentes características organolépticas-nutricionais, além do bem-estar do animal, é imprescindível a administração de uma dieta balanceada tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo (ANABORAPI, 2012). Nesse sentido, a fase de acabamento desempenha um papel fundamental. Esta, de fato, representa a fase final de engorda, com duração de 60 a 90 dias, na qual é administrada uma dieta com alto teor energético e proteico para permitir a obtenção de um estado de deposição de gordura adequado da carcaça. Um maior teor de energia e proteína, além de melhorar o desempenho da produção, determina o obtenimento de carnes mais macias, com menor estruturação do tecido conjuntivo e maior grau de marmoreio (Paganini et al., 2006).

1.3 Gases com efeito de estufa associados à criação de bovinos

As explorações e as cadeias produtivas pecuárias impactam no meio ambiente principalmente através da emissão de gases com efeito de estufa, do consumo de recursos hídricos, da emissão de amônia na atmosfera e da liberação de nitratos na água (Ronchi et al., 2021). Globalmente, o setor pecuário é responsável pela emissão de 14,5% dos gases de efeito estufa⁷ (GHG) (Gerber et al., 2013), os bovinos contribuem com 65% dessas emissões (Angerer et al., 2021) e a produção de carne bovina representa o 40% (de Vries et al., 2015). De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de Gases com Efeito de Estufa (NIR)⁸, em Itália, o sector agrícola, que também inclui o sector pecuário, é responsável por cerca de 7% do total nacional de emissões de GEE (Ronga et al., 2018). Em comparação com 1990, o sistema pecuário italiano reduziu as emissões em 12% (Figura 3), e em comparação com 1970, as explorações pecuárias italianas reduziram as emissões de metano em 40% (Ronchi et al., 2021). De longe o maior contribuinte para o efeito estufa é o sector energético, com cerca de 57% das emissões totais, seguido pelo sector dos transportes com 24% (Figura 4).

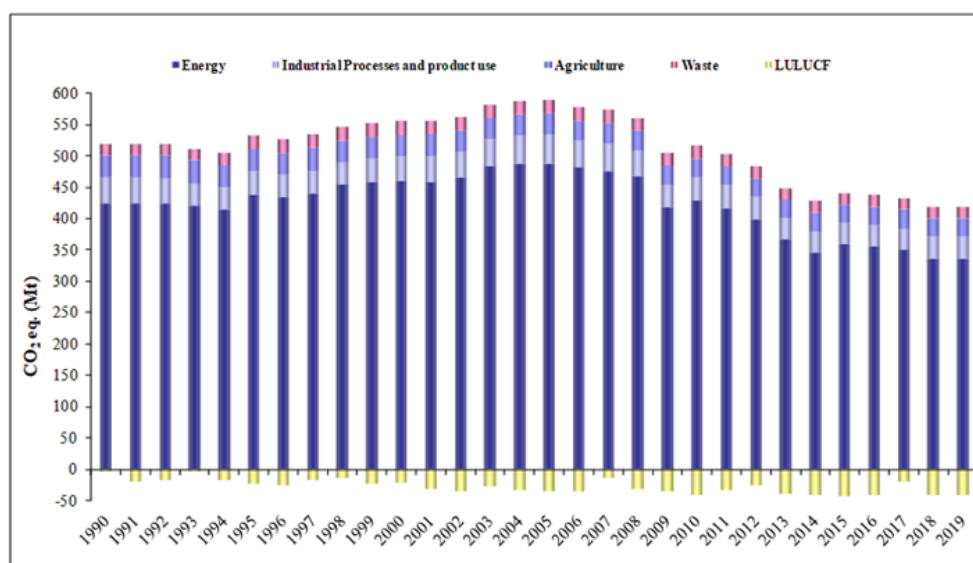


Figura 3 - Emissões nacionais de gases com efeito de estufa por sector, 1990 a 2019 (<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/cambiamenti-climatici/landamento-delle-emissioni>).

⁷ A percentagem inclui todas as emissões de gases com efeito de estufa que sejam direta ou indiretamente causadas por zootecnia.

⁸ O Relatório do Inventário Nacional (NIR) é o relatório oficial da Itália sobre o inventário das emissões de gases com efeito de estufa, tal como acordado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (UNFCCC), do Protocolo de Quioto e do Mecanismo de Monitorização dos Gases com Efeito de Estufa da União Europeia.

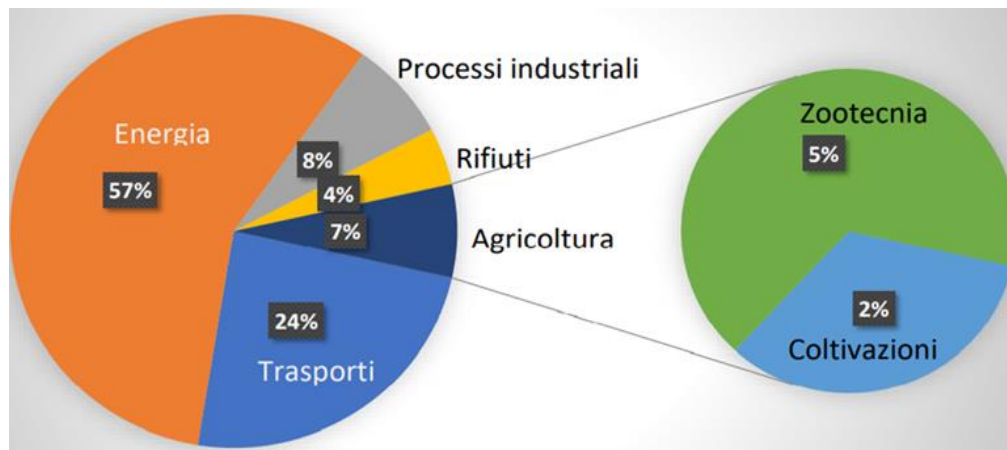


Figura 4 - Distribuição nacional das emissões de gases com efeito de estufa por sector (Pulina G., *Lezioni di ética e sostenibilità degli allevamenti*)

Os principais gases emitidos pelas explorações pecuárias que alteram o clima são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), que são emitidos direta e/ou indiretamente durante as várias fases do processo de produção. O metano é aquele que é predominantemente emitido (Ronga et al., 2018; Figura 5). E que é gerado como resultado da fermentação entérica de hidratos de carbono estruturais, pelo que a extensão da emissão depende da qualidade e quantidade dos alimentos consumidos, em particular o conteúdo e qualidade das fibras, as características do tracto digestivo, e a idade e peso do animal. A gestão do estrume animal, tanto através da forma como é criado como através dos sistemas de armazenamento e tratamento do efluente, também desempenha um papel fundamental nas emissões de CH_4 (Ronga et al., 2018). Resultam da decomposição das excreções, tanto sólidas como líquidas, durante o armazenamento e tratamento num ambiente anaeróbico; o metano é normalmente produzido em quantidades mais elevadas em todos os casos em que um grande número de animais é mantido num espaço confinado (IPCC, 2006). As emissões de metano do gado pertencem à categoria das emissões diretas, juntamente com N_2O e CO_2 da lavoura e da fertilização do solo. Por outro lado, as emissões indiretas resultam do fornecimento externo de matérias-primas e alimentos, bem como da produção de combustíveis fósseis (Ronga et al., 2018). As emissões diretas de N_2O são devidas a um processo combinado de nitrificação⁹ e desnitrificação¹⁰ de azoto contido no estrume¹¹ durante as fases de armazenamento e tratamento (IPCC, 2006). Além disso, as emissões indiretas de N_2O também ocorrem durante o processo de armazenamento e tratamento do estrume e consistem na formação de azoto volátil sob a forma de amoníaco (NH_3) ou outros

⁹ Processo de oxidação que tem lugar na presença de oxigénio (O_2).

¹⁰ Libertação de N_2O em ambiente anaeróbico.

¹¹ Tanto sólido como líquido.

óxidos de azoto; bem como possíveis perdas devido ao escoamento superficial ou lixiviação (IPCC, 2006).

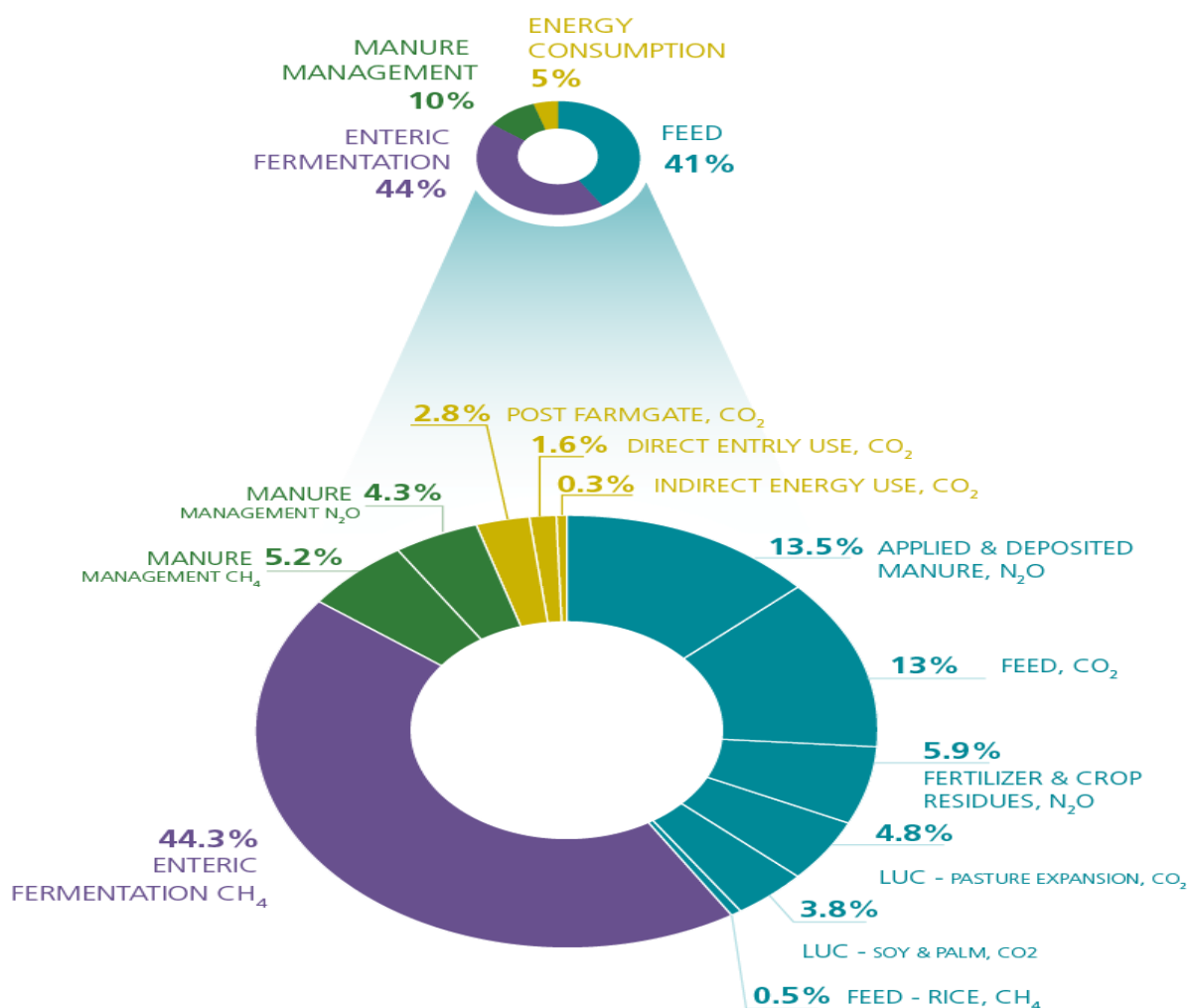


Figura 5 - Contribuição relativa (em %) das principais fontes de emissões das cadeias globais de abastecimento de gado para o impacto global (Fonte: <https://www.fao.org/gleam/results/en/>).

