

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE FATORES CLIMÁTICOS
NOS PADRÕES DE MORTALIDADE EM EXPLORAÇÕES DE BOVINOS

JESSICA SÁBIO VICENTE

ORIENTADORA:
Doutora Yolanda Maria Vaz

TUTOR:
Mestre Telmo Renato Landeiro Raposo Pina
Nunes

2020

U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA



AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE FATORES CLIMÁTICOS
NOS PADRÕES DE MORTALIDADE EM EXPLORAÇÕES DE BOVINOS

JESSICA SÁBIO VICENTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

JÚRI

PRESIDENTE:

Doutora Maria Isabel Neto Cunha Fonseca

VOGAIS:

Doutora Yolanda Maria Vaz

Doutor José Ricardo Dias Bexiga

ORIENTADORA:

Doutora Yolanda Maria Vaz

TUTOR:

Mestre Telmo Renato Landeiro Raposo Pina
Nunes

2020

Anexo 3 – DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DA TESE OU DISSERTAÇÃO

Nome: Jessica Sabio Vicente

Título da Tese ou Dissertação: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE FATORES CLIMÁTICOS NOS PADRÕES DE MORTALIDADE EM EXPLORAÇÕES DE BOVINOS

Ano de conclusão (indicar o da data da realização das provas públicas): 2020

Designação do curso: Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Área científica em que melhor se enquadra (assinale uma):

- Clínica Produção Animal e Segurança Alimentar
 Morfologia e Função Sanidade Animal

Declaro sobre compromisso de honra que a tese ou dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Faculdade de Medicina Veterinária da ULISBOA.

Declaro que concedo à Faculdade de Medicina Veterinária e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha tese ou dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Faculdade de Medicina Veterinária a arquivar mais de uma cópia da tese ou dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter o documento entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Faculdade de Medicina Veterinária com o seguinte estatuto (assinale um):

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial;
- Disponibilização do conjunto do trabalho para acesso exclusivo na Faculdade de Medicina Veterinária durante o período de 6 meses, 12 meses, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso mundial*;

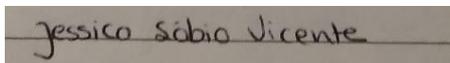
* Indique o motivo do embargo (OBRIGATÓRIO)

Nos exemplares das dissertações de mestrado ou teses de doutoramento entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito na Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa deve constar uma das seguintes declarações (incluir apenas uma das três):

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, 30 de outubro de 2020

Assinatura:



Agradecimentos

A Deus, por me guiar nesta jornada, pelo Seu amor incondicional e nunca me abandonar.

À professora Yolanda Vaz, por me ter aceitado como orientanda mesmo sem me conhecer bem, tendo sido apanhada a meio do processo. Ao seu profissionalismo, exigência e disponibilidade que levaram a que tivesse de exigir mais e mais de mim, de forma a obter melhores resultados.

Ao professor Telmo Nunes por ter sido luz, quando tudo estava escuro e incerto, por me ter acolhido enquanto estagiária e ter acreditado em mim, mesmo sabendo o risco que corria ao assumir a responsabilidade por alguém que “não gosta nem percebe nada de computadores”. Pelas oportunidades que me proporcionou e desafios que lançou, que me permitiram adquirir competências, mas também desenvolver a minha autonomia. Pela pessoa extraordinária que é, pelas horas de conversas sobre o meu futuro e pelo seu grande coração, que não o deixa deixar ninguém por ajudar.

Às minhas colegas de turma mais próximas, por me terem acompanhado nesta jornada e nos termos apoiado mutuamente de forma a aguentar o barco. Aos meus colegas de estágio, pois sem eles não teria sido possível progredir nem evoluir da forma que evoluí, no decorrer do estágio. Pelo seu companheirismo e espírito de entreajuda.

Aos meus pais, pelo esforço financeiro de me manter a estudar em Lisboa, pelos valores com que me educaram e me darem o privilégio de viver no campo. À família, pela compreensão nos momentos de ausência em datas importantes e às toneladas de comida que estavam sempre preocupados a preparar, para que nada me faltasse.

À minha irmã, por ser a minha inspiração e por me motivar a trabalhar para chegar mais longe e ser melhor todos os dias. Por me apoiar, ouvir e ser a minha companheira de aventuras que ficam para recordar.

