



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Marco André de Almeida Fernandes

Intensificação Ecológica de um Sistema Misto de Agricultura
Biológica, tendo por referência a Ciclagem de Nutrientes

Mestrado em Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Carlos Francisco Gonçalves Aguiar

José Pedro Pinto de Araújo

Fevereiro 2024

Índice

Índice	i
Resumo	v
Abstract	vi
Agradecimentos	vii
Lista de Abreviaturas	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Quadros	x
Índice de Equações	xi
1. Introdução	1
1.1. Intensificação da agricultura europeia	1
1.2. Intensificação ecológica da agricultura	5
1.3. Sistemas mistos de agricultura e a agricultura biológica	7
1.4. Ciclagem de nutrientes em sistemas mistos biológicos de agricultura	11
1.5. Modelo concetual da ciclagem de nutrientes num sistema misto biológico de agricultura	12
1.6. Os sistemas mistos biológicos no futuro, visão pessoal	14
1.7. Objetivos do trabalho	15
2. Caracterização da exploração	16
2.1. A paisagem	16
2.2. A exploração agrícola de estudo - Fonte Quintela	17
2.3. Localização e caracterização das parcelas	18
2.4. Fertilidade do solo	20
2.5. Caracterização da raça Churra Galega Bragançana	22
2.6. Efetivo e manejo pecuário	24
2.7. Sistema de comercialização	27
3. Material e métodos	29
3.1. Coeficientes técnicos	29
3.2. Solo	30
3.3. Biomassa forrageira	31
3.4. Mapas de pastoreio	35
3.5. Estrumes	36
4. Resultados	40
4.1. Sistema de alimentação dos ovinos	40

4.2. Produção de biomassa forrageira e extrações de azoto e fósforo	43
4.2.1. Matos, touças e sotos de castanheiro	43
4.2.2. Milho cigano/milharada e sorgo forrageiro/erva do sudão	46
4.2.3. Feno	49
4.2.4. Lameiro de regadio e sequeiro	52
4.2.5. Horta	54
4.2.6. Cultura forrageira aveia/centeio	55
4.2.7. Nabal	57
4.3. Produção de dejetos e estrumes	58
4.3.1. Tipos de estrumação	58
4.3.2. Avaliação da composição	59
4.3.3. Quantidade de estrume, produtividade e destino	60
4.4. Fluxos e <i>stocks</i> de nutrientes no sistema de produção misto de agricultura biológica	64
5. Discussão	75
6. Conclusões	83
Referências bibliográficas	85
Anexos	92
Anexo I. Análise de solo, outono de 2022	93
Anexo II. Análise de solo, primavera de 2023	94
Anexo III. Análise de estrumes e plantas, maio e junho de 2023	95
Anexo IV. Análise química da composição de estrumes	98
Anexo V. Mapas de pastoreio, milho e sorgo, em agosto/setembro de 2022	99
Anexo VI. Mapa de pastoreio, agosto a dezembro de 2022	100
Anexo VII. Mapa de pastoreio, janeiro a julho de 2023	104
Anexo VIII: Ovino com coleira GPS e mapa produzido.	122
Anexo IX. Ensaio realizado com 5 animais para determinar quantidades de estrume produzida em 12h e 24h.	123

As doutrinas expressas neste trabalho
são da exclusiva responsabilidade do autor.

“Lembra-te com regularidade de como tudo está ligado, da sua dependência mútua.
Tudo está entrelaçado e em concordância por afeição.
Um evento é consequência de um outro.
As coisas empurram-se e puxam-se umas às outras e respiram juntas e são uma só”

Marco Aurélio, Meditações

RESUMO

A gestão eficiente da ciclagem de nutrientes é chave para intensificar ecologicamente, reduzir os impactos ambientais e otimizar o desempenho económico das explorações agrícolas. As práticas tradicionais como a diversificação de culturas, as rotações, o pastoreio e o uso de fontes orgânicas de nutrientes (corretivos orgânicos) são o ponto de partida para desenhar sistemas eficientes de gestão de nutrientes.

Numa exploração mista de agricultura biológica (Fonte Quintela, Paçó, Vinhais) foram explorados os ciclos do azoto e do fósforo à escala da exploração agrícola. A exploração é constituída por 20 parcelas maioritariamente submetidas a um regime extensivo de pastoreio, com foco na produção de ovinos de raça Churra Galega Bragançana e de castanha DOP Terra Fria Transmontana.

Em cada parcela (compartimento) foram determinados os seguintes parâmetros: área total; características químicas do solo; produção de biomassa forrageira; produtividade e concentração de nutrientes (N e P) na forragem; mapas de pastoreio; e a circulação de estrumes (por reboque). Os mapas de pastoreio revelaram-se essenciais para determinar a ingestão de biomassa forrageira e a restituição ao solo de N e P. Com base em toda esta informação foram identificados e parcialmente quantificados os *stocks* e fluxos destes nutrientes.

O estudo permitiu identificar as componentes do sistema em perda ou a acumular P, e os que mais importam e exportam N. A partir da informação obtida foram desenvolvidas propostas de alteração do funcionamento (articulação) do sistema de agricultura de modo a otimizar a ciclagem de nutrientes e melhorar o seu desempenho ambiental.

Em síntese, será necessário implementar sistemas de pastoreio rotacional para melhorar a distribuição dos dejetos e reduzir a pressão sobre os lameiros e touças e, ainda, converter parte das terras de sequeiro em pastagem, com uma melhor gestão de estrumes e elevação do stock de P. Aumentar a massa de resíduos na touça para assim garantir uma quantidade suficiente de resíduos no final do verão, para proteger o solo e aumentar a produção de sementes e a emergência. Nos soutos, substituir parcialmente gramíneas forrageiras anuais por pastagens permanentes ricas em leguminosas, para aumentar a fixação de N e aumentar os stocks de N, através da instalação de uma pastagem de trevo-subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.). Esta pastagem destina-se a aumentar o potencial forrageiro dos soutos, sendo ainda necessário elevar o stock de P com fertilizações fosfatadas.

A exploração agrícola Fonte Quintela exemplifica como práticas de gestão eficiente de nutrientes podem transformar um sistema agrícola, tornando-o mais produtivo e sustentável, através da adoção de técnicas de intensificação ecológica. Uma gestão cuidadosa das pastagens e culturas forrageiras são fundamentais para alcançar um equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Intensificação ecológica, ciclagem de nutrientes, fluxo e *stock* de N e P, sistemas mistos de agricultura biológica.

ABSTRACT

Efficient management of nutrient cycling is key to ecologically intensifying, reducing environmental impacts and optimizing the economic performance of agricultural holdings. Traditional practices such as crop diversification, rotations, grazing and the use of organic sources of nutrients (organic amendments) are the starting point for designing efficient nutrient management systems.

On a mixed organic farming farm (Fonte Quintela, Paçó, Vinhais) the nitrogen and phosphorus cycles were explored at the farm scale. The farm consists of 20 plots, mostly subject to an extensive grazing regime, with a focus on the production of Churra Galega Bragançana sheep and chestnuts DOP Terra Fria Transmontana.

In each plot (compartment) the following parameters were determined: total area; chemical characteristics of the soil; production of forage biomass; productivity and concentration of nutrients (N and P) in forage; grazing maps; and the circulation of manure (by trailer). The grazing maps proved to be essential for determining the intake of forage biomass and the restitution of N and P to the soil. Based on all this information, the stocks and flows of these nutrients were identified and partially quantified.

The study made it possible to identify the components of the system that are losing or accumulating P, and those that most import and export N. Based on the information obtained, proposals were developed to change the functioning (articulation) of the agricultural system in order to optimize the cycling of nutrients and improve its environmental performance.

In brief, it will be necessary to implement rotational grazing systems to improve the distribution of manure and reduce pressure on “lameiros” and “touças”, and also convert part of the rainfed land into pasture, with better manure management and an increase in P stock. Increase mass of residue in the “touças” to ensure a sufficient amount at the end of summer, to protect the soil and increase seed production and emergence. In chestnut groves, partially replace annual forage grasses with permanent pastures rich in legumes, to increase N fixation and increase N stocks, through the installation of a clover pasture of *Trifolium subterraneum* L. This pasture is intended to increase the forage potential, although it is necessary to increase the P stock with phosphate fertilization.

The Fonte Quintela farm exemplifies how efficient nutrient management practices can transform an agricultural system, making it more productive and sustainable, through the adoption of ecological intensification techniques. Careful management of pastures and forage crops is fundamental to achieve a balance between productivity and environmental sustainability.

Keywords: Ecological intensification, nutrient cycling, N and P flow and stock, mixed organic farming systems.

AGRADECIMENTOS

As palavras são insuficientes para expressar a gratidão que sinto em relação a cada pessoa que me acompanhou neste desafio.

Ao Professor Carlos Aguiar, meu orientador, sinto-me profundamente honrado por ter aceite guiar-me nesta dissertação. Agradeço-lhe a motivação, o apoio incansável, os ensinamentos, a disponibilidade e o tempo dedicado. Aprender a seu lado é deveras um prazer que jamais conseguirei expressar em palavras, *“Só a sua companhia instruía mais que uma aula de lentes”*.

Ao Professor José Pedro Araújo, meu coorientador, agradeço a preocupação, a disponibilidade e o tempo dedicado.

Agradeço também:

À minha esposa, Joana Fraga, cujo amor incondicional e paciência foram o incentivo por trás de cada passo nesta viagem. Sem a sua ajuda, nada disto seria possível.

Aos meus amigos e família pelo carinho e paciência pelas ausências (Artur e Benjamim). Em especial à minha mãe, Maria Inês Fernandes, pelo apoio e motivação, e ao meu pai, Abílio Fernandes, pela disponibilidade em participar nesta experiência, nem sempre fácil, nem sempre amigável, mas acima de tudo com motivação e espírito crítico.

A todos os professores do Mestrado em Agricultura Biológica, pelos conhecimentos adquiridos tanto dentro, como fora da sala de aula.

Aos colegas de mestrado, Sandra Coelho e Hélder Amorim o apoio e compreensão. Assim como aos restantes colegas que contribuíram para este percurso.

Um agradecimento especial à Soraia Raimundo, do IPB, pelo apoio e ensinamentos na área laboratorial.

Por fim, um agradecimento muito especial, à Professora Isabel Mourão. O meu muito obrigado, pelo incentivo para que este meu caminho tivesse culminado aqui.

Muito obrigado a todos, um abraço.

LISTA DE ABREVIATURAS

B – Boro

DOP – Denominação de Origem Protegida

GEE – Gases Efeito Estufa

GPS – Global Positioning System

ha – Hectare

IE – Intensificação Ecológica

IPB – Instituto Politécnico de Bragança

ESA-IPB – Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança

MF – Matéria Fresca

MS – Matéria Seca

MO – Matéria Orgânica

N – Azoto

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

P – Fósforo

PAC – Política Agrícola Comum

PB – Proteína Bruta

PNM – Parque Natural de Montesinho

PR – Pastoreio Rotacional

PV – Peso Vivo

SE – Serviço de ecossistema

t – Tonelada

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Modelo conceptual da ciclagem de nutrientes na área de estudo (adaptado com grandes alterações de Moreira, 1998)	13
Figura 2.1. Parcelário da exploração agrícola em Quintela, no concelho de Vinhais	17
Figura 2.2. Parcelário a uso da exploração em Quintela, no concelho de Vinhais	18
Figura 2.3. Ovinos de raça Churra Galega Bragançana	24
Figura 3.1. Recolha de amostras de solo (Cruz Souto e Cruz terra de cultura forrageira) com recurso a georreferenciação	31
Figura 3.2. Quadrado de 50x50 cm (0,25 m ²)	32
Figura 3.3. Gaiola de exclusão de 1m ²	32
Figura 3.4. Ovino em pastoreio com coleira GPS	35
Figura 3.5. Mapa extraído da interface de digitanimal.io	36
Figura 3.6. Animais em área de retenção para determinar quantidade de estrume produzido	37
Figura 3.7. Amostra de área de retenção para determinar quantidade de N e P em estrume.....	38
Figura 4.1. Fluxos de N através do pastoreio	71
Figura 4.2. Fluxos de P através do pastoreio	71
Figura 4.3. Fluxos totais de N. Notas: as restituições são feitas in loco pelas dejeções animais em pastoreio, mais reposições a bardo, mais estrumes; as extrações contabilizam a ingestão por pastoreio e toda a biomassa forrageiras extraídas por corte (movimentadas para fora da parcela)	72
Figura 4.4. Fluxos totais de P. Notas: as restituições são feitas in loco pelas dejeções animais em pastoreio, mais reposições a bardo, mais estrumes; as extrações contabilizam a ingestão por pastoreio e toda a biomassa forrageiras extraídas por corte (movimentadas para fora da parcela)	73

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Compartimentos e uso do solo	19
Quadro 2.2: Análise de solo no outono 2022	20
Quadro 2.3: Análise de solo na primavera 2023	20
Quadro 2.4: Valores referência para análise química do solo	21
Quadro 2.5: Valores referência do pH em H ₂ O do solo.....	21
Quadro 4.1. Dias de pastoreio	44
Quadro 4.2. Produção inferida de biomassa forrageira nas touças de carvalho (<i>Q. pyrenaica</i>)	44
Quadro 4.3. Produção inferida de biomassa forrageira nos sotos de castanheiro	45
Quadro 4.4. Dias de pastoreio	46
Quadro 4.5. Produtividade, produção e ingestão do milho cigano/milharada	47
Quadro 4.6. Produtividade, produção e ingestão do sorgo	48
Quadro 4.7. Produtividade e produção de feno	51
Quadro 4.8. Eficiência do uso de fenos e palhas	51
Quadro 4.9. Dias de pastoreio de lameiros de regadio e sequeiro	53
Quadro 4.10. Produtividade e produção em pasto dos lameiros de regadio e sequeiro ...	53
Quadro 4.11. Produção inferida de biomassa forrageira da horta	55
Quadro 4.12. Dias de pastoreio	55
Quadro 4.13. Produtividade e produção em palha de centeio e aveia	56
Quadro 4.14. Número de dias de pastoreio	57
Quadro 4.15. Produtividade e produção do nabal	58
Quadro 4.16. Análise química da composição de estrume	59
Quadro 4.17. Concentração em N e P no estrume de curral	60
Quadro 4.18. Produção de estrume por ovelha	61
Quadro 4.19. Incorporação de palha no estrume	61
Quadro 4.20. Destino do estrume de curral	62
Quadro 4.21. Transferência de N e P via estrume de curral	62
Quadro 4.22. Mapa de permanência em cancela	63
Quadro 4.23. Produção de N e P hora/noturno	63
Quadro 4.24. Estrumação a bardo do rebanho	63
Quadro 4.25. Mapa de pastoreio	65
Quadro 4.26. Concentração de N, P e Proteína Bruta	65
Quadro 4.27. Produção N e P hora/diurno	66
Quadro 4.28. Extração de N e P na biomassa forrageira produzida por compartimento e por ha	66
Quadro 4.29. Extração de N e P na biomassa forrageira produzida por compartimento e por área	67
Quadro 4.30. Extração de N e P na produção inferida de biomassa forrageira por compartimento	67
Quadro 4.31. Área de produção dos compartimentos (ha)	68

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1. Ingestão de biomassa por animal	36
Equação 2. Excreção de N por ovelha (g N/ovelha)	38
Equação 3. Excreção de P por ovelha (g P/ovelha)	38
Equação 4. Reposição em pastoreio (kg N por parcela/ano)	39
Equação 5. Reposição em pastoreio (kg P por parcela/ano)	39

1. INTRODUÇÃO

1.1. Intensificação da agricultura europeia

O crescimento da população e as alterações atuais dos padrões de consumo incentivam o desenvolvimento de sistemas de agricultura cada vez mais produtivos e especializados, dependentes de energias fósseis, com elevadas incorporações de fatores de produção (o.m.q. recursos ou *inputs*), como pesticidas e fertilizantes, e elevadas emissões de GEE. A pressão sobre as paisagens rurais é crescente assim como a degradação dos solos agrícolas e dos recursos hídricos. A biodiversidade e os serviços ecossistêmicos a ela associados estão em retrocesso, da escala local à planetária. A intensificação da agricultura pode, afinal, no médio longo prazo, comprometer a segurança alimentar global e o funcionamento de todo o ecossistema terrestre. Assim, a agricultura moderna enfrenta o desafio de fornecer a taxas crescentes alimentos e outros produtos agrícolas de qualidade sem prejudicar o meio ambiente.

Todas as sociedades humanas mantêm processos de intercâmbio biofísico com o meio ambiente, organizados em sistemas socioecológicos “nos quais padrões e processos fundamentais são corregulados por processos socioeconómicos e ecológicos” (Haberl et al., 2011). O conjunto dos fluxos ecológicos e socioeconómicos agregado ao consumo de materiais e energia foi denominado metabolismo socioecológico (Goube & Haberl, 2013). Nas sociedades pré-industriais (o.m.q. orgânicas *sensu* E.A. Wrigley), este metabolismo dependia da biomassa como fonte fundamental da energia (Haberl et al., 2011) e dos nutrientes incorporados para repor a fertilidade da terra (Mazoyer et al., 2006). A obtenção de energia e dos nutrientes necessários para produzir e processar alimentos e forragens, sem consumir recursos de forma excessiva, dependia de um equilíbrio cuidadosamente gerido entre diferentes usos da terra, intensivos e extensivos. Ainda assim, Ripoll-Bosch et al. (2012) identificaram uma série de perturbações que desestabilizaram o metabolismo das sociedades agrárias pré-industriais como a desflorestação, a erosão e a degradação do solo e, talvez o mais importante, o esgotamento da fertilidade do solo (*nutrient mining*). A degradação do solo está relatada com detalhe, por exemplo, no livro *Dirt: The Erosion of Civilizations*, da autoria de David R. Montgomery (Montgomery, 2007). Carmo (2018) mostrou que a taxa de extração de nutrientes na agricultura pré-industrial portuguesa era superior à sua taxa de reposição (Carmo, 2018). Como adiante se refere, o consumo em larga escala de energia fóssil e de

fertilizantes químicos conseguido com a 2ª revolução agrícola, em pleno século XX, aliviou muitas das restrições biofísicas das sociedades pré-industriais e diminuiu alguns dos efeitos económicos colaterais da degradação ambiental, facilitando o crescimento socioeconómico e novos padrões do uso da terra (Krausmann, 2001). Porém, a agricultura industrial (o.m.q. convencional) enfrenta, também ela, uma crise ambiental à escala global (Krausmann et al., 2013).

O crescimento populacional é a causa maior do progresso tecnológico em agricultura (Boserup, 1965). A pressão sobre os sistemas agrícolas europeus aumentou, acentuadamente, com uma população em rápido crescimento, a urbanização e o surgimento de mercados internacionais a partir do final do século XVIII (Federico, 2007, 2009).

O crescimento do produto agrícola realizado na Europa temperada a partir do final do século XVIII foi alcançado dentro das limitações energéticas das sociedades orgânicas por meio de uma melhor gestão do ecossistema agrário (Tello et al., 2006). Estes autores confirmaram esta hipótese, num estudo do consumo de energia das comunidades rurais do século XIX, e mostraram que o aumento da produção de biomassa e de energia foi alcançado sem energias fósseis. Porém, a melhoria da fertilidade do solo foi o grande impulsionador da intensificação dos agroecossistemas orgânicos europeus, antes da disponibilização dos fertilizantes industriais (Haberl et al., 2011). Uma série de novas estratégias de intensificação agrícola, adiante explicitadas, ajudou a estabelecer uma economia orgânica avançada (*Advanced Organic Economy*) capaz de suprir, pelo menos temporariamente, as necessidades de uma sociedade em crescimento demográfico (Wrigley, 2006). O processo de intensificação agrícola dos séculos XVIII e XIX na Europa temperada é muitas vezes referido como a “revolução agrícola” ou “primeira revolução agrícola”.

A modernização da agricultura foi fomentada por inovações na ciência e tecnologia, incluindo o surgimento da agronomia como disciplina técnico-científica, e pelo advento da agricultura empreendedora–capitalista, num contexto social favorável à inovação (Shiel, 1991). Esta conjuntura económico-social resultou no desenvolvimento de sistemas de agricultura orgânica avançados baseados numa estreita integração da agricultura herbácea com a pecuária (agricultura mista, *mixed farming*) (Gliessman, 2021).

A agricultura pré-industrial europeia baseava-se no uso da tração animal, num sistema de rotação bianual ou trienal com um ano de pousio (Mazoyer et al., 2006). Resumidamente, a primeira revolução agrícola envolveu a diversificação dos sistemas de agricultura com a generalização do cultivo de forragens ricas em leguminosas (ex. trevo-encarnado e trevo-violeta) e de culturas secundárias (ex. nabo), e a eliminação ou encurtamento dos pousios. As culturas forrageiras ricas em leguminosas e a cultura do nabo (uma *catch crop*) incrementaram a disponibilidade de alimento para os animais de tração e de azoto para os cereais, via estrumes; o encurtamento dos pousios, a tração animal e um volume maior de estrumes de melhor qualidade aumentaram e, em simultâneo, aumentou a produtividade do trabalho, a área cultivada, a produtividade e o *output* de produtos da terra (Allen, 2000; Mazoyer et al., 2006).

Nas economias orgânicas avançadas, o incremento da produtividade do trabalho e da produção agrícola alimentou, a jusante, a “revolução industrial”, que acabou por desencadear uma “segunda revolução agrícola”, primeiro com a mecanização e a introdução dos adubos minerais (ex. fosfatos), e mais tarde com a síntese do amoníaco e de pesticidas químicos de síntese (Mazoyer et al., 2006). A mecanização trouxe a difusão de novas ferramentas metálicas, como o arado reversível de ferro e as máquinas de colheita de tração animal, a máquina a vapor e, em seguida, os motores a explosão e elétricos. Com a segunda revolução agrícola os sistemas de agricultura orgânica avançados são substituídos pelos modernos sistemas de agricultura industrial. Os historiadores concordam no papel central da revolução agrícola na industrialização (Overton, 1996), mas as raízes e as forças motrizes da revolução industrial continuam a ser objeto de aceso debate entre os especialistas (Kopsidis, 2006).

A agricultura temperada europeia atravessou então duas revoluções com constantes ganhos de produção e produtividade. A agricultura mediterrânica, talvez por limitações biofísicas (ex. solos inférteis, irregularidade bioclimática interanual e a indisponibilidade de leguminosas forrageiras bem-adaptadas), transitou diretamente do cereal-pousio (com variantes locais), herdado da agricultura medieval, para a segunda revolução agrícola na segunda metade do séc. XX, sem passos intermédios (Aguilar, 2011).

A produção agrícola na Europa assenta essencialmente em sistemas agrícolas industriais intensivos e de alta produtividade, que usam grandes quantidades de fertilizantes de origem sintética e outros fatores de produção (Peyraud et al., 2014). Esta agricultura

caracteriza-se pela simplificação e uniformização das técnicas de produção e pela homogeneização das culturas agrícolas e das raças pecuárias, bem como das paisagens rurais. Permitiu um aumento massivo da produção agrícola através de ganhos obtidos na produtividade do trabalho e da terra. A busca de economias de escala e a expressão de vantagens comparativas levou à especialização intrarregional e regional das explorações agrícolas e, inclusivamente, à especialização produtiva ao nível do país e do continente. Esta tendência conduziu a uma separação espacial entre a produção vegetal e a pecuária, e ao desenvolvimento de sistemas pecuários com pouca ou nenhuma conexão com os recursos agrícolas locais (Peyraud et al., 2014). A agricultura mista praticamente extinguiu-se e com ela consumou-se a rutura dos ciclos de nutrientes. Ao mesmo tempo, os efeitos negativos da agricultura intensiva na biodiversidade, nos ecossistemas, nas alterações climáticas e na qualidade da água, tornaram-se cada vez mais notórios (Stoate et al., 2001; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Embora os sistemas de agricultura modernos, ditos convencionais ou industriais produzam alimentos suficientes para alimentar a população mundial atual, alcançam a sua produção com enormes externalidades ecológicas e sociais (Stanley, 2008). Porém, os agroecossistemas estão sob uma enorme pressão porque a procura por alimentos e energia está em rápido crescimento (Krausmann et al., 2013). Prevê-se que as necessidades alimentares dupliquem até 2050 e, como tal, é vital satisfazer a crescente procura de alimentos de uma forma socialmente equitativa e ecologicamente sustentável a longo prazo. Há uma necessidade urgente de que a agricultura proceda a uma transição economicamente viável e ambientalmente sustentável, capaz de promover a segurança alimentar futura sem comprometer o funcionamento sustentável dos agroecossistemas (Foley et al., 2011; Garnett et al., 2013).

Portanto, é um imperativo social o desenvolvimento de novos modelos de produção agrícola que tragam benefícios ecológicos através de sistemas agrícolas biologicamente diversificados, capazes de mitigar as externalidades ambientais da agricultura convencional, sem pôr em causa a sua capacidade de contribuir para a segurança alimentar global à medida que a população mundial aumenta a caminho dos 9 mil milhões de habitantes (Kremen, 2020). Existe assim, uma necessidade de redefinir ou redesenhar as paisagens agrícolas, mantendo uma produção capaz e em que esteja assegurada a subsistência alimentar global e a preservação do bem-estar humano (Kremen, 2020).

1.2. Intensificação ecológica da agricultura

A intensificação ecológica (IE) da agricultura (o.m.q. intensificação agroecológica) é um conceito relevante no desenvolvimento de sistemas de agricultura sustentáveis, alternativos à agricultura convencional. Cassman (1999) refere que a IE da agricultura pode proteger o meio ambiente dos impactos negativos das práticas agrícolas e, simultaneamente, contribuir para uma produtividade/produção agrícola substancialmente maior. O conceito de IE é usado para sugerir possíveis respostas ao duplo desafio de diminuir a pegada ecológica e de garantir a produção vegetal e pecuária aos níveis local e global (Calame, 2013; Steinfeld, Mooney, Schneider, & Neville, 2010). Embora este movimento esteja muito bem documentado em produção vegetal, em particular dos cereais, está menos desenvolvido para a produção animal (Cassman, 1999).

A IE é uma evolução da agricultura que visa aproveitar melhor as funções de todo o agroecossistema (Bonny, 2011). A promoção de tal desenvolvimento depende da capacidade de analisar os sistemas de agricultura na sua complexidade e dinâmica. Os quadros analíticos dos sistemas agrícolas concebidos na década de 1980, podem ser adaptados para esse fim. Existem várias propostas na literatura para qualificar os sistemas de cultivo com referência à intensificação ecológica (Cassman, 1999; Zhang et al., 2007; Doré et al., 2011b; Rusinamhodzi et al., 2012).

Cassman (1999) mencionou três pilares para a IE: aumentar o rendimento dos agricultores, manter ou melhorar a qualidade do solo, e garantir um uso eficiente de fatores de produção através da agricultura de precisão, ou seja, otimizar a gestão à escala do campo agrícola usando informação específica local, sistemas de apoio à decisão e dados meteorológicos detalhados. Dados esses pilares, Cassman (1999) também observou a necessidade de distinguir entre estratégias de IE sob condições favoráveis e desfavoráveis, por exemplo, diferentes estratégias para o regadio e para o sequeiro. A definição de Cassman (1999) refere-se a sistemas agrícolas já de si produtivos, onde se admite uma intensificação ainda maior sem degradação adicional (ou mesmo uma reversão da degradação) da base de recursos.

Autores subsequentes deram uma ênfase distinta ao conceito de IE, fundamentando-o em princípios ecológicos, e dirigindo-o a sistemas agrícolas menos industrializados, onde, perante a escassez de fatores de produção externos os agricultores têm de confiar nos recursos gerados no interior das suas explorações, ou onde os agricultores reduzem

voluntariamente a incorporação de fatores externos como na agricultura biológica. Como é hoje entendida, a IE tem por objetivo usar os fatores de produção de uma forma eficiente a partir da compreensão dos processos ecológicos, incrementando o benefício/acréscimo de rendimento por unidade de recurso consumido. Ou, como observaram Levain et al. (2015), a IE é uma intensificação no uso das funções naturais fornecidas pelos ecossistemas. Brussaard et al. (2010) e Tittone & Giller (2013) demonstraram que a IE aumenta a eficiência no uso dos recursos.

Tittone (2014) definiu a IE como “o [conjunto dos] meios para fazer um uso intensivo e inteligente das funcionalidades naturais do ecossistema (suporte e regulação) para produzir alimentos, fibras, energia e serviços ecológicos de forma sustentável”. Esta definição refere-se a um melhor uso da natureza para projetar sistemas de agricultura e das possíveis sinergias entre segurança alimentar, adaptação e mitigação ao aquecimento global, mas também estende a produção primária aos serviços de ecossistema para além da produção de alimentos. Reflete uma visão otimista sobre a resiliência da “natureza” num ambiente produtivo, fazendo uso de práticas agrícolas que são inspiradas (ou mesmo imitam) a natureza (Doré et al., 2011a).

Por fim, referem-se os artigos de (Milder et al., 2012) e de (Wezel et al., 2015). Milder et al. (2012) define a IE da seguinte forma: “a intensificação agroecológica integra princípios ecológicos na gestão agrícola para reduzir a dependência de fatores de produção externos e aumentar a capacidade produtiva dos componentes bióticos e abióticos do sistema”. Em resumo, a IE, tal como é hoje entendida, visa aumentar a produção primária por unidade de área e, em simultâneo, manter a capacidade de produção dos sistemas de agricultura, minimizando as externalidades ambientais e a incorporação de fatores de produção externos, através da otimização da ciclagem de nutrientes. Por conseguinte, a primeira revolução agrícola é um exemplo paradigmático de IE.