É essencial especificar que o metano é um problema a curto-médio prazo e é reversível, uma vez que a sua meia-vida na atmosfera é de 8,6 anos, uma vez que é rapidamente convertido em CO₂, que faz parte do ciclo biogénico do carbono, uma vez que é reabsorvido pelas plantas e utilizado para a fotossíntese (Ronchi et al., 2021). Por outro lado, o CO₂ libertado pelos combustíveis fósseis precisa de mil anos para ser reabsorvido pelas reservas geológicas ou dispersado da atmosfera. Por conseguinte, as actividades agrícolas e florestais não só produzem CO₂, como também o absorvem através dos processos de fotossíntese, sequestro de carbono na matéria orgânica do solo e produção de biomassa. Portanto, não há dúvida de que o sector agrícola, tanto através da mitigação das emissões de GEE como através da adopção de práticas

conservadoras de lavoura, capazes de aumentar o sequestro de carbono, pode contribuir significativamente para a redução das emissões de GEE (C.R.P.A., 2013).

A criação de bovinos, em comparação com outras espécies, é a mais impactante, seguida dos suínos, aves de capoeira, búfalos e pequenos ruminantes (Figura 6). De acordo com o Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) utilizado pela FAO, os bovinos são a principal fonte de emissões do sector pecuário com cerca de 5,0 milhões de toneladas de CO₂-eq¹², o que representa 62% das emissões do sector. Os suínos, aves, búfalos e pequenos ruminantes têm emissões muito inferiores, representando entre 7 e 11% das emissões do sector (FAO, 2017). O modelo GLEAM é uma estrutura SIG que simula processos e atividades biofísicas ao longo das cadeias de abastecimento de gado, utilizando uma abordagem de avaliação do ciclo de vida. O objetivo da GLEAM é quantificar a produção e utilização de recursos naturais no sector pecuário e identificar os impactos ambientais do gado, de modo a contribuir para a avaliação de cenários de adaptação e mitigação para se avançar para um sector pecuário mais sustentável (FAO, 2017).



Figura 6 - Distribuição das emissões globais de gases com efeito de estufa por espécies pecuárias cultivadas (<https://www.fao.org/gleam/results/en/>).

Se as emissões forem expressas por kg de proteína, como mostra a Figura 7, verifica-se que a carne de búfalo tem o maior impacto com uma média de 404 kg de CO₂-eq por kg, seguida da carne de vaca, com uma média de 295 kg de CO₂-eq por kg, e dos pequenos ruminantes (201 kg de CO₂-eq por kg). Neste sentido, a carne de monogástrico é a menos impactante e a

¹² As emissões de gases com efeito de estufa são expressas utilizando a unidade equivalente de dióxido de carbono como unidade de medida: CO₂-eq. Ou seja, os efeitos dos diferentes gases com efeito de estufa são reconciliados com aqueles que o CO₂ daria.

intensidade de emissão é de 5 kg CO₂-eq por kg para carne de porco e 35 kg CO₂-eq por kg para carne de frango (FAO, 2017).

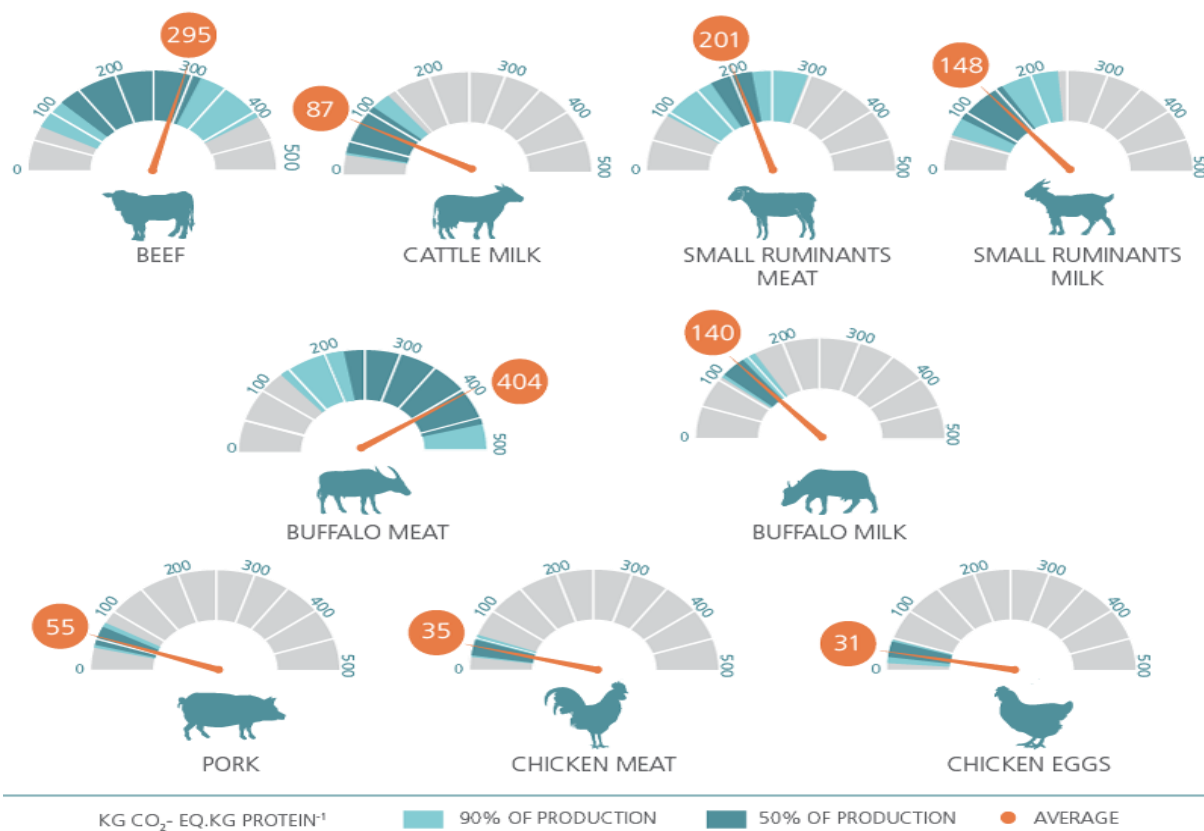


Figura 7 - Todas as matérias-primas são expressas em kg CO₂-eq por kg de proteína. As médias são calculadas em escala global e representam um valor agregado entre diferentes sistemas de produção e zonas agroecológicas (<https://www.fao.org/gleam/results/en/>).

1.4 Metodologias de cálculo para a quantificação dos gases de efeito estufa emitidos

A emissão de gases de efeito estufa são expressas usando a unidade equivalente de dióxido de carbono como unidade de medida: CO₂-eq.; substancialmente, o efeito dos diferentes gases de efeito estufa são reconduzidos até aqueles que dariam a emissão de CO₂ (C.R.P.A., 2013). Esta escala de equivalência chama-se Potencial de Aquecimento Global (GWP), que é uma medida do quanto um determinado gás de efeito estufa contribui para o aquecimento global em comparação com o CO₂. Numa escala temporal de 100 anos, o potencial de aquecimento global do CH₄ é igual a 28 vezes o do CO₂, ou seja, 1 kg CH₄ = 28 kg CO₂ eq. Quanto ao N₂O, o GWP100 é 273 vezes o do CO₂, portanto 1 kg N₂O = 273 kg CO₂ eq (Ronchi et al., 2021).

Entre as metodologias de cálculo para quantificar as emissões das explorações pecuárias, a mais utilizada é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV avalia não só as emissões de GEE, mas também os impactos ambientais, humanos e dos recursos naturais de todo o ciclo de produção de um bem, serviço ou processo (Thomassen et al., 2008b). A metodologia tem em conta todas as fases da produção - desde a extração das matérias-primas até ao seu transporte, processamento, distribuição, utilização, reutilização, reciclagem e eventual eliminação - com a chamada abordagem de berço a berço (ISO, 2006b). Os impactos ambientais geralmente considerados, são a utilização de energia fóssil, terra, água, GWP, potencial de acidificação e potencial de eutrofização (De Vries e De Boer, 2010).

Em relação à análise da ACV, existe a *carbon footprint*, também conhecida como pegada de carbono; pode ser definida como uma ACV limitada a uma única categoria de impacto: alterações climáticas. A pegada de carbono avalia o conjunto total de emissões de gases com efeito de estufa associadas a um produto, expresso em unidades equivalentes de CO₂, ou CO₂ eq (Ronga et al., 2018).

É importante especificar que se podem classificar diferentes níveis de precisão, ou níveis, com os quais se pode conduzir uma ACV. De acordo com as directrizes do IPCC (2006a), reconhecemos:

- Tier 1, representa a abordagem de base na qual são utilizados dados e metodologias genéricos, na sua maioria derivados da literatura;
- Tier 2, representa o nível intermédio onde os dados e metodologias se referem à área geográfica em que a análise é conduzida;
- Tier 3, que é o nível mais complexo e preciso que requer dados específicos, possivelmente medidos diretamente, recomendado para países com produção animal avançada.

Embora o método Tier 1 tenha o mais baixo nível de precisão dos três métodos disponíveis, baseia-se numa abordagem bem estabelecida e em dados amplamente reconhecidos utilizados tanto na literatura científica como nos inventários oficiais de GEE, e é, portanto, suficientemente válido e preciso. Esta abordagem fornece uma estimativa sintética, aplicável em grande escala, para medir as emissões de GEE da produção animal. Essencialmente, requer conhecimento de entradas simples, nomeadamente: o número e tipo de animais, temperaturas médias e kg de azoto excretado (N).

Como indicado nas diretrizes do IPCC (2006b), com a abordagem Tier 1, a estimativa das emissões de metano da fermentação entérica é feita multiplicando o número de animais (n. de animais), obviamente da mesma espécie, pelo factor de emissão (E) que expressa o kg de CH₄ produzido por cada animal num ano, como resultado da fermentação entérica; depois, a quantidade total é convertida em equivalente CO₂.

A estimativa das emissões de metano da gestão de estrume também é feita em conformidade com as diretrizes do IPCC (2006b). Portanto, o número de animais (n. de animais) da mesma espécie é multiplicado pelo fator de emissão (EF₂), que exprime o kg de CH₄ produzido por animal num ano pela gestão do estrume, e a quantidade total é convertida em equivalente CO₂. As emissões diretas de óxido nitroso, estão mais uma vez de acordo com a abordagem Tier 1, e são calculadas multiplicando o número de animais pelo fator de emissão que indica o kg de N produzido pelo estrume de cada animal num ano por espécie, por um outro fator de emissão escolhido de acordo com o tipo de gestão do estrume, e depois convertendo a quantidade total em equivalente CO₂ (IPCC, 2006b).