A todos os amigos mais próximos por me ouvirem, motivarem, pela amizade e por acreditarem em mim.

A todos os que abriram as portas das suas explorações para me dar a conhecer a realidade de campo do ponto de vista do produtor, nomeadamente a Agrojetas, assim como a todos os veterinários que me permitiram acompanhá-los, nomeadamente ao Dr. Pedro Carreira, ao Dr. Hugo Caldeira e ao Dr. Miguel Seta de Carvalho.

Resumo

Os bovinos são animais homeotérmicos e como tal têm uma Zona de Conforto Térmico. Fora desta sofrem stress térmico para manter a sua temperatura corporal. Este é observado em consequência de eventos climáticos extremos e tem efeitos negativos a nível produtivo, reprodutivo, metabólico e, no pior dos cenários, culmina na morte dos animais.

O conhecimento da zona de conforto térmico dos bovinos e efeitos da temperatura são de interesse primário, pois permitem aplicar medidas preventivas adaptadas ao ambiente local e ajustar as condições de produção dos bovinos. Além disso, é importante perceber de que forma é que o stress térmico influencia a taxa de mortalidade e em que proporção.

Neste estudo fez-se uma caracterização da variação da taxa de mortalidade ao longo do ano para as 7 regiões em que o país foi dividido, analisando-se dados relativos a um período de 4 anos (2015-08-15 a 2019-08-15). Avaliou-se e quantificou-se também a relação do THI (Índice de Temperatura-Humidade) com o Risco Relativo, ou seja, a relação exposição-resposta tendo em conta os desfasamentos temporais, através de Modelos Não Lineares com Desfasamento Distribuído (DLNM). Para tal consideram-se todas as explorações bovinas presentes em Portugal continental, que no período em estudo, tinham informação relativa à sua localização e que apresentavam continuidade de registos no Sistema Integrado de Recolha de Cadáveres de Animais (SIRCA), assim como os bovinos nelas presentes. Os registos das mortes foram obtidos da base de dados do SIRCA e os dados climáticos das estações meteorológicas localizadas em Portugal continental.

Verificou-se que a taxa de mortalidade apresenta sazonalidade ao longo do ano, sendo que a faixa etária dos animais entre 1 e 60 dias é a que apresenta valores mais elevados. Valores de THI a partir de 75 e abaixo de 45, têm efeitos imediatos e desfasados no tempo (até 25 dias), com risco de morrer de 1,2 a 3 vezes mais, respetivamente.

Palavras Chave: Stress térmico; Taxa de mortalidade; DLNM; Índice Temperatura-Humidade; Bem-Estar animal; Bovinos

Abstract

Cattle are homeothermal animals and as such they have a thermal comfort zone. Beyond this, they experience thermic stress to maintain their body temperature. Thermic stress is observed in association with extreme weather events. It has negative effects, by affecting production, reproduction, metabolism and, in worse case, it ends with death.

The knowledge of cattle comfort zones and temperature effects are of primary interest, as they allow the application of preventive measures adapted to the local environment and adjust the production conditions of the cattle. Furthermore, it is important to understand in which way is thermic stress affecting mortality rate and in what proportion.

Thus, in this study, we characterized the variation of mortality rate through the year, in 7 regions that the country was divided, by analysing data for a period of 4 years (2015-08-15 a 2019-08-15). We described and quantified the relationship between THI (temperature-humidity index) with relative risk, in other words, the exposure-response relationship, considering delayed effects, through distributed lag non-linear models (DLNM). For this purpose, all bovine holdings present in mainland Portugal during the study period are considered to have information regarding their location and which had continuity of records in the Integrated Animal Corps Collection System (SIRCA), and the cattle present in them. The death records were obtained from the SIRCA database and the climatic data from the weather stations.

It was found that the mortality rate presents seasonality throughout the year, with the age group of animals between 1 and 60 days being the one with the highest values. THI values from 75 and below 45, have immediate and lagged effects (up to 25 days), with a risk of dying 1.2 to 3 times more, respectively.