Na demanda por sistemas de agricultura produtivos e sustentáveis, i.e., ecologicamente intensificados, ganhou nas últimas décadas uma atenção crescente a circularidade dos fluxos de nutrientes, a fim de minimizar o consumo excessivo de recursos naturais e reduzir os impactos ambientais. Há uma necessidade imperiosa de reformular o modelo económico dominante de “tirar-fazer-usar-descartar” para um novo que se concentre na “prevenção-reutilização-refazer-reciclar” (CEAT, 2021). Por conseguinte, o

desenvolvimento de sistemas agrícolas “circulares” centra-se na melhoria da ciclagem de nutrientes, por exemplo, através da integração de leguminosas e numa gestão parcimoniosa dos resíduos das culturas, dos estrumes e efluentes, e dos desperdícios de alimentos. A erva e os herbívoros têm um papel chave na intensificação ecológica da agricultura. Como referem (Vasa et al., 2018), os sistemas mistos de agricultura promovem a utilização e a ciclagem de nutrientes, servindo como motor de futuro para o sistema agroalimentar.

1.3. Sistemas mistos de agricultura e a agricultura biológica

A modernização da agricultura levou, sob a influência da inovação tecnológica, dos mercados globais e das políticas públicas, a uma intensificação dos sistemas de produção agrícola (Chatellier e Guyomard, 2009). Os impactos negativos deste modelo de desenvolvimento agrícola são agora largamente visíveis, particularmente a nível ambiental (Hendrickson et al., 2008). Os sistemas mistos de agricultura, necessariamente policulturais, são atualmente vistos como uma alternativa promissora à especialização (Russelle et al., 2007; Wilkins, 2007).

O termo sistema misto de agricultura (policultura-pecuária) é definido como “a associação de culturas e pecuária dentro de uma estrutura coordenada, na maioria das vezes à escala da exploração agrícola, embora a associação também possa ser considerada a nível territorial” (Keulen e Schiere, 2004). Esta definição é adotada não apenas por muitos agrónomos (Schiere et al., 2002; Powell et al., 2004), mas também por economistas (Vermersch, 2007; Wilkins, 2008). A definição é, talvez, demasiado ampla para ser operacional porque integra um leque heterogéneo de explorações. Assim, são classificadas na categoria de sistemas mistos de agricultura as explorações cuja atividade principal é a pecuária e que promovem a integração entre pecuária e produção vegetal (Béguin et al., 2014), com um elevado grau de diversidade de plantas, animais e paisagens (Seré et al., 1996). Porém, também se enquadram nessa categoria as explorações que produzem conjuntamente produtos animais e vegetais com escassa integração funcional entre gado e culturas agrícolas. Não são abrangidos pelo conceito os sistemas pecuários que vendem apenas produtos de origem animal e, eventualmente, os excedentes de culturas não usados internamente para a alimentação animal.

Para (Seré et al., 1996), as explorações mistas praticam um “sistema de pecuária em que pelo menos 10% da matéria seca para alimentação animal provém de coprodutos vegetais da exploração, ou mais de 10% da receita provém de atividades agrícolas não ligadas à pecuária”. Esta definição, que combina bases agronómicas e económicas, é amplamente citada na bibliografia internacional (Devendra & Thomas, 2002; Schiere et al., 2002). Schiere et al. (2002) e (Herrero et al., 2010) usam a definição de Seré et al. (1996), introduzindo um segundo critério: o nível de intensificação. De referir que Schiere et al. (2012) enfatizaram a dimensão funcional da exploração mista de policultura-pecuária ao afirmar que “na maioria dos sistemas mistos de agricultura, as produções secundárias ou subprodutos de uma exploração servem de recurso para outra”. Por exemplo, os efluentes da pecuária são usados para fertilizar o solo e, assim, melhorar a produtividade das culturas agrícolas, enquanto os coprodutos da produção vegetal são utilizados para alimentar o efetivo animal.

Os contextos sociais e geopolíticos e as condições edafoclimáticas implicam diferentes tipos de desenvolvimento dos sistemas mistos nos países do Norte e do Sul (Schiere et al., 2002). Por exemplo, na Europa, os incentivos da Política Agrícola Comum (PAC) e a mercantilização da agricultura – combinados com a redução da mão-de-obra agrícola – prejudicaram amplamente as explorações mistas de policultura-pecuária, empurrando-as para a especialização. Pelo contrário, os sistemas mistos de agricultura são uma das formas predominantes de agricultura nos países em desenvolvimento (Herrero et al., 2010).

Os sistemas mistos de agricultura são dominantes em três grandes áreas do mundo em desenvolvimento (Schiere et al., 2002): África subsaariana, sudeste da Ásia e, em menor escala, América do Sul. Para os países do Sul, o aumento da produção agrícola regional continua a ser uma grande preocupação (Dugué, 2004). As duas restrições mais comuns são a falta de terra e a degradação do solo (ex. erosão, *nutrient mining*) acentuada pela baixa capacidade dos agricultores de comprar fatores de produção (Swinton & Quiroz, 2003). A policultura-pecuária é, portanto, vista como um meio de intensificação técnica para melhorar os rendimentos do setor agrícola, limitando a compra de fatores externos (Landais & Lhoste, 1990). Num contexto de mão-de-obra disponível, mais escassez de capital que permita o acesso à tecnologia, a ênfase, como seria expectável, é geralmente colocada na melhoria da gestão da ciclagem dos nutrientes. Sraïri (2005) sublinha o facto de muitos agricultores dos países do Sul aspirarem a um certo poder de compra e que a

baixa remuneração da agricultura os leva a recorrer a outros setores de atividade ou mesmo ao êxodo rural ou à imigração (Sraïri, 2005).

Nos países europeus, o interesse nos sistemas mistos de agricultura incide no potencial da policultura-pecuária para resolver problemas ambientais, como a poluição por nitratos nas regiões especializadas na produção pecuária com altas densidades animais (Peyraud et al., 2014). Ao otimizar a reciclagem de nutrientes no interior dos sistemas de produção, as explorações mistas podem gerir melhor, em comparação com as explorações convencionais, os fluxos de nutrientes de modo a limitar a entrada de fertilizantes minerais no solo (Keulen & Schiere, 2004). Por exemplo, a integração de pastagens permanentes para ruminantes limita a lixiviação de azoto, além de reduzir a erosão do solo e a compra de alimentos concentrados (Huyghe, 2009). O balanço do azoto dos agroecossistemas também é melhorado pelo uso de leguminosas forrageiras e pela aplicação de estrumes nas terras cultivadas (Devendra & Thomas, 2002; Lenné & Thomas, 2006; Franzluebbers & Stuedemann, 2007; Wilkins, 2008).

Do ponto de vista ambiental, a combinação de culturas e pecuária à escala da exploração agrícola contribui ainda para a manutenção/incremento da biodiversidade local graças a uma elevada diversidade de comunidades vegetais (ex. pastagens seminaturais e semeadas, sebes, comunidades de infestantes), organizadas numa paisagem heterogénea naturalmente favorável à avifauna e aos auxiliares das culturas (Devendra & Thomas, 2002; Powell et al., 2004; Hendrickson et al., 2008; Siegmund-Schultze et al., 2010).

As complementaridades entre o gado e as culturas, em particular através da ciclagem dos nutrientes, limitam as perdas de azoto e fósforo para o ambiente (Hendrickson et al., 2008; Lemaire et al., 2014), facto que contribui para a redução das despesas com fatores de produção (ex. fertilizantes químicos de síntese). Por outro lado, o desenvolvimento conjunto de várias produções, eventualmente, permite reduções de custos nomeadamente em equipamentos ou mão-de-obra, que podem ser partilhadas entre diferentes explorações (Devendra & Thomas, 2002; Russelle et al., 2007; Vermersch, 2007). A diversificação cultural atribui às explorações mistas policultura-pecuária uma certa resiliência económica, por meio do aumento da capacidade de desenvolver práticas que “amortecem” flutuações de preços. Por exemplo, o uso de culturas de dupla finalidade, como a escolha de uma cultivar de milho que pode ser colhido em grão ou verde para silagem, pode amortecer as flutuações nos rendimentos das culturas, preços de venda ou

riscos climáticos (Veysset et al., 2005; Wilkins, 2008). A combinação produção vegetal-pecuária é reconhecidamente resistente às flutuações dos mercados (Vermersch, 2007; Bell & Moore, 2012).

No entanto, gerir uma exploração de policultura-pecuária requer uma grande força de trabalho (Bell & Moore, 2012), cada vez mais cara e indisponível na Europa. Assim, as explorações com sistemas mistos de agricultura na Europa deparam-se com a necessidade de simplificar práticas ou aumentar a mecanização. Por outro lado, as explorações de policultura-pecuária requerem um capital significativo, devido à sua superfície e ao investimento em equipamento e gado. Isso leva a dificuldades na constituição das explorações, sobretudo para agricultores com menor poder de compra (Ryschawy et al., 2012).

Embora a gestão e a sustentabilidade das explorações em sistema misto de agricultura levem uma ampla gama de questões, os esforços de investigação para abordá-las são muito limitados, particularmente nos países do Norte (Hendrickson et al., 2008). A policultura-pecuária é, de facto, pouco estudada nos países desenvolvidos, onde a investigação e o aconselhamento há muito se centram na intensificação da produção agrícola, baseada em economias de escala e, por conseguinte, na especialização produtiva (Vermersch, 2007; Wilkins, 2008).

Nas últimas décadas, a investigação em sistemas mistos concentrou-se no fortalecimento da autonomia das explorações através da coordenação entre zootecnia e agricultura, em particular nas perdas de azoto para fora do sistema, alimentação animal e fertilização mineral das culturas e, mais recentemente, no sequestro de carbono (Hendrickson et al., 2008; Béguin et al., 2014). Porém, muitos dos trabalhos de pesquisa disponíveis na literatura científica dirigem-se a áreas tecnocientíficas muito especializadas, como o melhoramento genético de culturas de dupla finalidade (Zerbini & Thomas, 2003).

Um outro conceito mencionado na literatura, o de sistema agrícola diversificado (*diversified farming system*), representa a opção de maior complexidade dos sistemas mistos orgânicos de agricultura, e implicitamente de mais difícil implementação. Por definição, são sistemas multifuncionais, sustentáveis e agroecológicos. Um sistema agrícola diversificado assenta na complexificação ecológica, espacial e temporal, de modo a regenerar as interações bióticas e, por essa via, incrementar os serviços ecossistémicos (ex. qualidade do solo, fixação de azoto, biodisponibilidade de nutrientes,

polinização e controle de pragas) (Shennan, 2008). Um sistema agrícola diversificado inclui vários ou todos os seguintes componentes: (1) diversidade genética à escala da variedade/cultivar ou raça animal; (2) diversidade varietal dentro de uma única cultura ou espécie pecuária; (3) múltiplas espécies consociadas e/ou integração de espécies de gado; e (4) plantações não agrícolas e comunidades seminaturais de plantas e animais, cercas vivas, florestas autóctones e pastagens (Altieri, 2004). A agricultura tradicional é uma importante fonte de informação no desenho destes sistemas (Ryschawy et al., 2013; Torres-Manso et al., 2014).

O conceito de intensificação ecológica e as características dos sistemas mistos de agricultura discriminadas neste ponto, sejam eles o incremento da diversidade biológica, a redução *in loco* do azoto através da simbiose rizóbios-leguminosas e uma ciclagem mais eficiente dos nutrientes, são condições *a priori* indispensáveis para o desenvolvimento de sistemas orgânicos de agricultura (agricultura biológica). Esta dissertação versa a característica mais citada a respeito quer da intensificação ecológica da agricultura quer dos sistemas mistos, quer até dos sistemas agrícolas diversificados: a eficiência da ciclagem dos nutrientes.

1.4. Ciclagem de nutrientes em sistemas mistos biológicos de agricultura

Como foi referido nos pontos anteriores, a intensificação ecológica dos sistemas mistos de agricultura depende, em grande medida, da otimização do uso de nutrientes. Esta gestão, por si só, é um instrumento chave para que o sector agrícola possa garantir um rendimento estável minimizando os riscos ambientais, sem aumentar a superfície agrícola (Steinfeld et al., 2010; Foley et al., 2011; Titttonell, 2014). Além das tecnologias modernas (ex. agricultura de precisão e o uso de fertilizantes químicos de síntese), a gestão dos nutrientes no âmbito da IE da agricultura inclui métodos tradicionais, em grande parte desenvolvidos durante a 1ª revolução agrícola, como sejam a diversificação de culturas (ex. *catch crops*) e rotações (ex. com leguminosas pratenses e para grão), o pastoreio (maximização das interações entre produção vegetal e animal) e o uso extensivo de fontes orgânicas de nutrientes (ex. estrumes e adubação verde (Chadwick et al., 2015). Assim sendo, a intensificação ecológica é parte integrante, mas não exclusiva, da moderna agricultura biológica.

Como referido, os ruminantes desempenham um papel chave na ciclagem de nutrientes nos sistemas mistos biológicos (orgânicos) de agricultura. Os nutrientes reciclados que regressam ao sistema solo-pasto-culturas por meio de excrementos/estrumes de animais são um recurso determinante para repor/manter a fertilidade dos solos (Haynes & Williams, 1993; Sakadevan et al., 1993). Fatores como o clima, as condições do solo e a composição do estrume alteram a sua decomposição e a disponibilidade de nutrientes minerais para as plantas (Williams & Haynes, 1995; Shand & Coutts, 2006; Bahamonde et al., 2017). Por exemplo, a modelação da dinâmica de longo prazo do azoto (N), fósforo (P) e carbono orgânico (C) do solo sob pastagens em regiões montanhosas mostraram que o estrume animal é um importante contribuinte para o fluxo e ciclagem de N, P e C através do sistema de ciclagem (Hoogendoorn et al., 2011; Bilotto et al., 2019). Refira-se que a atividade microbiana do solo é estimulada por nutrientes reciclados nos estrumes animais e, à medida que estes se tornam disponíveis para absorção pelas plantas, influenciam a composição e o rendimento das espécies de pastagens (Aarons et al., 2009). No entanto, é escassa a informação sobre a integração de fatores biológicos e topográficos da ciclagem de nutrientes nas paisagens agrárias complexas que caracterizam os sistemas de agricultura biológica.

1.5. Modelo concetual da ciclagem de nutrientes num sistema misto biológico de agricultura

Os modelos conceptuais são representações verbais ou esquemáticas de sistemas complexos nos quais se evidenciam, variáveis, relações entre variáveis, fluxos, e conceitos chave (Guarino et al., 2019). A perceção e organização da realidade oferecida pelos modelos conceptuais são um ponto de partida eficiente para desenvolver perguntas de investigação ou desenhar uma experimentação.

A circulação dos nutrientes no âmbito da “exploração agrícola caso de estudo” está resumida na Figura 1.1. Este esquema foi desenvolvido a partir do modelo conceptual do sistema de agricultura da Terra Fria proposto por Moreira (1998) e será debatido nos materiais e métodos e na discussão de resultados.

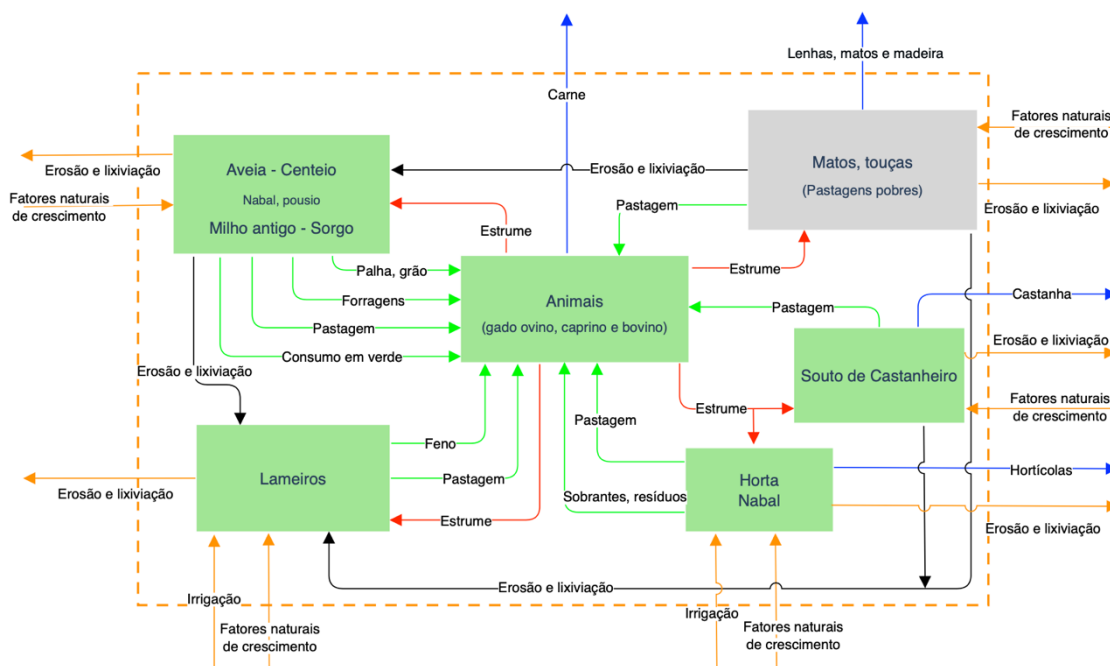


Figura 1.1. Modelo conceitual da ciclagem de nutrientes na área de estudo (adaptado com grandes alterações de Moreira, 1998). Assume-se que o homem é exterior ao sistema porque os seus resíduos só marginalmente são metabolizados no interior da exploração agrícola.

Legenda: tracejado laranja - limites físicos da exploração agrícola (do sistema); setas pretas – fluxos de materiais (incluindo nutrientes) não forrageiros dentro do sistema; setas verdes – biomassa forrageira; setas vermelhas – fluxos de nutrientes transportados nos estrumes; setas azuis – fluxos de materiais para fora do sistema com valor de mercado; setas laranja – outras entradas e saídas de matéria e energia do sistema; caixas verdes – compartimentos do sistema (tipos de uso do solo) que concentram nutrientes; caixa a cinzento – compartimentos do sistema (tipos de uso do solo) que cedem nutrientes.

1.6. Os sistemas mistos biológicos no futuro, visão pessoal

Os sistemas tradicionais orgânicos de agricultura sustentam a fertilidade do solo por meio de processos complexos de ciclagem de nutrientes à escala da exploração. Além da ciclagem de nutrientes via estrumes e consumo de coprodutos, os usos extrativos (*nutrient mining*) da terra (ex. pastagens e nabo) fornecem um amortecedor ecologicamente sustentável contra a exportação contínua de nutrientes de terras cultivadas (ex. lixiviação, desnitrificação e exportação de produtos). Desde que as transferências de nutrientes não excedam as suas capacidades regenerativas e a erosão do solo seja negligenciável, o sistema está em equilíbrio. O desempenho (produtividade) do sistema é, nestas condições, em grande parte limitado pelo *stock* de nutrientes e pela eficiência da sua ciclagem.

As técnicas tradicionais de agricultura biológica oferecem caminhos viáveis para melhorar a ciclagem de nutrientes e o desempenho dos agroecossistemas mas, deve-se prestar atenção às dificuldades intrínsecas da intensificação ecológica. Por exemplo, devem ser considerados usos da terra (ex. pastagens) dedicados à aquisição/ciclagem dos nutrientes para o processo produtivo, bem como as limitações naturais associadas ao fecho dos ciclos de nutrientes. Os sistemas mistos de agricultura, podem representar um modelo de agricultura sustentável segundo princípios de reciclagem de nutrientes e uso eficiente da terra e dos recursos. Para lidar com as restrições organizacionais e a viabilidade económica, os sistemas mistos de agricultura devem ser projetados ao nível das instituições locais na promoção e valorização das regiões.

A agricultura biológica tem sido promovida como ambientalmente benéfica, reduzindo os impactos agrícolas na qualidade da água, biodiversidade e fertilidade do solo. Para otimizar a produção agrícola, os sistemas de agricultura biológica contam com a gestão da matéria orgânica do solo para melhorar as propriedades químicas, biológicas e físicas do solo (Marinari et al., 2006). Porém, nos últimos anos, o desenvolvimento do setor biológico induziu uma dissociação espacial da pecuária e da produção agrícola, levando ao desaparecimento da produção pecuária e à redução da área de pastagens nos sistemas de produção (ex: produção de grãos/cereais biológicos) (David et al., 2013). Esta especialização enfraqueceu a sustentabilidade ecológica e ambiental das explorações, que muitas vezes precisam de recorrer a fatores de produção externos para satisfazer as suas necessidades de nutrientes na produção (ex. estrumes provenientes do setor leiteiro ou da avicultura e fertilizantes orgânicos comerciais).

1.7. Objetivos do trabalho

O presente trabalho realizou-se no âmbito do curso de Mestrado em Agricultura Biológica, da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESA/IPVC). Esta dissertação tem como objetivo principal explorar os ciclos do fósforo e do azoto numa exploração com um sistema misto diversificado de agricultura biológica, sabendo *a priori*, como se referiu na introdução, que os ciclos destes nutrientes são o ponto de partida para uma intensificação ecológica do sistema. Para tal, com base no modelo conceptual da Figura 1.1., foram identificados os compartimentos e parcialmente quantificados os *stocks* e os fluxos do fósforo e do azoto no interior do sistema. Finda a fase descritiva da dissertação foram desenvolvidas propostas de optimização quer da ciclagem dos nutrientes quer da performance ambiental e económica do sistema.

Os instrumentos metodológicos disponíveis e a extensão do período experimental desta dissertação de modo algum permitiram uma análise detalhada e o fecho dos ciclos do P e do N. As perdas e ineficiências do sistema só vagamente puderam ser apreciadas. Mesmo estudos mais detalhados, metodologicamente poderosos, dos ciclos de nutrientes nos espaços agrícolas são inconclusivos a este respeito (van Loon et al., 2023). A revisão destes métodos e estudos está para além dos objetivos desta dissertação de mestrado.

O tema da dissertação enquadra-se nos propósitos de valorização dos sistemas mistos de agricultura, em consonância com o “Pacto ecológico Europeu para 2021-2027” (UE, 2019, 2020) e com a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” (UN, 2015), adotada por todos os Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, que define as prioridades e aspirações do desenvolvimento sustentável global para 2030 e procura mobilizar esforços globais à volta de um conjunto de objetivos e metas comuns.

A escolha do tema radica na minha experiência pessoal como gestor de uma exploração de ovinos e frutos secos convertida num sistema misto diversificado de agricultura biológica, faz oito anos. Mais de duas décadas a gerir um rebanho de ovinos, pastagens, soutos, hortas, touças, matos e terras de cultura forrageira (centeio/aveia) fizeram-me crer que a integração destes tipos de uso na minha exploração é ainda imperfeita e passível de melhoramento, com ganhos económicos e ambientais substanciais. E, mais uma vez na sequência do que é dito na introdução, tenho consciência que a ciclagem de nutrientes é a chave para conseguir uma exploração agrícola biológica mais eficiente.

2. CARACTERIZAÇÃO DA EXPLORAÇÃO

2.1. A paisagem

A exploração agrícola de estudo está inserida no Parque Natural de Montesinho, na Terra fria de Planalto, na qual se inserem os concelhos de Bragança e Vinhais, com clima mediterrânico. Ribeiro et al. (1988) caracterizaram as duas sub-regiões transmontanas - Terra Quente e Terra Fria. A Terra Fria, corresponde aos planaltos de Trás-os-Montes e caracteriza-se por um Verão quente e curto e um Inverno longo e frio, com neves ocasionais. A precipitação varia com o relevo, mas nos pontos mais a Este é superior a 600 mm. As temperaturas baixas no inverno entre os meses de novembro e abril, e as geadas tardias de primavera e precoces de outono, limitam a implementação de culturas de plantas vivazes, ou anuais de ciclo longo. Os verões quentes e secos, mas curtos, favorecem as culturas irrigadas de ciclo vegetativo adequado, e as precipitações escassas e irregulares entre os meses de maio e outubro, restringem as culturas de sequeiro, afetando a sua produtividade (Ribeiro et al., 1988).

Na paisagem agrária sobressai uma sábia ocupação do espaço. Os lameiros estão localizados ao longo das linhas de água, na base das vertentes, a recolher os nutrientes e a filtrar os sedimentos finos provenientes das encostas a montante. Nas zonas de solos mais delgados, localizados nos maiores declives, o homem manteve a floresta climácica de carvalho-negral (*Quercus pyrenaica*). Na proximidade das aldeias, adequadamente integrados no sistema de agricultura, os solos com maior capacidade produtiva foram ocupados por culturas hortícolas e frutícolas. Os solos de zonas mais aplanadas, um pouco mais distantes do povoado, foram convertidos à cerealicultura, estando estes devidamente compartimentados, quer por matas de carvalhos, quer por soutos de castanheiros, cuja importância económica num regime de silvopastorícia é por demais importante, nomeadamente na ovinicultura (Pires, 1994).

No que se refere à vegetação natural e seminatural dominante destacam-se extensos carvalhais de carvalho-negral, sardoais, bosques ripícolas, giestais, urzais, estevais e lameiros. Devido à enorme variabilidade geológica e climática regional coexiste uma flora variada.

2.2. A exploração agrícola de estudo - Fonte Quintela

A aldeia de Quintela, no concelho de Vinhais, situa-se a uma altitude média de 720 m, a meia encosta, encontrando-se muito exposta à ação dos fenómenos erosivos. É uma aldeia enquadrada na serra da Coroa, incluída no Parque Natural de Montesinho, sulcada por vários cursos de água que drenam para o rio Tuela.

A exploração – Fonte Quintela – é caracterizada por 20 parcelas, num total de 14,75 ha, maioritariamente submetidas a um regime extensivo de pastoreio, e com a sua atividade centrada na produção de ovinos de raça Churra Galega Bragançana e de castanha DOP Terra Fria Transmontana (Figura 2.1).

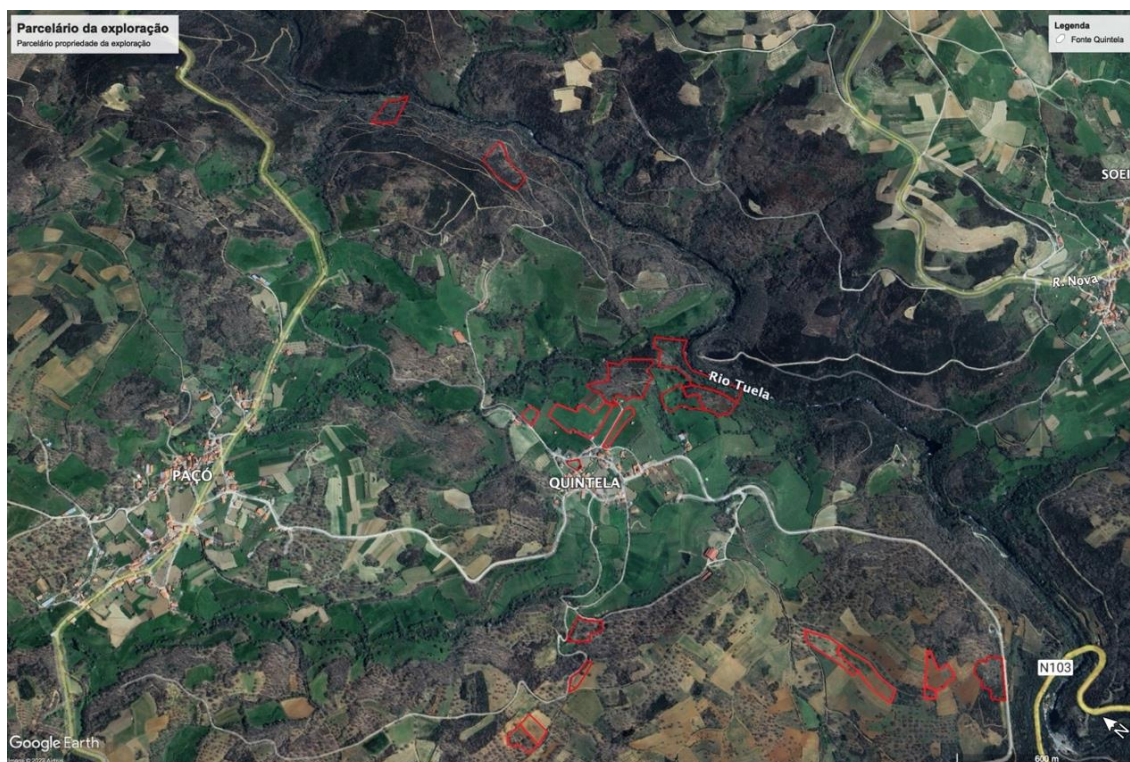


Figura 2.1. Parcelário da exploração agrícola de estudo Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Além das parcelas propriedade da exploração, existem parcelas cedidas pela comunidade para uso em pastoreio ou para sementeira de forragens (aveia, centeio, milho e sorgo/erva do sudão) (Figura 2.2).



Figura 2.2. Parcelário a uso da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais. Legenda: a vermelho – parcelas propriedade da exploração agrícola; a branco – parcelas cedidas para usufruto da exploração agrícola.

2.3. Localização e caracterização das parcelas

As parcelas (propriedade e cedidas) da exploração estão localizadas no termo da aldeia de Quintela e variam entre lameiros de regadio e sequeiro e áreas marginais afetadas à cultura do cereal (o.m.q. cultura forrageira) e milharadas, delimitadas por soutos de castanheiro e touças de *Quercus pyrenaica*. No Quadro 2.1 destaca-se que o fornecimento de alimentos animais (forragem) é uma das principais funções do sistema, por isso a produção de cada parcela engloba sempre uma componente desta natureza. A produção de pasto e forragem é essencial no funcionamento da exploração e como forma de ciclagem de nutrientes.

Quadro 2.1. Uso do solo nas parcelas/compartimentos da exploração agrícola Fonte Quintela, em 2022.