Do mesmo modo, as emissões indiretas de óxido nitroso são calculadas multiplicando o número de animais pelo fator de emissão indicando o kg de N produzido pelos excrementos de cada animal num ano para cada espécie, pela percentagem de excrementos de animais tratados em sistemas de gestão, e pela fração de azoto volátil como NH₃ e NO_x igual a 0,01 para o Tier 1, convertendo depois a quantidade total em equivalente CO₂ (IPCC, 2006b).

Quanto à abordagem Tier 2, consiste numa estimativa analítica que considera a gestão, alimentação, alojamento dos animais e gestão dos efluentes. Portanto, será necessário conhecer o número de animais divididos por categorias, tipos de rações, produções e temperaturas médias. As emissões de CH₄ neste caso são estimadas com base na energia contida na ração fornecida aos grupos animais, enquanto as emissões de N₂O são estimadas com base nas excreções de azoto calculadas para os grupos animais a partir de dados nacionais tabelados ou publicados (Chiriaco et al., 2020).

O Tier 3, por outro lado, pode ser considerado como uma estimativa analítica precisa que avalia diferentes factores locais de produção e gestão. Neste caso, as fontes de emissão são calculadas a partir do desempenho da produção e das rações fornecidas (Chiriaco et al., 2020). Por conseguinte, com o preenchimento do questionário, é necessário recolher informações mais específicas, incluindo:

- o peso médio das diferentes categorias de animais na exploração;
- a forragem/ração de concentrado ou a composição química da ração;
- produtividade média;
- eficiência reprodutiva;
- a percentagem de animais a serem realojados, tanto internos como externos;
- o tipo de sistema agrícola, seja de pastagem ou de estábulo.

É importante lembrar que para além das emissões provenientes da fermentação entérica e da gestão de estrume, deve ser adicionada uma quota-parte das emissões de azoto geradas pelo pastoreio, que também altera o clima. De facto, se a quinta em questão utiliza pastagens onde os animais são deixados livres durante o ano, as emissões de azoto geradas pela deposição de fezes no solo também devem ser contabilizadas. Estas emissões são calculadas tendo em conta o número de animais e a superfície em questão, para a parte do ano em que o pastoreio tem lugar, multiplicando o factor de emissão, para cada categoria de gado, relativo à quantidade de N produzida por cada animal num ano a partir do volume de fezes estimado, por um factor de emissão que expressa a quantidade de óxido nitroso produzido, igual a 0,02 para o gado (IPCC, 2006b).

Se a exploração pecuária comprar forragens externamente ou as produzir cultivando a própria terra, será necessário quantificar as emissões associadas a estes processos. A parte das emissões resultantes da compra de forragens terá de ser estimada considerando a quantidade comprada para cada tipo de animal, a distância percorrida e o tipo de veículo utilizado para o transporte. No caso da produção directa de forragens com cultivo de terras agrícolas, as emissões relacionadas terão de ser estimadas utilizando factores de emissão derivados da literatura e nas bases de dados científicos para cada entrada utilizada na fase agrícola, tanto para os métodos de produção orgânica como convencional. Finalmente, as emissões do consumo de energia agrícola também terão de ser contabilizadas utilizando factores de emissão derivados da literatura e bases de dados científicos (Ronga et al., 2018).

A soma de todas as emissões associadas ao processo de produção, calculadas utilizando a metodologia descrita, dá uma ideia do impacto dos GEE produzidos pela exploração agrícola.

Para a análise do ciclo de vida da carne de bovino, o impacto total é calculado como a produção principal do sistema, utilizando a unidade funcional (FU) representada por 1 kg de peso vivo (PV ou LW¹³), 1 kg de carcaça (CW¹⁴) ou 1 kg de carne de bovino ao prato¹⁵ (de Vries et al., 2015).

¹³ Live weight.

¹⁴ Carcass weight.

¹⁵ kg of meat

1.5 Estudos sobre a carbon footprint da criação de bovinos de carne

A Tabela 2 mostra a revisão bibliográfica de alguns trabalhos científicos, relativos ao impacto ambiental da criação de bovinos de carne em condições extensivas. Para cada estudo, foram considerados o país de origem, o tipo de modelo utilizado, o número de explorações, o peso vivo dos animais no abate e as raças criadas. Em relação ao modelo utilizado, todos os estudos analisados aplicaram o proposto pelo IPCC com diferentes níveis de precisão, Tier 1 (Barreto de Figuerido et al., 2017, Bragaglio et al., 2018, Celis et al., 2013, Mazzetto et al., 2015), Tier 2 (Buratti et al., 2017, Bragaglio et al., 2018, Cardoso et al., 2015, Celis et al., 2013, Grossi et al., 2020, Dick et al., 2015, Ruviaro et al., 2015) e Tier 3 (Grossi et al., 2020).

As unidades funcionais consideradas foram kg CO₂ eq/kg de peso vivo (Buratti et al., 2017; Barreto de Figuerido et al., 2017; Bragaglio et al., 2018; Celis et al., 2013; Grossi et al., 2020), kg CO₂ eq/kg de carcaça (Cardoso et al., 2015; Mazzetto et al., 2015) e kg CO₂ eq/kg de ganho de peso (Dick et al., 2015; Ruviaro et al., 2015). Em termos de kg de peso vivo, os valores de GWP variavam entre um mínimo de 9,4 kg de CO₂ eq a um máximo de 29,4 kg de CO₂eq. Em termos de impacto expresso em termos de kg CO₂ eq kg carcaça⁻¹, os valores variaram entre um mínimo de 21 a um máximo de 58,3 kg CO₂ eq; em termos de ganho de peso, de 20,2 a 42,6 kg CO₂ eq. Em alguns casos, a quantidade de carbono sequestrado e o seu saldo também foi considerada (Buratti et al., 2017; Barreto de Figuerido et al., 2017).

Em relação ao sistema de produção, os estudos analisados consideraram vários tipos de criação: extensiva (Cederberg et al., 2011; Celis et al., 2013; Dick et al., 2015; Veysset et al., 2014), extensiva ou semi-extensiva com diferentes técnicas de gestão de pastagens (Barreto de Figuerido et al., 2017; Mazzetto et al., 2015; Oliveira et al., 2020), com diferentes períodos de engorda (Florindo et al., 2017) ou com a presença de diferentes culturas (Cardoso et al., 2015), semi-intensivas (Costantini et al., 2021; Rotz et al., 2019; Stanley et al., 2018), semi-extensivo (Casey et al., 2006; Herron et al., 2021; Mogensen et al., 2015; O' Brien et al., 2020; Oliveira et al., 2020), engorda intensiva (Berton et al., 2017; Bragaglio et al., 2018; Celis et al., 2013; Nguyen et al., 2010; O' Brien et al., 2020; Ogino et al., 2016) e orgânico (Grossi et al., 2020; Tsutsumi et al., 2018). Além disso, vários estudos avaliaram o impacto ambiental relacionado com a linha vaca-bezerro (Berton et al., 2017; Lupo et al., 2014; Picasso et al., 2014; Rotz et al., 2013; Stackhouse-Lawson et al., 2012; Vergé et al., 2008; Veysset et al., 2010).

Tabela 2 - Impactos ambientais associados à criação de bovinos de carne em sistemas extensivos.

<i>Fonte</i>	<i>País</i>	<i>Modelo¹</i>	<i>Nº de quintas</i>	<i>Sistema de criação</i>	<i>Mais informações</i>	<i>Peso vivo</i>	<i>Raça</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto²</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto; incluindo sequestro de carbono</i>
Buratti et al., 2017	PT	IPCC Tier 2	1	Criação convencional		700 kg	Chianina	18,21 kg CO ₂ eq/kg PV	17,71 kg CO ₂ eq/kg PV
			1	Reprodução biológica		750 kg	Chianina	24,62 kg CO ₂ eq/kg PV	23,32 kg CO ₂ eq/kg PV
Barreto de Figuerido et al., 2017	BR	IPCC Tier 1	3	Criação extensiva	Pastagens degradadas			18,5 kg CO ₂ eq/kg PV	
					Pastoreio virado			9,4 kg CO ₂ eq/kg PV	7,6 kg CO ₂ eq/kg PV
					Sistema silvo-pastoral			12,6 kg CO ₂ eq/kg PV	28,1 kg CO ₂ eq/kg PV
Bragaglio et al., 2018	PT	IPCC Tier 1 e Tier 2	7	Criação de vitelos e subsequente engorda	Pastagens e posteriormente confinadas		Limousine, Charolais, Chianina, Romagnola, Marchigiana	25,41 ± 1,65 kg CO ₂ eq/kg PV	
Cardoso et al., 2015	BR	IPCC Tier 2		Criação extensiva	Pasto Brachiara degradado		Cruzamento de Nelore com Gir, Guzera, Holsteins, Curraleiro	58,3 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
				Criação extensiva	Pasto de B. brizantha		Nelore	40,9 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	

Tabela 2 - Contínuo.

<i>Fonte</i>	<i>País</i>	<i>Modelo¹</i>	<i>Nº de quintas</i>	<i>Sistema de criação</i>	<i>Mais informações</i>	<i>Peso vivo</i>	<i>Raça</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto²</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto; incluindo sequestro de carbono</i>
				Criação extensiva	Pasto de Stylosanthes spp.		Nelore e cruzamentos	29,6 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
				Criação extensiva	Pasto de Panicum cv. máximo. Tanzânia		Nelore	32,4 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
				Criação extensiva e subsequente confinamento por 75 dias	Pastagens da Guiné		Cruzamento de Nelore com Gir, Guzera, Holsteins, Curraleiro	29,4 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
Celis et al., 2013	CL	IPCC Tier 1 e Tier 2	1	Criação extensiva	Pastoreio e 10 meses de engorda	450 kg	Aberdeen Angus	29,4 kg CO ₂ eq/kg PV	
			1	Reprodução intensiva em confinamentos	Confinado e 5 meses de engorda	450 kg	Aberdeen Angus	23,9 kg CO ₂ eq/kg PV	
Grossi et al., 2020	PT	IPCC Tier 2 e Tier 3	1	Agricultura biológica extensiva	Pasto, tempo de acabamento 2 meses, abatido aos 27 meses	585 kg	Maremmana	26,3 kg CO ₂ eq/kg PV	
Dick et al., 2015	BR	IPCC Tier 2	1	Criação extensiva		420-440 kg		22,52 kg CO ₂ eq/kg de aumento de peso	
				Criação extensiva	Melhoria do pastoreio	480-500 kg		19,05 kg CO ₂ eq/kg de aumento de peso	

Tabela 2 - Contínuo.

<i>Fonte</i>	<i>País</i>	<i>Modelo¹</i>	<i>Nº de quintas</i>	<i>Sistema de criação</i>	<i>Mais informações</i>	<i>Peso vivo</i>	<i>Raça</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto²</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto; incluindo sequestro de carbono</i>
Mazzetto et al., 2015	BR	IPCC Tier 1	1	Criação extensiva	Pastoreio contínuo em Brachiaria spp.	460 kg	Nelore	49 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
					Pastoreio contínuo em Brachiaria spp., fertilização com azoto e selecção genética de animais	460 kg	Nelore	48 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
					Pastoreio contínuo em Brachiaria spp., utilização de cal antes da fertilização com azoto	460 kg	Nelore	36 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
					Pastoreio racionalizado em Brachiaria spp., fertilização com azoto, inseminação artificial	460 kg	Nelore	30 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	
					Pastoreio racionalizado em Brachiaria spp., fertilização com azoto, irrigação na estação seca, utilização de marcadores moleculares	460 kg	Nelore	21 kg CO ₂ eq/kg de carcaça	

Tabela 2 - Contínuo.