Key-words: Thermic Stress; Mortality Rate; DLNM; Temperature-Humidity Index; Welfare; Cattle

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Equações.....	ix
<i>Relatório de Estágio</i>	1
1. Introdução	3
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1 Contexto atual das Alterações Climáticas	3
2.2 Stress Térmico	5
2.3 Respostas dos animais a temperaturas extremas	6
2.3.1 Termorregulação.....	6
2.3.2 Adaptação e resiliência climática	7
2.4 Consequências do stress térmico.....	8
2.4.1 Fisiologia.....	9
2.4.2 Produção leiteira	9
2.4.3 Eficiência alimentar	10
2.4.4 Composição do leite produzido	11
2.4.5 Saúde do Úbere.....	11
2.4.6 Crescimento e Imunidade da descendência.....	11
2.4.7 Reprodução e Fertilidade	12
2.5 Severidade do Stress Térmico	13
2.6 Medidas de Maneio face a temperaturas extremas	14
2.6.1 Bem-estar animal	14
2.6.2 Proteção física	15
2.7 Efeitos de Stress Térmico não compensado	16
2.7.1 Morbilidade	16
2.7.2 Mortalidade	17
2.8 Métodos de Gestão de Cadáveres de animais mortos nas explorações pecuárias	19
3. Objetivo	22
4. Material e métodos	22
4.1 Dados	22
4.2 População em Risco e cálculo da Mortalidade	25
4.3 Análise Estatística.....	26

5. Resultados	28
5.1 Análise descritiva da população e explorações	28
5.1.1 Caracterização da População	28
5.1.2 Avaliação da distribuição das mortes	32
5.2 Caracterização da mortalidade.....	37
5.3 Avaliação do Efeito do THI na Taxa de Mortalidade	45
6. Discussão	55
7. Conclusão	60
8. Referências bibliográficas	62
9. Anexos	68
Anexo I - Número de mortes por dia da semana	68
Anexo II - Temperaturas das estações meteorológicas	68
Anexo III - Taxa de mortalidade (média, máxima e mínima) das diferentes regiões ao longo dos meses do ano	69
Anexo IV - Nascimentos em Monte Real (previstos pelo modelo e registados)	73
Anexo V - Nascimentos na cidade de Coimbra (previstos pelo modelo e registados)....	73
Anexo VI - Nascimentos na Região de Coimbra (Coimbra e Monte Real, previstos pelo modelo e registados).....	73
Anexo VII - Nascimentos em Sintra (previstos pelo modelo e registados	74
Anexo IX - Nascimentos em Lisboa e Montijo (previstos pelo modelo e registados).....	74
Anexo X - Nascimentos da Região de Alverca (Sintra, Montijo, Lisboa e Alverca, previstos pelo modelo e registados)	75
Anexo XI - Nascimentos na Região de Sines (Sines e Sagres, previstos pelo modelo e registados)	75
Anexo XIII - Nascimentos na Região do Porto (previstos pelo modelo e registados).....	76
Anexo XIV - Nascimentos na Região de Viseu (previstos pelo modelo e registados)	76
Anexo XV - Nascimentos na Região de Portalegre (previstos pelo modelo e registados)	76

Lista de Figuras

Figura 1. Processo de seleção das explorações.....	23
Figura 2. Mapa de Portugal divididos pelas 15 zonas abrangidas pelas 15 estações meteorológicas.....	24
Figura 3. Mapa de Portugal dividido pelas 7 zonas abrangidas pelas estações meteorológicas.....	24
Figura 4. Temperatura média anual.....	25
Figura 5. Precipitação acumulada anual.....	25
Figura 6. Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Koppen.....	26
Figura 7. Distribuição do efetivo bovino por sexo	29
Figura 8. Distribuição dos animais registados por tipo de raça	29
Figura 9. Distribuição das explorações pelo tipo de produção em Portugal Continental	29
Figura 10. Distribuição das explorações por tipo de aptidão.....	30
Figura 11. Mapa das explorações por regime de produção	31
Figura 12. Distribuição do número de explorações ao longo de Portugal continental	31
Figura 13. Distribuição das mortes ao longo dos meses em cada ano (2015-2019)	32
Figura 14. Evolução do número de mortes por Sistema de Produção ao longo dos meses do período em estudo	33
Figura 15. Evolução das mortes ao longo dos meses do ano, em função da aptidão da exploração.....	34
Figura 16. Animais recolhidos por grupo etário	35
Figura 17. Evolução do número de mortes por grupo etário ao longo dos meses do ano durante o período em estudo	36
Figura 18. Taxa de mortalidade Portugal continental.....	37
Figura 19. Taxa de Mortalidade do Porto	38
Figura 20. Taxas de mortalidade de Viseu	39
Figura 21. Taxa de mortalidade Coimbra	40
Figura 22. Taxa de mortalidade Alverca	41
Figura 23. Taxa de mortalidade de Beja.....	42
Figura 24. Taxa de mortalidade Portalegre.....	43
Figura 25. Taxa de Mortalidade Sines	44
Figura 26. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Porto 1-60 dias).....	45
Figura 27. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Porto 61-120 dias).....	45
Figura 28. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Porto 120-180 dias).....	45
Figura 29. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Porto 180 dias – 18meses)....	45
Figura 30. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Porto >18meses).....	46