Parcela	Cultura	Produto	Uso	Input de nutrientes	Output nutrientes
Fonte	Lameiro regadio	Pasto/feno	AA	Estrumação in loco	Pasto/feno
Quinta	Lameiro regadio	Pasto/feno	AA	Estrumação in loco	Pasto/feno
Foz	Lameiro regadio	Pasto/feno	AA	Estrumação in loco	Pasto/feno
Rigueira	Lameiro regadio	Pasto/feno	AA	Estrumação in loco	Pasto/feno
Olga	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Regidouro	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Borêdo	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Olga	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Regidouro	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Beliqueira	Lameiro sequeiro	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Fonte	Horta	Hortícolas/frutícolas; subprodutos	AH e AA	Estrume 1 carro	Hortícolas/frutícolas; subprodutos
Fonte	Nabal	Nabo/nabiça	AH e AA	Estrume 1 carro	Nabo/nabiça
Foz	Souto	Castanha/pasto	AH e AA	Estrume 1 carro	Castanha/pasto
Cruz	Souto	Castanha/pasto	AH e AA	Estrume 1 carro	Castanha/pasto
Odival	Souto	Castanha/pasto	AH e AA	Estrume 1 carro	Castanha/pasto
Caleira	Souto	Castanha/pasto	AH e AA	Estrumação in loco	Castanha/pasto
Cruz	Cultura forrageira	Forragem/restolhos	AA	Estrume 1 carro	Forragem/restolhos
Odival	Cultura forrageira	Forragem/restolhos	AA	Estrume 1 carro	Forragem/restolhos
Chairas Odival	Cultura forrageira	Forragem/restolhos	AA	Estrume 2 carros	Forragem de milho
Chairas Odival	Cultura forrageira	Forragem/restolhos	AA	Estrume 2 carros	Forragem de sorgo
Esmael	Cultura forrageira	Pasto	AA	Estrumação in loco	Pasto
Foz	Touça /Q.Py	Lenha/pasto	AA	Estrumação in loco	Lenha/pasto
Esmael	Touça /Q.Py	Lenha/pasto	AA	Estrumação in loco	Lenha/pasto
Olga	Touça /Q.Py	Lenha/pasto	AA	Estrumação in loco	Lenha/pasto
Abria	Touça /Q.Py	Lenha/pasto	AA	Estrumação in loco	Lenha/pasto

Nota: AH: Alimentação humana; AA: Alimentação animal.

2.4. Fertilidade do solo

Como será referido no ponto de material e métodos, foram realizadas análises ao solo nas diferentes parcelas da exploração agrícola, cujos resultados se encontram nos Quadros 2.2 e 2.3, acompanhados dos valores de referência nos Quadros 2.4 e 2.5.

Quadro 2.2. Análise de solo em diferentes parcelas/compartimentos da exploração agrícola Fonte Quintela, no outono 2022.

Compartimento	COMPLEXO DE TROCA							
	%	pH	mg kg ⁻¹		Cmol(+) kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
	M.O	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CTCe	Boro
Cruz Souto, entrelinha	1,3	6,0	7	87	13,18	5,92	19,73	0,43
Odival Souto, copa	1,4	5,9	51	151	10,35	3,97	14,96	0,52
Odival Souto, entrelinha	1,1	5,8	32	126	9,97	3,70	14,35	0,16
Cruz Souto, copa	2,5	5,9	14	187	12,71	5,20	18,84	0,18
Caleira Souto, copa	2,5	6,1	16	113	8,30	3,85	12,64	0,36
Cruz centeio	0,8	5,8	25	99	10,31	3,90	14,68	0,14
Odival aveia	1,3	5,7	21	186	9,71	3,39	13,91	0,31
Odival centeio	1,5	5,0	69	85	1,54	0,74	3,93	0,41
Esmael aveia	2,2	5,1	31	150	4,41	1,38	7,77	0,28
Esmael touça	1,3	5,8	42	199	7,72	2,15	10,89	0,54

Quadro 2.3. Análise de solo em diferentes parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, na primavera de 2023.

Compartimento	COMPLEXO DE TROCA							
	%	pH	mg kg ⁻¹		Cmol(+) kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
	M.O	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CTCe	Boro
Fonte nabal	2,4	6,4	541	390	8,30	3,07	12,88	1,06
Fonte nabal	3,1	6,4	586	500	9,38	3,58	14,79	1,33
Fonte horta	2,5	6,5	330	460	7,05	2,68	11,39	1,32
Lameiro 1 Fonte	3,5	6,4	74	114	9,45	4,00	19,61	1,17
Lameiro 2 Fonte	2,9	6,5	97	195	11,09	4,29	16,40	1,03
Lameiro 3 Fonte	3,3	6,3	90	104	9,81	4,11	19,90	1,30
Lameiro 4 Fonte	3,8	6,3	48	99	10,68	5,85	23,43	1,43
Lameiro 5 Fonte	2,3	6,4	35	156	9,39	4,07	14,39	0,78
Lameiro 6 Fonte	3,5	6,3	48	78	9,29	4,07	19,14	1,06
Lameiro 7 Quinta	1,9	6,5	63	83	8,18	2,77	11,71	0,83
Lameiro 8 Quinta	2,7	6,3	139	136	7,75	2,74	17,08	1,14
Lameiro 9 Quinta	3,2	6,3	187	121	7,04	2,59	16,31	1,32
Lameiro 10 Foz	1,8	6,4	31	60	14,00	6,56	26,21	0,75
Lameiro 11 Foz	3,2	6,3	19	65	13,68	6,83	26,81	1,43
Lameiro 12 Foz	3,9	6,5	47	660	10,18	5,64	23,36	1,35

Quadro 2.4. Valores de referência para análise química do solo. Adaptado de: Manual de fertilização das culturas (INIAV, 2022).

	M.O.	P ₂ O ₅ e K ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	Boro
Muito baixo	≤ 0,5	≤ 25	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 5	≤ 0,2
Baixo	0,6-1,5	26-50	0,1-0,25	0,1-0,25	2,1-5,0	0,6-1,0	5,1-10	0,21-0,4
Médio	1,6-3,0	51-100	0,26-0,5	0,26-0,5	5,1-10	1,1-2,5	10,1-20	0,41-1,0
Alto	3,1-4,5	101-200	0,51-1,0	0,51-1,0	10,1-20,0	2,6-5,0	20,1-40,0	1,1-2,5
Muito alto	> 4,5	≥ 200	> 1,0	> 1,0	> 20,0	> 5,0	> 40,0	> 2,5

M.O. – matéria orgânica do solo; CTC – capacidade de troca catiónica.

Quadro 2.5. Valores referência do pH em H₂O do solo. Adaptado de: Manual de fertilização das culturas (INIAV, 2022).

	pH H ₂ O
Muito ácido	≤ 4,5
Ácido	4,6-5,5
Pouco ácido	5,6-6,5

As análises de solo permitem algumas conclusões relevantes quer para a compreensão quer para a manipulação do sistema de agricultura da Fonte Quintela. O teor em M.O. é francamente mais baixo nas terras de centeio e de aveia em consequência de um longo histórico de mobilização do solo. Pela mesma razão, acrescida do efeito da posição fisiográfica (relevo convexo), os teores e a M.O. são baixos em alguns soutos (vd. parcela “Odival”). Provavelmente, a M.O. é baixa nos matos e touças da parcela “Esmael touça” porque recentemente foi percorrida por um incêndio de verão de elevada intensidade/severidade. Como seria expetável, a M.O. atinge valores médios nos lameiros e nas terras bem estrumadas cultivadas com hortícolas e nabal.

O fósforo revela as mesmas tendências da M.O., mas os mecanismos envolvidos na sua diferenciação espacial são distintos. As análises mostram que alguns compartimentos (o.m.q. parcelas) do sistema cedem fósforo enquanto outros o estão a concentrar. Genericamente, exportam fósforo via estrumes e na biomassa da produção as terras de cultura forrageira (centeio/aveia), os lameiros, os soutos e as touças e matos. Em contrapartida, o fósforo concentra-se através da aplicação de estrumes e do “rabo de ovelha” nas hortas.

A exploração está instalada sobre um substrato de rochas básicas que dão, naturalmente, origem a solos férteis (no contexto regional), com teores razoáveis de potássio, cálcio e

magnésio, e valores anormalmente elevados de pH e de CTC (COBA, 1991). É até muito provável que as extrações de bases sejam rapidamente repostas pela meteorização da fração mais fina de minerais primários (limo) porque, tanto quanto se sabe do historial da exploração, nunca aqui foram aplicados calcários nem adubos potássicos. As parcelas “Odival Centeio” e “Esmael Aveia” destoam deste padrão, concretamente no Ca, Mg e pH, porque o substrato rochoso é distinto (notar que o pH é inferior a 5,5). Torna-se evidente que será necessário atuar com calagens nestas parcelas.

O boro é um nutriente muito móvel, facilmente lixiviável e exportável pela biomassa (INIAV, 2022). Os solos transmontanos, derivados de xistos ou granitos, são deficitários em boro. A aplicação generalizada deste nutriente às culturas dicotiledóneas em Trás-os-Montes é relativamente recente. Os estrumes analisados têm uma concentração em boro superior às referências bibliográficas consultadas. Este facto deve-se, provavelmente, à litologia da exploração agrícola, na qual predominam rochas básicas e, por conseguinte, solos com um elevado fundo de fertilidade (à escala regional). Na exploração aplicam-se, em média, 18 t/ha de estrume, com 32 % de MS, na horta. Feitas as contas, uma adubação em boro de 0,38 g/ha, um valor dentro das doses recomendadas por (Bryson et al., 2014). As análises ao solo (Anexos I e II) mostram teores elevados de boro nas parcelas de lameiros e hortas: o lameiro recebe o boro por lixiviação, a horta pelas estrumações. Em contrapartida, as análises revelam baixa concentração de boro nos relevos convexos (terras de cultura forrageira e os soutos), áreas sujeitas a lixiviação e extração pela cultura e pelo pasto do boro, e baixas reposições pela aplicação de estrumes (quadros de concentração de N e P nos vários compartimentos). É importante realçar que a concentração do boro nas hortas é coerente com os outros nutrientes

As estrumações nas hortas são elevadas e repetidas anualmente para alimentar as plantas em azoto, mas traduzem-se em teores desnecessariamente elevados de boro, fósforo e potássio em falta noutros compartimentos, sendo esta ineficiência difícil de mitigar.

2.5. Caracterização da raça Churra Galega Bragançana

A raça Churra Galega Bragançana é tão antiga como a história da pecuária de Trás-os-Montes (Barbosa, 1993). Os fatores que contribuíram para diferenciar a raça Churra Galega Bragançana são as condições agroecológicas que se verificam na Terra Fria

Transmontana, nomeadamente entre a Montanha e o Planalto. Foram os celtas que cruzaram as ovelhas autóctones com os carneiros que traziam, obtendo assim o primitivo tronco churro, do qual deriva também a raça Churra Galega Bragançana (DGAV, 2020). A raça Churra Galega Bragançana é uma raça muito rústica e bem-adaptada às condições edafoclimáticas e agroecológicas da Terra Fria Transmontana.

Ribeiro (1940-1941) escrevia que "a variedade churra é a que mais se encontra nos rebanhos serranos; e nesta ainda dominam as ovelhas pretas, consideradas inferiores às brancas pela qualidade da lã, mas mais resistentes aos rigores do clima. São reses de corpo pequeno, geralmente com a cara e as pernas deslanadas, acomodando-se a pastos de qualidade inferior e à intempérie" (Ribeiro, 1940-1941).

Com estatura média a grande, em que a altura dos membros e do tórax lhe confere o característico aspeto pernalteiro, os animais são de cor branca, apresentando malhas pretas ou acastanhadas em volta dos olhos, focinho e orelhas, podendo também surgir nos membros, como se observa na Figura 2.3.

De acordo com DGAV (2020), a cabeça possui um tamanho médio, é deslanada e com um perfil subconvexo. As fêmeas não apresentam cornos, os quais aparecem frequentemente nos machos, com orelhas medianas e de alta inserção, com arcadas orbitais salientes e olhos grandes. O pescoço é comprido e delgado, tendo má ligação ao tronco, sem barbela e deslanado no terço anterior. O peito é estreito, o garrote e as espáduas pouco destacadas, com a linha do dorso lombar horizontal. A garupa um tanto descaída e pouco volumosa, e com cauda comprida. Os membros são altos, finos, pigmentados e deslanados nas extremidades livres, tendo unhas rijas e frequentemente pigmentadas. O úbere é globoso, com tetos bem implantados. O velo é pouco extenso, não recobrindo a cabeça, o terço anterior do pescoço, a barriga e os cabos, composto por madeixas pontiagudas e a pele é de cor branca ou amarelada, apresentando-se fina e untuosa (DGAV, 2020).



Figura 2.3. Ovinos de raça Churra Galega Bragançana da exploração agrícola Fonte Quintela, concelho de Vinhais.

2.6. Efetivo e manejo pecuário

Em 2022, o efetivo pecuário da exploração era composto por quarenta fêmeas adultas mais um macho, num total de quarenta e um ovinos. Todos os animais são de raça Churra Galega Bragançana.

O manejo alimentar do efetivo é baseado em dois sistemas de pastoreio: o pastoreio de percurso, mesmo com a existência de terrenos próprios, e o rotacional, em que se faz uma gestão mais eficaz da disponibilidade de pasto durante o ano. A complementaridade entre os dois sistemas de pastoreio é de enorme importância porque permite um maior aproveitamento dos recursos forrageiros da exploração.

Como é próprio das regiões de clima mediterrânico, identificam-se duas épocas de abundância de pasto, uma na primavera e outra, menos produtiva, no outono. A oferta forrageira de primavera está relacionada com a subida da temperatura e o aumento da radiação em consequência do crescimento dos dias. A partir de outubro, com a chegada das primeiras chuvas, desponta o pasto que se mantém produtivo até à chegada de geadas

persistentes (coincidentes com dias pequenos e sombrios). Há escassez de forragem em duas épocas: no inverno e no verão, principalmente na parte final deste. A variação das disponibilidades alimentares ao longo do ano verifica-se em toda a área da exploração, com ligeiras diferenças na sua importância relativa nos lameiros de regadio, que possibilitam a persistência de pasto durante mais tempo.

As ovelhas gestantes acompanham o rebanho. Normalmente não necessitam de suplementação na primavera; no outono e no inverno todos os jovens e adultos são suplementados no final do dia. O final da gestação, os partos e as primeiras fases do aleitamento coincidem com os dois picos de oferta forrageira. Há uma época de parição por outubro (cerca de 60% do total anual), nascendo os cordeiros desde fins de setembro até ao início de novembro. Na época seguinte, os cordeiros nascem de abril até fins de maio. As ovelhas que parem no outono ficam, por vezes, no curral com os cordeiros, alimentadas a feno, grão de milho regional (o milho dente-de-cavalo é recusado), centeio ou aveia, e, residualmente, com concentrado, para que o crescimento dos cordeiros seja mais uniforme e a taxa de mortalidade menor. A suplementação é necessária porque o pasto pode ser escasso e o tempo frio, sendo os gastos energéticos para se manterem quentes elevados. As ovelhas gestantes e aleitantes e os cordeiros são mais afortunados na primavera, pois a forragem verde é sempre suficiente. Os cordeiros de abril saem todo o dia com as ovelhas para o pasto, porque a erva e o leite materno são abundantes e nutritivos, os percursos são curtos, e as temperaturas são amenas, agradáveis para os recém-nascidos. Ao segundo dia já saltam e brincam.

Os cordeiros são vendidos, com cerca de 2 meses, nas épocas de maior procura (Natal e Páscoa), passado o pico da produção de erva (mais evidente no outono). Os cordeiros que nascem em outubro vendem-se no Natal; os que nascem em novembro já só ficam para a Páscoa, tendo que suportar o inverno. É ainda de acrescentar que as épocas de falta de pasto coincidem com os períodos do ano em que há maior dificuldade na condução e pastoreio do rebanho (no inverno e o no verão).

Contrariamente ao praticado por muitos pastores do concelho, na exploração em estudo, os carneiros não são separados do rebanho, para controlo das épocas de parição. A cobertura é natural sem pôr em causa as vantagens zootécnicas e económicas das datas de parição antes citadas.

O rebanho sai para pastoreio haja frio, chuva ou mesmo neve, mas nunca anda no campo quando está muito calor e sol intenso. Durante o inverno, o pastor sai com o rebanho de manhã, por volta das 11h00m, e regressa às 16h30m-17h00m. As ovelhas, devido ao frio e humidade, só pastam a partir das 12h30m-13h00m e o período de pastoreio não ultrapassa as 5h diárias.

No verão, o rebanho sai de madrugada, entre as 04h00m e as 05h30m, anda no pasto até às 9h00m-10h00m, altura em que é encerrado por causa do calor. Pode abrigar-se na corriça, mas o mais comum é ficar no campo à sombra das árvores, na "séstia" ou "a estiar". Na séstia, as ovelhas podem ficar em cancelas, abrigadas sob a sombra das árvores e guardadas pelos cães. Depois do sol baixar, passadas as horas de maior calor, as ovelhas voltam a sair para o pasto, das 16h00 às 20h00, mas podem andar até à meia-noite ou até mais tarde. Há mesmo pastores que esporadicamente chegam a andar toda a noite, quando as ovelhas estão magras. No Verão, as ovelhas são encerradas na corriça ou em cancelas no campo durante o período noturno em que não estão em pastoreio, sendo guardadas pelos cães.

A necessidade de procurar pontos de abeberamento para o rebanho só se coloca nos meses secos de verão. Como o rebanho está em constante movimento entre as várias parcelas da exploração é necessário ter locais de abeberamento espalhados pelo campo. No verão os animais vão beber a nascentes, ribeiros, poços ou bebedouros próprios para os rebanhos, conhecidos em certas aldeias por "masseiras". Normalmente o pastor planeia a volta de acordo com a distribuição espacial de pontos de água. Nos dias mais quentes de verão os rebanhos bebem três a quatro vezes ao dia. De manhã, quando saem para o pasto, dirigem-se a um local próprio com água; voltam a beber a meio da manhã antes de se encaminharem para o abrigo onde permanecem durante as horas de calor, abrigos estes que normalmente ficam perto de pontos de água; tornam a beber ao fim da tarde quando retornam aos pastos; muitas vezes bebem novamente à noite, antes de recolherem ao alojamento (curral ou cancela). De inverno, existem várias linhas de água utilizáveis. Nesta altura as necessidades em água são reduzidas porque as temperaturas são baixas e há humidade suficiente nos campos e na erva.

Para a manutenção do rebanho é necessário proceder anualmente à substituição das ovelhas velhas por animais mais jovens, e substituir aquelas que devido a doença, acidente ou qualquer outro motivo é conveniente afastar do efetivo. Todos os anos, o

pastor vende ovelhas de refugio. Existem também pastores que fazem negócio com a compra e venda de ovelhas. Os machos são substituídos por outros não consanguíneos, bons cobridores, de três em três anos.

2.7. Sistema de comercialização

A exploração agrícola em estudo está organizada para a produção de carne. Embora seja da venda dos cordeiros que os pastores obtêm a maior parte do seu rendimento, há outros produtos provenientes da exploração ovina que podem ser objeto de comercialização, é o caso da lã, das ovelhas de refugio, das canhonas para recria (ovelhas não cobertas de 6 a 8 meses) e do estrume.

A lã característica das ovelhas Churra Galega Bragançana é do tipo churro e, como tal, de fraca qualidade. Os pastores não conseguem vender a lã que tosquiavam, pois atualmente não há procura deste produto. "A lã ninguém a quer, não dá para a tosquia". Antigamente, era usada para a confecção de mantas, meias, tapetes e outros artigos de fabrico caseiro e artesanal, mas o progressivo abandono das técnicas artesanais de fabrico destes artigos conduziu à crescente diminuição da procura, de tal forma que neste momento a lã é um produto que se vai acumulando em casa dos criadores de ovinos e do qual não retiram qualquer proveito.

A Raça Churra Galega Bragançana é uma raça de aptidão de carne, nomeadamente de cordeiro churro, como o Cordeiro Bragançano DOP, que corresponde a carne de ovinos da raça Churra Galega Bragançana abatidos com três a quatro meses de idade, nascidos e criados num sistema de exploração extensivo tradicional. Trata-se de uma carne muito tenra, particularmente succulenta, macia, e com uma gordura consistente e não exsudativa com um peso médio vivo estimado de 10 a 12 kg (DGAV, 2020).

Na região, os cordeiros são destinados a venda, troca, autoconsumo, oferta ou ao pagamento de rendas. A venda dos cordeiros associada à venda dos outros produtos das explorações agrícolas tem um papel destacado no sistema misto de agricultura, como forma de agregação de valor à produção agrícola e à transformação de produtos e serviços que circulam a nível local (Oba, 2011).

A pequena agricultura de base familiar orienta-se para a procura local, sendo, portanto, responsável pela alimentação das pessoas em aglomerados populacionais de proximidade, e que muitas vezes ficam fora dos grandes circuitos comerciais de alimentos. Tal é o caso da Fonte Quintela.

A União Europeia, no âmbito das políticas de desenvolvimento rural [Regulamento (UE) n.º 1305/2013], refere que a Cadeia de abastecimento curta envolve um número limitado de operadores económicos empenhados na cooperação, no desenvolvimento económico local e relações geográficas e sociais estreitas entre produtores, transformadores e consumidores. O valor económico gerado pelo modelo familiar dinamiza o comércio local de alimentos e continua a gerar procura, dando início a um círculo económico virtuoso, baseado em relações locais.

Cristóvão et al. (2009) referem “um esforço colaborativo para construir economias alimentares autossustentadas e baseadas no local, em que a produção, transformação e distribuição e consumo são integrados de forma a melhorar a economia, o ambiente e a saúde social de um lugar específico”. A revitalização das zonas rurais requer medidas inovadoras, que valorizem os agentes e os recursos locais e, em particular, os produtos agroalimentares. Para tal são fundamentais as medidas que apoiem a integração dos pequenos agricultores no mercado e a sua organização (Cristóvão et al., 2009).

Os circuitos curtos de comercialização conseguem reconstruir a identidade entre o alimento, a sociedade e o território. Saber quem produz, onde se produz e como é produzido faz diferença para os consumidores.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coeficientes técnicos

Para cada compartimento (parcela) foi determinada a área, alguns parâmetros químicos do solo, a produção de biomassa forrageira (no ano agrícola de agosto 2022 a julho 2023), a produtividade e a concentração em nutrientes (N e P) do output forrageiro. O produto entre a produtividade e a concentração em nutrientes quantifica os fluxos de nutrientes dentro do sistema. A biomassa obtida em cada um dos compartimentos é movimentada por reboque ou pelos animais em pastoreio. O mesmo se pode dizer a respeito dos estrumes.

A ciclagem de nutrientes foi concretizada através da seguinte informação quantitativa (coeficientes técnicos):

- Análise de solo (Quadros 2.2 e 2.3);
- Produtividade e produção em matéria seca (MS) dos lameiros de regadio e de sequeiro (erva pastada + feno), da erva das touças e sotos, do sorgo, milho, nabo, e de palha de centeio e aveia (Quadros 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7, 4.10, 4.11, 4.13 e 4.15);
- Massa em MS, proteína bruta ($PB = N \text{ total} \times 6,25$) e concentração em N e P na biomassa de feno de lameiro, palhas de centeio e de aveia, erva de lameiro de sequeiro, lameiro de regadio, sorgo, milho e nabo (Quadro 4.26);
- Extração de N e P na biomassa forrageira (Quadros 4.28, 4.29 e 4.30);
- Mapas de pastoreio (permanência do rebanho por compartimento) (Quadro 4.25);
- Produção em MS inferida de biomassa forrageira dos sotos, touças e horta (Quadros 4.2, 4.3 e 4.11);
- Eficiência do uso de biomassa forrageira da milharada, do sorgo, feno e palhas (Quadros 4.5, 4.6 e 4.8);
- Análise química da composição de estrume (inc. N, P e B) (Quadros 4.16 e 4.17);
- Excreção média de N e P/ hora*ovelha, durante 12h e 24h (Quadro 4.18);
- Estrumes produzidos (matéria fresca e em MS) em cama coberta e em cama ao ar livre (Quadros 4.18 e 4.24);
- Transporte (fluxos) de nutrientes (N e P) através do pastoreio (consumo de biomassa forrageira) (Figuras 4.1 e 4.2);
- Transporte (fluxos) de nutrientes (N e P) entre o curral e as parcelas (Quadro 4.21).

3.2. Solo

Em cada um dos compartimentos foram recolhidas amostras de solo para análise em laboratório (Quadros 2.2 e 2.3). Os parâmetros analíticos avaliados foram os seguintes:

- Parâmetros físico-químicos: textura de campo, pH (H_2O e KCl), calcário ativo e carbonatos totais, matéria orgânica e capacidade de troca catiónica;
- Fertilidade química: fósforo (P_2O_5) e bases de troca (cálcio, magnésio, potássio, sódio);
- Micronutrientes: boro.

Estas análises foram realizadas para qualificar o ambiente químico e físico do solo em que as plantas se desenvolvem, e a capacidade que este tem de disponibilizar nutrientes para as diferentes culturas, e que são transferidos pelos animais desde as parcelas até ao curral, após pastoreio.

De salvaguardar que, por razões metodológicas, ficaram por determinar fluxos essenciais para uma perfeita compreensão da ciclagem de nutrientes no interior da exploração agrícola, como sejam a fixação nodular de azoto, ou as perdas por erosão, lixiviação, volatilização ou desnitrificação de nutrientes. Sem estes dados não é possível calcular a eficiência do uso dos nutrientes. Nem se dispõe de um histórico de análises de solos das parcelas que permita uma análise diacrónica de ganhos e perdas de fósforo.

As amostras de solo das parcelas da exploração em estudo foram recolhidas antes da sementeira de outono/inverno (centeio e aveia), em parcelas que foram usadas para pastoreio (sorgo, milharada, nabal, pousio), bem como nas parcelas de lameiro e horta.

A recolha das subamostras de solo foi realizada a uma profundidade de 20 a 25 cm, com recurso a uma pá, para um balde e posteriormente homogeneizadas e recolhida uma parte para perfazer uma amostra representativa. As subamostras foram georreferenciadas tal como se exemplifica na Figura 3.1.



Figura 3.1. Georreferenciação de amostras de solo nas parcelas Cruz soute e Cruz cultura forrageira, na exploração agrícola Fonte Quintela, concelho de Vinhais.

3.3. Biomassa forrageira

As amostras de biomassa forrageira são chave na ciclagem de nutrientes pois refletem o *stock* de nutrientes no solo de pastagens, e a forma como os nutrientes estão a ser usados e reciclados no sistema. As análises das plantas podem também ajudar a determinar quais as pastagens/forragens mais adequadas para suprir as necessidades dos animais durante as várias estações do ano.

A produtividade em **biomassa das culturas e das pastagens** foi determinada a partir de amostras que consistiram em áreas de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²), tendo-se recolhido 6 amostras por cultura/pastagem (Figura 3.2.). Para apurar a produtividade dos lameiros foram colocadas seis gaiolas de exclusão do pastoreio com 1 m² (Figura 3.3), localizadas três em lameiro de regadio e três em lameiro de sequeiro, durante o período de 57 dias acrescida da taxa de crescimento de 35% (Pires, 1994). A produtividade foi generalizada ao hectare, e a produção foi calculada multiplicando a produtividade pela área do compartimento.

A biomassa forrageira foi tratada do seguinte modo: seca em estufa a 65°C até peso constante; parte foi moída e entregue para análise do N (Kjeldahl) e do P (Égner-Riehm), no laboratório da Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança (ESA-IPB).



Figura 3.2. Área de amostragem com 0,50 x 0,50 m para determinação da produtividade em biomassa das culturas e das pastagens, na exploração agrícola Fonte Quintela, concelho de Vinhais.



Figura 3.3. Gaiola de exclusão de pastoreio com 1 m², para determinação da produtividade dos lameiros, na exploração agrícola Fonte Quintela, concelho de Vinhais.

Milharada (milho cigano) e sorgo

Objetivo:

Pretendeu-se com a metodologia adiante explicitada, determinar os seguintes parâmetros produtivos:

- Biomassa seca em kg MS/m² e kg MS/ha:
 - Total;
 - Folha;
 - Caule;
 - Inflorescência.
- Biomassa ingerida em kg MS/m² e kg MS/ha:
 - Total;
 - Folhas;
 - Caule;
 - Inflorescência.
- Valor nutritivo:
 - Biomassa total;
 - Folhas;
 - Inflorescências;
 - Caules.

Metodologia:

1. Produção de MS/planta (no espigamento) média a partir de uma amostra de 15 plantas (recolhidas a 3 de agosto de 2022).
 - Parâmetros avaliados:
 - Altura vs MS folha, caule e inflorescência;
 - Comprimento de folha, caule e inflorescência vs MS folha, caule e inflorescência;
2. Consumo de biomassa forrageira em pastoreio (agosto/setembro).
 - Marcação das áreas de amostragem
 - Marcação de doze áreas (1 m²) para amostragem (seis de sorgo e seis de milho), em agosto 2022;
 - Parâmetros avaliados em cada área de amostragem:
 - Altura das plantas;
 - Recolha de biomassa no final da estação (fim a 30 de setembro), após a última passagem dos animais;
 - Altura do sobranço (após pastoreio) por m².

A produtividade foi generalizada ao hectare, e a produção calculada multiplicando a produtividade pela área do compartimento. A biomassa forrageira da milharada e do sorgo, foi tratada do seguinte modo: separados os caules, das folhas e das inflorescências (masculina e feminina), secas em estufa a 65°C até peso constante; parte foi moída e entregue para análise do N (Kjeldahl) e do P (Égner-Riehm) no laboratório da ESA-IPB. A eficiência de uso do pastoreio no milho cigano/milharada e no sorgo forrageiro/erva do sudão, foram determinadas a partir da quantidade disponível e do consumo das ovelhas.

No estudo da forragem da milharada e do sorgo surgiram dificuldades metodológicas que não permitiram a utilização, nesta dissertação, de boa parte dos dados quantitativos obtidos. Os animais entraram nas parcelas uma semana antes da data programada e consumiram mais de 50% da biomassa aérea. Só após a amostragem se constatou que as ovelhas preferiram pastar a área mais seca das parcelas, enviesando, seriamente, a amostragem. Pese embora as muitas horas de trabalho investidas nesta componente do trabalho, fomos obrigados a rejeitar a maior parte da informação obtida. Ainda assim, foi possível determinar a concentração de N e P na biomassa forrageira e a preferência dos animais (folhas vs. caule vs. inflorescência). Em alternativa, a produção e a produtividade foram recolhidas na bibliografia da especialidade para a região (DRAPN, 2022).