<i>Fonte</i>	<i>País</i>	<i>Modelo¹</i>	<i>Nº de quintas</i>	<i>Sistema de criação</i>	<i>Mais informações</i>	<i>Peso vivo</i>	<i>Raça</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto²</i>	<i>GWP: kg CO₂ eq/kg de produto; incluindo sequestro de carbono</i>
Ruviaro et al., 2015	BR	IPCC Tier 2	1	Criação extensiva (animais desmamados aos 180 dias e abatidos aos 30 meses)	Pastagens naturais	430 kg	Aberdeen Angus	42,6 kg CO ₂ eq/kg de aumento de peso	
					Pastagens naturais e suplemento mineral proteico			33,3 kg CO ₂ eq/kg de aumento de peso	
					Melhorar o pastoreio natural			20,2 kg CO ₂ eq/kg de aumento de peso	

¹IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change;

²GWP = Global Warming Potential o Potencial de Aquecimento Global; PV = Peso Vivo.

2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

O objectivo desta dissertação foi estimar o impacto ambiental de uma exploração de bovinos de carne baseado em consumo de forragem (*grass-fed*), de ciclo fechado, na região de Piemonte e conhecer a incidência das principais fontes de emissão na *carbon footprint (CFP)* total.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e sistema de produção

3.1.1 Região Piemonte

De acordo com o Registo Único de Exploração Agrícola do Piemonte atualizado até 2020, a Superfície Agrícola Utilizada (SAU) na região é de 892.474,16 hectares. A figura 8 mostra a área coberta por terras aráveis e hortas familiares (culturas de cereais, culturas industriais e hortícolas), culturas permanentes (vinhas e pomares) e culturas forrageiras (prados e pastagens permanentes).

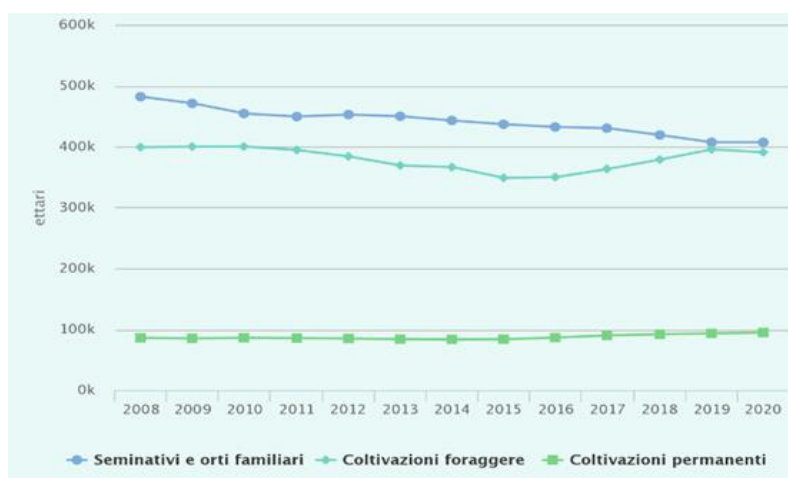


Figura 8 - Área agrícola útil (SAU) do Piemonte (<https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/anagrafe-agricola-piemonte>).

O número de cabeças de gado do Piemonte tem-se mantido estável durante a última década. Em termos de unidades de gado (CN), é cerca de 1 milhão de CN e, como mostra a Figura 9, os bovinos representam mais de metade do total.

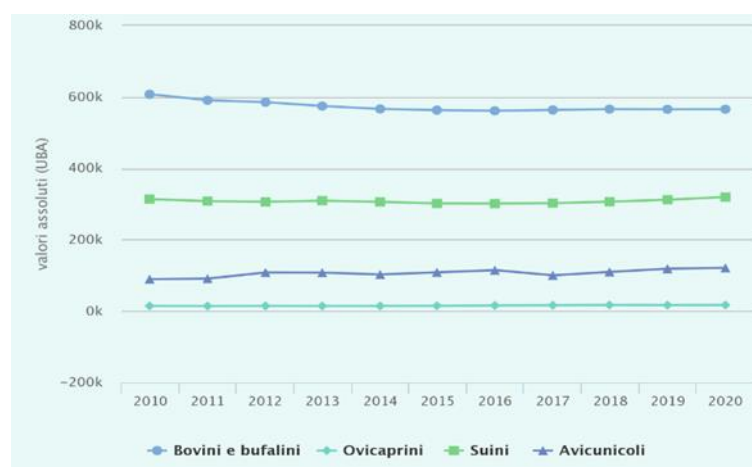


Figura 9 - Série histórica do tamanho do rebanho em termos de CN (<https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/anagrafe-agricola-piemonte>).

A maioria das explorações do noroeste da Itália, onde são criados principalmente bovinos da raça Piemontesa, caracterizam-se por uma certa variabilidade em termos de tamanho e número de cabeças criadas; no entanto, muitas vezes apresentam características semelhantes quanto ao manejo do gado, ao sistema forrageiro e à organização do trabalho, principalmente de condução familiar (ANABORAPI, 2019). Como pode ser visto na Tabela 1, Piemonte é a região italiana com o maior número de bovinos, para a produção de carne, cerca de 512.640, e ocupa o terceiro lugar nas explorações de bovinos com cerca de 9.705 (Anagrafe Nazionale Zootecnica, 2021). A raça Piemontesa, com um total de 320.552 animais (Tabela 3), é a mais amplamente criada no Piemonte e a raça bovina nativa mais importante da Itália (ISMEA, 2020). Cerca de 139.000 vitelos e novilhas piemonteses são abatidos todos os anos (ANABORAPI, 2019). Entre outras raças, Limousine, Blonde d'Aquitaine, Charolaise e vários cruzamentos são criados na mesma região.

Tabela 3 - Principais raças de gado bovino criadas no Piemonte.

Idade	1 - 0 a 6 meses	2 - 6 a 12 meses	3 - 12 a 24 meses	4 - mais de 24 meses	Total de cabeças
Piemontese	53.121	61.249	54.554	151.628	320.552
Frísio	43.030	21.250	40.773	115.804	220.857
Misto/cruzado	29.073	19.928	19.101	32.326	100.428
Limousine	684	13.910	31.380	2.244	48.218
Blonde D'Aquitane	1.272	23.683	19.324	1.565	45.844
Pezzata Rossa Italiana	1.996	1.257	1.875	9.091	14.219
Charolais	38	4.350	5.524	186	10.098
Pezzata Rossa D'Oropa	841	1.030	1.115	6.219	9.205
Sprinzen Pustertaler	1.010	1.149	1.166	5.719	9.044
Valdostana Pezzata Rossa	883	827	1.154	5.955	8.819
Aubrac	14	1.854	2.719	415	5.002
Bruna	452	332	531	2.783	4.098
Outras raças Pezzate Rosse	332	255	380	2.331	3.289
Outras raças Pezzate Nere	643	122	234	744	1.743
Grigia Alpina	76	76	85	1.449	1.686
Valdostana Castana	121	224	281	1.028	1.654
Jersey	140	71	182	537	930
Highland	71	117	150	499	837
Angus	45	171	301	310	827
Salers	2	255	410	81	748
Blu Belga	18	64	150	64	296
Varzese	17	31	32	90	170

(Fonte: https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/11).

A Tabela 4 mostra o número de bovinos abatidos a nível nacional, classificados por região.

Tabela 4 – Número de bovinos abatidos por região em 2021 (Fonte: https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/#/report-pbi/10).

Mês	01 - Janeiro	02 - Fevereiro	03 - Março	04 - Abril	05 - Maio	06 - Junho	07 - Julho	08 - Agosto	09 - Setembro	10 - Outubro	11 - Novembro	12 - Dezembro
Abruzzo	1.056	817	1.157	1.226	944	958	852	823	1.242	971	1.246	938
Basilicata	536	564	791	504	639	656	702	853	659	672	780	741
Calábria	1.461	1.567	2.280	1.803	2.213	2.241	2.390	2.528	2.153	2.032	2.123	2.163
Campânia	8.924	7.657	9.751	7.409	8.000	7.961	8.777	9.094	9.574	9.899	10.205	11.236
Emilia-Romagna	26.215	23.753	29.427	25.072	25.275	25.781	27.182	28.131	27.706	28.143	27.738	29.416
Friuli-Venezia Giulia	569	506	568	578	593	465	425	462	572	526	575	482
Lazio	2.511	2.231	2.790	2.599	2.822	2.430	2.123	2.277	2.798	3.084	3.032	2.818
Ligúria	288	300	391	269	353	261	247	282	279	315	388	330
Lombardia	49.173	48.744	54.296	48.186	47.877	46.580	48.702	49.011	55.871	56.578	58.830	59.417
Marcas	1.020	1.143	1.310	1.206	1.260	1.057	865	911	1.182	1.253	1.404	1.162
Molise	375	362	518	351	457	407	498	538	406	384	496	561
Piemonte	34.821	33.181	38.851	35.199	36.920	35.251	36.549	36.855	39.076	39.542	39.157	42.081
Apúlia	3.916	3.538	4.120	3.718	3.862	3.578	3.940	4.171	4.548	4.869	4.799	4.680
Sardenha	2.041	1.965	2.345	1.959	2.304	2.339	2.332	2.369	2.529	2.692	2.751	2.446
Sicília	6.037	6.413	8.064	6.388	7.895	8.297	8.126	8.031	7.746	7.635	7.891	7.734
Toscana	2.678	2.817	3.518	3.083	3.370	3.068	2.929	2.738	3.300	3.245	3.448	3.322
Trentino - Tirol do Sul (Bz)	798	717	953	758	854	963	651	750	716	831	1.172	1.049
Trentino - Tirol do Sul (Tn)	1.020	868	961	913	936	1.010	1.197	959	955	1.132	941	1.188
Úmbria	1.480	1.447	1.378	1.779	1.814	1.703	1.620	1.262	1.599	1.875	1.972	1.659
Vale de Aosta	442	447	477	416	655	453	280	362	303	500	775	551
Veneto	69.673	62.871	76.658	71.335	71.658	65.546	72.681	72.860	75.633	77.889	73.668	81.386
Total	215.034	201.908	240.604	214.751	220.701	211.005	223.068	225.267	238.847	244.067	243.391	255.360

3.1.2 Descrição da exploração

A exploração em estudo, conhecida como '*Casa Serra*', situa-se em Montegrosso Cinaglio, na província de Asti (AT). Propriedade do Sr. Carlo Cerrato, a história da Casa Serra começou por volta da década de 1930. É actualmente especializada na criação de gado bovino *grass-fed*, que é alimentado exclusivamente com forragem verde e conservado, ou seja, pastagens e feno (Capper, 2012).

O complexo agrícola cobre uma área de cerca de 90,9 ha e está localizado a uma altitude que varia entre 120 e 270 metros acima do nível do mar. A Tabela 5 mostra a distribuição da área, que está dividida em 5 corpos localizados em Asti, Montegrosso Cinaglio (AT), Baldichieri (AT), Cantarana (AT) e Settime (AT) e as principais informações relativas as características da criação. As raças de gado criadas são: Aberdeen Angus, Scottish Highland, Varzese e Piemontese, cujos bezerros, após o desmame (sexto mês de vida) são alimentados exclusivamente com forragem verde e mantidos até atingirem o seu peso final de abate. Dado que são alimentados exclusivamente com forragem, a fase de engorda é mais longa do que nos sistemas convencionais e dura cerca de 10 a 12 meses. Portanto, o peso ideal de abate é atingido entre 18 e 22 meses, e é de aproximadamente 625 kg.