Figura 31. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Viseu 1-60 dias)	46
Figura 32. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Viseu 61-120 dias)	46
Figura 33. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Viseu 120-180 dias)	47
Figura 34. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Viseu 180 dias - 8 meses)	47
Figura 35. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Coimbra 1-60 dias).....	47
Figura 36. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Coimbra 61-120 dias).....	47
Figura 37. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Coimbra 120-180 dias).....	48
Figura 38. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Coimbra >18meses).....	48
Figura 39. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 1-60 dias)	48
Figura 40. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 61-120 dias)	48
Figura 41. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 120-180 dias)	49
Figura 42. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 180 dias-18 meses) .	49
Figura 43. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 1-60 dias)	49
Figura 44. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Alverca 61-120 dias)	49
Figura 45. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Portalegre 120-180 dias)	50
Figura 46. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Portalegre >18meses)	50
Figura 47. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Beja 1-60 dias)	50
Figura 48. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Beja 61-120 dias)	50
Figura 49. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Beja 120-180 dias)	51
Figura 50. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Beja 180 dias - 18 meses)	51
Figura 51. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Beja >18meses)	51
Figura 52. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Sines 1-60 dias)	52
Figura 53. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Sines 61-120 dias)	52
Figura 54. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (120-180 dias)	52
Figura 55. Relação THI com o RR e desfasamento temporal (Sines 180 dias - 18 meses) ..	52

Lista de Tabelas

Tabela 1. Limites do Índice Temperatura-Humidade	13
Tabela 2. Número de animais por faixa etária	34
Tabela 3. Número de ocorrências por estação meteorológica, durante o período em estudo e número de explorações atribuídas a cada estação meteorológica	36
Tabela 4. Risco Relativo (RR) associado à mortalidade (estatisticamente significativo) de acordo com o Índice de Temperatura – Humidade (THI \geq 65), ao longo dos dias	53
Tabela 5. Risco Relativo (RR) associado à mortalidade (estatisticamente significativo) de acordo com o Índice de Temperatura – Humidade (THI $<$ 65), ao longo dos dias	54

Lista de Equações

Equação 1. População em Risco.....	25
Equação 2. Taxa de Mortalidade real.....	26
Equação 3. Índice Temperatura-Humidade	27
Equação 4. Modelo de avaliação Mortalidade e THI.....	28

Lista de Abreviaturas

FMV – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa

DGAV – Direção Geral de Alimentação e Veterinária

SIRCA – Sistema Integrado de Recolha de Cadáveres de Animais

SNIRA – Sistema Nacional de Identificação e Registo Animal

SISS – Sistema Informativo da Sanidade dos Suínos

THI – Índice de Temperatura-Humidade

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

EEB – Encefalopatia Espongiforme Bovina Transmissível

DLNM – Modelos Não Lineares com Desfasamento Distribuído

CRAN – Rede de arquivos de pacotes de linguagem de programação R

EUA – Estados Unidos da América

NCEI – Centro Nacional de Informação Ambiental dos EUA

Relatório de Estágio

Este trabalho foi realizado durante o 6º ano do Mestrado Integrado de Medicina Veterinária, sob supervisão do Professor Telmo Nunes e Professora Yolanda Vaz.

O estágio curricular teve início dia 2 de setembro de 2019 na Faculdade de Medicina Veterinária (FMV-ULisboa), na unidade de epidemiologia. Este iniciou-se com o tema “Avaliação de fatores climáticos nos padrões de mortalidade de suínos em Portugal”, o qual foi apresentado em outubro à DGAV (Direção Geral de Alimentação e Veterinária), para fundamentar a solicitação dos dados para o mesmo.