Nabo

Pretendeu-se com a metodologia adiante explicitada, determinar os seguintes parâmetros produtivos:

- Biomassa seca em kg MS/m² e kg MS/ha:
 - Total;
- Valor nutritivo:
 - Biomassa total:

A produtividade (MS) da cultura do nabo foi determinada em cinco amostras de 0,25 m², em fevereiro de 2023. A produtividade foi generalizada ao hectare e a produção calculada multiplicando a produtividade pela área do compartimento.

A biomassa forrageira do nabo foi seca em estufa a 65°C até peso constante; parte foi moída e entregue para análise N (Kjeldahl) e do P (Égner-Riehm) no laboratório da ESA-IPB.

3.4. Mapas de pastoreio

Os mapas de pastoreio que constam no Quadro 4.25, foram construídos com base no percurso dos animais e no tempo de permanência nos compartimentos em meios-dias, com recurso a coleira GPS (Figura 3.4).

A coleira GPS colocada nos animais (digitanimal, código CF922), foi utilizada ao abrigo de um contrato celebrado entre a empresa digitanimal e o Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Através da consulta via computador ou telemóvel, da interface *digitanimal.io* (Figura 3.5), é possível conhecer a localização de cada animal, assim como o trajeto percorrido no último período de vinte e quatro horas. Esta informação, permite determinar as horas de permanência em cada compartimento pastoreado, e produzir mapas em *excel* com relativa exatidão (Anexo VII). A folha *excel* foi contruída de acordo com a informação disponibilizada pela coleira GPS, bem como através da programação da volta de pastoreio acordada com o pastor.



Figura 3.4. Ovino em pastoreio com coleira GPS (digitanimal, código CF922), na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.



Figura 3.5. Mapa extraído da interface *digitanimal.io*, a partir das coleiras GPS colocadas nos animais, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Na falta de métodos alternativos, como por exemplo, animais fistulados e caixas de alimentação, a ingestão dos animais foi calculada em função do seu peso vivo (PV). Considerando que cada animal ingere em média 2,5% do seu peso corporal por dia, na medida em que a capacidade de ingestão nos ovinos varia de 2 a 3,5 kg MS/100 kg peso vivo (Freixial, 2010; Hampicke, 2010; Holechek, 1988), utilizou-se no presente trabalho o seguinte cálculo: $\text{Ingestão} = \text{PV} \times 0,025$. (Eq.1)

3.5. Estrumes

Foram recolhidas três amostras de estrume para análise química:

- Estrume de curral recolhida em outubro de 2022;
- Estrume de uma área de retenção de 9 m² durante 12h, em 2023 (vd. explicação mais adiante);
- Estrume de área de retenção de 9 m² durante 24h, em 2023 (vd. explicação mais adiante).

As amostras de estrume foram secas em estufa a 65°C até peso constante. Uma parte foi moída para análise química no laboratório do IPB, com os seguintes parâmetros: Azoto

(N) (Kjeldahl), fósforo (P) (Égner-Riehm), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (Bo), matéria orgânica (MO), pH, condutividade elétrica, relação C/N (Quadro 4.16).

A amostra de estrume de curral foi composta por subamostras recolhidas em vários pontos do curral, misturadas de forma homogênea, e foi entregue de seguida no laboratório (outubro de 2023).

Para determinar a produção de dejetos por animal e por unidade de tempo, foram realizadas duas amostras com 5 animais adultos, depois de um dia inteiro em pastoreio, numa área de retenção com 9 m², com recolha às 12h e às 24h (Figura 3.6). A área de retenção continha uma cama de palha (2,5 kg), e os animais não tiveram acesso a alimentos durante as 24h. Foram recolhidas três amostras de palha embebida em fezes e urina, em 0,25 m², às 12h e às 24h (Figura 3.7 e Anexo IX). Nas camas não se utilizaram matos nem restos de milho para simplificar o método de amostragem.



Figura 3.6. Animais na área de retenção de 9 m², para determinação da quantidade de dejetos produzidos às 12h e às 24h, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.



Figura 3.7. Área de amostragem com 0,25 m², na área de retenção, para recolha de urina e fezes dos animais após pastoreio de um dia, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Esta recolha permitiu determinar a quantidade de dejetos (urina e fezes) produzida por animal e, após análise laboratorial, determinar o N e P excretado/reposto pelo rebanho em pastoreio, cujos resultados se encontram no Quadro 4.18. Esta amostragem envolveu uma importante simplificação: assumiu-se que a excreção obtida com estes animais é similar à realizada em pastoreio. Outras metodologias possíveis são demasiado dispendiosas para os recursos disponíveis. De qualquer modo, julgamos que a simplificação não envolveu um erro significativo, porque a excreção nas primeiras 12h e nas segundas 12h foi similar, o que, indiretamente, indica a adequação da metodologia para os objetivos propostos.

Para o cálculo da excreção de N e P por ovelha (às 12h e às 24h), foram utilizadas as seguintes equações:

- Excreção N (g N/ovelha) = [(g MS (palha+dejetos)/m² * %N (palha +dejetos) * área (9 m²)) – g N/9 m² (palha)] /5 ovelhas (Eq. 2)

- Excreção P (g P/ovelha) = [(g MS (palha+dejetos)/m² * %P (palha +dejetos) * área (9 m²)) – g P/9 m² (palha)] /5 ovelhas (Eq. 3)

Os valores obtidos às 24 horas permitiram inferir a quantidade de N e P excretada por animal em pastoreio e, para a determinação da reposição de N e P durante o pastoreio, utilizaram-se as seguintes equações, cujos resultados constam nos Quadros 4.28, 4.29, e 4.30):

- Reposição em pastoreio (kg N por parcela/ano) = kg N/ovelha.hora * nº ovelhas * nº horas de pastoreio (total ano/parcela) (Eq. 4)
- Reposição em pastoreio (kg P por parcela/ano) = kg P/ovelha.hora * nº ovelhas * nº horas de pastoreio (total ano/parcela) (Eq. 5)

4. RESULTADOS

4.1. Sistema de alimentação dos ovinos

Nos sistemas de agricultura convencional, os ruminantes consomem dois tipos de alimentos, forragens, em verde ou conservadas, e alimentos compostos. A eficiência com que os animais utilizam estes dois tipos de alimentos, alimentos grosseiros (fibrosos) e alimentos concentrados, depende da espécie, em concreto da estrutura e extensão do seu tubo digestivo, sendo que os ruminantes (poligástricos) são mais eficientes a utilizar a erva e menos eficientes a converter os concentrados. Porém, a fibra das forragens e pastagens desempenha um papel importante na regulação do processo digestivo dos ruminantes, além de serem alimentos produzidos internamente e a baixo custo. Na Fonte Quintela o uso de concentrado é residual e, por isso, não entraram nos cálculos adiante efetuados.

Entende-se por culturas forrageiras as culturas herbáceas, geralmente anuais, por vezes bienais ou vivazes, destinadas a serem ingeridas antes da sua maturação, em verde, pelos animais em pastoreio ou dadas à manjedoura, ou, então, dispensadas após conservação, na forma de feno e de palha com grão. No âmbito da exploração agrícola em estudo, caem no conceito de cultura forrageira o milho cigano/milharada, o sorgo/erva do sudão, a aveia, o azevém, o centeio e o nabo forrageiro/greleiro.

As pastagens são comunidades de plantas geralmente herbáceas aproveitadas, predominantemente, no próprio local em que crescem, pelos animais em pastoreio. Na exploração agrícola em estudo incluem os lameiros de sequeiro e de regadio, sendo estes últimos utilizados também para a produção de feno. Oferecem ainda pasto permanente as touças, os matos e os soutos de castanheiro.

O sistema de alimentação é planeado para quatro períodos do ano, mais ou menos coincidentes com as quatro estações do ano, e de acordo com as principais atividades e culturas agrícolas praticadas na região/exploração agrícola.

No **inverno**, o gado anda pelo campo e pelo monte (touças). Num dia tipo de pastoreio de inverno, as ovelhas pastam a vegetação natural durante praticamente todo o dia. As pastagens entram em repouso vegetativo, em consequência das temperaturas baixas (influenciadas pelas geadas) e pela baixa insolação (tempo encoberto e dias pequenos). Por isso, os ervaçais anuais e as arbustivas do monte/touças e os matos, são um importante

recurso alimentar e as ovelhas aproveitam, entre outras espécies, a carqueja, as giestas e um vasto grupo de herbáceas anuais (ex. *Tuberaria guttata*, *Lolium rigidum*, *Poa annua*, *Trifolium dubium*, *T. campestre* e *T. subterraneum*).

Ao cair da tarde, antes de regressar ao alojamento, o gado "vai fartar" num lameiro com mais erva, no nabal ou numa terra com ferrã (cultura forrageira utilizada em verde, antes do espigamento, para pasto dos animais) caso da aveia, centeio, cevada ou outra forragem semeada no outono. Já de noite, no alojamento, é suplementado com feno e/ou palha. Como se referiu anteriormente, a alimentação das gestantes é reforçada com palha com grão (geralmente de aveia) e grão, sobretudo para aumentar o peso e diminuir a mortalidade dos cordeiros mais débeis. As churras estão bem-adaptadas a este maneio alimentar porque suportam grandes variações de peso, são boas mães e os cordeiros muito resilientes. Tal como os alimentos concentrados, a entradas de energia e nutrientes pelo grão comprado fora da exploração agrícola é residual.

Os lameiros são pastoreados até ao início do mês de maio, tendo terminado no dia 4 de maio, altura em que são guardados para feno. O fecho dos lameiros na Fonte Quintela é bastante tardio por duas razões: os lameiros de regadio são muito húmidos e há um hábito 9arreigado herdado de muitas gerações. Os lameiros de sequeiro não são fechados ao rebanho, uma vez que devido a imposições do PNM, a sua fenação não é permitida, sem autorização prévia e posterior pagamento de taxa.

A **primavera** é a época do ano de maior abundância. Há pasto disponível e não são necessários percursos longos para “fartar o gado”. A erva fresca cresce nos “poulos” e os montes “floreiam”. Ao contrário das parições de outono, os cordeiros que nascem nesta época acompanham as mães que os amamentam *in loco*. Por uma questão de segurança na primeira semana, após o parto, ficam retidos com as mães no curral ou num lameiro vizinho.

A fenação decorre entre a última quinzena de junho e a primeira de julho, consoante o ano vá mais ou menos seco. O período de crescimento da erva nesta exploração agrícola é curto, 49 dias em 2022-2023, quando deveria aproximar-se dos 90 dias (Pires, 1994). Enfardado o feno, o rebanho reentra nos lameiros e aproveita a matéria herbácea residual. Nos lameiros de regadio a erva continua a crescer porque há disponibilidade de água de rega no verão.

No **verão**, após a colheita da aveia e do centeio para enfardar, os gados "passam pelas terras de cereal e apanham as espigas e o grão que ficou no chão". Este é um recurso alimentar significativo nesta época, principalmente no início do verão. Depois de esgotadas as espigas e o grão, continuam a aproveitar os restolhos e o "marfolho" ou "fananco" (erva seca remanescente que serve de alimento ao gado) que exista. Desde o final do mês de julho e até meados de setembro, os rebanhos pastam as milharadas e as terras de sorgo/erva do sudão, sendo estas, nos últimos anos, um recurso alimentar de extrema importância, pois permitem suprir as necessidades alimentares dos rebanhos durante o período de maior escassez. As ovelhas vão, também, ao monte e à touça de carvalhos, comem ramagens esgalhadas de freixo, carvalho ou castanheiro. Nesta exploração agrícola, ao contrário do que acontece, por exemplo no Planalto Mirandês, a esgalha dos freixos e as folhas de carvalho e castanheiro são residuais.

São, também, aproveitadas as ramas das batateiras, bolotas (no outono) e depois da apanha das castanhas comem as que ficam nos sotos. A utilização do monte/terrenos marginais/touças, é feita preferencialmente durante a manhã, porque a vegetação arbustiva está mais tenra, após um período noturno com valores de humidade do ar mais elevados e com temperaturas mais baixas.

As necessidades alimentares das ovelhas decrescem no verão. Por um lado, não gastam tanta energia para se manterem quentes, por outro, estão secas. e a gestação nos primeiros meses. As necessidades em proteína são mais baixas e ocorre uma apetência natural pela fibra. As baixas necessidades coincidem com uma redução da oferta alimentar. As raças autóctones suportam perdas de peso durante este período, recuperando-o rapidamente com a erva fresca resultante das primeiras chuvas outonais. Essencial, sim, é abeberar adequadamente o rebanho.

Ainda assim, na exploração agrícola em estudo, o verão é a época mais crítica na alimentação dos rebanhos, principalmente na sua parte final. A escassez de biomassa forrageira tem-se agravado de ano para ano, por várias razões. As temperaturas de verão são muito elevadas e as plantas entram em dormência estival. O período de deficit hídrico é cada vez mais extenso. Têm faltado as trovoadas de verão e as primeiras chuvas de outono são cada vez mais tardias. Na região as queixas relativas à falta de água para rega têm aumentado. Por conseguinte, os lameiros não despontam no verão e as outonadas (chuvas de outono) começam muito tarde. Apesar do inverno benigno prolongar as

outonadas dezembro adentro, o que se tem perdido nos lameiros não é compensado pela produção forrageira invernal (efeito dos dias pequenos e sombrios, e da geada). "Depois da segada e do corte dos fenos fica alguma erva nos lameiros" – este aforismo agrícola tem falhado nos lameiros sem rega nos últimos anos.

No **outono**, logo que chegam as primeiras chuvas, inicia-se uma época de relativa abundância, ilustrada pelas expressões, "começa a rebentar o campo", "a erva começa a sair", "nas restolhas e terras que tiveram aveia ou centeio, rebentam as ervas verdes", e o rebanho já tem pasto no campo. Os lameiros começam a produzir e crescem as culturas forrageiras semeadas, como a aveia, centeio e azevém. Nesta altura a gestação das ovelhas vai avançada e as necessidades alimentares aumentam. Pela manhã, no início do período de pastoreio, os animais procuram alimentos de elevado valor alimentar (consumiram fibra durante a noite na forma de palhas).

A dieta alimentar diária dos ovinos é variada, inclui uma grande diversidade de plantas herbáceas espontâneas, plantas arbustivas (giestas, urze, esteva, arçã, carqueja, etc.), de que aproveitam as partes mais tenras (ou as flores e frutos como nas giestas), e espécies arbóreas (carvalho, freixo, castanheiro, etc.), das quais aproveitam as folhas e ramagens.

As melhores pastagens, com plantas mais herbáceas, são utilizadas preferencialmente ao fim da tarde devido à necessidade de, ao fim do dia, deixar o rebanho bem alimentado, para enfrentar o período de recolha até ao dia seguinte. Esta gestão da alimentação tem outro efeito, reduz os riscos de enterotoxémias (sobretudo no início do outono ou da primavera) e de diarreias de diversa etiologia, que sempre enfraquecem os animais.

As forragens (centeio, aveia, azevém, nabal, milho e sorgo) são de uso alternado mediante a disponibilidade das culturas (época do ano) e as necessidades alimentares do rebanho.

4.2. Produção de biomassa forrageira e extrações de azoto e fósforo

4.2.1. Matos, touças e soutos de castanheiro

A área de touça de carvalhos (*Q. pyrenaica*) – Esmael Touça no Quadro 2.1, é caracterizada, como dito anteriormente, pela predominância de alguma vegetação herbácea espontânea, plantas arbustivas e espécies arbóreas. A sua utilização faz-se em pastoreio de percurso, uma vez que a presença e permanência do rebanho nestas áreas

ocorre somente durante a deslocação para outras áreas de pastoreio. No Quadro 4.1, encontra-se o número de dias de pastoreio determinado através de mapas de pastoreio, com recurso a coleira GPS. São pastagens pobres, das quais o rebanho aproveita pouco alimento durante o período da manhã e a utilização destas áreas é mais significativa entre a primavera e o outono. A produção de biomassa forrageira nas touças de carvalho (*Q. pyrenaica*) (Quadro 4.2), foi estimada a partir das necessidades alimentares do rebanho, sabendo que cada animal ingere em média 2,5% do seu peso corporal por dia (Freixial, 2010), num total de 255 horas de pastoreio (Quadro 4.1).

Quadro 4.1. Número de dias de pastoreio do rebanho de ovelhas na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais, determinado através de mapas de pastoreio, com recurso a coleira GPS.

Tipologia	Dias de pastoreio/ano	Horas de pastoreio/ano
Touças	102	255
Souto castanheiro	102	255

Quadro 4.2. Produção inferida de biomassa forrageira nas touças de carvalho (*Q. pyrenaica*), na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Dias de pastoreio	Horas de pastoreio	Nº animais	Peso médio adultas (kg)	Ingestão média diária (% peso vivo)	Consumo (kg/ovelha)	Consumo (kg/rebanho)
102	255	41	35	2,50	223,1	9148,1

Os solos dos soutos de castanheiro são menos marginais do que os das touças, por serem solos mais espessos e menos declivosos e são delimitadas por parcelas de cultura forrageira ou pelas referidas touças de carvalho.

Devido à sua importância na economia da exploração, a gestão de pastoreio requer um cuidado especial, nomeadamente nas épocas de acesso por parte do rebanho. Evita-se que o rebanho paste estas áreas durante o vingar do fruto (nos soutos novos com ramos baixos), e na queda e na apanha da castanha. Tradicionalmente, o acesso dos rebanhos aos soutos era fortemente regulado, com editais afixados no adro das igrejas. Em tempos, na aldeia de Quintela, semeavam-se os soutos de batata e nabo para dissuadir a entradas dos pastores e seus rebanhos.

O coberto vegetal herbáceo predominante nos soutos de castanheiro da exploração agrícola é, na sua maioria, espontâneo. Uma pequena área, de menos de 1 ha, foi semeada com leguminosas no intuito de aumentar a oferta forrageira e de melhorar as condições físicas e químicas do solo. Os soutos semeados estão mais limpos na altura da apanha da castanha, o que facilita a apanha da castanha caída devido à maior visibilidade e facilidade, em comparação com os soutos com coberto espontâneo. Aparentemente, os ouriços e as folhas decompõem-se mais rapidamente nos soutos semeados. Tradicionalmente era pática a sementeira de erva do sudão/sorgo ou milho na entrelinha dos soutos, para consumo animal e aproveitamento ao máximo de área para suprir necessidades alimentares do rebanho, durante as épocas de escassez.

O pastoreio com ovinos é, localmente, visto como um método importante na gestão dos cobertos vegetais em soutos de castanheiro, com múltiplas vantagens. O pastoreio dos soutos é realizado entre o final do mês de outubro, meados de novembro, coincidente com o final da apanha da castanha e entrada no período de dormência das árvores, até ao final da primavera, altura em que termia o período de dormência das árvores. O número de horas de pastoreio é similar ao das touças por o caminho ser o mesmo. A produção de biomassa forrageira nos soutos de castanheiro (Quadro 4.3) foi estimada a partir das necessidades alimentares do rebanho, sabendo que cada animal ingere em média 2,5% do seu peso corporal por dia (Freixial, 2010), num total de 255 horas de pastoreio (Quadro 4.1).

Quadro 4.3. Produção inferida de biomassa forrageira nos soutos de castanheiro, na exploração agrícola Fonte Quintela, no conselho de Vinhais.

Dias de pastoreio	Horas de pastoreio	Nº animais	Peso médio adultas (kg)**	Ingestão média diária (% peso vivo) *	Consumo (kg/ovelha)	Consumo (kg/rebanho)
102	255	41	35	2,50	223,1	9148,1

Apesar da gestão da cobertura vegetal nos soutos de castanheiro incluir um pastoreio bem planeado, este não é suficiente para o seu controlo durante todo o ano, havendo a necessidade de proceder a corte anual (com destroçador), de modo a controlar o seu crescimento. Este é realizado essencialmente no final do verão, de modo a deixar uma superfície de coberto vegetal que facilite a apanha do fruto.

Como a cultura do castanheiro é uma cultura extractivista existe a necessidade de restituir ao solo nutrientes essenciais para que a cultura seja produtiva, nomeadamente na necessidade de repor níveis de boro essenciais para a cultura do castanheiro. A estrumação nas parcelas de souto de castanheiro é realizada, essencialmente, por estrumação *in loco* ou acancelada, para além do transporte de estrume desde o curral.

4.2.2. Milho cigano/milharada e sorgo forrageiro/erva do sudão

O uso do **milho**, para alimentação do rebanho tem assumido nos últimos anos uma grande importância, principalmente no verão, quando a alimentação por norma escasseia nos campos e, no Quadro 4.1, encontra-se o número de dias de pastoreio determinado através de mapas de pastoreio, com recurso a coleira GPS.

As áreas afetadas ao milho cigano/milharada e ao sorgo/erva do sudão são normalmente usadas em rotação com o cereal e outras formas de alimentação forrageira (nabal). São terrenos marginais que, juntamente com as terras de cultura forrageira e os soutos de castanheiro, desempenham uma enorme importância na gestão do pastoreio e na manutenção dos rebanhos em zonas capazes de suprir as suas necessidades alimentares. A maioria dos pastos reduzem as taxas de crescimento ou ficam inativos durante os meses quentes de verão, do final de junho até o início de setembro. Tradicionalmente, os produtores semeiam milho regional, em maio ou início de junho, e o pastoreio tem início 70 a 90 dias após a sementeira, podendo ocorrer de 30 a 100 ou mais dias após a sementeira. Este pastoreio do final do verão ao início do outono, permite que as pastagens perenes estejam guardadas para o pastoreio em meados do outono / início do inverno.

Quadro 4.4. Número de dias de pastoreio do rebanho de ovelhas, nas parcelas de milho/milharada e sorgo, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais, determinado através de mapas de pastoreio, com recurso a coleira GPS.

Tipologia	Nº dias de pastoreio
Milho/milharada	24
Sorgo	54

O milho oferece várias opções aos produtores de gado, como cultura anual, pois é extremamente flexível quanto e quando pode ser pastado. É usado com sucesso durante o verão (altura de escassez de pasto), no outono e mesmo no inverno. O seu consumo em

verde reduz a necessidade de gastos significativos na sua colheita e armazenamento. Com um potencial para produzir mais de 20 t de matéria seca por hectare (MS/ha), em produção de regadio, em produção de sequeiro os valores de MS/ha variam muito, estando assumido que a produtividade equivale à de um lameiro de sequeiro na primavera. Poucas culturas anuais podem ser comparadas ao milho em termos de produção de matéria seca por hectare e valor comercial. No Quadro 4.5. encontra-se a estimativa da produtividade, da ingestão de milho cigano/milharada e da eficiência de uso, determinada a partir da quantidade disponível e do consumo das ovelhas.

Quadro 4.5. Estimativa da produtividade, ingestão de milho cigano/milharada e eficiência de uso, na exploração agrícola Fonte Quintela, no conselho de Vinhais.

Produtividade (kg MS/ha)	Nº dias de consumo	Ingestão do rebanho (kg MS)	Eficiência de uso (%)
6000	24	861,0	14,4

O milho em verde tem uma composição nutritiva que atende às necessidades de muitas espécies pecuárias como os ovinos e, por isso, tem-se utilizado com sucesso esta cultura como pastagem. Apesar do grande valor nutricional que fornece ao rebanho, a eficiência com que é usado, pelo rebanho é muito baixa, uma vez que a entrada do rebanho na área de milharada, é pouco coordenada (sem uso de fio guia, ou limitador de pastoreio). Por este motivo, o rebanho não aproveita o alimento na sua totalidade, pois os animais preferem ingerir a inflorescência feminina (espiga) antes de qualquer outra parte da planta, o que leva a desperdiçar uma grande área de plantação.

Do ponto de vista nutricional do animal, o pastoreio de milho imaturo é semelhante ao pastoreio de outras forragens anuais de verão. A grande diferença ocorre quando a planta atinge a maturidade. No milho, a perda no valor nutritivo da forragem (folhas e colmos) é compensada pelo grão produzido, enquanto que nas outras forragens o valor alimentar diminui quando a planta atinge a maturidade. A principal decisão para os criadores de gado é decidir quando é que a forragem de milho é necessária nos seus sistemas.

O sorgo é uma cultura anual de verão que pode ser utilizada para pastagem, feno ou silagem. Pode ser semeada desde o final da primavera até ao início do verão. Isto é benéfico para os agricultores que podem enfrentar condições climáticas adversas. O sorgo é geralmente semeado em áreas marginais, por vezes em consociação com milho ou em pastagens existentes, contribuindo para a proteção do solo contra a erosão.

Em condições ideais, o pastoreio pode começar em apenas 35 dias. Os pequenos ruminantes, como o gado ovino, revelam um grande apetite pelo sorgo, apesar de na exploração agrícola em estudo, a eficiência de uso ser apenas de 42% (Quadro 4.6.). O pastoreio de sorgo durante os meses de verão e início de outono revela-se extremamente importante como suprimento das necessidades alimentares do rebanho. Durante os meses quentes de verão, quando existe uma escassez de forragem nos pastos, as culturas anuais de verão, como o sorgo/erva do sudão e a milharada prosperam, e reduzem os problemas de deficiência de forragem. Isto pode diminuir ou eliminar a necessidade de suplementar os animais com feno e outros alimentos e pode proteger as pastagens de sobrepastoreio. Para além de ser uma ótima opção para pastagem de verão porque responde bem às altas temperaturas que se verificam na região, a cultura do sorgo também é muito flexível e pode ser encaixado em pequenas janelas entre outras culturas para “fazer um pouco de feno”.

O sorgo forrageiro produz anualmente cerca de 20 t de matéria verde/ha (Balole, 2006), mas pode atingir 75 t/ha em condições ideais de crescimento (Steinfeld et al., 2010), sistemas de regadio e com sementeira de alta densidade. Porém, na exploração agrícola em estudo, a sementeira de sorgo é efetuada com baixa densidade e regime de sequeiro, o que leva a valores de produtividade de MS relativamente baixos (Quadro 4.6.). Neste quadro, o número de dias de pastoreio foi determinado com recurso a coleira GPS (Quadro 4.4) e a eficiência de uso foi determinada através da quantidade ingerida pelo rebanho.

Quadro 4.6. Produtividade, ingestão de sorgo e eficiência de uso, na exploração agrícola Fonte Quintela, no conselho de Vinhais.

Produtividade (kg MS/ha)	Nº dias de Consumo	Ingestão do rebanho (kg MS)	Eficiência de uso (%)
4620,6	54	1937,3	41,9

O sorgo forrageiro suporta bem o pastoreio, que deve ser rotacional para que forneça o máximo de nutrição. Existe um período de tempo relativamente curto para o pastoreio ideal de sorgo, que não deve ser pastado abaixo de 15 cm se for esperada uma boa regeneração. A altura ideal para pastagem é de 1-1,5 m. A partir desta altura, com as plantas muito altas, tanto o valor nutritivo quanto a palatabilidade começam a diminuir rapidamente, o gado pasta seletivamente e o pisoteio ocorre (Undersander, 2003).

4.2.3. Feno

As curvas médias de crescimento de pastagens nas condições mediterrâneas (sequeiro e regadio), apresentam uma forma bastante irregular, com níveis de produção elevados em épocas bem marcadas do ano, alternando com períodos nos quais a produção é escassa ou mesmo nula, particularmente no período de Inverno.

Esta irregularidade na produção, devida essencialmente a condicionalismos de natureza climática, torna os sistemas de produção animal a partir de ruminantes, como no caso da exploração agrícola em estudo, dependentes da produção de forragens para os períodos de escassez, já referidos anteriormente. Assim, as pastagens de sequeiro à base de espécies anuais, constituem períodos críticos de produção de pastagens no Outono (em anos em que as primeiras chuvas ocorrem tarde), no Inverno e no Verão, ainda que, neste período, exista a possibilidade do recurso a outras fontes alimentares.

As pastagens de regadio com níveis de produção mais elevados para os distintos períodos resolvem as necessidades de produção durante o outono e o verão, mas não conseguem assegurar a oferta alimentar necessária durante o inverno. Assim, o inverno continua, por falta de condições para o crescimento vegetal sobretudo para algumas espécies de leguminosas (Moule, 1971), a ser o período mais limitante em todo o sistema de produção animal baseado na produção de pastagens, obrigando ao consumo de forragens, seja em pastoreio direto, seja através dos alimentos conservados durante períodos mais ou menos longos.

Na primavera, a partir dos meses de março e abril, a conjugação dos elementos climáticos humidade, temperatura e radiação solar, proporciona a fase de maior crescimento e desenvolvimento da pastagem, nas condições de sequeiro ou de regadio, permitindo uma oferta alimentar geralmente acima das necessidades dos efetivos. Assim, na produção de pastagens, os excedentes apenas podem parcialmente ser consumidos através do pastoreio direto, aumentando as cargas instantâneas. No caso das zonas de sequeiro Mediterrâneo, com um período estival bem marcado, os excedentes de primavera podem deixar-se como reserva para o consumo direto no final do verão/outono. A situação mais geral é, no entanto, a conservação de alimento proveniente dos excedentes de primavera ou das culturas forrageiras destinadas a essa finalidade. Perante a irregularidade que nas condições mediterrâneas acontece dentro e entre anos, as necessidades de suplementação, por períodos que podem oscilar entre os 3,5-5 meses, fazem com que as forragens

conservadas ocupem na região uma posição muito importante na estratégia do planeamento alimentar ao longo do ano.