Tabela 5 – Distribuição da superfície da empresa e consistência da exploração.

Item	
<i>Distribuição da área</i>	
Área total, ha	90,9
Pastagens naturais, ha	8,0
Pastagens arborícolas*, ha	42,0
Alfalfa, ha	16,4
Prato, ha	14,5
Trevo, ha	10,0
<i>Consistências</i>	
Vacas, n.	71
Retorno, n.	19
Bezerros, n.	35
Peso à nascença, kg	30-40
Peso de abate, kg	625
Idade no desmame, meses	6,0
Idade no abate, meses	18-22 meses
Incremento de peso médio, kg/d	1,0
Animais vendidos (vitelos, touros e vacas no final da sua carreira), n.	22
kg de peso vivo total vendido	13900
total de kg de carcaça	8680

*espécies de árvores presentes: carvalho, nogueira, avelã, castanheiro e acácia.

3.2 Recolha de dados

Os dados foram recolhidos por entrevista directa ao criador, ou seja, através da administração de um questionário a fim de obter informações sobre:

- a ordem de cultivo, e mais precisamente a SAU com as culturas específicas, espécies de árvores/arbustos presentes e a sua utilização;
- o número, tipo e características dos animais presentes, com o seu método de criação e conhecimento do número de nascimentos, taxa de mortalidade e tipo de alimentação dada;
- produção bruta vendável, abrangendo tanto os animais como os alimentos produzidos;
- o tipo de gestão de estrume;
- a forma como os alimentos são obtidos, ou seja, se são produzidos na exploração ou comprados externamente;
- o consumo de gasóleo com as relativas máquinas da empresa;
- dados agronómicos e de cultivo.

3.3 Limites espaciais e temporais do sistema

O limite espacial considerado foi “cradle to farm gate”, ou seja, desde o berço até ao portão da exploração. Relativamente ao limite temporal, foi considerado o ano agrícola médio de 1 de Outubro a 30 de Setembro dos últimos 5 anos.

3.4 Estimar a pegada de carbono

A estimativa da pegada de carbono foi realizada através das directrizes fornecidas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) indicadas no Volume 4 “*Agriculture, Forestry and Other Land Use*”, Capítulo 10 “*Emissions From Livestock and Manure Management*” do IPCC (2006b), seguindo a abordagem Tier 1 e 2. As fontes de emissão consideradas foram: CH₄ entéricas, CH₄ e N₂O de efluentes pecuários, CO₂ devido a produção e utilização de energia, e o relacionado com o abastecimento alimentar.

3.4.1 Estimativa das emissões de metano

As emissões de metano entérico foram estimadas a partir da GE, ou seja, energia bruta, expressa em MJ d⁻¹, e calculadas utilizando a equação IPCC 10,21 (2006b):

$$GE = [(NE_m + NE_a + NE_{work} + NE_p) / REM + \left(\frac{(NE_g / REG)}{DE\% / 100} \right)]$$

de acordo com o qual:

- **NE_m** (MJ d⁻¹): indica a energia líquida para a manutenção;
- **NE_a** (MJ d⁻¹): indica a energia líquida para o movimento;
- **NE_p** (MJ d⁻¹): indica a energia líquida necessária para a gestação;
- **NE_g** (MJ d⁻¹): indica a energia líquida necessária para o crescimento;
- **REG**: relação entre a energia líquida disponível para o crescimento e a energia digerível consumida;
- **DE%**: indica a energia digerível expressa como uma percentagem da energia bruta.

Após a estimativa da GE, as emissões de metano entérico foram estimadas de acordo com a equação 10.21 do IPCC (2006b), ou seja

$$EF = \left[GE \times \left(\frac{Ym}{100} \right) \times \frac{365}{55.65} \right]$$

Na qual:

- EF é o factor de emissão, expresso em kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹;
- GE, ou seja, energia bruta, expressa em MJ d⁻¹;
- Ym, factor de conversão do metano, expresso em %;
- 55,65 indica a energia contida no metano expressa em MJ kg CH₄⁻¹.

A quantidade de metano obtida foi multiplicada pelo número de animais e depois as emissões de cada grupo foram somadas para obter o metano emitido por todos os animais da exploração.

$$kg CH_4 = EF \times n. animais$$

3.4.2 Estimativa das emissões de metano dos efluentes

No que diz respeito às emissões de metano dos dejectos e esgotos, o seu cálculo baseia-se na quantidade de sólidos voláteis (VS) produzidos pelos animais, ou seja, matéria orgânica, biodegradável e não, presente no estrume; portanto, representam a percentagem de alimentos não digeridos pelo animal. Foram calculados aplicando a equação 10.24 do IPCC (2006b):

$$VS = \left[GE \times \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \times GE) \right] \times \left[\left(\frac{1 - ASH}{18.45} \right) \right]$$

Neste caso, reconhecemos:

- DE%, o que indica a digestibilidade dos alimentos;
- EU x GE, que indica a energia presente na urina, expressa como uma percentagem da energia bruta;
- ASH, que indica o conteúdo de cinzas, e tem um valor de 8% para o gado (Tabela 10.18, Vol.4, Capítulo 10, IPCC, 2006b);
- 18,45 (MJ kg⁻¹), é o factor de conversão de energia bruta por kg de SS.

Uma vez calculados os VS, foi possível proceder ao cálculo das emissões de metano do estrume, expresso em kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹, usando a equação 10.23 do IPCC (2006):

$$CH_4 \text{ reflui} = (VS \times 365) \times \left[B_0 \times 0.67 \text{ kg/m}^3 \times \left(\frac{MCF}{100} \right) \times MS \right]$$

Nesta fórmula, temos:

- B₀ (m³ CH₄ kg⁻¹), que indica a capacidade máxima de produção de metano de estrume, igual a 0,18 m³ CH₄ kg⁻¹ para gado (Tabela 10A-5, Vol.4, Capítulo 10, IPCC, 2006b);
- 0,67, ou seja, o factor de conversão de m³ para kg de CH₄;
- MCF, que representa o factor de conversão do metano para cada sistema de gestão de estrume, e indica mais precisamente a percentagem de estrume convertido em metano; o seu valor é 1,5% (Tabela 10 A-9, Vol.4, Capítulo 10, IPCC, 2006b)

Mais uma vez, a quantidade de metano produzido pelo efluente foi multiplicada pelo número de animais presentes; depois, as emissões de cada grupo foram adicionadas para obter o metano emitido por todos os animais da quinta, expresso em kg CH₄ ano⁻¹.

3.4.3 Estimativa das emissões de óxido nitroso dos efluentes

Para o cálculo das emissões de N₂O do estrume, deve ser feita uma distinção entre directas e indirectas. No que diz respeito às emissões directas, estas foram estimadas a partir do azoto excretado (N_{ex}), seguindo a equação 10.3 do IPCC (2006b):

$$N_{ex} = N_{rate} \times \left(\frac{TAM}{1000} \right) \times 365$$

Na qual:

- N_{rate} indica a taxa de excreção de azoto expressa em kg N (1000 kg de peso)⁻¹ d⁻¹, o valor considerado foi de 0,33 kg N (1000 kg de peso)⁻¹ d⁻¹ (Tabela 10.19 IPCC, 2006);
- O TAM representa o peso do animal (kg).

Nitrogénio volatilizado (N_{vol}) sob a forma de NH₃ e óxidos de azoto foi estimado usando a equação IPCC (2006b) 10,26 como:

$$N_{vol} = N_{ex} \times MS \times \text{FracgasM}/100$$

Onde:

- N_{vol}= azoto volátil, kg N cabeça⁻¹ ano⁻¹;
- N_{ex} = nitrogénio excretado (N), kg N cabeça⁻¹ ano⁻¹;
- FracgasM= percentagem de N que volatiliza como NH₃ e Nox, % (Tabela 10.22, Vol. 4 IPCC 2006, Capítulo 10, pg. 10.65).

Portanto, as emissões directas de N₂O do estrume foram calculadas usando a equação 10.25 do IPCC (2006b):

$$N_2O \text{ directo} = (N_{ex} - N_{vol}) \times EF_3 \times \frac{44}{28}$$

Onde:

- EF₃ indica o factor de emissão directa como uma função do sistema de gestão de estrume, onde o valor considerado para o estrume é 0,02;
- 44/28, por outro lado, é o factor de conversão de N₂O-N para N₂O.

Em contraste, as emissões indirectas de N₂O da volatilização do azoto no estrume foram calculadas de acordo com a equação IPCC (2006) 10,27:

$$N_2O \text{ indirecto} = (N_{vol} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$$

Neste caso, a EF₄ representa o factor de emissão devido à deposição de azoto no solo e nas águas superficiais. O valor considerado é 0,01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹. A quantidade de N₂O obtida das emissões directas e indirectas, expressa em kg N₂O cabeça⁻¹ ano⁻¹, foi multiplicada pelo número de animais presentes; as emissões de cada grupo foram então adicionadas para obter o óxido nitroso emitido por todos os animais presentes na exploração, expresso em kg N₂O ano⁻¹.

3.4.4 Estimar as emissões da produção e utilização de energia

No que diz respeito às emissões provenientes da utilização de energia, foram tidas em conta tanto as emissões provenientes da utilização de electricidade como as emissões directas e indirectas provenientes da utilização de combustíveis fósseis.

As emissões resultantes da utilização de electricidade foram calculadas como:

$$CO_2eq \text{ energia eletrica} = (\text{Consumo} \times \text{Coef. ISPRA})(kgCO_2eq \text{ all'anno})$$

O consumo de energia é expresso em kWh por ano⁻¹, enquanto o coeficiente ISPRA tem um valor de 0,44 kg CO₂/kWh (ISPRA, 2011);

Em vez disso, foram calculadas as emissões estimadas de combustíveis fósseis:

$$CO_2eq \text{ combustível fossil} = (kg \text{ gasóleo} \times \text{Coef. emissão directa}) \\ + (kg \text{ gasóleo} \times \text{Coef. emissão indirecta})(kgCO_2eq \text{ ao ano})$$

Onde 3,15 kg de CO₂/kg representa o coeficiente utilizado para calcular as emissões directas devidas à combustão do gasóleo (ISPRA, 2011), enquanto 0,39 kg de CO₂/kg representa o coeficiente utilizado para calcular as emissões indirectas devidas à produção de gasóleo (Rotz et al., 2010).

3.4.5 Estimativa das emissões da produção e compra de alimentos para animais

O cálculo das emissões relacionadas com a produção de alimentos difere do cálculo feito para a sua compra. Neste último caso, como mostra a Tabela 6, foram utilizados coeficientes de emissão específicos para cada alimento (Serra, 2013). De facto, a fim de obter as emissões de CO₂ eq resultantes dos alimentos comprados, os kg de SS foram multiplicados para cada categoria de alimentos pelo coeficiente relacionado com a categoria analisada.

Tabella 6 - Tabela de coeficientes de emissão para alimentos comprados (Serra, 2013).