Após a introdução, deu-se início à análise dos dados do SNIRA - relativos a existências de suínos – e do SIRCA - relativos aos animais mortos recolhidos das explorações. Esses foram os dados que permitiram a aquisição de competências relativamente à análise de dados com os programas R e RStudio, para a elaboração de gráficos e mapas, caracterização e evolução populacionais, produção de séries temporais e correlações. Trabalhou-se com os programas Microsoft Office Excel e Microsoft Office Access. Durante o processo, foram aprofundados os conhecimentos de estatística, nomeadamente, a nível de modelos lineares mistos, distribuição de Poisson, funções logarítmicas, taxas de mortalidade, correlações (de Pearson, de Spearman, de Kendal, Logística e Linear) e correlações cruzadas. Mensalmente foram realizadas apresentações para os colegas de forma a mostrar a evolução nos conhecimentos adquiridos e desenvolver uma discussão crítica construtiva, com troca de ideias. A autora participou semanalmente em webinars com ex-alunos da FMV sobre os trabalhos por eles realizados e seus percursos académico e profissional. Além disso, houve também a oportunidade de participação na etapa final de testagem da plataforma SISS (Sistema Informativo da Sanidade dos Suínos).

A participação no IX Congresso da Sociedade Científica de Suinicultura foi importante. Foi realizado o acompanhamento, durante os fins de semana, do Dr. Pedro Carreira na prática clínica de campo, quer a nível de explorações pecuárias de ruminantes e suínos (sanidade, diagnósticos de gestação, diagnóstico de surtos em explorações e instituição de tratamento das mesmas), quer a nível de animais de companhia (clínica e cirurgia).

Posteriormente, após alterar o tema da dissertação para “Avaliação dos fatores climáticos nos padrões de mortalidade nas explorações de bovinos em Portugal”, deu-se início à análise dos dados, com uma abordagem semelhante à que tinha sido efetuada nos suínos, mas para os bovinos. Fruto desta análise, foi possível a participação como oradora na Sessão de Divulgação do Relatório de Biossegurança em Explorações Leiteiras entre Douro e Minho -1ª

Fase, no dia 24 de fevereiro de 2020, na Póvoa de Varzim, no espaço AGROS, onde houve oportunidade de apresentar a veterinários e produtores os dados referentes àquela região sobre taxa de mortalidade nas várias faixas etárias e apresentar-lhes de que forma é que a temperatura tinha impacto nas mesmas.

O estágio foi concluído a 9 de março de 2020, perfazendo um total de 1000 horas, terminando com a elaboração da presente dissertação cujo tema é “Avaliação dos impactos de fatores climáticos nos padrões de mortalidade em explorações bovinas em Portugal”.

1. Introdução

O clima influencia a saúde e bem-estar de todos os seres vivos. No entanto, a relação entre os fatores climáticos, como temperatura e humidade, e a saúde e bem-estar estão bem estudadas na população humana, ao passo que, em Portugal, este tema nos animais não está desenvolvido. Com o aumento da exigência a nível de bem-estar animal, assume-se como urgente perceber de que forma os animais, neste caso, os bovinos, são afetados, de forma a que se possa perceber se de facto existe um problema e, em caso afirmativo, como o prevenir.

Desta forma, nesta dissertação começar-se-á por fazer uma breve introdução às alterações climáticas, explicar quais as consequências do stress térmico, explorar causas de mortalidade em bovinos e de que forma é que se procede ao tratamento e recolha de cadáveres. De seguida, segue-se uma apresentação do processo de elaboração do trabalho de investigação, respetivos resultados e apreciação dos mesmos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Contexto atual das Alterações Climáticas

As alterações climáticas são a maior ameaça ambiental do século XXI. O impacto das atividades antropogénicas, como a queima de combustíveis fósseis, a desflorestação, a industrialização e a expansão da atividade agropecuária, no clima e temperatura da Terra é cada vez maior. As enormes quantidades de gases com efeito de estufa, especialmente, dióxido de carbono, metano e óxido nítrico, provenientes destas atividades, juntam-se às naturalmente presentes na atmosfera, causando um desequilíbrio na circulação destes gases, visto que a taxa de produção é muito maior que a taxa de captação (Bett et al., 2017), reforçando assim o aquecimento global. Assim, com esta intensificação nas alterações climáticas, acentuam-se as consequências a elas inerentes, tanto a nível social, económico, mas também ambiental, com maior variação da pluviosidade, imprevisibilidade das estações do ano e aumento da temperatura média da Terra e da superfície dos mares e oceanos.