A fenação é o método de conservação de forragens baseado na sua desidratação até alcançar um teor de matéria seca da ordem dos 80%, indispensável para assegurar a morte da planta e impedir o desenvolvimento de bactérias e fungos, de forma a preservar a forragem por períodos de tempo mais ou menos longos. A fenação clássica faz-se ao ar, no campo, estando por isso a sua obtenção dependente do estado de maturação das plantas, dos métodos de corte, secagem e recolha e naturalmente das condições meteorológicas. Existem diferentes técnicas de corte, como o corte simples, o corte e esmagamento, e cortes múltiplos na planta, que influenciam a rapidez de secagem e, consequentemente, as perdas durante o processo. As perdas resultam da respiração devido à atividade metabólica da planta após o corte e, também, devido à precipitação (que arrasta constituintes solúveis) e perdas mecânicas desde o corte até ao enfardamento. As perdas mecânicas, que afetam quantitativa e qualitativamente o valor da forragem, são mais importantes em partes mais frágeis da planta, como folhas, especialmente em leguminosas.

A composição do feno está diretamente relacionada com as características da planta enquanto verde, tornando crucial a escolha da época de corte e a técnica de fenação. De um modo geral, o valor nutritivo de qualquer forragem aumenta até à floração, mantém-se sensivelmente constante durante a floração e decresce continuamente até à maturação do grão em plantas de sementes gradadas, ou mesmo até à secagem completa em plantas de sementes miúdas ou deiscentes. É importante o conhecimento da fase ótima das plantas para se decidir a altura de corte, sendo a melhor altura durante a floração ou, no caso das gramíneas, durante o “emborrachamento”.

Segundo a bibliografia, abril é o mês ideal para fazer o feno (Arnon, 1972; Avilez, 1975; Serrano, 1981; Moreira, 2002). No entanto, na exploração agrícola em estudo, devido a condições climáticas irregulares durante os meses de abril e maio, que dificultam o processo de fenação e podem aumentar as perdas e, ainda, devido à disponibilidade de água de rega nos lameiros de produção de feno, o corte e a fenação realizam-se normalmente durante os meses de junho e inícios de julho. Deste modo, assegura-se uma maior produção de matéria seca, embora, normalmente, de qualidade inferior.

No Quadro 4.7 encontra-se a quantidade de feno produzido numa área de 0,65 ha, com 10% de MS, num lameiro de regadio durante o ano de 2023, na exploração agrícola em estudo.

Quadro 4.7. Produtividade e produção de feno, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Produtividade (kg MS/ha)	Área de fenação	Produção (kg MS/ 0,65 ha)	Nº de fardos	Peso médio (kg/fardo)	Produção (kg MS)	Perda fenação (kg)	Perda fenação (%)
6283,9	0,65	4084,5	104	30	3120	964,5	23,6

A fenação clássica, sujeita às condições naturais, pode resultar em perdas significativas, variando de 10% a 50% (Serrano, 1981). No entanto, com o corte na fase ótima de maturação, o uso de equipamento adequado e boas condições meteorológicas, as perdas podem ser minimizadas. O feno, fundamental durante os períodos de escassez de pasto, não só supre as necessidades alimentares do rebanho, mas também serve como um suplemento valioso para os ovinos em diversas fases de produção.

No Quadro 4.8 apresentam-se os valores de produção de feno e de palha de centeio e aveia, o consumo dos animais e a eficiência de uso, na exploração agrícola em estudo. A capacidade de ingestão nos ovinos varia de 2 a 3,5 kg MS/100 kg peso vivo pelo que um ovino adulto pode ingerir cerca de 2,5 kg/dia, (Freixial, 2010). Existe maior eficiência do uso do feno, como suplemento alimentar, pois tem um valor de proteína bruta (PB) superior à palha. A utilização de palha como suplemento alimentar é muito reduzida e é utilizada principalmente nas camas dos animais.

Quadro 4.8. Produção de feno e de palha de centeio e aveia, consumo dos animais e eficiência de uso, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Produção de feno (kg MS)	Consumo total de feno (kg MS)	Eficiência de uso do feno (%)	Produção de palha (kg MS)	Consumo total palha (kg MS)	Eficiência de uso da palha (%)
3120	2808	90%	4400	880	20%

4.2.4. Lameiro de regadio e sequeiro

Os lameiros são pastagens constituídas por vegetação espontânea e subespontânea, com uma composição florística muito dependente das condições edafoclimáticas, mas também da gestão do efetivo de ruminantes.

As áreas afetadas a lameiro são caracterizadas por serem as terras mais férteis, com solo mais profundo e encontram-se perto das casas da aldeia, em zonas com abundância de água e em que o seu acesso por parte do gado seja fácil. Outra questão importante é o facto de sem prados não pode haver gados e sem gados não pode haver carne, o trabalho e os estrumes que eles fornecem, os lameiros são a base da produção de estrumes que serão usados na ciclagem de nutrientes dentro do sistema, uma vez que é nos lameiros que o gado faz o maior consumo de erva/pasto e é aqui que é feito o feno para suprir as necessidades alimentares do rebanho durante os meses de inverno. A base alimentar do rebanho subsiste da taxa de produtividade dos lameiros, da sua gestão e do modo de pastoreio selecionado.

Tratando-se de pastagens constituídas por vegetação natural, cuja presença desta se deve ao solo e clima, e à ação do homem a partir do momento que as começou a utilizar, o regime de exploração e as técnicas culturais aplicadas estão sem dúvida profundamente interligadas com a pastagem assim obtida. Daí, a utilização dos lameiros poder ser considerada como técnica cultural, pois é um dos fatores com mais influência na seleção natural das espécies.

O regime de exploração misto (pasto e feno) é praticado na maioria dos lameiros e só uma parte é aproveitada exclusivamente por pastoreio (lameiro de sequeiro). É, sobretudo, graças a este regime de exploração misto que estas pastagens se têm mantido ao longo dos anos. Sem dúvida que este tipo de aproveitamento contribui para uma boa manutenção dos prados, pois permite a presença de espécies preferencialmente adaptadas ao corte e ao pastoreio, evitando assim o domínio de espécies de baixo ou nulo valor forrageiro, culturalmente consideradas como infestantes (Moreira, 2002), as quais são de uma maneira geral menos adaptadas a este tipo de exploração. Permite uma reciclagem de nutrientes através dos dejetos, que é uma das principais formas de fertilização praticada e a redução ou anulamento de cortes de limpeza, indispensáveis nos restantes tipos de aproveitamento.

A combinação adequada do corte e pastoreio permite uma boa manutenção da pastagem, criando condições favoráveis para que prevaleçam as plantas mais desejáveis.

Como já referido anteriormente, os lameiros de regadio são de dupla utilização, pasto e corte para feno, sendo a restrição ao gado feita no início do mês de maio até ao recolher do feno que ocorre pelo final de junho início de julho. Após o reinício da rega e a despona da erva, os lameiros são usados em pastoreio rotacional de modo a suprir as necessidades alimentares, até às primeiras chuvas de outono. Durante os meses de inverno o crescimento do pasto fica limitado e pode inclusive cessar a partir das primeiras geadas até ao final do mês de janeiro, altura em que o uso dos lameiros para pastoreio é mais limitado, de modo a evitar o sobrepastoreio e consequente défice de índice foliar. No início da primavera o pasto retoma o seu crescimento e é a época alta para a produção de erva de pasto, bem aproveitada pelo rebanho (Quadro 4.9).

Quadro 4.9. Dias de pastoreio nos lameiros de regadio e de sequeiro, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Dias out/inv	Dias prim/ver
Regadio	182	162
Sequeiro	182	106

No Quadro 4.10 encontram-se os valores da produção em pasto (kg MS/ha.ano), calculada a partir das necessidades alimentares do rebanho, sabendo a ingestão média de 2,5% do peso corporal das ovelhas/dia, num total de 22 dias em regadio e 10 dias em sequeiro, e a produtividade em pasto (kg MS/ha), calculada através das recolhas nas gaiolas de exclusão durante o período de 57 dias, acrescida da taxa de crescimento de 35% (Pires, 1994).

Quadro 4.10. Produtividade e produção em pasto nos lameiros de regadio e sequeiro, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Produtividade em pasto (kg MS/ha.ano)	Área total (ha)	Produtividade em pasto área total (kg MS/ano)	Produção em pasto (kg MS/ha)	Produção em pasto área total (kg MS/ano)
Regadio	11571,0	2,01	23257,7	8483,1	17051,1
Sequeiro	7169,1	1,71	12259,2	5620,6	9611,2

4.2.5. Horta

Situada na proximidade das casas em termo com os lameiros, fica situada a área do *hortus* (horta) indispensável na produção de alimentos e na ciclagem de nutrientes. Embora exígua face à dimensão das restantes parcelas, é aqui que reside a maior concentração e depósito de nutrientes.

A área escolhida como horta é determinada, pela disponibilidade de água para rega, acesso fácil e por terras profundas e bem drenadas. Esta área destina-se a fornecer alimentos para o produtor e para a sua família durante o ano, e é nela que se deposita a maior importância na manutenção de nutrientes e na procura por aumentar os teores de MO no solo, que garante a sua fertilidade e a produtividade ao longo dos anos.

Embora esteja circunscrita ao pastoreio, desempenha um papel preponderante no acancelamento do gado, estrumação de bardo, durante o final de inverno início de primavera.

É na horta que se produz a batata o feijão e a abóbora e, no outono, é semeado o nabal, como peça essencial do sistema, por ser uma cultura exímia no aproveitamento do N residual da batata. Desempenha assim um papel de relevo na ciclagem de nutrientes.

Devido às condições meteorológicas da região onde se localiza a exploração agrícola em estudo, a implantação da horta ocorre em meados de abril e maio, já com a primavera avançada e é mantida em produção até ao inverno (nomeadamente com a produção de couve penca e galega). Com o final do inverno e a chegada da primavera a área de horta é usada para pastoreio rotacional, para aproveitamento da erva e restos de culturas, durante algumas horas do dia, sendo utilizada num total de 10 dias de pastoreio (Quadro 4.11), antes do rebanho iniciar o período de permanência noturna no local. Deste modo, a horta desempenha também um papel preponderante no acancelamento dos animais e na estrumação de bardo, durante o final de inverno início de primavera. Na primavera, a estrumação de bardo realiza-se com a permanência do rebanho durante cerca de 18 noites. Para além desta estrumação, é ainda distribuída na área de horta uma quantidade significativa de estrume proveniente do curral, que será incorporado ao solo (1 carro/3t), proveniente do curral, que será incorporado ao solo.

Quadro 4.11. Produção inferida de biomassa forrageira na horta, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Dias de pastoreio	Horas de pastoreio	Nº animais	Peso médio adultas (kg)	Ingestão média diária (% peso vivo)	Consumo (kg/ovelha)	Consumo (kg/rebanho)
10	20	41	35	2,50%	17,5	717,5

Durante a fase produtiva da horta, os excessos de produção são aproveitados para suplementar o rabanho, embora não seja um contributo muito significativo na alimentação dos animais. No entanto, é importante na ciclagem de nutrientes, pois representa o aproveitamento de toda a produção da horta com o mínimo desperdício.

4.2.6. Cultura forrageira aveia/centeio

A cultura forrageira (aveia e centeio) responde, principalmente, às necessidades de produção de palha, muito embora seja comum o pastoreio de terras de cultura forrageira (aveia e centeio) durante o período de crescimento (estado vegetativo) da planta (alimentação em verde), sobretudo durante o período de início de primavera, antes do início do espigamento (Quadro 4.12). A palha é utilizada tanto nas camas dos animais como na sua alimentação, constituindo um suplemento importante principalmente a palha de aveia, pois contém muito grão e é usada como suplemento alimentar no início da estação fria, para conjugar com a erva verde de outono e com o alto teor de água nessa erva, sobretudo nas épocas de escassez.

Quadro 4.12. Dias de pastoreio nas culturas forrageiras (aveia e centeio), na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Em verde	Restolhos
Centeio	6	24
Aveia	6	54

A palha utilizada nas camas dos animais depois de usada nas camas e de incorporada com as fezes e urina, forma o estrume que é aplicado nas hortas, nos soutos e até nas próprias terras de cultura forrageira. O interesse dos criadores de gado, particularmente dos produtores de ovinos, pelas terras de cultura forrageira não termina com a ceifa, porque

os restolhos são uma alternativa alimentar de peso, durante as épocas de maior falta (Quadro 4.12). No caso do centeio e da aveia, após a colheita os campos servem de pasto com o aproveitamento do grão remanescente, após as primeiras chuvas de outono o restolho desponta e os terrenos marginais servem como importante suplemento durante o final do verão, época de grande escassez. As jovens plantas afilhando formarão as relvas que fornecem pastagem durante os primeiros meses de inverno. Palha de aveia é um suplemento alimentar de extrema importância, devido alto teor de fibra e à forma de feno que mantém o grão para alimentar o rebanho.

A cultura de cereal (o.m.q cultura forrageira) permite a disponibilização de terras, que ficam anualmente em pousio, para pastoreio dos rebanhos. Com exceção do período em que a cultura está instalada, estas áreas podem ser sempre utilizadas pelo rebanho, pelo que, nas zonas onde se faz a cultura de cereal existem condições propícias para a criação dos ovinos. O sistema de pastoreio dos rebanhos ajusta-se bem à cultura de cereal e à respetiva forma de utilização das terras nesta cultura. Todos os anos existem áreas de terra que, ficando em pousio, estão disponíveis para aproveitamento em pastoreio. Aquelas que são cultivadas em cada ano são também um recurso importante para os rebanhos, pelo aproveitamento do grão de cereal que fica no chão após a colheita. Este grão é um recurso que surge numa época de escassez alimentar, por falta de pastagens verdes (fim de verão).

No Quadro 4.13, encontram-se os valores de produtividade (DRAPN, 2022), a produção na área disponível e a quantidade de fardos de palha de centeio e aveia, produzidos na exploração agrícola em estudo.

Quadro 4.13. Produtividade, produção e quantidade de fardos de palha de centeio e aveia, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Produtividade (kg MS/ha) *	Área de produção (ha)	Produção (kg MS)	Nº de fardos	Peso médio (kg/fardo)	Humidade (%)	Produção (kg MS)	Perda fenação (kg)	Perda fenação (%)
Centeio	5000,0	0,34	1700,0	63	20	10	1260	440,0	25,9
Aveia	6000,0	0,41	2460,0	60	35	10	2100	360,0	14,6

4.2.7. Nabal

Os nabos são brassicáceas de raiz tuberosa, de ciclo curto, que fornecem raízes, caules e folhas para pastoreio rotativo ou em faixas, 70 a 90 dias após a sementeira. As folhas podem ser pastadas de meados de setembro até abril, dependendo das baixas temperaturas críticas. O crescimento superior e os bolbos geralmente sobrevivem a temperaturas negativas.

A proporção entre a parte aérea e a parte radicular varia com as cultivares, idade da cultura e data de sementeira. Os rendimentos podem ser de até 13.000 kg/ha de matéria seca em sistema intensivo e, o teor em proteína bruta é de 15 a 24% nas folhas e de 12 a 15% nas raízes. Os nabos podem ser semeados na primavera ou no outono para pastagem, com a produção máxima ocorrer ao fim de um período de crescimento de 70 a 75 dias.

Embora os nabos possam ser colhidos para alimento verde, na maioria das vezes são pastados (Quadro 4.14). Geralmente, os animais consomem a parte aérea da planta antes de avançar para a raiz. O pastoreio rotativo ou o pastoreio em faixa ajudam a reduzir o pisoteio e o desperdício de alimento. O pastoreio em faixa com fio pastor na frente e atrás dos animais, pode ser usado para controlar o consumo e limitar os danos causados pelo pastoreio na raiz e na parte inferior das folhas, permitindo a regeneração e o crescimento das plantas (designada por a rebrota na região).

Quadro 4.14. Número de dias de pastoreio nas parcelas de nabo forrageiro, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Dias
Nabal	6

Os nabos são muito palatáveis, facilmente digeríveis e não contêm muita “fibra efetiva”, designação atribuída ao tipo de fibra que obriga o animal a mastigar. Alimentos com muita fibra induzem mais mastigação e salivação para o animal. Assim, é importante intercalar forragens secas com nabos, para prevenir problemas de doenças e alcançar ganhos diários máximos. Ao introduzir nabos na alimentação, os animais devem ter acesso ao pasto, ou serem alimentados com feno e/ou palha, de modo a evitar que comam demasiado, bem como, ajudar os micróbios do rúmen a se ajustarem à alimentação. Além disso, feno de qualidade inferior deve ser disponibilizado simultaneamente, para fornecer aos animais as quantidades adequadas de fibra.

O nabal é afeto às terras de cultura forrageira, em sistema de rotação bienal de cereal (aveia-nabal/centeio-nabal), bem como às terras afetas a horta onde foi semeado batatal, sendo o nabal introduzido após a colheita da batata. A produtividade de nabo, de acordo com o publicado no Anuário de Estatísticas 2019, de Espanha (Anuario Estadística, 2020) e a produção de nabo, encontram-se no Quadro 4.15, revelando que os 660 m² suportam pelo menos uma semana de alimentação do efetivo.

Quadro 4.15. Produtividade e produção do nabal, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Produtividade (referência) (g MS/m²)	Produtividade (kg MS/ha)	Área total (m²)	Produção de nabo (kg MS)
600	6000	660	396

O nabal é uma peça chave do sistema porque além de ser muito produtivo é uma eficiente *catch crop*, porque desenvolve rapidamente biomassa no outono e emite uma raiz profundante que explora camadas profundas do solo.

4.3. Produção de dejetos e estrumes

4.3.1. Tipos de estrumação

A restituição orgânica dos nutrientes faz-se por três vias: i) estrumação *in loco* - com os animais em pastoreio; ii) estrume de cancela - estrumação a bardo (também designada na região por estrumação em rabo de ovelha); iii) estrume de curral - estrumes acumulados nas corriças, currais ou lojas, de onde é retirado periodicamente e utilizado nas terras pertencentes ao pastor, normalmente nas hortas, terras de cultura forrageira, nos soutos e ou nos lameiros (Quadro 4.20).

Na estrumação a bardo, o pastor utiliza cancelas para guardar o gado durante a noite ou nas horas de maior calor, nos terrenos que pretende estrumar. Este tipo de estrumação faz-se, geralmente, durante a primavera e o verão (Quadro 4.24). Não é habitual no inverno devido ao frio que obriga os animais a um maior gasto energético para manter a temperatura corporal.

As corriças e o curral têm camas de palha que vão sendo repostas por camadas sucessivas sempre que necessário, (dependendo do tempo e da alimentação), principalmente durante os meses de inverno, altura em que o rebanho permanece mais tempo abrigado. A palha sobe a relação carbono/azoto e aumenta o arejamento diminuindo as perdas por volatilização e desnitrificação (Marschner, 2011). É também comum e até tradição usar restos de matos (giestas, folhada de carvalho, restos de milho) para fazer as camas dos animais, com a mesma função das palhas.

O estrume é retirado completamente pelo menos uma vez por ano, sendo utilizado para a fertilização orgânica dos terrenos. Também é frequente a remoção parcial dos estrumes, caso se torne necessário estrumar algumas terras ou para uma troca de favores.

4.3.2. Avaliação da composição

A avaliação da composição do estrume resultou da análise de amostras retiradas do curral do rebanho, na primavera, aquando da sua retirada para estrumação das diferentes parcelas da exploração agrícola. Os valores médios dos parâmetros analisados encontram-se no Quadro 4.16.

Quadro 4.16 Análise química do estrume do curral das ovelhas, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Humidade %	Carbono (C) %	Conduct. MS	pH	Azoto (N) %	Fósforo (P) %	Potássio (K) %	Sódio (Na) %	Cálcio (Ca) %	Magnésio (Mg) %	Boro (B) mg kg ⁻¹
67,97	40,71	6,38	8,90	3,151	0,610	3,429	0,318	1,313	0,796	66,61

Com os dados obtidos pode-se, assim, calcular os valores de N, P e B que compõem o estrume produzido na exploração agrícola e que é utilizado para estrumação das várias parcelas.

O Quadro 4.17 regista a concentração de N, P e B na matéria fresca (MF) e na MS do estrume. Neste trabalho não se realizou o estudo da ciclagem do boro, mas salienta-se que a concentração de boro nos estrumes é importante, em particular para o cultivo da vinha e da oliveira na região, o que foi recentemente reconhecido (Bryson et al., 2014).

Quadro 4.17. Concentração em N, P e B no estrume de curral, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Produção (t)		18
% MF do estrume		67,97
% MS do estrume		32,03
t MS de estrume		5,765
MF estrume (kg/t)	N	10,1
	P	2,0
	B	0,02
MS estrume (kg/t)	N	31,5
	P	6,10
	B	0,07
Total (kg/18 t)	N	181,7
	P	35,1
	B	0,38

4.3.3. Quantidade de estrume, produtividade e destino

Como é referido anteriormente, o dejetos/estrumes são produzidos de três formas. O estrume de curral é o que detém maior importância pela maior quantidade e portanto pelo maior contributo em N e P, mas também porque envolve, admite-se, menos perdas por lixiviação e desnitrificação, bem como permite uma distribuição mais planeada e precisa na hora de distribuir o mesmo pelas várias parcelas.

A produção de estrumes implica a mistura de fezes e urinas dos animais com as camas de palha e matérias lenhosas provenientes dos matos da exploração agrícola, em cama coberta durante o período de 6 a 8 meses. Nos restantes 6 a 4 meses os animais andam em pastoreio e pernoitam em cancela (bardo).

Para determinar a produção de estrumes por ovino realizou-se uma amostragem (Anexo IX) conforme foi referido no capítulo de material e métodos e os resultados encontram-se nos Quadros 4.18 e 4.19.

Quadro 4.18. Produção de estrume e excreção de N e P por ovelha, a partir de amostragem numa área de retenção de 9 m², na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Amostra	Nº ovelhas	palha + dejetos (g MS/m ²)	N estrume (%)	P estrume (%)	Excreção de N (g N/ovelha)	Excreção de P (g P/ovelha)
12 h	5	488,3	1,69	0,39	13,6	3,3
24 h	5	688,7	2,0	0,35	23,09	4,19

O Quadro 4.19 destina-se a demonstrar que a incorporação de N e P pela palha é residual, razão pela qual não foi incorporada no Quadro 4.18. As palhas incorporaram cerca de 0,7 g N/m², valor calculado a partir da quantidade de palha (200 g/m²) e do seu teor em N (0,395%) sendo, portanto, residual.

Quadro 4.19. Incorporação de palha na área de retenção e respetivo teor de N e P, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Incorporação palha (g/m ²)	Humidade da palha (%)	N palha (%)	N incorporado pela palha (g N/m ²)	P (%)	P incorporado pela palha (g P/m ²)
200	10	0,395	0,711	0,042	0,075

A quantidade de estrume produzido foi medida pelo número de “carros”, ou seja, o número de reboques de estrume retirados do curral e posteriormente aplicados no solo das várias parcelas. No presente estudo, foram retirados 6 carros de estrume (reboque de trator de 9 metros), com um peso aproximado de 3 toneladas cada, num total de 18 toneladas de estrume de ovino, destinado às parcelas de souto, terras de milho e sorgo, para a horta e terrenos marginais onde será semeada a cultura forrageira (aveia e centeio) (Quadro 4.20). De salientar que não foi distribuído nenhum estrume nas parcelas de lameiro, sendo a sua estrumação somente estrumação in loco e a bardo.

Quadro 4.20. Destino do estrume de curral, nas parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Destino	Nº de carros	Quantidade (t)
Horta	1	3
Souto	2	6
Cultura forrageira	3	9
Total	6	18

A partir da composição em N e P do estrume (Quadro 4.18) e da quantidade aplicadas em cada parcela, obtém-se os valores de N e P que foram transferidos pela estrumação nas parcelas da exploração agrícola (Quadro 4.21). As áreas das parcelas encontram-se no Quadro 4.28.

Quadro 4.21. Transferência de N e P via estrume de curral, nas parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Parcelas	Horta	Souto	Cultura forrageira
Estrumação (t estrume fresco)	3	6	9
N (kg)	30,28	60,55	90,83
P (kg)	5,86	11,72	17,57

Na exploração agrícola em estudo para além do estrume produzido em curral e do que é distribuído *in loco* no ato do pastoreio, faz-se também estrumação a bardo (rabo de ovelha). Neste sistema de restituição da fertilidade, são instaladas cancelas em algumas parcelas onde o rebanho irá permanecer durante a noite, ou no período de sesta, por um número de dias estipulado pelo pastor. Como se referiu, este tipo de estrumação é mais praticado durante a primavera e o verão.

Os números mostram que a estrumação a bardo é uma componente essencial na ciclagem de nutrientes na exploração agrícola (Quadros 4.22 a 4.24). Para este cálculo, determinou-se a permanência em cancela em cada uma das parcelas (Quadro 4.22), o período da permanência em horas (Quadro 4.22) e as quantidades de excreções (animal/hora) (Quadro 4.23). Deste modo, foi possível estimar a reposição de N e P a partir da estrumação a bardo, quando os animais estão acancelados (Quadro 4.24).

Quadro 4.22. Mapa de permanência em cancela, nas parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Parcelas	Permanência	Dias	Média de permanência (horas/dia)	Total em horas
Horta	Noturna	18	12,0	216
Nabal	Noturna	6	12,0	72
Lameiro	Noturna	132	10,0	1320
Souto	Diurna (sesta)	83	4,5	374
Lameiro	Diurna (sesta)	41	7,0	287

Quadro 4.23. Excreção de N e P por hora, pelas ovelhas numa área de retenção (Quadro 4.18), na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

	Total hora (g/ovelha)	Total hora (g/rebanho)
N	1,1	45,1
P	0,3	12,3

Quadro 4.24. Excreção de N e P a partir da estrumação a bardo, quando o rebanho está acancelado nas parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Permanência	Horas	N excretado (kg)*	P excretado (kg)*
Horta	Noturna	216	9,7	2,7
Nabal	Noturna	72	3,2	0,9
Lameiro	Noturna	1320	59,5	16,2
Souto	Diurna	374	12,1	1,1
Lameiro	Diurna	287	9,3	0,8

Os resultados do Quadro 4.24 revelam a importância que o estrume de cancela tem nas diferentes parcelas. É certo que este tipo de estrume é menos valioso do que o estrume de curral, revelado na análise química dos dois tipos de estrumes (Anexo IV), e em que podem ocorrer maiores perdas por volatilização e lixiviação (não contabilizadas). No entanto, a conjugação da estrumação a bardo com a aplicação de estrume de curral, poderá contribuir para uma compensação do N e P extraídos do sistema, durante o ano.

4.4. Fluxos e *stocks* de nutrientes no sistema de produção misto de agricultura biológica

Os fluxos e os *stocks* de nutrientes são conceitos fundamentais na compreensão da dinâmica dos ecossistemas, que permitem analisar como é que os nutrientes são adquiridos, utilizados, transferidos e devolvidos ao meio ambiente. Esta compreensão desempenha um papel crucial na sustentabilidade dos sistemas naturais, permitindo o estudo de como estes sistemas funcionam e como a interferência humana os pode afetar. No presente estudo, procurou-se estimar os fluxos referentes aos movimentos e transferências de elementos essenciais, como o azoto e o fosforo, entre os vários componentes do ambiente, como solo e organismos vivos. Por outro lado, os *stocks* indicam a quantidade acumulada desses nutrientes em diferentes formas e compartimentos, representando os reservatórios ou piscinas de nutrientes no solo, biomassa de plantas ou depósito mineral.

Como referido anteriormente, procurou-se quantificar os fluxos e *stocks* dentro do sistema misto de agricultura biológico com recurso ao pastoreio de ovinos de Raça Churra Galega Bragançana, através de uma metodologia em que o denominador comum é o pastoreio, a observação e quantificação dos movimentos de nutrientes essenciais, como o azoto e fósforo, e a identificação das componentes sub-óptimas, de modo a desenvolver melhorias no sistema.

Recorrendo a coleiras GPS foi possível determinar os dias de pastoreio nas diferentes parcelas, o que possibilitou obter valores sobre o a extração e reposição dos nutrientes (N e P). O uso de coleiras GPS, foi uma ferramenta eficaz, capaz de fundamentar, onde, como e quando o rebanho se alimenta. Os mapas de pastoreio deram a conhecer a forma como o rebanho se move ao longo do ano, possibilitando desenhar com relativa precisão o movimento, permanência e até a preferência alimentar, dos animais no seu pastoreio.

O uso das parcelas de pastoreio responde a um saber fazer, por parte do pastor, com base na disponibilidade e nas necessidades alimentares do rebanho, bem como da ocupação de solo, que pode favorecer ou condicionar o pastoreio do rebanho na área da exploração agrícola. No Quadro 4.25 encontra-se o número de dias e de horas nas diferentes parcelas com diferentes tipos de pastoreio, a partir dos mapas de pastoreio processados pela coleira GPS, instalada numa ovelha (mapas de pastoreio nos Anexos IV, V, VI e VII).

Quadro 4.25. Número de dias e de horas de pastoreio e tipos de pastoreio, nas parcelas da exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Tipo de pastoreio	Dias	Horas
Lameiro regadio	Rotacional	253	1265
Lameiro sequeiro	Rotacional	197	985
Lameiro regadio feno	Rotacional	74	148
Horta	Rotacional	10	20
Milharada	Rotacional	24	84
Sorgo	Rotacional	54	216
Cultura forrageira/centeio	rota/percurso	30	69
Cultura forrageira/aveia	rota/percurso	60	129
Souto	rota/percurso	102	255
Touça/monte	Percurso	102	255

A concentração de N, P e Proteína Bruta (PB = N total x 6,25) das diferentes culturas, determinada por análise, encontra-se no Quadro 4.26.

Quadro 4.26. Concentração de N, P e Proteína Bruta (PB) das diferentes culturas, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Amostra	Azoto (N%)	Fósforo (P %)	PB (%)
Erva Regadio	2,6	0,4	16,0
Erva Sequeiro	1,7	0,2	10,3
Feno	1,7	0,2	10,3
Palha	0,4	0,2	2,5
Milho	1,4	0,1	8,7
Sorgo	1,4	0,1	8,8
Nabo	2,9	0,4	17,9

No Quadro 4.27 refere-se a produção de N e P/hora, para o rebanho de 41 ovelhas, estimada a partir da área de contenção por um período de 12h.