<i>Alimentos</i>	<i>Factor de emissão, kg CO₂ eq kg SS⁻¹</i>
Silagem de milho	0,14
Silagem de relva	0,17
Feno de relva	0,23
Feno misto (gramíneas e leguminosas)	0,20
Feno de Alfalfa	0,07
Farinha de milho	0,29
Farinha de cevada	0,26
Farinha de soja	0,67
Outras farinhas ricas em proteínas	0,25
Subprodutos	0,40
Produto comercial rico em proteínas	0,70
Produto comercial	0,60
Granulado	0,28
Palha	0,04
Pastoreio	0,06
Suplementos minerais e vitamínicos	0,25
Suplementos de aminoácidos e ureia	0,25
Gorduras	0,80
Subprodutos de cereais	0,40
Leite em pó	2,00

No caso dos alimentos produzidos na exploração agrícola, foi feita uma divisão entre emissões primárias e secundárias: no primeiro caso, foram incluídas as emissões provenientes da

utilização de fertilizantes azotados, enquanto no segundo caso, as emissões provenientes da utilização de fertilizantes fosfatados e potássicos, pesticidas e sementes. As emissões directas resultantes da utilização de fertilizantes azotados foram calculadas utilizando a fórmula:

$$N_2O \text{ directo} = \text{kg do fertilizante usado} \times \text{Soil}_{EFN_2O} \text{ direct} \times \frac{44}{28} (\text{kg } N_2O \text{ ao ano})$$

Neste caso, como indicado pelo National Topic Centre on Atmosphere, Climate and Air Emissions (2002), $\text{Soil}_{EFN_2O} \text{ direct}$ é um factor de emissão para as emissões de óxido nitroso da aplicação de N no solo de 0,056.

As emissões indirectas, por outro lado, foram calculadas utilizando as seguintes fórmulas:

$$\text{Emissão total d P e K} = \text{kg de fertilizante} \times 1.026 \text{ o } 0.867 (\text{kg } CO_2 \text{ eq ao ano})$$

$$\text{Emissão total pesticida o herbicida} = \text{kg di pest. o erb.} \times 22 (\text{kg } CO_2 \text{ eq ao ano})$$

$$\text{Emissão total da semente} = \text{kg de semente} \times 0.2 (\text{kg } CO_2 \text{ eq ao ano})$$

3.5 Potencial de aquecimento global e unidade funcional

A pegada de carbono foi derivada da soma das várias fontes de emissão: CH_4 entérico, CH_4 de águas residuais, N_2O de águas residuais, CO_2 de energia e alimentos expressos em $kg CO_2$ equivalente de acordo com a escala de equivalência do *Global Warming Potential* (GWP100) num intervalo de tempo de 100 anos onde:

- 1 kg CO_2 = 1 kg CO_2 equivalente
- 1 kg CH_4 = 27,9 kg CO_2 equivalente
- 1 kg N_2O = 273 kg CO_2 equivalente

Para a unidade funcional, as emissões totais estavam relacionadas com kg de peso vivo e kg de carcaça.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 7 mostra os resultados da CFP estimada da exploração. A análise dos dados mostrou que, o impacto relacionado com a produção de 1 kg de peso vivo foi de 26,7 kg de CO₂eq e o relacionado com a produção de 1 kg de carcaça foi de 42,7 kg de CO₂eq.

A contribuição, em termos percentuais, das fontes de emissão individuais para o impacto global da exploração agrícola é mostrada na Figura 10. Como se pode ver no gráfico, as emissões entéricas de metano representaram cerca de 65% do impacto total da exploração agrícola, seguidas pelas emissões de efluentes que representaram 17%, a energia 11% e as rações 7%.

Tabela 7 – Carbon footprint e principais fontes de emissões da exploração de bovinos de estudo.

Item	Meios de comunicação
Emissões entéricas, kg CO ₂ eq	239610
Emissões de esgotos, kg CO ₂ eq	64358
Emissões da produção e utilização de energia, kg CO ₂ eq	39816
Emissões de alimentos comprados, kg CO ₂ eq	26775
Emissões de alimentos autoproduzidos, kg CO ₂ eq	440
Emissões totais, kg CO₂ eq	370988
Peso vivo, kg	13900
Peso da carcaça, kg	8680
Pegada de carbono, kg CO ₂ eq kg carcaça ⁻¹	42,7
Pegada de carbono, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	26,7
<i>Repartição das emissões</i>	
Pegada de carbono metano entérico, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	17,24
Pegada de carbono efluente, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	4,63
Energia da pegada de carbono, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	2,86
Pegada de carbono dos alimentos, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	1,96
• Alimentos comprados, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	1,93
• Alimentos produzidos, kg CO ₂ eq kg peso vivo ⁻¹	0,03

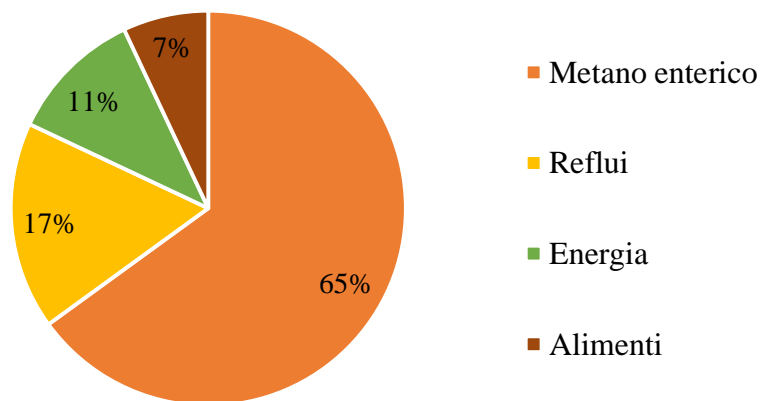


Figura 10 - Contribuição (em %) das fontes de emissão individuais sobre o impacto total da exploração agrícola.

O valor da CFP obtido, expresso em kg de PV e kg de carcaça, está de acordo com o que foi observado anteriormente na literatura sobre sistemas pecuários onde o pastoreio é amplamente utilizado. Neste sentido, há vários estudos, relacionados com a estimativa do impacto ambiental do gado bovino criado nas pastagens, que a literatura científica propõe (Becoña et al., 2014; Dick et al., 2015; Ruviaro et al., 2015; Buratti et al., 2017, Barreto de Figuerido et al., 2017; Florindo et al., 2017; Bragaglio et al., 2018; Grossi et al., 2020; Oliveira et al., 2020; Bonnin et al. 2021; Costantini et al. 2021; González-Quintero et al., 2021). A maioria dos estudos analisados foram realizados na América do Sul, onde este tipo de criação é bastante difundido (Pulina et al., 2021). Por exemplo, o estudo de Ruviaro et al. (2015), realizado no Brasil, considerou a criação extensiva de gado Aberdeen Angus, desmamado aos 180 dias e abatido aos 30 meses com um peso de 430 kg. O estudo evidenciou que o impacto variava de acordo com o tipo de sistema utilizado. Especificamente, a intensidade de emissão foi de 42,6 kg CO₂ eq/kg PV para os animais que pastam em pastagens naturais; 33,3 kg CO₂ eq/kg PV para os que pastam em pastagens naturais e recebem um suplemento proteico mineral; e 20,2 kg CO₂ eq/kg PV para os que pastam em pastagens melhoradas. Muito provavelmente, o recurso forrageiro melhorado conseguiu influenciar positivamente a obtenção do peso de abate e, portanto, o impacto global do rebanho. Outro estudo no mesmo país analisou dois sistemas agrícolas em que, em ambos os casos, os animais eram criados extensivamente. No entanto, no segundo caso, o pastoreio foi gerido racionalmente, resultando numa menor pegada de carbono (19,05 vs. 22,52 kg CO₂ eq/kg de aumento de peso). Esta diferença estava ligada à obtenção de um peso de abate mais elevado de 480-500 kg em comparação com 420-440 kg no primeiro caso (Dick et al., 2015), o que permitiu diluir o impacto numa maior quantidade de produto. Outros estudos concordam que a utilização racional do recurso forrageiro (Barreto de Figuerido et al., 2017) e

a melhoria das pastagens (González-Quintero et al., 2021), contribuem decisivamente para a redução do impacto ambiental do gado bovino de criação extensiva. De facto, outro estudo realizado no Uruguai mostrou que a criação das raças Hereford e Aberdeen Angus em pastagens melhoradas e não em prados nativos foi menos impactante. Especificamente, a intensidade de emissão variou de um mínimo de 11,4 kg CO₂ eq/kg de aumento de peso para animais criados em pastagens melhoradas, a um máximo de 32,2 kg CO₂ eq/kg de aumento de peso para os criados em pastagens nativas, com um valor médio de 20,8 kg CO_{2eq} /kg de aumento de peso (Becoña et al., 2014).

Em relação aos estudos realizados na Itália, Bragaglio et al. (2018), consideraram várias raças indígenas como Chianina, Romagnola, Marchigiana, mas também Limousine e Charolaise, todas criadas extensivamente e derivaram um valor de 25,41 ± 1,65 kg CO_{2eq} /kg PV. Buratti et al. (2017), consideraram o impacto de outra raça indígena italiana: a Chianina, criada de forma convencional ou orgânica. Os seus resultados mostraram que a intensidade de emissão era de 18,21 e 24,62 kg CO_{2eq}/kg PV nos sistemas convencional e orgânico, respectivamente. Num outro estudo, o impacto ambiental do gado de raça Maremmana de criação extensiva e biológica, abatido aos 27 meses de idade com um peso de 585 kg, foi de 26,3 kg CO₂ eq/kg PV (Grossi et al., 2020).

5. CONCLUSÕES

Em conclusão, os resultados deste trabalho, mesmo tendo sido realizada numa única realidade de produção, permitiram estimar a *carbon footprint* de uma exploração de gado bovino no Piemonte e avaliar quais são as fontes de emissão com maior impacto na pegada global de carbono, com cerca de 65% do impacto atribuível às emissões de metano entérico. O valor da CFP obtido, igual a $26,691 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \text{ kg PV}^{-1}$ e $42,7 \text{ kg CO}_{2\text{eq}} \text{ kg carcaça}^{-1}$, está em conformidade com o que se encontrava anteriormente na literatura sobre sistemas de agricultura extensiva. No entanto, isto não exclui que este tipo de criação possa ser virtuoso e menos impactante, do ponto de vista ambiental, se forem implementadas ações para melhorar a eficiência reprodutiva da exploração agrícola, promover estratégias de pastagem sustentável ou se forem consideradas medidas para aumentar o sequestro de carbono.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Casa Serra pela sua hospitalidade, empenho e seriedade em me apoiar neste projeto.

Gostaria de agradecer à Dra. Lunesu pela humanidade, equilíbrio, profissionalismo e ajuda com que me acompanhou ao longo deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao Professor Pulina por me oferecer, desde o início, várias alternativas e projectos para trabalhar, mas sobretudo por me dar a oportunidade de fazer esta tese.

Agradeço ao Professor Pereira, pela disponibilidade e pela ajuda na tradução e correção desta tese.