De acordo com as previsões (Stocker et al., 2013), espera-se que as temperaturas globais aumentem 1,4-3,0 °C até ao final deste século e 5,0 °C em determinadas áreas temperadas do planeta. Espera-se que a temperatura média aumente 2 °C ou mais nos próximos anos, que exista um aumento da intensidade e frequência das ondas de calor (Galán et al., 2018), assim como a duração, e distribuição espacial de eventos climáticos extremos (Hill & Wall, 2017).

A Onda de Calor (ou de Frio) define-se por uma variável contínua indicando o número de dias sucessivos com temperatura acima (ou abaixo) dos limites estipulados. São normalmente definidas por dois parâmetros: a temperatura que caracteriza a intensidade do calor (ou do frio) e a duração, que é o número de dias consecutivos com temperatura acima (ou abaixo) do limite (Morignat et al., 2018). O limite define-se pela temperatura máxima (ou mínima) diária superior (ou inferior) em 5 °C ao valor médio diário registado num período de 30 anos, para o período e local correspondente (IPMA, 2013).

Uma leve onda de calor no início de estação pode ser considerada perigosa, enquanto que uma forte onda de calor, no final da estação, pode ser menos perigosa, devido ao processo de aclimatização (Nienaber & Hahn, 2007).

Assim, enquanto se espera que a exigência para com os produtos animais aumente 100% até meados do século XXI (Garnett, 2009), prevê-se que a produção pecuária seja afetada pelo aumento da competição pelos recursos naturais (terra e água), pela disponibilidade de alimentos para animais e variações na sua qualidade, por doenças associadas a alterações climáticas, em especial as transmitidas por vetores, pelo stress térmico sofrido pelos animais e ainda pela perda de biodiversidade (Rojas-Downing, Nejadhashemi, Harrigan & Woznicki, 2017). Estes aspetos terão um impacto financeiro em toda a produção pecuária, com particular relevo para a indústria leiteira, onde se estima que o impacto seja mesmo superior ao que presentemente decorre das mastites e de outras perdas (Rhoads et al., 2009).

Deste modo, surge a questão de como se pode adaptar os sistemas de produção animal, de forma a dar resposta aos desafios climatéricos atuais e futuros, pelo que uma gestão proativa pode reduzir ou eliminar as perdas resultantes de desafios térmicos (Nienaber & Hahn, 2007) por exemplo, pode trabalhar-se no sentido de reduzir a vulnerabilidade dos animais ao stress térmico, com sistemas de arrefecimento *indoor*, provisão de sombra nos pastos e a proibição de transportes durante os períodos quentes do dia (Morignat et al., 2014). A criação voltada para uma maior resiliência dos bovinos a alterações climáticas é uma importante componente de adaptação e pode também reduzir as emissões de gases de efeitos de estufa, no entanto, é necessário encontrar um equilíbrio uma vez que a resiliência a altas temperaturas e produtividade se relacionam de forma inversa (Özkan et al., 2016). Também a estabulação dos animais como forma de controlar os fatores ambientais, pode ser uma opção de forma a melhorar o seu bem estar, no entanto, devido à concentração de dióxido de carbono (exalado durante a respiração e pelo chorume húmido), exige-se uma boa ventilação, o que acarreta um grande investimento inicial, tanto em climas quentes como em frios (Nienaber & Hahn, 2007).

2.2 Stress Térmico

Os bovinos são animais homeotérmicos, como tal têm a sua zona de conforto térmico, que lhes proporciona um bom estado de saúde e performance (Chase, 2014). A zona de conforto térmico é aquela onde a temperatura normal é mantida, a energia gasta é mínima e a produção de calor é independente da temperatura ambiental. A temperatura crítica máxima é o ponto em que o stress térmico começa a afetar o animal (Roland, Drillich, Klein-Jöbstl & Iwersen, 2016). Se a temperatura ambiente cai abaixo da temperatura crítica, a taxa de produção de calor metabólico aumenta, para manter o balanço térmico. Se, por outro lado, a temperatura ambiente excede a temperatura crítica máxima, o calor perdido é dissipado por evaporação. Se a tensão térmica no animal é muito alta, a temperatura corporal continua a subir (ou a descer), e apesar da ativação dos mecanismos de termorregulação, ocorre hipertermia (ou hipotermia) (Silanikove, 2000).