No Quadro 4.28 consta a área de produção das parcelas, na exploração agrícola Fonte Quintela.

Quadro 4.27. Produção de N e P/hora, para o rebanho de 41 ovelhas, estimada a partir da área de contenção por um período de 12h, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

	Total/hora ovelha (g)	Total/hora rebanho (g)
N	0,8	32,4
P	0,1	3,0

Quadro 4.28. Área de produção das parcelas (ha), na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Área (ha)
Lameiro regadio	2,01
Lameiro sequeiro	1,71
Lameiro regadio feno	0,65
Horta	0,1
Milharada	1
Sorgo	1
Nabal	0,04
Cultura forrageira/centeio	1
Cultura forrageira/aveia	1
Souto	3,50
Touça/monte	7,56

Estes dados, conjugados com os resultados da produção de estrume por animal, com o mapa do pastoreio e com a produtividade e produção nas várias parcelas, é possível determinar as concentrações de N e P nas diferentes parcelas, bem como a reposição de N e P pelos animais em pastoreio e respetiva percentagem de reposição (Quadros 4.29, 4.30 e 4.31). Como já referido, no Quadro 4.31, o consumo do rebanho é calculado a partir das necessidades alimentares do rebanho, considerando que cada animal ingere em média 2,5% do seu peso corporal por dia.

Quadro 4.29. Extração de N e P na biomassa forrageira produzida por parcela e por ha, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Produtividade (kg MS/ha)	N total (kg)	P total (kg)	Reposição N em pastoreio (kg)*	Reposição P em pastoreio (kg)*	N coberto reposição em pastoreio (%)	P coberto reposição em pastoreio (%)
Lameiro Regadio	11571,0	297,1	48,3	41,5	5,2	14,0	10,8
Lameiro Sequeiro	7169,1	118,6	14,7	32,3	4,0	27,2	27,2
Feno	6283,9	104,0	12,9	12,1	1,5	11,7	11,8
Milharada	6000	84,0	7,2	2,7	0,3	3,2	4,8
Sorgo	4620,6	65,4	4,8	7,1	0,9	10,8	18,5
Cultura forrageira/ Centeio	5000	19,8	2,1	2,3	0,3	11,5	13,6
Cultura forrageira/ Aveia	6000	23,7	2,5	4,2	0,5	17,9	21,2
Nabal	6000	172,3	24,1	3,3	0,8	1,9	3,4

Quadro 4.30. Extração de N e P na biomassa forrageira produzida por parcela e por área, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Produção (kg MS/ano)	N total (kg)	P total (kg)	Reposição N em pastoreio (kg)	Reposição P em pastoreio (kg)	N coberto reposição em pastoreio (%)	P coberto reposição em pastoreio (%)
Lameiro Regadio	17051,1	437,8	71,1	41,5	5,2	9,5	7,3
Lameiro Sequeiro	9611,2	159,1	19,7	32,3	4,0	20,3	20,5
Feno	4084,5	67,6	8,4	12,1	1,5	18,0	18,1
Milharada	861	84,0	7,2	2,7	0,3	3,2	4,8
Sorgo	1937	65,4	4,8	7,1	0,9	10,8	18,5
Cultura forrageira/ Centeio	1700	19,8	2,1	2,3	0,3	11,5	13,6
Cultura forrageira/ Aveia	2460	23,7	2,5	4,2	0,5	17,9	21,2
Nabal	396	11,4	2,4	3,3	0,8	29,4	33,9

Quadro 4.31. Extração de N e P na produção inferida de biomassa forrageira por parcela, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais.

Tipologia	Consumo (kg/rebanho)	N total (kg)	P total (kg)	Reposição N em pastoreio (kg)	Reposição P em pastoreio (kg)	N coberto Reposição em pastoreio (%)	P coberto reposição em pastoreio (%)
Horta	717,5	15,4	2,2	0,7	0,1	4,3	3,8
Souto	9148,1	44,4	5,2	8,4	1,0	18,8	20,0
Touça/monte	9148,1	20,6	2,4	8,4	1,0	40,7	43,2

Com base nos Quadros 4.29, 4.30 e 4.31, observa-se que o pastoreio é uma atividade extrativista do sistema, a permanência do rebanho em pastoreio, apesar de planeado e rotacional, revela um modelo que extrai mais do que repõe.

O lameiro representa a parte mais significativa afeta a pastoreio na exploração agrícola em estudo, como forma principal na suplementação alimentar do rebanho e como tal é o compartimento mais exposto aos animais. Estes são a base da produção de estrumes de curral, que são utilizados na ciclagem de nutrientes dentro do sistema. É nos lameiros que o gado faz o maior consumo de erva/pasto e é aqui que é feito o feno para suprir as necessidades alimentares do rebanho durante os meses de inverno. A base alimentar do rebanho subsiste da taxa de produtividade dos lameiros, da sua gestão e do modo de pastoreio selecionado. Por estas razões, a concentração de N e P nos lameiros é de extrema importância, na avaliação da eficácia e eficiência do sistema. Apesar de o Quadro 4.29, revelar que a reposição não suprime a extração, a produção nos lameiros apresenta valores de produção considerados normais, embora alguns apresentem uma elevada fertilidade química que se deve à posição fisiográfica de fundo de vale e à rega com águas eutrofizadas provenientes da aldeia e de lameiros de vizinhos. Este fato pode suscitar o aumento da produção e acumulação de biomassa forrageira de elevada qualidade, rica em N (proteína) e P.

A análise dos quadros de extração de N e P (Quadros 4.30 e 4.31), revela que através do pastoreio (reposição em pastoreio), existe uma reposição baixa de nutrientes, revelando já uma tendência extrativista do sistema. Apesar de a reposição em pastoreio apresentar valores baixos, não nos permite afirmar que a balança é desequilibrada.

Existe ainda a reposição de N através das leguminosas, mas a percentagem de leguminosas nas pastagens não é possível de contabilizar, bem como o N que entra por outras formas (através de águas e escoamento de outras fontes).

Sabe-se que o milho e o sorgo desempenham um papel preponderante na alimentação do rebanho (Quadros 4.5 e 4.6), durante uma época do ano em que a oferta alimentar escasseia (verão). O milho é notável em termos de alta eficiência no uso de N e nas menores necessidades de N por tonelada de MS. Torna-se assim numa cultura altamente eficaz sem grandes necessidades de reposição de nutrientes essenciais, sendo altamente eficaz no aproveitamento do N residual da cultura anterior, bem como do N e P fornecido durante o pastoreio.

O milho extraiu 84 kg de azoto, mas a reposição em pastoreio repôs apenas 2,7 kg, uma percentagem residual perante o cenário observado (Quadro 4.30). A maior parte do azoto contido do milho proveio do N residual do centeio/aveia e através da incorporação de estrumes.

A combinação com medidas adicionais, como a utilização de culturas secundárias e de erva sub-semeada juntamente com o milho, pode contribuir para aumentar a utilização de azoto em todo o sistema de cultivo da milharada, bem como o pastoreio rotacional devidamente planeado. O que se observou na exploração agrícola foi um subaproveitamento da cultura, proveniente de um pastoreio descontrolado, em que os animais ao revelarem as suas preferências alimentares (1º espiga, 2º folhas), levaram a um desperdício alimentar muito acentuado como consta no Quadro 4.5, sendo a eficiência do uso do alimento muito baixa.

No cultivo de sorgo a necessidade de nutrientes, de acordo com a estratégia de nutrição da cultura, considerando o que é removido no grão/centeio ou aveia, é usual a incorporação de estrumes, antes da sementeira. O sorgo extraiu 65,4 kg de azoto, mas a reposição em pastoreio repôs apenas 7,1 kg (Quadro 4.30), sendo a maior parte do azoto proveniente do N residual do centeio/aveia e da incorporação de estrumes.

O sorgo é uma eximia *cover crop* e contribui para o aumento da matéria orgânica do solo, bem como, restitui o fósforo de volta às pastagens quando pastados pelos animais. Isto depende do sistema de pastoreio e do tipo de animais utilizados. Segundo a bibliografia existente e descrita anteriormente, até cerca de 40% de P podem ser reciclados. No

entanto, é necessário fazer uma análise química anual do solo para determinar o nível em que ocorreu a reciclagem.

A eficiência do uso do sorgo foi manifestamente inferior ao esperado (Quadro 4.6), uma vez que contrariamente ao sucedido em anos anteriores, devido ao tardar das primeiras chuvas outonais, o sorgo não foi pastado até ao inverno. Ainda assim, o sorgo mostra-se como uma cultura com melhor aproveitamento que o milho.

Como referido anteriormente, as parcelas de centeio e aveia, foram aproveitadas de duas maneiras distintas (Quadro 4.12), pastoreadas em verde, em que o rebanho consumiu o pasto durante 6 dias (21 horas), antes do espigamento para fomentar a rebrota, seguindo-se posteriormente o corte e o enfardamento da palha de centeio e aveia com grão, ao qual se seguiu o pastoreamento durante 24 e 54 dias (48 e 108 horas respetivamente). O N residual destas culturas irá posteriormente ser aproveitado pela cultura seguinte, seja ela o milho, sorgo ou até o nabal.

A touça de carvalho/monte e o souto de castanheiro, como componentes do sistema, funcionam de uma maneira particular, principalmente no que toca à forma de pastoreio (de percurso e rotacional). Com base na forma de pastoreio foram obtidos os valores de extração de N e P nestes compartimentos, que revelam igualmente uma baixa reposição de N e P relativo ao extraído pelo pastoreio (Quadro 4.11).

Seguindo o esquema desenvolvido pelo modelo conceptual do sistema de agricultura da Terra Fria, proposto por Moreira (1998), é possível aplicar o mesmo para identificar os fluxos (*input* e *output*) de N (Figura 4.1) e de P (Figura 4.2), através do pastoreio nos diferentes compartimentos.

A combinação dos resultados da ciclagem de nutrientes, obtida através do método exploratório desenvolvido para o estudo da intensificação ecológica, do sistema misto de agricultura biológica da exploração Fonte Quintela, encontra-se sistematizado nas Figuras 4.3 e 4.4.

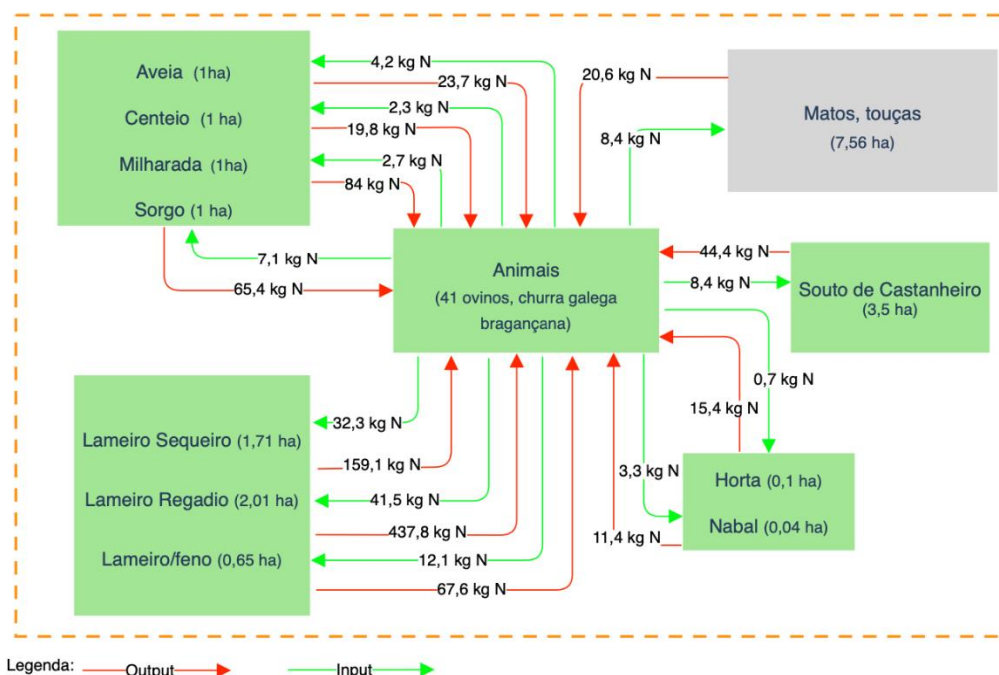


Figura 4.1. Fluxos de N através do pastoreio, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais. As restituições são feitas *in loco* pelos dejetos dos animais; as extrações contabilizam apenas a ingestão por pastoreio (fenos e outras biomassas forrageiras estão excluídas).

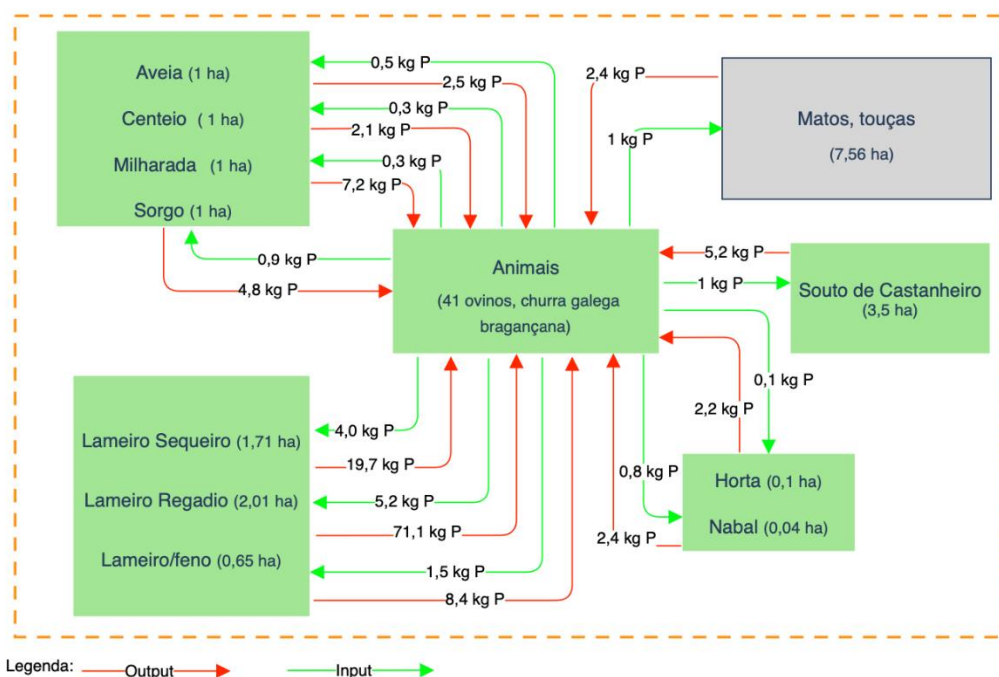


Figura 4.2. Fluxos de P através do pastoreio, na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais. As restituições são feitas *in loco* pelos dejetos dos animais; as extrações contabilizam apenas a ingestão por pastoreio (fenos e outras biomassas forrageiras estão excluídas).

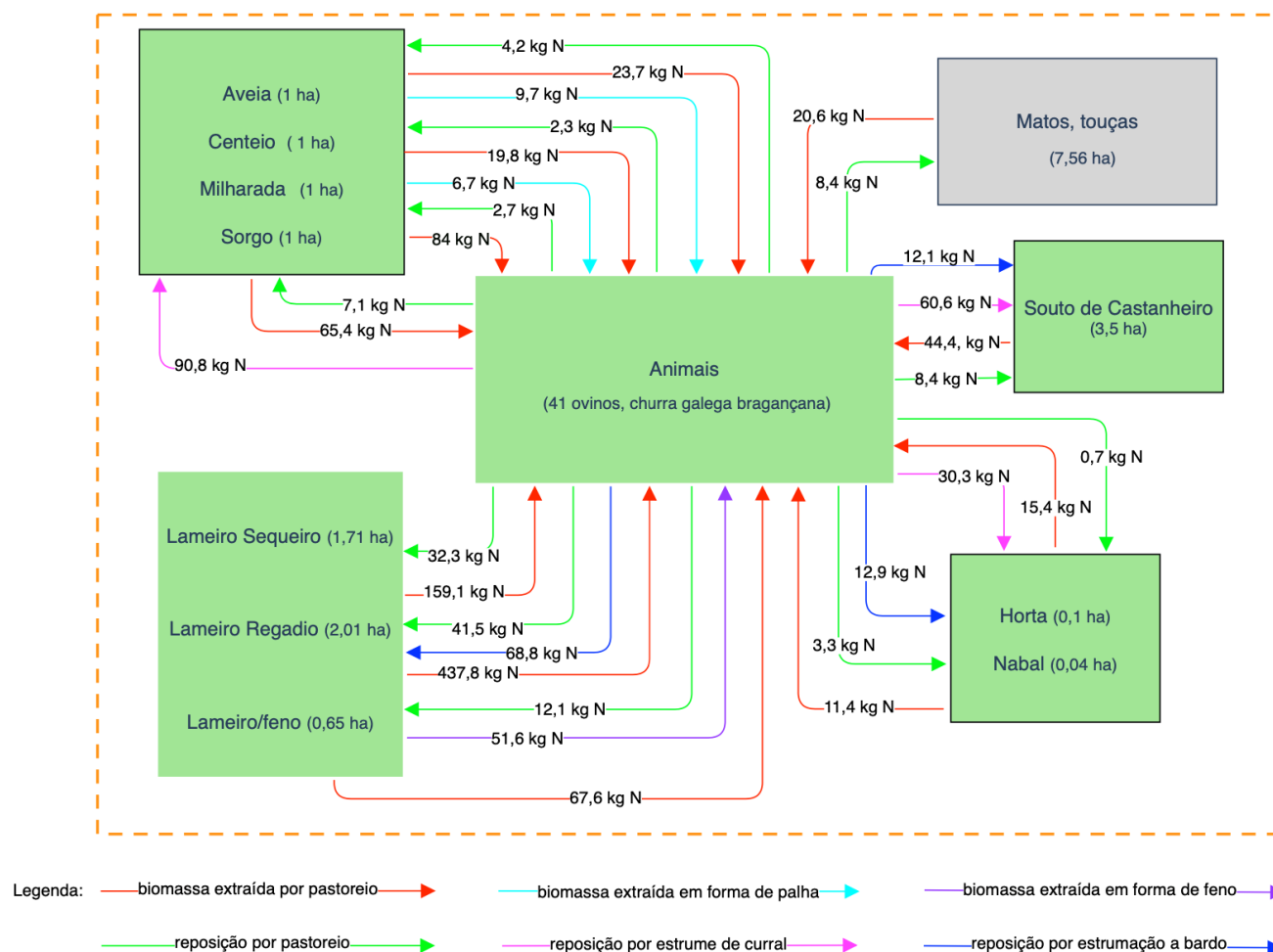


Figura 4.3. Fluxos totais de N na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais. Notas: 1) as restituições são feitas *in loco* pelos dejetos dos animais em pastoreio, mais reposições a bardo, mais estrumes; as extrações contabilizam a ingestão por pastoreio e toda a biomassa forrageira extraída por corte (movimentadas para fora da parcela); 2) os fluxos em direção à componente animal incluem a biomassa ingerida mais a biomassa diretamente incorporada pelo pisoteio nos estrumes, i.e., biomassa rejeitada (não consumida).

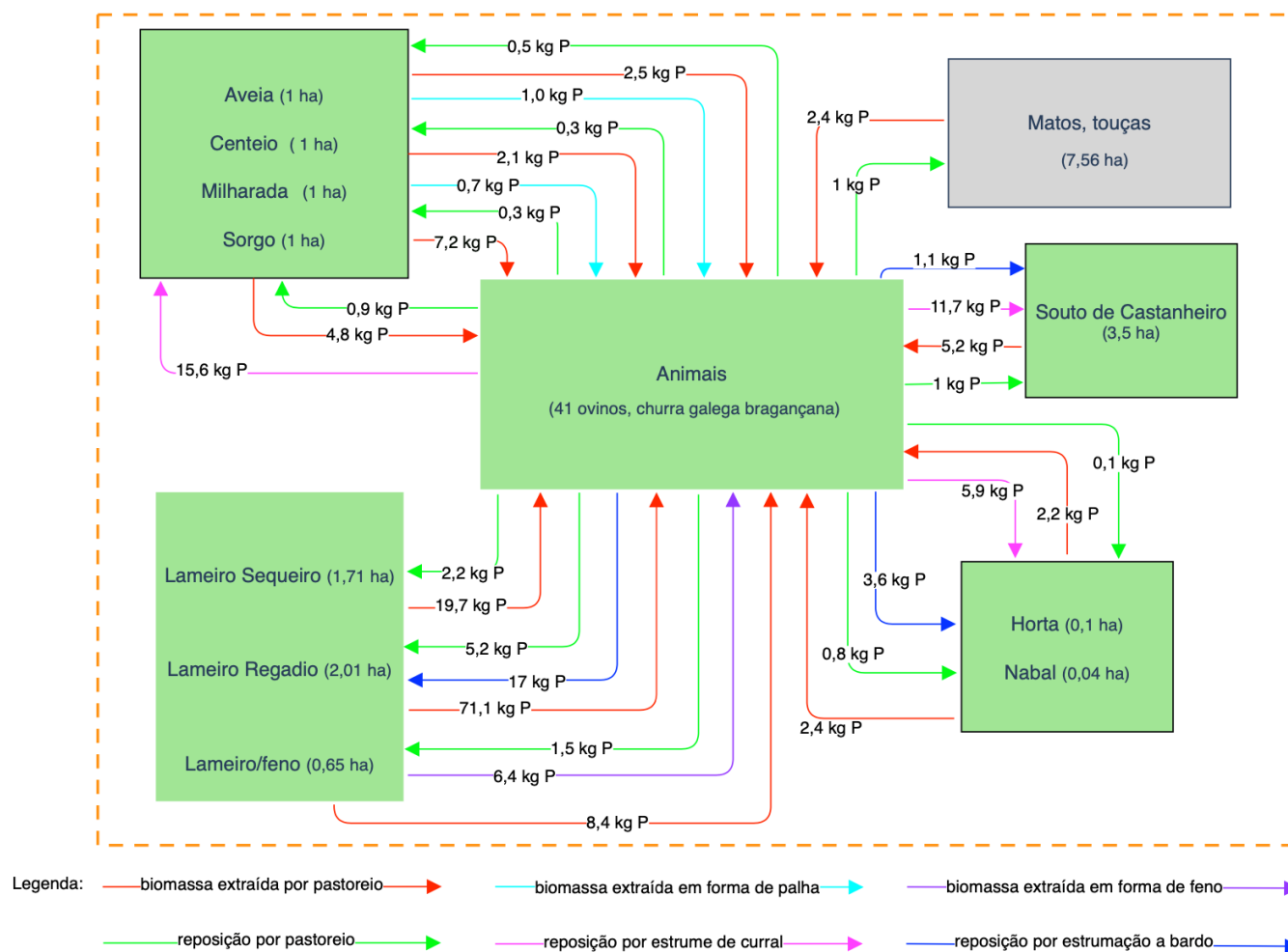


Figura 4.4. Fluxos totais de P na exploração agrícola Fonte Quintela, no concelho de Vinhais. Notas: 1) as restituições são feitas *in loco* pelos dejetos dos animais em pastoreio, mais reposições a bardo, mais estrumes; as extrações contabilizam a ingestão por pastoreio e toda a biomassa forrageira extraída por corte (movimentadas para fora da parcela); 2) os fluxos em direção à componente animal incluem a biomassa ingerida mais a biomassa diretamente incorporada pelo pisoteio nos estrumes, i.e., biomassa rejeitada (não consumida).

A partir das Figuras 4.3. e 4.4 constata-se que as extrações de P e N pelo pastoreio são significativas e não são compensadas pela reposição *in loco* (via pastoreio). O somatório das deposições via bardo, mais estrume de curral, mais do compensam as extrações na horta e no soto, mas de modo algum repõem as extrações no lameiro e nas culturas forrageiras. Os matos e touça nem sequer são estrumados, funcionam exclusivamente como *source* de nutrientes.

5. DISCUSSÃO

A parte experimental desta dissertação decorreu no ano agrícola de 2022-2023 na exploração agrícola Fonte Quintela, na aldeia de Quintela, freguesia de Paçó, concelho de Vinhais, com um sistema misto de agricultura biológica especializado na produção ovina (Churra Galega Bragançana). Esta exploração é particularmente adequada para estudar a ciclagem de nutrientes em sistemas biológicos de agricultura, em particular do P, porque não há um registo recente da utilização de fertilizantes químicos.

A metodologia adotada simplifica os processos envolvidos na ciclagem de nutrientes, ainda assim consideramo-la de enorme utilidade porque, consoante se demonstra dos parágrafos que se seguem, permite uma compreensão destes processos, quer à escala da parcela, quer à escala da exploração agrícola, compreensão esta que permite atuar no sistema implementando o *stock* e a eficiência do uso dos nutrientes. Um uso mais eficiente de um *stock* acrescido de nutrientes e o consequente aumento da produtividade traduzem-se num melhor desempenho económico e ambiental da exploração, neste caso num sistema misto de agricultura biológica.

Os dados experimentais obtidos mais relevantes, resumidos na Figura 4.3. e 4.4, mostram *stocks* e fluxos muito díspares entre e dentro dos vários compartimentos da exploração agrícola em estudo.

Muitos dos lameiros e as touças são *sources* de nutrientes: cedem, via pastoreio e feno, aos restantes compartimentos da exploração, respetivamente, 596,9 kg N/ano e 90,8 kg P/ano, e 20,6 kg N/ano e 2,4 kg P/ano. Repare-se que os lameiros mais as touças ocupam cerca de 80% da área da exploração, daí a sua extrema importância como fonte de nutrientes para a exploração – é nestes compartimentos que o rebanho passa maior parte do ano em pastoreio. O feno produzido nos lameiros é o principal sustento/suplemento dos ovinos no inverno. A exportação continuada de nutrientes explica a baixa concentração de P biodisponível nos solos de muitos dos lameiros e das touças (Quadros 2.2 e 2.3).

Alguns lameiros de regadio (Fonte, Quinta e Foz) evidenciam, porém, uma elevada fertilidade química que se deve à posição fisiográfica de fundo de vale e à rega com águas eutrofizadas provenientes da aldeia e de lameiros de vizinhos, a montante. Estes lameiros são invulgarmente produtivos e acumulam uma biomassa forrageira de elevada qualidade,

rica em N (proteína) e P. Conforme se pode confirmar na Figura 4.3., a erva e o feno aí produzidos representam mais de metade do N e do P ingerido pelos ovinos (664,5 kg N/ano, e 99,2 kg P/ano). Conclui-se, por isso, que a produtividade da exploração agrícola Fonte Quintela muito deve, afinal, ao N e ao P importado de fora das fronteiras do sistema e ciclado no seu interior.

A restituição da fertilidade dos lameiros e touças faz-se por escorrências (lixiviação de nutrientes de terras a montante, arrastados pelo movimento superficial e subsuperficial da água), pela fixação biológica de N e pela meteorização das rochas (ex. restituição de P). Como se referiu anteriormente, apesar dos animais defecarem e urinarem nestas parcelas, no computo global o pastoreio extrai sempre muito mais nutrientes do que restitui porque os animais excretam intensamente no curral (Quadro 4.3).

As hortas são *sinks* de nutrientes (a reposição sobrepõe-se às extrações via biomassa e pastoreio) com as reposições a atingirem a 176,1% do N e 227,1% do P extraído. O P e o N são transportados, em simultâneo, através dos dejetos animais e, posteriormente, pelos estrumes. As constantes e elevadas necessidades de N na parcela de horta, conduziram a uma acumulação de P no solo. A análise de solos exposta no Quadro 2.3, mostra que o solo de horta está saturado de P e que a concentração deste nutriente na água do solo é igualmente elevada. Consequentemente, as plantas hortícolas fazem um consumo de luxo do P e o excesso de P está exposto à lixiviação (Withers et. al., 2014).

O souto de castanheiro recebe a par da horta as maiores quantidades de estrume e como tal funciona como *sink* de nutrientes, superando mesmo os valores da horta: 182,5% e 266,6% da extração anual pelo pastoreio, respetivamente, de N e P (as exportações pela castanha não foram avaliadas mas admite-se que sejam substancialmente inferiores à extração pelo pastoreio). Valores elevados como estes justificam-se ainda pelo facto do pastoreio dos soutos ser restringido a épocas específicas e curtas do ano. A disponibilidade P no souto é, ao contrário das hortas, baixo porque até 2017 foi cultivado com milho e sorgo nas entrelinhas e sujeito a um intenso *nutrient mining*, bem como a mobilizações constantes para controlo do subcoberto.

A acumulação de P dos solos da horta e, a longo prazo, no souto, é impossível de mitigar porque a horta alimenta a família do proprietário e o souto é uma importante fonte de rendimento, e a substituição dos estrumes por adubos azotados orgânicos (pobres em P) importados de fora do sistema é economicamente inviável.

As culturas forrageiras são essenciais no sistema de alimentação animal praticado na exploração agrícola Fonte Quintela, em especial nos períodos de escassez (Quadro 4.13). A maioria das parcelas está instalada em terrenos marginais que, num passado já recuado, foram intensivamente cultivados com cereais. As análises de solo mostram que são pobres em matéria orgânica e, genericamente, ácidos e pobres em nutrientes. Duas das parcelas (C3 e C4, Anexo I) têm uma CTC particularmente baixa porque estão assentes em substratos rochosos desfavoráveis (xistos por oposição às rochas básicas dominantes na exploração).

Devido à dupla finalidade das culturas forrageiras (pastoreio e palhas), nomeadamente do centeio e da aveia, os níveis de extração de N e P são elevados (209,2 kg N/ano e 18,3 kg P/ano). A incorporação de estrumes é insuficiente para cobrir as extrações (51% para o N e 96,3% para o P). A componente forrageira anual do sistema é claramente deficitária em azoto.

Neste ponto da discussão é importante recordar o conceito de balanço de massa como peça central para entender a ciclagem de nutrientes. As entradas de nutrientes devem equilibrar as saídas, mantendo *stocks* adequados para a nutrição das plantas. Num sistema extrativista o balanço de massas é negativo: ocorre *nutrient mining*. Inevitavelmente, a produtividade está comprometida a médio-longo prazo. O grande objetivo de alcançar a sustentabilidade económica e ambiental é incompatível com o *nutrient mining*.