7. BIBLIOGRAFIA

1. ANABORAPI, 2012. “Come allevare la Piemontese”. <http://www.anaborapi.it/en/images/media/pdf/ComeAllevareLaPiemontese.pdf>.
2. ANABORAPI, 2019. Relazione tecnica e statistiche. Available on-line at www.anaborapi.it.
3. Anagrafe Nazionale Zootecnica, 2021. Statistiche. https://www.vetinfo.it/j6_statistiche/index.html#/.
4. Angerer V., Sabia E., König von Borstel U., Gauly M., 2021. “Environmental and biodiversity effects of different beef production systems”. *Journal of Environmental Management*, Volume 289, 2021, 112523, ISSN 0301-4797. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112523>.
5. Ansaloni F., Arzeni A., Sopranzetti C., 2009. “L’allevamento linea vacca vitello nelle aree interne delle Marche” – Rapporto di analisi 2009.
6. Barretto de Figueiredo E., Jayasundara S., Bordonal R.O., Berchielli T.T., Reis R.A., Wagner-Riddle C., Newton La Scala Jr., 2017. “Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 142, Part 1, Pages 420-431, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>.
7. Becoña G., Astigarraga L., Picasso V.D., 2014. “Greenhouse Gas Emissions of Beef Cow-Calf Grazing Systems in Uruguay”. *Sustainable Agriculture Research*, Vol. 3, No. 2; ISSN 1927-050X E-ISSN 1927-0518, Published by Canadian Center of Science and Education. doi:10.5539/sar.v3n2p89.
8. Berton M., Agabriel J., Gallo L., Lherm M., Ramanzin M., Sturaro E., 2017. “Environmental footprint of the integrated France–Italy beef production system assessed through a multi-indicator approach”. *Agricultural Systems*, Volume 155, Pages 33-42, ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.04.005>.
9. Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M., 1993. “Tecniche di produzione animale”. Liviana Edizioni.
10. Bonnin D., Tabacco E., Borreani G., 2021. “Variability of greenhouse gas emissions and economic performances on 10 Piedmontese beef farms in North Italy”, *Agricultural Systems*, Volume 194, 103282, ISSN 0308-521X. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103282>.

11. Bragaglio A., Napolitano F., Pacelli C., Pirlo G., Sabia E., Serrapica F., Serrapica M., Braghieri A., 2018. "Environmental impacts of Italian beef production: A comparison between different systems". *Journal of Cleaner Production*, Volume 172, Pages 4033-4043, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.078>.
12. Buratti C., Fantozzi F., Barbanera M., Lascaro E., Chiorri M., Cecchini L., 2017. "Carbon footprint of conventional and organic beef production systems: An Italian case study", *Science of The Total Environment*, Volume 576, Pages 129-137, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.075>.
13. Capper J.L., 2012. "Is the grass always greener? Comparing the environmental impact of conventional, natural and grass-fed beef production systems". *Animals*. 2:127-143.
14. Cardoso A.S., Berndt A., Leytem A., Alves B.J.R., de Carvalho I.N.O., de Barros Soares L.H., Urquiaga S., Boddey R.M., 2016. "Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use". <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2015.12.007>.
15. Casey J.W., Holden N.M., 2006. "Quantification of GHG emissions from sucker-beef production in Ireland". *Agricultural Systems* 90, 79–98, Department of Biosystems Engineering (Bioresources Modelling Group), University College Dublin. doi:10.1016/j.agsy.2005.11.008.
16. Cederberg C., Persson U.M., Neovius K., Molander S., Clift R., 2011. "Including Carbon Emissions from Deforestation in the Carbon Footprint of Brazilian Beef". *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 1773–1779. [dx.doi.org/10.1021/es103240z](https://doi.org/10.1021/es103240z)
17. Celis J.E., Sandoval N., Wells G., 2013. "Carbon footprint estimation resulting from beef cattle at the central irrigated Valley, Bio-Bio Region, Chile". *ANNALS OF AGRARIAN SCIENCE*, vol. 11, no. 1.
18. Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima ed Emissioni in Aria (Obiettivo OB06.12bManuale dei fattori di emissione) Rapporto n. 01. Manuale dei fattori di emissione nazionali, 2002.
19. Chiriaco M.V., Bellotta M., Lacetera N., Vitali A., Grossi G., 2020. "Metodologia per la stima della riduzione delle emissioni e/o dell'aumento degli assorbimenti da attività di gestione sostenibile". Programma Rete Rurale Nazionale 2014-2020. MIPAAF. ISMEA.
20. Costantini M., Vázquez-Rowe I., Manzardo M., Bacenetti J., 2021. "Environmental impact assessment of beef cattle production in semi-intensive systems in Paraguay". *Sustainable Production and Consumption*, Volume 27, Pages 269-281, ISSN 2352-5509. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.003>.

21. C.R.P.A., 2004. “Costo di produzione e di macellazione del vitellone da carne”. Opuscolo C.R.P.A. 7.
22. C.R.P.A., 2013. “Emissioni in atmosfera – l'impronta che non si vede”. Programma di Sviluppo Rurale dell'Emilia-Romagna 2007-2013, Misura 111, Azione 2, “Azioni trasversali di supporto al sistema della conoscenza”.
23. Dell'Orto V., Savoini G., Sgoifo Rossi C.A., Cheli F., Agazzi A., Pozzi S., Campagnoli A., Vandoni S., Innocenti M., 2008. Bovini da carne nati in Lombardia: strategia nutrizionali per i periodi del parto e svezzamento, Quaderni della ricerca, n.85, Regione Lombardia, Agricoltura pag. 11-15.
24. De Vries M., de Boer I.J.M., 2010. “Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments”. *Livestock Science*. Volume 128. Issues 1–3. Pages 1-11. ISSN 1871-1413. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>.
25. De Vries, M., van Middelaar, C.E., de Boer, I.J.M., 2015. “Comparing environmental impacts of beef production systems: a review of life cycle assessments”. *Livest. Sci.* 178, 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.020>.
26. Dick M., Abreu da Silva M., Dewes H., 2015. “Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 96, Pages 426-434, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.080>.
27. Dick M., Abreu da Silva M., Dewes H., 2015a. “Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil – Evaluation using farm-based life cycle assessment”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 87, Pages 58-67, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.087>.
28. FAO, 2017. Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) [online]. Rome. [Cited 18 May 2017]. www.fao.org/gleam/en/.
29. FAO, 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/>.
30. Florindo T.J., de Medeiros Florindo G.I.B, Talamini E., Severino da Costa J., Ruviaro C.F., 2017. “Carbon footprint and Life Cycle Costing of beef cattle in the Brazilian midwest”, *Journal of Cleaner Production*, Volume 147, Pages 119-129, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.021>.
31. Gastaldo A., Borciani M., Compiani R., Rossi C., Lalinga G., Sorlini Lugaresi G.M., 2019. “Bovini da ingrasso: benessere animale, sistemi di stabulazione e costi”. *Eurocarni* 3/2019.
32. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. “Tackling Climate Change through Livestock – A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities”. Food and Agriculture Organization of the

- United Nations (FAO), Rome, Italy Retrieved on 10 July 2019 from. <http://www.fao.org/3/a-i3437e.pdf>.
33. González-Quintero R., Bolívar-Vergara D.M., Chirinda N., Arango J, Pantevez H., Barahona-Rosales R., Sánchez-Pinzón M.S., 2021. “Environmental impact of primary beef production chain in Colombia: Carbon footprint, non-renewable energy and land use using Life Cycle Assessment”. *Science of The Total Environment*, Volume 773, 2021, 145573, ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145573>.
 34. Grossi G, Vitali A, Lacetera N, Danieli PP, Bernabucci U, Nardone A., 2020. “Carbon Footprint of Mediterranean Pasture-Based Native Beef: Effects of Agronomic Practices and Pasture Management under Different Climate Change Scenarios”. *Animals*. 2020; 10(3):415. <https://doi.org/10.3390/ani10030415>.
 35. Herron J., Curran T.P., Moloney A.P., McGee M., O’Riordan E.G., O’Brien D., 2021. “Life cycle assessment of pasture-based suckler steer weanling-to-beef production systems: Effect of breed and slaughter age”. *Animal*, Volume 15, Issue 7, 100247, ISSN 1751-7311. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100247>.
 36. INEA, 2014. “La filiera della carne bovina – Un’analisi preliminare per il rilancio del settore”.
 37. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
 38. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 1: Introduction, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. By Paustian K., Ravindranath N.H., van Amstel A.
 39. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from livestock and manure management, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. by Dong H., Mangino J., McAllister T.A.
 40. ISMEA, 2011. Chek up – Competitività della filiera bovina da carne. Accesso 10 Ottobre 2012. <http://www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/3513>.
 41. ISMEA, 2017. La competitività dell’allevamento bovino da carne in Italia – Sistemi aziendali a confronto.
 42. ISMEA, 2020. Carne Bovina [beef meat]. Available on-line at. <https://www.ismeamercati.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/4349#MenuV>.

43. ISO 2006b. “Environmental management – life cycle assessment: requirements and guidelines (ISO 14044:2006)”. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium.
44. ISPRA, 2011. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale. “Agricoltura: emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009”. Rapporto ISPRA 140, 2011.
45. Lupo C.D., Clay D.E., Benning J.L., Stone J.J., 2014. “Life-Cycle Assessment of the Beef Cattle Production System for the Northern Great Plains, USA”. *Journal of Environmental Quality*, 42:1386–1394 (2013). doi:10.2134/jeq2013.03.0101.
46. Mazzetto A.M., Feigl B.J., Schils R.L.M., Cerri C.E.P., Cerri C.C., 2015. “Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system”. *Livestock Science*, Volume 175, Pages 101-112, ISSN 1871-1413, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.014>.
47. Mogensen L., Kristensen T., Nielsen N.I., Spleth P., Henriksson M., Swensson C., Hessle A., Vestergaard M., 2015. “Greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden”. *Livestock Science*, Volume 174, Pages 126-143, ISSN 1871-1413, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.01.021>.
48. Montanari C., 2011. “Carne bovina nel mondo: allevamenti e costi a confronto”. *L'informatore Agrario*; 37/2011.
49. Nguyen T.L.T., Hermansen J.E., Mogensen L., 2010. “Environmental consequences of different beef production systems in the EU”. *Journal of Cleaner Production*, 18, 756–766. doi:10.1016/j.jclepro.2009.12.023.
50. O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C., Wallace M., 2012. “Evaluation of the effect of accounting method, IPCC v. LCA, on grass-based and confinement dairy systems' greenhouse gas emissions”. *Animal*. Volume 6. Issue 9. Pages 1512-1527. ISSN 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000316>.
51. Ogino A., Sommart K., Subepang S., Mitsumori M., Hayashi K., Yamashita T., Tanaka Y., 2016. “Environmental impacts of extensive and intensive beef production systems in Thailand evaluated by life cycle assessment”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, Part 1, Pages 22-31, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.110>.
52. Oliveira P.P.A., Berndt A., Pedroso A.F., Alves T.C., Pezzopane J.R.M., Sakamoto L.S., Henrique F.L., Rodrigues P.H.M., 2020. “Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome)”. *Animal*, Volume 14, Supplement 3, Pages s427-s437, ISSN 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001822>.
53. Paganini M., Serafini C., 2006. “L'allevamento del bovino da carne”. *Le pointe veterinarie*.