Os animais têm vários mecanismos para dissipar calor, a fim de manter a temperatura corporal dentro dos limites que garantem o estado de saúde. São eles a condução, a convecção, a radiação e a evaporação. No entanto, o principal mecanismo de trocas de calor é por evaporação, tendo pouca capacidade para controlar as perdas de calor sensíveis (condução, convecção e radiação) (Nienaber & Hahn, 2007; Chase, 2014; Silanikove, 2000) e as suas limitações devem-se à sua baixa relação área corporal – peso (o que limita a extensão da pele), ao subdesenvolvimento das glândulas sudoríparas e ao pelo curto e denso (Liu, Li, Chen, Lu & Wang, 2019). Todos estes fatores contribuem para dificultar as perdas de calor, agravando situações de stress térmico, especialmente quando acompanhado de grande humidade ambiental.

A temperatura ambiental recomendada deve estar compreendida entre os 4-21 °C para vacas leiteiras e 4-26 °C para vacas de carne, tendo em conta que as questões relacionadas com a nutrição, manejo e estabulação, por exemplo, podem alterar a escala aceitável de temperaturas (Morignat et al., 2015). No entanto, o leque de temperaturas entre as quais a mortalidade é mínima é entre os 15-20 °C para ambos os tipos de produção (Morignat et al., 2018). Assim, dentro deste intervalo de temperaturas, o conforto térmico animal é ótimo, com uma temperatura corporal entre os 38-39 °C nas vacas adultas (Liu et al., 2019). Acima de 25 °C, ou mesmo 20 °C para alguns autores, a vaca sofre de stress térmico, afetando o estado de saúde e performance de produção (Belhadj Slimen et al., 2016).

Stress térmico pode ser definido como a mudança na temperatura ambiente que causa alterações na temperatura corporal e não é compensada por mecanismos de termorregulação. É observado em associação com temperaturas extremas e grandes variações de temperatura, dependendo também de outros fatores como a humidade relativa

e a velocidade do vento, por exemplo (Roland et al., 2016). No caso do stress térmico por calor, o animal tem dificuldade em dissipar o excesso de calor (Habeeb et al. 2018) de forma a manter o balanço térmico corporal (Chase, 2014), perante condições ambientais acima das consideradas ideais para a espécie em questão (Gantner, Mijić, Kuterovac, Solić & Gantner, 2011; Liu et al., 2019), a fim de evitar disfunções fisiológicas (Kadzere, Murphy, Silanikove & Maltz, 2002).

A severidade do stress térmico experienciado por cada animal depende de vários fatores, como: a espécie animal e respetivo estado fisiológico (Belhadj Slimen et al., 2016), a temperatura do ar e a humidade, a duração do período de exposição, a amplitude térmica dia-noite, a ventilação e circulação de ar, o tamanho do bovino, o nível de produção e de ingestão de matéria seca anterior, o tipo de estabulação, a densidade animal, a raça, a cor da pelagem (pelagens de cor mais clara absorvem menos radiação solar) e o comprimento do pelo (Chase, 2014; Roland et al., 2016). Além disso, existe evidência que sugere que esta severidade depende largamente da flutuação da temperatura ambiente (Silanikove, 2000).

2.3 Respostas dos animais a temperaturas extremas

O aumento da temperatura projetada nos próximos anos, devido às alterações climáticas, tem incrementado o interesse no estudo dos efeitos do stress térmico (Galán et al., 2018).

2.3.1 Termorregulação

Como já referido, os bovinos mantêm a sua temperatura quase constante, independentemente das temperaturas ambientais a que são expostos, gerando calor metabólico (e da atividade muscular) e trocando continuamente calor com o ambiente, pelo que esta capacidade é designada de termorregulação. A taxa de trocas de calor depende do ambiente climático e dos mecanismos de termorregulação do animal (Roland et al., 2016). Estes envolvem mecanismos fisiológicos, morfológicos e comportamentais (Collier, Renquist & Xiao, 2017). A influência das variáveis ambientais do dia anterior, nos parâmetros fisiológicos e ingestão de matéria seca, é mais importante do que o efeito imediato, sendo a temperatura ambiente o fator mais determinante na troca de calor (de Andrade Ferrazza et al., 2017).