Um ciclo ou balanço de nutrientes é constituído por uma rede de reservatórios (designados ao longo do texto por componentes do sistema), conectados por fluxos (transferências) (Chapin, *et al.*, 2011). Embora os nutrientes tenham um grande reservatório atmosférico (ex. C e N) ou geológico (ex. P e K), os fluxos ou taxas de transferência de nutrientes desses reservatórios para formas biodisponíveis, *in loco*, são geralmente baixos. Por outro lado, é fundamental ter em mente que as plantas cultivadas são eutrófilas, i.e., para o seu cultivo ter sucesso é necessário elevar significativamente os *stocks* de nutrientes no solo (ex. N e P), de forma equilibrada (entre eles, vd. Lei do mínimo de Liebig) em momentos compatíveis com o seu ciclo vegetativo, para níveis infrequentes em condições naturais.

A maioria dos estudos de ciclagem de nutrientes em sistemas agrícolas destaca importância dos *stocks* acumulados: na biomassa vegetal viva, abrangendo tecidos acima e abaixo do solo; nos resíduos vegetais, que consistem em tecidos vegetais mortos e

relativamente não decompostos; na matéria orgânica do solo; na biomassa dos organismos não produtores, com ênfase nas comunidades bacterianas e fúngicas, nos animais que pastam, mas destacando também os invertebrados acima e abaixo do solo; e num conjunto pequeno, mas crítico, de formas minerais de elementos essenciais disponíveis para o crescimento das plantas (ex. P, macronutrientes secundários e micronutrientes).

Na maioria dos sistemas mistos de agricultura, os nutrientes necessários para o crescimento das plantas são fornecidos pela mineralização da matéria orgânica (estrumes, resíduos de culturas e infestantes, e matéria orgânica do solo) mediada por microrganismos, e pela fixação de azoto pelas leguminosas. A meteorização dos minerais das rochas desempenha um papel relevante, embora limitado, na nutrição não azotada das plantas. A adição de fatores de produção (adubos químicos) é simplesmente mais uma entrada no sistema de entradas, saídas e *stocks* que caracterizam a ciclagem de nutrientes num determinado agroecossistema/sistema de agricultura.

Um sistema de agricultura dominado pela ciclagem interna de nutrientes com entradas (ex. fixação de N), transferências (ex. via dejetos e estrumes animais) e saídas (ex. lixiviação, desnitrificação e volatilização do N reduzido dos estrumes, circulação dos dejetos da família de agricultores fora do sistema ou pela venda de animais e produtos agrícolas) relativamente pequenas é considerado semiaberto, caso da exploração em estudo. À medida que a intensificação ecológica do sistema progride, os ciclos de nutrientes tornam-se inevitavelmente mais abertos (ex. maiores perdas por lixiviação/desnitrificação, volatilização de N reduzido e exportação de P na biomassa animal e na castanha). O N e o P comportam-se de forma distinta em diferentes componentes do sistema e no sistema como um todo. Para repor/aumentar o *stock* de fósforo haverá que o importar de fora do sistema para as parcelas em perda (e.g. aplicação de fosforites nos lameiros e nas culturas forrageiras). Para incrementar o *stock* de N são fundamentais as leguminosas (ex. sementeira de pastagens permanentes biodiversas, ou de misturas forrageiras anuais com leguminosas). A fixação biológica do N₂ através das leguminosas, por si só, pode não chegar para alcançar os níveis de intensificação ecológica desejados tornando-se necessário importar de fora do sistema estrumes ou efluentes, como acontece na exploração em estudo.

A intensificação ecológica pode abrir mais ao exterior o ciclo de um dado nutriente (e.g. P) ao mesmo que pode fechar outro (e.g. substituição de adubos químicos azotados por fixação biológica do N). Portanto, a intensificação ecológica pode envolver, em simultâneo, uma minimização e um incremento das perdas de nutrientes para fora do sistema, por exemplo, as pastagens que recebem os estrumes animais podem ser geridas para minimizar as perdas de N, mas ainda assim podem apresentar perdas significativas de P (White-Leech et al., 2013).

A Fonte Quintela é uma exploração agrícola em modo de produção biológico, consequentemente, o uso de fatores de produção externos ao sistema está fortemente restringido. Os lameiros e as touças têm um papel fundamental como espaços forrageiros e coletores de nutrientes, mas a fixação biológica de azoto através das leguminosas está descurada, assim como a gestão do P à escala da parcela (componente do sistema). A intensificação ecológica pode ainda ser amplificada através de pequenos detalhes do sistema, que facilmente passam despercebidos. Vejamos alguns exemplos que consideramos tecnicamente exequíveis.

Os ovinos em pastoreio removem biomassa (desfoliação), pisoteiam a vegetação, redistribuem sementes e excretam nutrientes, alterando as taxas de crescimento das plantas, a abundância relativa de espécies vegetais e a composição elementar das comunidades de plantas. Todos esses efeitos/processos alteram as taxas de mineralização da matéria orgânica e de nitrificação, o destino do N e do P no interior do sistema e, em última análise, o estatuto nutricional dos solos.

Os ovinos, apesar de terem uma elevada capacidade de adaptação a diferentes ambientes e maneios, são animais gregários que se organizam em rebanho, vigilantes, mas medrosos e com um comportamento de razoável previsibilidade. Este comportamento gregário determina, em muitos casos, ao aparecimento de manchas de concentração de excreções nas pastagens: são depositados mais dejetos nas áreas onde o gado passa mais tempo, abrigado do sol e do vento, perto de portões do campo ou perto de tanques de abeberamento. Esta concentração traduz-se em perdas acrescidas de N reduzido (Pleasants et al., 2007), e na seleção positiva de plantas nitrófilas de escasso interesse alimentar, como os bromos (ex. *Bromus diandrus*), os balancos (ex. *Avena barbata* subsp. *lusitanica*), os cardos (*Carduus tenuiflorus*) e outras asteráceas (ex. *Coleostephus myconis*).

Mudar o abastecimento de água, usar estruturas de sombra móveis, ou a mudança de local dos comedouros (comedouros portáteis) melhora a distribuição de nutrientes na pastagem. Os sistemas de pastoreio rotacional de curto prazo ou com elevada carga animal têm o mesmo efeito (Peterson e Gerrish, 1996). Assim, a intensificação ecológica da exploração agrícola Fonte Quintela passa também pela uniformização da distribuição dos dejetos dos animais em pastoreio nas pastagens, através do planeamento e constante monitorização dos movimentos dos animais (e da vegetação nitrófila bioindicadora).

As perdas de N por lixiviação/desnitrificação/volatilização podem ser significativas em pastoreio, dependendo da intensidade e do momento em que o pastoreio é realizado, do teor em água no solo, da textura do solo, do nível geral de fertilidade de N e do crescimento da erva. A mitigação das perdas de N em pastoreio requer um conhecimento integrado das características das plantas, condições do solo, clima, manejo do gado (ex. pastoreio, permanência) e excreção. É expectável que a eficiência do uso do azoto excretado em pastoreio seja maior na primavera quando as plantas crescem ativamente e os solos não estão excessivamente secos ou húmidos (Jarvis, 1990; Ramírez-Sandoval et al., 2022). O pastoreio com chuva deve ser evitado, assim como a insistência do pastoreio nos dias de calor em pastagens esgotadas.

As análises de solo mostram que o P é possivelmente limitante na touça, nas culturas forrageiras, nos soutos e em alguns lameiros. Por outro lado, níveis baixos de P biodisponível prejudicam as leguminosas frente às gramíneas, com impacto na fixação biológica e na ciclagem do N. A aplicação de estrumes ao solo como fonte de P pode suprir esta necessidade. Contudo, a massa de estrumes produzida na exploração agrícola é limitada e a concentração em P dos estrumes baixa (em comparação com fontes inorgânicas). A intensificação ecológica passa, nestes casos, pela reconstituição do *stock* de P através da aplicação de fosforites e outros fertilizantes fosfatados de uso autorizado em agricultura biológica. A aplicação de P nas touças vai depender do seu custo.

As pastagens naturais (touças) e seminaturais (lameiros) além de ocuparem uma área significativa na exploração agrícola em estudo, produzem uma biomassa forrageira apreciável (aproximadamente 35800 kg MS/ano) a baixo custo e com um baixo input de combustíveis fósseis. O sucesso económico e ambiental da exploração agrícola Fonte Quintela depende, em larga medida, do incremento sustentável da produtividade destes espaços.

As análises de solo mostram que os solos das touças e lameiros são bastante férteis, com um pH, uma CTC e teores de K_2O , Ca^{++} , Mg^{++} e Boro genericamente adequados (Quadro 2.3.). Na maior parte das parcelas justifica-se uma correção do P, como se referiu. Identificaram-se, porém, alguns erros de manejo cuja correção se pode repercutir positivamente na produção de erva e na ciclagem de nutrientes à escala da exploração.

O encerramento dos lameiros para fenação, é demasiado tardio com um evidente impacto na flora pratense e na produção de feno e de biomassa total. As datas tardias têm origem mais no hábito do que na necessidade de pastagens no início da primavera.

O *output* forrageiro das touças é escasso e o enfraquecimento da flora herbácea está, indiretamente, a beneficiar as espécies arbustivas. Pode haver algum controlo nutricional neste facto, mas o mais provável é que os fogos de elevada intensidade que ocorreram em algumas zonas de touça, seguidos de pastoreio intenso tenham reduzido o banco de sementes de plantas herbáceas. A escassez de resíduos a cobrir o solo no final do verão indicia que as touças estão sistematicamente sobrepastoreadas. A recuperação destes espaços é trabalhosa, envolvendo, se possível a aplicação de fosforites, e a prática de pastoreio rotacional e bardos de verão, de modo a aumentar o banco de sementes e acelerar a ciclagem dos nutrientes.

A recuperação da flora pratense das touças passa também por um aumento deliberado da massa de resíduos no final do verão. Na bibliografia sobre “rangelands” é constantemente realçada a importância de não esgotar as pastagens e deixar uma massa suficiente de resíduos (Holechek, 1986). Os resíduos protegem o solo da erosão. Mais resíduos é também um sinónimo de mais sementes no solo, de emergências mais abundantes e de mais erva. No médio prazo, o aumento dos resíduos aumentará a produtividade e a estabilidade produtiva da erva das touças (Briske, 1998).

Para diminuir a pressão sobre os lameiros e touças é necessário incrementar o *output* forrageiro noutras componentes. Tendo em consideração a importância das culturas forrageiras na alimentação do efetivo de ovinos da exploração agrícola Fonte Quintela, considera-se necessário aumentar a sua produtividade através de um incremento (sempre limitado) da aplicação de estrumes e/ou da substituição parcial de gramíneas forrageiras por introdução de leguminosas forrageiras. A exploração agrícola muito teria a ganhar se aumentar a produtividade das forrageiras anuais, em particular do sorgo e do milho, com estrumações mais abundantes e um controlo mais rigoroso dos animais em pastoreio,

obrigando-os com pastor-elétrico a consumir uma percentagem maior da produtividade primária destas culturas. A conversão de algumas terras de sequeiro em pastagens permanentes rica em leguminosas é outro caminho necessário.

O potencial forrageiro dos soutos da exploração agrícola Fonte Quintela está desaproveitado. A produtividade e a qualidade da forragem podem ser francamente melhoradas com a instalação de um coberto de trevo-subterrâneo. Para tal é necessário elevar o *stock* de P com fertilizações fosfatadas. A estrumação dos soutos praticada na exploração é uma garantia do sucesso da instalação da pastagem e é mais do que suficiente para repor a extrações pelo pastoreio e pela castanha. Os soutos da exploração agrícola Fonte Quintela não estão infetados com a doença da tinta do castanheiro (*Phytophthora. cinnamomi* Rands e *P. cambivora* (Petri) Buisman) e os ovinos não transpõem os limites da exploração. Por isso, a sementeira de pastagens de trevo-subterrâneo – um hospedeiro do agente patogénico da tinta – não representa um risco fitossanitário significativo.

6. CONCLUSÕES

Os animais são a chave para uma intensificação ecológica sustentável dos sistemas de agricultura biológica, e a intensificação ecológica é necessária para aumentar a eficiência do trabalho e para garantir rendimentos justos aos agricultores. Os sistemas mistos de agricultura biológica respondem ao desafio enfrentado pela gestão agrícola, para aumentar a produção sem aumentar o custo ambiental (Garnett et al., 2013). Supõe-se que com estas práticas se melhore a qualidade do solo das terras agrícolas, ao mesmo tempo que se produzem colheitas e animais de alta qualidade (LaCanne e Lundgren, 2018).

Como foi descrito no decorrer desta dissertação, a intensificação ecológica está estritamente dependente do incremento do *stock* de nutrientes, da aceleração da ciclagem e de um uso mais eficiente dos nutrientes. Os resultados conseguidos no sistema em estudo demonstram o potencial da intensificação ecológica, como forma de otimizar a ciclagem de nutrientes dentro das fronteiras da exploração numa lógica produtiva, num sistema misto de agricultura biológica.

Em síntese, é necessário implementar sistemas de pastoreio rotacional para melhorar a distribuição dos dejetos e reduzir a pressão sobre os lameiros e touças (aumento dos tempos de descanso da pastagem), utilizar estruturas móveis para sombra e abastecimento de água para incentivar uma distribuição mais homogênea dos dejetos e, ainda, converter parte das terras de sequeiro em pastagem, com uma melhor gestão de estrumes e elevação do stock de P.

Aumentar a massa de resíduos na touça para assim garantir uma quantidade suficiente de resíduos nas pastagens (touça) no final do verão, para proteger o solo e aumentar a produção de sementes e as emergências.

Nos soutos, substituir parcialmente gramíneas forrageiras anuais por pastagens permanentes ricas em leguminosas, para aumentar a fixação de N e aumentar os stocks de N, através da instalação de uma pastagem de trevo-subterrâneo (*Trifolium subterraneum* L.). Esta pastagem destina-se a aumentar o potencial forrageiro dos soutos, sendo ainda necessário elevar o stock de P com fertilizações fosfatadas.

A exploração agrícola Fonte Quintela exemplifica como práticas de gestão eficiente de nutrientes podem transformar um sistema agrícola, tornando-o mais produtivo e

sustentável, através da adoção de técnicas de intensificação ecológica. Uma gestão cuidadosa das pastagens e culturas forrageiras são fundamentais para alcançar um equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade ambiental.

Estas medidas só poderão ser alcançadas com um contínuo acompanhamento, ajustando as práticas de manejo com base em dados experimentais e análises de solo, que será crucial para o sucesso contínuo da exploração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguar, C., Azevedo, J (2011). A floresta e a restituição da fertilidade do solo nos sistemas de agricultura orgânicos tradicionais do NE de Portugal no início do séc. XX. In P. InBio (Ed.), *In Tereso, J. Pedro, coord. - Florestas do Norte de Portugal: História, Ecologia e Desafios de Gestão*.
- Allen, R. C. (2000). Economic structure and agricultural productivity in Europe, 1300–1800. *European Review of Economic History*, 4(1), 1-25.
- Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 35-42.
- Anuario Estadística (2020). Anuario de Estadística, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2019. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones, Madrid.
- Arnon, I. (1972). *Crop Production in Dry Regions*: Leonard Hill.
- Avilez, D. (1975). *Conservação de Forragens*: INIA – Oeiras.
- Bahamonde, H., Gargaglione, V., & Peri, P. (2017). Sheep faeces decomposition and nutrient release across an environmental gradient in Southern Patagonia. *Ecologia Austral*, 27, 18-28.
- Balole, T. V. L., G. M. (2006). *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Record from Protabase*. Brink, M. & Belay, G. (Editors).
- Bell, L. W., & Moore, A. D. (2012). Integrated crop–livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. *Agricultural Systems*, 111, 1-12.
- Bonny, S. (2011). Ecologically intensive agriculture: Nature and challenges. *Cahiers Agricultures*, 20, 451-462.
- Boserup, E. (1965). *The conditions of agricultural growth : the economics of agrarian change under population pressure*: New York : Aldine Pub. Co., 1965.
- Briske, D.D. and I. Noy-Meir. (1998). Plant responses to grazing: a comparative evaluation of annual and perennial grasses. p 13-26. In: *Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems*. V.P. Papanastasis and D. Peter (eds). Luxembourg, Official Publications of the European Communities.
- Brussaard, L., Caron, P., Campbell, B., Lipper, L., Mainka, S., Rabbinge, R., et al. (2010). Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(1), 34-42.
- Béguin, P., Coquil, X., & Dedieu, B. (2014). Transition to self-sufficient mixed crop–dairy farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(3), 195-205.
- Calame, M. (2013). Michel Griffon, Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ? Quae éditions, 2013, 220 p., 24 €. *Revue Projet*, 336-337(5), 192a-192a.
- Carmo, M. C. d. (2018). *SOLO E AGRICULTURA NO SÉCULO XX PORTUGUÊS Um problema ambiental, histórico e epistemológico*. Unpublished PhD, Universidade de Lisboa.
- Cassman, K. G. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5952-5959.
- CEAT. (2021). Agriculture and the Circular Economy. Retrieved 21/6/2023, from <https://ceat.org.au/agriculture-and-the-circular-economy/>
- Chadwick, D., Wei, J., Yan'an, T., Guanghui, Y., Qirong, S., & Qing, C. (2015). Improving manure nutrient management towards sustainable agricultural intensification in China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 209, 34-46.

- Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. (2011). The Ecosystem Concept *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology* (pp. 3-22). New York, NY: Springer New York.
- Chatellier, V., & Guyomard, H. (2009). *L'application française du bilan de santé de la PAC : un transfert limité pour l'élevage, mais une véritable réévaluation pour l'herbe*.
- COBA, A. (1991). *arta de Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal, Escala 1:100 000. Peças Desenhadas e Memórias Descritivas*.
- Cristóvão, A., Ferrão, P., Madeira, R., Tibério, M., Rainho, M., & Teixeira, M. S. (2009). Circles and Communities, Sharing Practices and Learning: Looking at New Extension Education Approaches. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 15.
- Devendra, C., & Thomas, D. (2002). Crop–animal interactions in mixed farming systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71(1), 27-40.
- DGAV. (2020). *Catálogo Oficial Raças Autóctones Portuguesas*: DGAV - Direção Geral de Alimentação e Veterinária.
- Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N., Tchamitchian, M., & Tittone, P. (2011a). Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy*, 34(4), 197-210.
- Doré, T., Makowski, D., Malézieux, E., Munier-Jolain, N. G., Tchamitchian, M., & Tittone, P. (2011b). Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: Revisiting methods, concepts and knowledge. *European Journal of Agronomy*, 34(4), 197-210.
- DR. (2019). Programa Regional de Ordenamento Florestal de Trás -os -Montes e Alto Douro (PROF TMAD). Diário da República, 1.^a série, 29, 11 fevereiro 2019, 1114-1140.
- DRAPN. (2022). Relatório do Estado das Culturas e Previsão de Colheitas - Outubro 2022. Divisão de Planeamento, Ajudas e Estatística, Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte e Instituto Nacional de Estatística.
- Dugué, P., Koné, F. R. ., Koné, G., & Akindès, F. ((2004). Production agricole et élevage dans le centre du bassin cotonnier de Côte d'Ivoire. *Cahiers Agricultures*, 13(6), 504–509 (1).
- Federico, G. (2007). Introduction to Feeding the World: An Economic History of World Agriculture, 1800-2000. *Foreign affairs (Council on Foreign Relations)*, 85.
- Federico, G. (2009). Introduction to Feeding the World: An Economic History of World Agriculture, 1800-2000. *Foreign affairs (Council on Foreign Relations)*, 85.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., et al. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- Franzluebbers, A. J., & Stuedemann, J. A. (2007). Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop–livestock production in the Southern Piedmont, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(3), 168-180.
- Freixial, R. J. M. C. (2010). “Pastagens e Forragens – A base da Alimentação dos Ruminantes”. *2a Jornadas Hospital Veterinário Muralha de Évora. 5 de Março*.
- Fria, P. T. Cordeiro Bragançano DOP. 2023, from <https://www.portalterrafria.com/a-nossa-regiao/cordeiro-bragancano-dop/>
- Guarino, N., Guizzardi, G., Mylopoulos, J., (2019). On the Philosophical Foundations of Conceptual Models. Conference: 29th International Conference on Information Modelling and Knowledge Bases)

- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I., Benton, T., Bloomer, P., et al. (2013). Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. *Science (New York, N.Y.)*, 341, 33-34.
- Gliessman, S. R. (2021). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*: CRC press.
- Goube, V., & Haberl, H. (2013). Using Integrated Models to Analyse Socio-ecological System Dynamics in Long-Term Socio-ecological Research – Austrian Experiences (pp. 53-75).
- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J., & Winiwarter, V. (2011). A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation. *Sustainable Development*, 19(1), 1-14.
- Hampicke, P. e. (2010). *Large-Scale Livestock Grazing A Management Tool for Nature Conservation* (L. Reay, Trans.): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Haynes, R. J., & Williams, P. H. (1993). Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 49, pp. 119-199): Academic Press.
- Hendrickson, J. R., Hanson, J. D., Tanaka, D. L., & Sassenrath, G. (2008). Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23(4), 265-271.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A., et al. (2010). Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science*, 327(5967), 822-825.
- Holechek, J.L. (1988). An approach for setting the stocking rate. *Rangelands Archives*, 10, 10-14.
- Huyghe, C. (2009). La multifonctionnalité des prairies en France II. Conciliation des fonctions de production et de préservation de l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 18(1), 7–16 (1).
- INIAV. (2022). *Manual de fertilização das culturas*. F. Calouro (coord.), Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. INIAV.
- Jarvis, S.; Pain, B. (1990). Ammonia volatilization from agricultural land. *Proc. Fertil. Soc* 298, 1–35.
- Keulen, & Schiere, J. (2004). Crop-livestock systems: old wine in new bottles.
- Kopsidis, M. (2006). *Agrarentwicklung: historische Agrarrevolutionen und Entwicklungsökonomie* (Vol. 6): Franz Steiner Verlag.
- Krausmann, F. (2001). Land use and industrial modernization: An empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830-1995. *Land Use Policy*, 18, 17-26.
- Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., et al. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 110(25), 10324-10329.
- Kremen, C. (2020). Ecological intensification and diversification approaches to maintain biodiversity, ecosystem services and food production in a changing world. *Emerg Top Life Sci*, 4(2), 229-240.
- Kremen, C., & Miles, A. (2012). Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society*, 17(4).
- LaCanne, C. E., & Lundgren, J. G. (2018). Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ*, 6, e4428.

- Landais, E., & Lhoste, P. (1990). L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain. [ACL : Articles dans des revues avec comité de lecture non répertoriées par l'AERES]. *Sociétés pastorales et développement : 3. La théorie en question*, 26(1-2), 217-235.
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P. C. d. F., & Dedieu, B. (2014). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, 4-8.
- Lenné, J. M., & Thomas, D. (2006). Integrating Crop—Livestock Research and Development in Sub-Saharan Africa: Option, Imperative or Impossible? *Outlook on Agriculture*, 35, 167-175.
- Levain, A., Vertès, F., Ruiz, L., Delaby, L., Gascuel-Oudou, C., & Barbier, M. (2015). 'I am an Intensive Guy': The Possibility and Conditions of Reconciliation Through the Ecological Intensification Framework. *Environmental Management*, 56(5), 1184-1198.
- Marschner, P. (2011) Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Edition, Academic Press, London, 135-178.
- Mazoyer, M., Roudart, L., & Membrez, J. H. (2006). *A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis*: Monthly Review Press.
- Milder JC, G. K., DeClerck FAJ et al. . (2012). *An assessment of the multi-functionality of agroecological intensification*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Montgomery, D. R. (2007). *Dirt - The Erosion of Civilizations* (1 ed.): University of California Press.
- Moreira, N. (2002). *Agronomia das Forragens e Pastagens*.: UTAD, VILA REAL, 1980, 143 pp.
- Moule, C. (1971). *Céréales*.: Paris, ed. La Maison Rustique – Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménégère, 236 pp.
- Oba, G. (2011). Steinfeld H, Mooney HA, Schneider F and Neville LE: Livestock in a changing landscape: Drivers, consequences, and responses. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 1(1), 10.
- Overton, M. (1996). *Agricultural revolution in England: the transformation of the agrarian economy 1500-1850*: Cambridge University Press.
- Peyraud, J.-L., Taboada, M., & Delaby, L. (2014). Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *European Journal of Agronomy*, 57, 31-42.
- Pires, J. M. P., Pedro A.; Moreira, Nuno T. (1994). *Lameiros de Trás-os-Montes Perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha* (Instituto Superior Politécnico de Bragança · 1994 ed.).
- Pleasants, A.B., Shorten, P.R. and Wake, G.C. (2007). The distribution of urine deposited on a pasture from grazing animals. *Journal of Agricultural Science*, 145, 81-86.
- Powell, M., Pearson, R., & Hiernaux, P. (2004). Crop–Livestock Interactions in the West African Drylands. *Agronomy Journal*, 96.
- Ramírez-Sandoval, M.; Pinochet, D.; Rivero, M.J. (2022). Soil Dynamics and Nitrogen Absorption by a Natural Grassland under Cow Urine and Dung Patches in an Andisol in Southern Chile. *Agronomy* 12, 719.
- Reeves, T. G. (1999). Intensification for the nine billion. *Nature Biotechnology*, 17(2), BV33-BV34.

- Ribeiro, O. (1940-1941). Contribuição para o estudo do pastoreio na Serra da Estrela. *Revista da Faculdade de Letras*, VII (1 e 2), 213-303.
- Ribeiro, O. & Lautensach, H. (1988). O ritmo climático e a Paisagem. In: Geografia de Portugal, vol. II, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 337-623.
- Ripoll-Bosch, R., Díez-Unquera, B., Ruiz, R., Villalba, D., Molina, E., Joy, M., et al. (2012). An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. *Agricultural Systems*, 105(1), 46-56.
- DR. (2019). Programa Regional de Ordenamento Florestal de Trás-os-Montes e Alto Douro (PROF TMAD). Diário da República, 1.^a série, 29, 11 fevereiro 2019, 1114-1140.
- Rodrigues, J. C. (2008). *Património Geológico no Parque Natural do Douro Internacional: Caracterização, quantificação da relevância e estratégias de valorização dos geossítios*. Tese de Mestrado em Património Geológico e Geoconservação, Universidade do Minho.
- Rusinamhodzi, L., Corbeels, M., Nyamangara, J., & Giller, K. E. (2012). Maize–grain legume intercropping is an attractive option for ecological intensification that reduces climatic risk for smallholder farmers in central Mozambique. *Field Crops Research*, 136, 12-22.
- Russelle, M. P., Entz, M. H., & Franzluebbers, A. J. (2007). Reconsidering Integrated Crop–Livestock Systems in North America. *Agronomy Journal*, 99(2), 325-334.
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J. P., & Gibon, A. (2013). Paths to last in mixed crop-livestock farming: lessons from an assessment of farm trajectories of change. *Animal*, 7(4), 673-681.
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J. P., Joannon, A., & Gibon, A. (2012). Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? *Animal*, 6(10), 1722-1730.
- Sakadevan, K., Mackay, A., & Hedley, M. (1993). Influence of sheep excreta on pasture uptake and leaching losses of sulfur, nitrogen and potassium from grazed pastures. *Soil Research*, 31(2), 151-162.
- Seré, C., Steinfeld, H. & Groenewold, J. (1996). World Livestock Production Systems: Current Status, Issues and Trends. Animal Production and Health Paper 127, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Schiere, J., Ibrahim, M. N. M., & Keulen, H. (2002). The role of livestock for sustainability in mixed farming: Criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90, 139-153.
- Schiere, J. B., Darnhofer, I., & Duru, M. (2012). *Dynamics in farming systems: of changes and choices*.
- Serrano, J. E. (1981). *A Fenação. Normas Fundamentais no Fabrico do Feno*. (Vol. 8): DGER.
- Shand, C. A., & Coutts, G. (2006). The effects of sheep faeces on soil solution composition. *Plant and Soil*, 285(1), 135-148.
- Shennan, C. (2008). Biotic interactions, ecological knowledge and agriculture. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363, 717-739.
- Shiel, R. S. (1991). Improving soil productivity in the pre-fertiliser era. *Land, labour and livestock: historical studies in European agricultural productivity*, 51-77.
- Siegmund-Schultze, M., Rischkowsky, B., da Veiga, J. B., & King, J. M. (2010). Valuing cattle on mixed smallholdings in the Eastern Amazon. *Ecological Economics*, 69(4), 857-867.