54. Picasso D.V., Modernel P.D., Becoña G., Salvo L., Gutiérrez L., Astigarraga L., 2014. “Sustainability of meat production beyond carbon footprint: a synthesis of case studies from grazing systems in Uruguay”. *Meat Science*, Volume 98, Issue 3, Pages 346-354, ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.005>.
55. Pulina, G., 2020. Lezioni di etica e sostenibilità degli allevamenti. Dispense UNISS.
56. Pulina, G., Acciaro, M., Atzori, A. S., Battacone, G., Crovetto, G. M., Mele, M., ... & Rassu, S. P. G. (2021). Animal board invited review–Beef for future: technologies for a sustainable and profitable beef industry. *Animal*, 15(11), 100358.
57. Ritchie H., Roser M. (2017) - "Meat and Dairy Production". *Published online at OurWorldInData.org*. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/meat-production>'
58. Ronchi B., Bittante G., Dell’Orto V., Formigoni A., Macciotta N.P.P., Mele M., Piva G., Pulina G., Sevi A., 2021. “Allevamenti, sostenibilità ambientale e cambiamenti climatici”. Accademia dei Georgofili, Comitato Consultivo “Allevamenti e prodotti animali”, Documento per audizione - Commissione Agricoltura e produzione agroalimentare.
59. Ronga M., Chiriaco M.V., Pellis G., Perugini L., Valentini R., 2018 “Metodologia per l’attuazione di meccanismi volontari di riduzione e compensazione delle emissioni a livello di distretto zootecnico”. MIPAAFT, ISMEA, CMCC (Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici), www.cmcc.it, Divisione IAFES (Impatti su Agricoltura, Foreste e Servizi Ecosistemici).
60. Rotz, C.A., Montes, F. and Chianese, D.S., 2010. “The Carbon Foot Print of dairy production systems through partial life cycle assessment”. *Journal of Dairy Science*, Vol. 93, Issue 3, pp. 1266-1282.
61. Rotz C.A., Isenberg B.J., Stackhouse-Lawson K.R., Pollak E.J., 2013. “A simulation-based approach for evaluating and comparing the environmental footprints of beef production systems”. *Journal Animal Science*, 91:5427-5437. doi: 10.2527/jas.2013-6506.
62. Rotz C.A., Asem-Hiablie S., Place S., Thoma G., 2019. “Environmental footprints of beef cattle production in the United States”. *Agricultural Systems*. Volume 169, Pages 1-13, ISSN 0308-521X. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.11.005>.
63. Ruviaro C.F., de Léis C. M., Lampert V.N., Jardim Barcellos J.O., Dewes H., 2015. “Carbon footprint in different beef production systems on a southern Brazilian farm: a case study”. *Journal of Cleaner Production*, Volume 96, Pages 435-443, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.037>.
64. Salter, A., 2017. “Improving the sustainability of global meat and milk production”. *Proc. Nutr. Soc.* 76 (1), 22–27. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000276>.

65. Serra, M. G., 2014. Estimation of carbon footprint in dairy cattle farms of Southern Italy. PhD thesis. Università degli studi di Sassari.
66. Stackhouse-Lawson K. R., Rotz, C. A., Oltjen, J. W., Mitloehner, F. M., 2012. "Carbon footprint and ammonia emissions of California beef production systems". *Journal of Animal Science*. Vol. 90, IS 12, SP 4641, OP 4655, SN 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4653>.
67. Stanley P.L., Rowntree J.E., Beede D.K., DeLonge M.S., Hamm M.W., 2018. "Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems". *Agricultural Systems*, Volume 162, Pages 249-258, ISSN 0308-521X. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2018.02.003>.
68. Sturaro E., Quassolo M., Ramanzin M., 2005. "Factors affecting growth performance in beef production: an on farm survey". *Ital J Anim Sci* 4 (3), 128-131.
69. Thomassen M.A., van Calker K.J., Smits M.C.J., Iepema G.L., de Boer I.J.M. 2008b. "Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands". *Agricultural Systems* 96, 95–107.
70. Tsutsumi M., Ono Y., Ogasawara H., Hojito M., 2018. "Life-cycle impact assessment of organic and non-organic grass-fed beef production in Japan". *Journal of Cleaner Production*, Volume 172, Pages 2513-2520, ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.159>.
71. Vergé X.P.C., Dyer J.A., Desjardins R.L., Worth D., 2008. "Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry". *Agricultural Systems*, 98, 126–134. doi: 10.1016/j.agry.2008.05.003.
72. Veysset P., Lherm M., Bébin D., 2010. "Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: Model-based analysis and forecasts". *Agricultural Systems*. Volume 103, Issue 1, 103, Pages 41-50, ISSN 0308-521X, <https://doi.org/10.1016/j.agry.2009.08.005>.
73. Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M., Benoit M., 2014. "Variability in greenhouse gas emissions, fossil energy consumption and farm economics in suckler beef production in 59 French farms". *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Volume 188, Pages 180-191, ISSN 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.03.003>.

8. SITOGRAFIA

1. <https://servizi.regione.piemonte.it/catalogo/anagrafe-agricola-piemonte>
2. <https://www.fao.org/gleam/en/>.
3. <http://emissioni.sina.isprambiente.it/serie-storiche-emissioni/>.
4. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/cambiamenti-climatici/landamento-delle-emissioni>.

Considerações finais

Comecei esta caminho em Outubro de 2019, ainda nem sequer passaram 3 anos, mas parece que foram 10. 30 meses intensos, cheios e por vezes um pouco vazios. Nada me correu bem: Portugal, Austrália, França, Espanha. Vi todos os meus objectivos escaparem, incluindo a data em que me queria graduar, em suma, as coisas correram da forma que menos queria. A vida é assim, muitas vezes nada corre como se espera, como se acredita, como se quer. Mas eu tentei, insisti, nunca desisti, e isto é o que conta. Quando as coisas não vão, há uma razão, e é preciso ser capaz de aceitar, deixar ir. Em qualquer caso, considero-me sortudo: tive a oportunidade de estudar e pensar apenas sobre isto, mas acima de tudo de ter as pessoas que amo ao meu lado.

A verdade é que ainda não fiz nada, hoje simplesmente fechei um ciclo da minha vida. Porque para mim tudo começa agora. A vida ainda tem tanto para me dar, e eu tenho tanto para levar.

Tudo o que fiz não teria sido possível sem vós, porque na vida nada é tomado como garantido, nada é devido, nada me pertence. E para mim, a gratidão é um dos pilares da minha vida.

Obrigado Toreddu e Leurdina, pai e mãe, porque tudo o que vêem hoje sobre mim é graças a vós: desde os sapatos que uso até à última folha de louro na minha cabeça, incluindo a cor da capa da minha tese. Nunca me deixou faltar nada, nunca. O afecto, o conselho, a serenidade e a paciência quando eu estava fora do mundo, apoiaram-me em cada decisão, em tudo o que eu queria fazer. Se alguma vez me tornasse pai, seria um grande desejo ser para os meus filhos simplesmente metade do que vocês são para mim. Seria óptimo poder dar-lhes mesmo metade do que me deram. Sim, seria ainda uma grande coisa. Nunca é demais agradecer-vos.

Nasci e cresci com 4 pontos cardeais que tinham a capacidade de me orientar na vida, o Norte e o Sul sempre presentes, infelizmente perdi o Ocidente. Em qualquer caso, sempre pude contar com o Oriente, onde o sol nasce. Obrigada Marilena, meu Oriente, por estar sempre presente, por ser uma força incontestável da natureza, por ser "casa", por ter cuidado de mim e por me ter criado. Tive muita sorte em tê-los comigo, tive muita sorte em ter mais uma mãe.

Obrigado Marco: hermanito, ru soccc, cugí, é o que dizem em Espanha... em suma, sangue do meu sangue. Tão diferentes como iguais, e para além do nosso sangue, somos muito mais: és um amigo, és um companheiro de vida. Não há lugar no mundo onde não possamos ir, não há coisa que não possamos fazer, não há lugar no mundo onde eu sinta que não tenho um irmão. Ontem, hoje e para sempre. Obrigado.

Obrigado Michela, mas o que digo-te por fazer? Não se trata de pombos e lições de voo, quanto mais de chamadas falasas, telefones diluídos, choro, noites estreladas e longos silêncios. É sobre ter-te perto, sobre ter uma companheira de vida real com quem partilhar tudo, sobre ter sempre os teus conselhos disponíveis, sobre fazer-me ver a realidade das coisas, sobre fazer-me voltar a terra seca quando os meus pensamentos e crenças estão na Lua e em Marte. Trata-se de o ter sempre ao meu lado, e de acreditar e esperar que possa ser sempre assim.

Obrigado Mara, minha comare, e Daniela, minha coccolatrice pessoal desde 7 de Janeiro de 1996. Nós éramos as crianças, e ainda somos, mas eu cresci e vocês tornaram-se mães. É ótimo poder ver e compreender como as perspectivas mudam. Obrigado pela vossa contínua vontade de discutir, obrigado por me encorajarem e obrigado por me fazerem compreender quais são as pessoas e situações à qual devo dar importância na minha vida.

Obrigado Carlo, ainda não percebi se tive a sorte de nascer 14 anos depois de ti, e de te seguir como exemplo, em tudo e para tudo... ou se tive o azar de não nascer nos mesmos anos que tu, para que pudéssemos viver tudo juntos. Mas depois penso nisso e apercebo-me que não és apenas um amigo, és um irmão, um padrinho, um primo. Você é o Número Um, o Frank da situação, o Lewis, e agora é também um pai exemplar. Será um exemplo a seguir para toda a vida, sempre e em qualquer caso.

Obrigado ao meu compare Tore, Silvia e Roberto. Estais na minha vida há mais de 10 anos, e embora possa parecer pouco em 100 anos, tendes uma grande importância. Coragem, paciência e determinação são totalmente vossas. Tive a sorte de conhecer-vos.

Obrigado Lara, rainha da casa. Obrigado Lorenzo, grande Muscau. Obrigado Michele, meu afilhado, todo o padrinho! Obrigado Salvatore, máquina incansável. Obrigado Alessandro, o mais pequeno (por pouco tempo ainda) coccolone da casa. Obrigado pelo vosso terrorismo dentro de casa, obrigado pela impossibilidade de estudar na vossa presença e obrigado pelo aquecimento do meu coração em cada situação. Juntamente convosco é sempre Primavera.

Obrigado tio Costanzo, Maria, tio Giovanni, sempre se mostraram interessados, preocupados e disponíveis em qualquer situação. A bagagem de experiência que levais convosco é um tesouro que eu devo constantemente haurir, e que levarei sempre comigo. Obrigado.

Tudo na minha vida funciona por causa de um equilíbrio, e todas as pessoas na minha vida contribuem para esse equilíbrio. Há pessoas com quem cresci, que estiveram comigo toda a minha vida, e outras que conheci ao longo do caminho e que me acompanharam. Há aqueles que têm um peso mais importante, há aqueles que têm um peso menor, mas ainda assim exercem um peso. Aqueles que estiveram perto de mim, aqueles que estiveram ao meu lado, estão conscientes disto, sabem o peso que exercem no meu coração. Quando falta um destes pesos, então tenho de ser capaz de me mover correctamente para me equilibrar.

Obrigado, amigos, porque fazeis parte deste equilíbrio: convosco tudo faz sentido, convosco tudo se enche, convosco tudo é a cores. Por mais complexo que seja, convosco tudo é mais fácil. “A muitos mais anos” juntos, de momentos difíceis e fantásticos, porque é assim que a vida é, é assim que deve ser levada, e é assim que a poderemos vivê-la juntos.

F.M.

Em todas as estações, em todos os momentos, mesmo em sonhos... sempre aqui comigo.

O.M.

A.M.