- Sraïri, M. T. (2005). ngénierie agronomique et développement des exploitations familiales agricoles dans les pays du Sud : réflexions à partir du cas marocain. *Cahiers Agricultures*, 14(15), 485–491 (481).
- Stanley, H. P. a. W. (2008). Drivers of change in global agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363(1491), 495–515.
- Steinfeld, H., Mooney, H., Schneider, F., & Neville, L. (2010). Livestock in a Changing Landscape, Volume 1: Drivers, Consequences, and Responses. *Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press*.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., Snoo, G. R. d., & Eden, P. (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63(4), 337-365.
- Swinton, S. M., & Quiroz, R. (2003). Is Poverty to Blame for Soil, Pasture and Forest Degradation in Peru's Altiplano? *World Development*, 31(11), 1903-1919.
- Tello, E., Garrabou, R., & Cussó, X. (2006). Energy balance and land use: The making of an agrarian landscape from the vantage point of social metabolism (the Catalan Vall??s county in 1860/1870). *The conservation of cultural landscapes*, 42-56.
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53-61.
- Tittonell, P., & Giller, K. E. (2013). When yield gaps are poverty traps: The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 143, 76-90.
- Torres-Manso, F., Fernandes, P., Pinto, R., Botelho, H., & Monzon, A. (2014). Regional livestock grazing, human demography and fire incidence in the Portuguese landscape. *Forest Systems*, 23(1).
- UE. (2019). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Pacto Ecológico Europeu*. Comissão Europeia, COM(2019) 640
- UE. (2020). *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Estratégia do Prado ao Prato para um sistema alimentar justo, saudável e respeitador do ambiente*. Comissão Europeia, COM(2020) 381
- UN. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations, A/RES/70/1, <https://sustainabledevelopment.un.org>.
- Undersander, D. J. S., L. H. ; Kaminski, A. R. ; Kelling, K. A. ; Doll, J. D. (2003). Sorghum forage. In: *Alternative Field Crop Manual. University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension*.
- van Loon, M. P., Vonk, W. J., Hijbeek, R., van Ittersum, M. K., & ten Berge, H. F. M. (2023). Circularity indicators and their relation with nutrient use efficiency in agriculture and food systems. *Agricultural Systems*, 207, 103610.
- Vasa, L., Angeloska, A., & Trendov, N. (2018). Comparative analysis of circular agriculture development in selected Western Balkan countries based on sustainable performance indicators. *Economic Annals-XXI*, 168, 44-47.
- Vermersch, D. (2007). *L'éthique en friche* (Editions QUAE INRA ed.).
- Veyssset, P., Bebin, D., & Lherm, M. (2005). Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. *Agricultural Systems*, 83(2), 179-202.
- Vogel, H.-J., Wollschläger, U., Helming, K., Heinrich, U., Willms, M., Wiesmeier, M., et al. (2019). Assessment of Soil Functions Affected by Soil Management. In M. Schröter, A. Bonn, S. Klotz, R. Seppelt & C. Baessler (Eds.), *Atlas of Ecosystem*

- Services: Drivers, Risks, and Societal Responses* (pp. 77-82). Cham: Springer International Publishing.
- Wezel, A., Soboksa, G., McClelland, S., Delespesse, F., & Boissau, A. (2015). The blurred boundaries of ecological, sustainable, and agroecological intensification: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1283-1295.
- White-Leech, R., Liu, K., Sollenberger, L. E., Woodard, K. R., & Interrante, S. M. (2013). Excreta Deposition on Grassland Patches. I. Forage Harvested, Nutritive Value, and Nitrogen Recovery. *Crop Science*, 53(2), 688-695.
- Wilkins, R. J. (2007). Eco-efficient approaches to land management: A case for increased integration of crop and animal production systems. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363, 517-525.
- Wilkins, R. J. (2008). Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 363(1491), 517-525.
- Williams, P. H., & Haynes, R. J. (1995). Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass and Forage Science*, 50(3), 263-271.
- Withers, P. J. A., Sylvester-Bradley, R., Jones, D. L., Healey, J. R. & Talboys, P. J. (2014). Feed the crop not the soil: Rethinking phosphorus management in the food chain. *Environ. Sci. Technol.* 48, 6523–6530.
- Wrigley, E. A. (2006). The transition to an advanced organic economy: half a millennium of English agriculture¹. *The Economic History Review*, 59(3), 435-480.
- Zerbini, E., & Thomas, D. (2003). Opportunities for improvement of nutritive value in sorghum and pearl millet residues in South Asia through genetic enhancement. *Field Crops Research*, 84(1), 3-15.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2), 253-260.

ANEXOS

Anexo I. Análise de solo, outono de 2022

		out/22						ANÁLISE AO COMPLEXO DE TROCA						
			%	pH		mg kg ⁻¹		Cmol(+) kg ⁻¹						B
Nº sacos	Localidade	Designação	M.O	H ₂ O	KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	AT	CTCe	mg kg ⁻¹
S 1	Quintela	Quintela, Cruz Souto, entrelinha	1,28	6,03	4,83	7	87	0,20	0,31	13,18	5,92	0,10	19,73	0,43
S 2	Quintela	Quintela, Odival Souto, copa	1,44	5,87	5,07	51	151	0,34	0,30	10,35	3,97	0,00	14,96	0,52
S 5	Quintela	Quintela, Odival Souto, entrelinha	1,06	5,79	4,52	32	126	0,26	0,22	9,97	3,70	0,20	14,35	0,16
S 7	Quintela	Quintela, Cruz Souto, copa	2,49	5,92	5,14	14	187	0,45	0,28	12,71	5,20	0,20	18,84	0,18
S 9	Quintela	Quintela, Caleira Souto, copa	2,54	6,09	5,25	16	113	0,23	0,25	8,30	3,85	0,00	12,64	0,36
C 1	Quintela	Quintela, Cruz centeio	0,80	5,76	4,46	25	99	0,21	0,20	10,31	3,90	0,06	14,68	0,14
A 2	Quintela	Quintela, Odival aveia	1,32	5,71	4,58	21	186	0,36	0,26	9,71	3,39	0,20	13,91	0,31
C 3	Quintela	Quintela, Odival centeio	1,51	5,01	4,27	69	85	0,19	0,25	1,54	0,74	1,20	3,93	0,41
C 4	Quintela	Quintela, Esmael aveia	2,22	5,14	4,31	31	150	0,33	0,16	4,41	1,38	1,50	7,77	0,28
T 1	Quintela	Quintela, Esmael touça	1,34	5,81	4,92	42	199	0,55	0,26	7,72	2,15	0,20	10,89	0,54

Anexo II. Análise de solo, primavera de 2023

			mar/23						ANÁLISE AO COMPLEXO DE TROCA						
				%	pH		mg kg ⁻¹		Cmol(+) kg ⁻¹						Boro
Nº Lab	Nº sacos	Localidade	Designação	M.O	H ₂ O	KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	AT	CTCe	mg kg ⁻¹
1	N 1	Quintela	Quintela, Fonte nabal	2,38	6,44	5,51	541	390	0,98	0,32	8,30	3,07	0,20	12,88	1,06
2	N 2	Quintela	Quintela, Fonte nabal	3,08	6,44	5,64	586	500	1,29	0,34	9,38	3,58	0,20	14,79	1,33
3	H 1	Quintela	Quintela, Fonte Horta	2,50	6,54	5,58	330	460	1,23	0,23	7,05	2,68	0,20	11,39	1,32
4	L 1	Quintela	Quintela, Lameiro 1 Fonte	3,52	6,38	5,47	74	114	0,29	5,67	9,45	4,00	0,20	19,61	1,17
5	L 2	Quintela	Quintela, Lameiro 2 Fonte	2,87	6,48	5,00	97	195	0,52	0,30	11,09	4,29	0,20	16,40	1,03
6	L 3	Quintela	Quintela, Lameiro 3 Fonte	3,30	6,27	4,96	90	104	0,27	5,52	9,81	4,11	0,20	19,90	1,30
7	L 4	Quintela	Quintela, Lameiro 4 Fonte	3,82	6,27	5,32	48	99	0,30	6,51	10,68	5,85	0,10	23,43	1,43
8	L 5	Quintela	Quintela, Lameiro 5 Fonte	2,30	6,36	5,18	35	156	0,40	0,33	9,39	4,07	0,20	14,39	0,78
9	L 6	Quintela	Quintela, Lameiro 6 Fonte	3,45	6,31	5,25	48	78	0,21	5,36	9,29	4,07	0,20	19,14	1,06
10	L 7	Quintela	Quintela, Lameiro 7 Quinta	1,91	6,52	4,55	63	83	0,20	0,36	8,18	2,77	0,20	11,71	0,83
11	L 8	Quintela	Quintela, Lameiro 8 Quinta	2,68	6,33	4,65	139	136	0,34	5,96	7,75	2,74	0,30	17,08	1,14
12	L 9	Quintela	Quintela, Lameiro 9 Quinta	3,21	6,32	4,86	187	121	0,31	6,16	7,04	2,59	0,20	16,31	1,32
13	L 10	Quintela	Quintela, Lameiro 10 Foz	1,79	6,42	4,91	31	60	0,14	5,30	14,00	6,56	0,20	26,21	0,75
14	L 11	Quintela	Quintela, Lameiro 11 Foz	3,23	6,34	4,92	19	65	0,19	5,92	13,68	6,83	0,20	26,81	1,43
15	L 12	Quintela	Quintela, Lameiro 12 Foz	3,93	6,52	5,40	47	660	1,68	5,67	10,18	5,64	0,20	23,36	1,35

Anexo III. Análise de estrumes e plantas, maio e junho de 2023

	Nº Lab	Localidade	Designação	Identificação das amostras	Azoto	Fósforo	P Bruta
					(N) %	(P) %	%
Estrume	1	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume noite 1N	1,582	0,312	9,9
	2	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume noite 2N	1,820	0,439	11,4
	3	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume noite 3N	1,680	0,428	10,5
	4	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume 24h 1D	1,907	0,368	11,9
	5	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume 24h 2D	1,990	0,376	12,4
	6	Quintela	Quintela, Vinhais	Estrume 24h 3D	2,001	0,302	12,5
Erva	7	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 1A	3,206	0,454	20,0
	8	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 2A	3,160	0,386	19,8
	9	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 3A	3,187	0,473	19,9
	10	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 4A	2,112	0,389	13,2
	11	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 5A	3,090	0,471	19,3
	12	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 1B	2,700	0,502	16,9
	13	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 2B	2,472	0,388	15,5
	14	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 3B	2,355	0,357	14,7
	15	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 4B	2,196	0,359	13,7
	16	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 5B	2,220	0,396	13,9

	17	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 1C	2,670	0,443	16,7
	18	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 2C	2,110	0,362	13,2
	19	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 3C	2,440	0,460	15,3
	20	Quintela	Quintela, Vinhais	Erva Outono 4C	2,030	0,399	12,7
Palha	21	Quintela	Quintela, Vinhais	Palha	0,395	0,042	2,5
Feno	22	Quintela	Quintela, Vinhais	Feno 1	1,630	0,205	10,2
	23	Quintela	Quintela, Vinhais	Feno 2	1,680	0,205	10,5
Milho	24	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Fem (M-1, M-2, M-5, M-6, M-15)	1,550	0,200	9,7
	25	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Fem (M-4, M-8, M-9, M-10, M-13)	1,450	0,154	9,1
	26	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Fem (M-3, M-7, M-11, M-12, M-14)	1,470	0,173	9,2
	27	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (M-1, M-2, M-5, M-6, M-15)	2,400	0,160	15,0
	28	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (M-4, M-8, M-9, M-10, M-13)	1,890	0,141	11,8
	29	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (M-3, M-7, M-11, M-12, M-14)	1,902	0,151	11,9
	30	Quintela	Quintela, Vinhais	Caulas (M-1, M-2, M-5, M-6, M-15)	0,828	0,083	5,2
	31	Quintela	Quintela, Vinhais	Caulas (M-4, M-8, M-9, M-10, M-13)	0,630	0,061	3,9
	32	Quintela	Quintela, Vinhais	Caulas (M-3, M-7, M-11, M-12, M-14)	0,705	0,073	4,4
	33	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Masc. (M-1, M-2, M-5, M-6, M-15)	1,490	0,152	9,3
	34	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Masc. (M-4, M-8, M-9, M-10, M-13)	1,200	0,145	7,5
	35	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. Masc. (M-3, M-7, M-11, M-12, M-14)	1,170	0,107	7,3
Sorgo	36	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (S-1, S-4, S-11, S-12, S-14)	1,730	0,097	10,8
	37	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (S-2, S-5, S-7, S-8, S-9)	1,520	0,090	9,5

	38	Quintela	Quintela, Vinhais	Folhas (S-3, S-6, S-10, S-13, S-15)	1,780	0,080	11,1
	39	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. (S-11, S-14, S-12, S-4, S-1)	1,760	0,137	11,0
	40	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. (S-8, S-7, S-5, S-2, S-9)	1,860	0,181	11,6
	41	Quintela	Quintela, Vinhais	Influ. (S-6, S-10, S-13, S-3, S-15)	1,960	0,149	12,3
	42	Quintela	Quintela, Vinhais	Caules (S-1, S-4, S-11, S-12, S-14)	0,779	0,053	4,9
	43	Quintela	Quintela, Vinhais	Caules (S-2, S-5, S-7, S-8, S-9)	0,650	0,048	4,1
	44	Quintela	Quintela, Vinhais	Caules (S-3, S-6, S-10, S-13, S-15)	0,691	0,098	4,3
	45	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 1	3,050	0,482	19,1
Nabo	46	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 2	2,840	0,438	17,8
	47	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 3	2,980	0,391	18,6
	48	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 4	3,130	0,421	19,6
	49	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 5	2,960	0,342	18,5
	50	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 6	2,300	0,357	14,4
	51	Quintela	Quintela, Vinhais	Amostra 7	2,840	0,380	17,8

Anexo IV. Análise química da composição de estrumes

Identificação	Humidade %	Carbono C %	Conduti	pH	Azoto (N) %	Fósforo (P) %	Potássio (K) %	Sódio (Na)%	Cálcio (Ca) %
Curral	67,97	40,71	6,38 Ms	8,90	3,151	0,610	3,429	0,318	1,313
Cancela	22,58	29,84	3,2 Ms	9,34	2,591	0,515	1,952	0,158	0,979

Identificação	Magnésio (Mg) %	Boro (B) mg kg ⁻¹	Ferro (Fe) mg kg ⁻¹	Manganês (Mn) mg kg ⁻¹	Zinco (Zn) mg kg ⁻¹	Cobre (Cu) mg kg ⁻¹	Cádmio Cd mg kg ⁻¹	Crómio Cr mg kg ⁻¹	Chumbo Pb mg kg ⁻¹	Niquel Ni mg kg ⁻¹
Curral	0,796	66,61	2884,908	279,358	137,204	22,609	0,133	5,944	0,024	27,221
Cancela	0,856	40,13	17408,395	451,124	89,936	52,934	0,154	69,657	0,717	73,687

Anexo V. Mapas de pastoreio, milho e sorgo, em agosto/setembro de 2022

Agosto	Efetivo	Milharada	Sorgo	setembro	Efetivo	Milharada	Sorgo
1	t	✓		1	t	✓	✓
2	t	✓		2	t	✓	✓
3	t	✓		3	t	✓	✓
4	t	✓		4	t	✓	✓
5	t	✓		5	t	✓	✓
6	t	✓		6	t	✓	✓
7		-1 ✓		7	t		✓
8		-1 ✓		8	t		✓
9		-1 ✓		9	t		✓
10		-1 ✓	✓	10	t		✓
11		-1 ✓	✓	11	t		✓
12	t	✓	✓	12	t		✓
13	t	✓	✓	13	t		✓
14	t	✓	✓	14	t		✓
15	t	✓	✓	15	t		✓
16		-1 ✓	✓	16	t		✓
17		-1 ✓	✓	17	t		✓
18		-1 ✓	✓	18	t		✓
19		-1	✓	19	t		✓
20		-1	✓	20	t		✓
21		-1	✓	21	t		✓
22	t		✓	22	t		✓
23	t		✓	23	t		✓
24	t		✓	24	t		✓
25	t		✓	25		-1	✓
26	t		✓	26		-1	✓
27	t		✓	27		-1	✓
28	t		✓	28		-1	✓
29	t		✓	29		-1	✓
30	t		✓	30		-1	✓
31	t		✓				

Anexo VI. Mapa de pastoreio, agosto a dezembro de 2022

Setembro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4	setembro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4
1	t			✓	✓	1	t	✓	✓		
2	t			✓	✓	2	t	✓	✓		
3	t			✓	✓	3	t	✓	✓		
4	t			✓	✓	4	t	✓	✓		
5	t			✓	✓	5	t	✓	✓		
6	t			✓	✓	6	t	✓	✓		
7	-1			✓	✓	7	t	✓	✓		
8	-1			✓	✓	8	t	✓	✓		
9	-1			✓	✓	9	t	✓	✓		
10	-1			✓	✓	10	t	✓	✓		
11	-1			✓	✓	11	t	✓	✓		
12	t			✓	✓	12	t	✓	✓		
13	t			✓	✓	13	t	✓	✓		
14	t			✓	✓	14	t	✓	✓		
15	-1		✓			15	t	✓	✓		
16	-1		✓			16	t		✓	✓	✓ chuva
17	-1		✓			17	t		✓	✓	✓
18	-1		✓			18	t		✓	✓	✓
19	-1		✓			19	t		✓	✓	✓
20	-1		✓			20	t		✓	✓	✓
21	-1		✓			21	*-1		✓	✓	✓
22	t		✓			22	*-1		✓	✓	✓
23	t		✓			23	*-1		✓	✓	✓
24	t		✓			24	*-1		✓	✓	✓
25	t		✓			25	*-1		✓	✓	✓
26	t		✓			26	*-1		✓	✓	✓
27	t		✓			27	*-1		✓	✓	✓
28	t		✓			28	*-1		✓	✓	✓
29	t		✓			29	*-1		✓	✓	✓ chuva
30	t		✓			30	*-1		✓	✓	✓
31	t		✓								

Outubro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4	L5	T1(manhã)	T1(tarde)
1	-1		✓	✓	✓			
2	-1		✓	✓	✓			
3	-1		✓	✓	✓			
4	-1		✓	✓	✓			
5	-1		✓	✓	✓			
6	-1		✓	✓	✓			
7	-1	✓	✓					
8	-2	✓	✓					
9	-2	✓	✓					
10	-2	✓	✓					
11	-3	✓	✓					
12	-4	✓	✓					
13	-4	✓	✓					
14	-4	✓	✓					
15	-4	✓	✓					
16	-4	✓	✓					
17	-4	✓	✓					
18	-4	✓	✓					
19	-4	✓	✓					
20	-4	✓						✓
21	-4	✓						✓
22	-2	✓						✓
23	-2	✓						✓
24	-2	✓						✓
25	-2	✓						✓
26	-2	✓						✓
27	-2	✓						✓
28	-2	✓						✓
29	-2	✓						✓
30	-2	✓						✓
31	-2	✓						✓

Novembro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	T1(manhã)	T1(tarde)	Rigueira
1	-2		✓			✓		✓	
2	-2		✓			✓		✓	
3	-2		✓			✓		✓	
4	-2		✓			✓		✓	
5	-2		✓			✓		✓	
6	-2		✓			✓		✓	
7	-2		✓			✓		✓	
8	-2		✓					✓	
9	-2		✓					✓	
10	-2		✓					✓	
11	-2		✓						
12	-2		✓						
13	-2		✓						
14	-2		✓						
15	-2		✓						
16	-2	✓	✓	✓	✓				
17	-2	✓	✓	✓	✓				
18	-2	✓	✓	✓	✓				
19		✓	✓	✓	✓				
20		✓	✓	✓	✓				✓
21		✓	✓	✓	✓				✓
22		✓	✓	✓	✓				✓
23		✓	✓	✓	✓				✓
24		✓	✓	✓	✓				✓
25		✓	✓	✓	✓				✓
26		✓	✓	✓	✓				✓
27		✓	✓	✓	✓				
28		✓	✓	✓	✓				
29		✓	✓	✓	✓				
30		✓	✓	✓	✓				

Dezembro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	Soutos1	Soutos2	Pousio	Touças
1	t						✓		✓	
2	t							✓	✓	
3	t						✓		✓	
4	t							✓	✓	
5	t					✓	✓			✓
6	t					✓		✓		✓
7	t						✓			
8	t					✓				✓
9	t							✓		
10	** -1									
11							✓			
12										
13								✓		
14										
15							✓			
16		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
17		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
18		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
19		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
20	-5	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
21		✓	✓	✓	✓	✓				✓
22		✓	✓	✓	✓	✓				
23		✓	✓	✓	✓	✓				✓
24		✓	✓	✓	✓	✓				
25		✓	✓	✓	✓	✓				✓
26		✓	✓	✓	✓	✓				
27		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
28		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
29	-7	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
30		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
31		✓	✓	✓	✓	✓				✓

Anexo VII. Mapa de pastoreio, janeiro a julho de 2023

janeiro	Efetivo	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	fevereiro	Efetivo	Fonte	Rigueira	Pombal	Pontão	Nuno horta	Aveia/Centeio	Nuno terra	Regidouro	Cortinha
1	t	✓	✓	✓	✓	✓	1	t	M	T							
2	t	✓	✓	✓	✓	✓	2	t	M		T						
3	t	✓	✓	✓	✓	✓	3	t	M				T				
4	t	✓	✓	✓	✓	✓	4	t	M				T				
5	t	✓	✓	✓	✓	✓	5	t	M				T				
6	t	✓	✓	✓	✓	✓	6	t	M						T		
7	t	✓	✓	✓	✓	✓	7	t	M						T		
8	t	✓	✓	✓	✓	✓	8	t	M						T		
9	t	✓	✓	✓	✓	✓	9	t	M						T		
10	t	✓	✓	✓	✓	✓	10	t	M						T		
11	t	✓	✓	✓	✓	✓	11	t	M						T		
12	t	✓	✓	✓	✓	✓	12	t	M						T		
13	t	✓	✓	✓	✓	✓	13	t	M						T		
14	t	✓	✓	✓	✓	✓	14	t	M				T				
15	t	✓	✓	✓	✓	✓	15	t	M				T				
16	t	✓	✓	✓	✓	✓	16	t	M	T		T					
17	t	✓	✓	✓	✓	✓	17	t	M								
18	t	✓	✓	✓	✓	✓	18	t	M							T	

19	t	✓	✓	✓	✓	✓	19	t	M	T		
20	t	✓	✓	✓	✓	✓	20	-2	M	T		
21	t	✓	✓	✓	✓	✓	21	-2	M/Nabos	T		
22	t	✓	✓	✓	✓	✓	22		M	T		
23	t	✓	✓	✓	✓	✓	23		M	T		
24	t	✓	✓	✓	✓	✓	24	-4	M	T		
25		✓	✓	✓	✓	✓	25	-1	Manhã Neve	T		
26		✓	✓	✓	✓	✓	26	-2	M	T		
27		✓	✓	✓	✓	✓	27	3 nados mortos	M	T		
28		✓	✓	✓	✓	✓	28	-2	M	T		
29		✓	✓	✓	✓	✓						
30		✓	✓	✓	✓	✓						
31		✓	✓	✓	✓	✓						

março	Efetivo	Fonte	Rigueira	Pombal	Pontão	Terra M. Helena	Aveia/Centeio	Orlando	Regidouro	Marcelo	Quinta	Horta
1	-2	M				T			T			
2	-2	M						T				
3	-2	M								T		
4	-2	M						T				
5	-2	M				T			T			
6	-2	M	T	T							T	
7	-1	M						T				
8	-1	M		T							T	
9	-1	M		T							T	
10	-1	M						T				
11	-1	M								T		
12	-1	M				T			T			
13	-1	M				T			T			
14	-1	M						T		T		
15	-1	M								T		
16	-1	M								T		
17	-1	M		T							T	
18	-1	M		T							T	
19	-1	M						T		T		
20	t	M						T		T		

21	t	M	T					T	
22	t	M	T					T	
23	t	M	T					T	M
24	t	M				T		T	
25	t	M	T					T	M
26	t	M				T		T	
27	t	M	T					T	M
28		M	T						M
29		M	T					T	M
30		M	T					T	M
31		M	T					T	M

abril	Efetivo	Fonte 1	Fonte 2	Pombal	Marcelo	Terra M. Helena	Souto Marcelo	Orlando	Regidouro	Rigueira	Quinta	Horta	Covelo	Palheiras
1		M								T		M		
2		M								T		M		
3		M		T							T			
4		M		T							T			
5		M						T						
6		M				T			T					
7		M					T	T				M		
8		M		T			T	T				pernoite arlivre		
9		M		T						T	T	pernoite arlivre		
10		M		T							T	pernoite arlivre		
11	-1	M		T							T	pernoite arlivre		
12		M		T			T	T			T			
13	-2	M		T							T			
14	-3	M		T							T			
15	-3	M			T		T	T				pernoite arlivre		
16	-3	M		T							T	pernoite arlivre		
17	-2	M			T		T	T				pernoite arlivre		
18	t	M			T		T	T				pernoite arlivre		
19		M					T	T				pernoite arlivre		
20		M				T			T			pernoite arlivre		

21	sesta		M			M	pernoite arlivre		
22	sesta		M			M	pernoite arlivre		
23		T	M	M	T	M	pernoite arlivre	M	T
24	sesta		M/T			T	pernoite arlivre	M	
25	sesta		M/T			T		M/T	
26			M					M	
27	T			M	M				M
28	T								M
29	sesta		M					M	
30			T			T	pernoite arlivre	M	

maio	Efetivo	Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Terra M. Helena	Orlando	Alice	Regidouro	lombeiro
1	t	T				M		sesta	M	
2	t						T	sesta	M	
3	t	T				M	T	sesta	T	M
4	t	Feno	T			M	T	sesta		
5	t		T			M		sesta	M	
6	t		T					sesta	M	M
7	t		T			M		sesta	M	
8	t		T					sesta	M	
9	t		T					sesta		
10	t		T				M	sesta		
11	t		T					sesta		
12	t		T					sesta	M	M
13	t		T					sesta		
14	t		T				M	sesta		
15	t		T					sesta		
16	t		T					sesta		
17	t		T					sesta		
18	t		T					sesta		
19	t		T					sesta		
20	t		T					sesta		

21	t		T		sesta		
22	t		T		sesta		
23	t		T		sesta		
24	t		T		sesta		
25	t		T		sesta		
26	t		T		sesta	M	M
27	t		T		sesta		
28	t		T		sesta	M	M
29	t		T		sesta		
30	t		T		sesta		
31	t		T		sesta	M	M

maio	Quinta	Horta	Covelo	Palheiras	Bria	cancela	Milhara	Lombo	cruz
1		noite							
2		noite	M	T					
3		noite	M						
4			M						
5						noite			
6						noite			
7						noite			
8					M	noite			
9				M		noite	M		
10				M		noite			
11				M		noite	M		
12						noite			
13						noite	M		
14				M		noite			
15						noite		M	
16						noite		M	
17						noite		M	
18						noite		M	
19						noite		M	
20						noite		M	M

21			noite	M	M
22			noite	M	M
23			noite	M	M
24			noite	M	M
25			noite	M	M
26		M	Estábulo/trovoada		
27			Estábulo/trovoada	M	M
28		M	Estábulo/trovoada		
29			Estábulo/trovoada	M	M
30			Estábulo/trovoada	M	M
31		M	Estábulo/trovoada		

junho	Efetivo	Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Terra M. Helena	Orlando	Alice	Regidouro	Lombeiro
1	t		T					sesta		
2			T			M		sesta	M	
3			T					sesta		
4			T					sesta		
5			T			M		sesta	M	
6			T					sesta		
7			T				M	curral		
8			Temprstade			M		curral		
9			T					curral		
10			T					curral		
11			T					curral		
12			T					sesta		
13			T			M		sesta	M	
14	t		T			M		estábulo	M	
15			T					estábulo		
16			T					sesta		
17			T					sesta		
18			T			M		sesta		
19	t		T					sesta		M
20			T			M		curral	M	
21			T					sesta		
22			T			M		sesta	M	M
23			T					sesta		
24			T					sesta		

25			T			sesta	M
26			T			sesta	
27		Feno	T	Feno		sesta	
28			T			sesta	
29			T		M	sesa	M
30			T			estábulo	

junho	Quinta	Milhara	Covelo	Palheiras	Bria	Vinhas	Cruz	Lombo	Cancela	Quinta/touça
1							M	M	estábulo/trovoada	
2			M						estábulo/trovoada	
3							M	M	estábulo/trovoada	
4							M	M	estábulo/trovoada	
5			M						noite	
6			M						noite	
7		M		M					estábulo/trovoada	
8		M							estábulo/trovoada	
9							M	M	estábulo/trovoada	
10							M	M	noite	
11						M	M	M	noite	
12						M	M	M	estábulo/trovoada	
13			M						noite	
14			M						noite	
15							M	M	noite	
16						M	M	M	noite	
17						M	M	M	noite	
18			M						noite	
19					M				estábulo/chuva	
20									noite	
21						M	M	M	noite	
22			M						noite	
23						M	M	M	noite	
24						M	M	M	noite	

25		M				noite	T
26	Feno		M	M	M	noite	T
27						noite	M/T
28						noite	M/T
29		M				noite	
30						noite	M

julho	Efetivo	Fonte 1	Fonte 2	Fonte 3	Fonte 4	Terra M. Helena	Orlando	Alice	Regidouro	lombeiro
1	t		T					sesta		
2			T			M	M	sesta	M	
3			T					sesta		
4			T					sesta		
5			T					sesta		
6			T					sesta	M	
7			T					sesta		
8			T			M	M	sesta		M
9			T					sesta		
10	Vacina							sesta		
11			T					sesta		
12			T					sesta		
13			T					sesta		
14	t		T					sesta		
15			T				M	sesta		
16			T			M		sesta	M	
17			T					sesta		
18			T			M		sesta	M	
19	t		T					sesta		
20			T			M	M	sesta	M	
21			T				M	sesta		
22						M		sesta	M	M
23								sesta		
24								sesta	M	

25				M	sesta	M	M
26				M	sesta		M
27					sesta		
28					sesta		
29					sesta		
30					sesta		
31					sesta		

julho	Quinta	Milhara	Covelo	Palheiras	Vinhas	Foz	Cruz	Lombo	Cancela	Quinta/touça
1		M		M					noite	
2			M	M					noite	
3									noite	M
4									noite	
5									noite	M
6		M		M					noite	
7									noite	M
8			M						noite	
9	M								noite	M
10									noite	
11									noite	M
12									noite	M
13	M								noite	M
14									noite	
15		M							noite	
16			M						noite	
17	M								noite	M
18			M						noite	
19	M								noite	M
20			M						noite	

21		M		M					noite	
22	T		M						noite	
23	T								noite	M
24	T		M						noite	
25	T		M						noite	
26	T		M						noite	
27	T				M	M	M		noite	
28	T				M	M	M	M	noite	
29	T				M	M	M	M	noite	
30	T				M	M	M	M	noite	
31	T				M	M	M	M	noite	

Anexo VIII: Ovino com coleira GPS e mapa produzido.



Anexo IX. Ensaio realizado com 5 animais para determinar quantidades de estrume produzida em 12h e 24h.