A exposição contínua a stress térmico intenso influencia os mecanismos de termorregulação, levando a um aumento marcado na frequência respiratória (>70-80/min), seguido por um aumento da temperatura retal (>39,2 °C) (de Andrade Ferrazza et al., 2017). Outras respostas de adaptação fisiológica incluem alterações no metabolismo e funções endócrinas. Verifica-se a diminuição da ingestão de matéria seca 10-20% (dependendo da exposição ao stress

térmico) (Chase, 2014), a fim de reduzir a produção de calor e a temperatura corporal e a induzir alterações metabólicas, como a redistribuição da circulação sanguínea (reduzindo a captação de nutrientes), redirecionando a energia para a termorregulação (Kadzere et al., 2002; Rhoads et al., 2009; Collier et al., 2017; de Andrade Ferrazza et al., 2017; Pragna et al., 2017).

Os vitelos nascem com os mecanismos de termorregulação funcionais, sendo estes semelhantes aos dos bovinos adultos. No entanto, os vitelos provenientes de partos distócicos são mais suscetíveis ao stress térmico por frio, uma vez que os mecanismos que geram calor estão normalmente prejudicados: além da reduzida atividade, a vasoconstrição e a contração muscular (tremor) estão inibidos, resultando numa menor tolerância ao frio (Roland et al., 2016). Contudo, também outros grupos etários ficam em risco quando expostos por um período prolongado a condições de temperaturas muito baixas (Morignat et al., 2018). No caso dos bovinos de carne com pesos elevados, elevada espessura de pele, e cores escuras apresentam uma maior vulnerabilidade ao calor (Nardone, Ronchi, Lacetera, Ranieri & Bernabucci, 2010).

2.3.2 Adaptação e resiliência climática

De acordo com estudos anteriores, as respostas fisiológicas das vacas a altas temperaturas podem ser consideradas um processo de adaptação (Kadzere et al., 2002). Adaptação é um termo muito geral que descreve a capacidade do animal de lidar com restrições ambientais. Esta tem 2 dimensões: adaptação fisiológica ou aclimatização e adaptação genética.

A aclimatização implica modificações nos processos fisiológicos que são independentes das alterações na expressão dos genes de forma a manter a homeostase (Amamou, Beckers, Mahouachi & Hammami, 2019). Incluem alterações no fenótipo e ainda respostas endócrinas, metabólicas e celulares (Roland et al., 2016), pelas quais os animais se ajustam à exposição a vários *stressores* ambientais.

A adaptação genética ocorre quando a aclimatização é prolongada, traduzindo-se em alterações no material genético animal, exigindo a passagem de dezenas a centenas de anos (Amamou et al., 2019; Roland et al., 2016).

Para avaliar o stress térmico, os indicadores fisiológicos mais comumente utilizados são a temperatura retal, a frequência respiratória e a ingestão de matéria seca, enquanto que o comportamento mais frequentemente utilizado é o tempo passado em pé, deitado e a alimentar-se (Galán et al., 2018).

De uma forma geral, a frequência respiratória serve como um indicador precoce de alerta de aumento do stress térmico (Nienaber & Hahn, 2007). Aquela aumenta com o aumento do THI

(Índice Temperatura-Humidade), sendo que quando é maior que 60 respirações por minuto é considerada como indicador de stress térmico por calor em vacas leiteiras (Collier et al., 2017). O THI é um valor que representa a relação dos efeitos da temperatura do ar e da humidade associados com o nível de stress térmico (Schüller et al., 2013; Habeeb et al., 2018; Pinto et al., 2020). É uma medida para o conforto animal, tendo sido desenvolvido como um índice de segurança climático, para controlar e diminuir as perdas relacionadas com estes períodos (Liu et al., 2019).

A taxa de sudação tem o seu próprio padrão cíclico e não aumenta linearmente com o aumento do THI, mas é maior em condições quentes e secas, do que em condições quentes e húmidas (Galán et al., 2018).

A diminuição da ingestão diária de matéria seca, por exemplo, pode ser detetada dentro de dois dias depois do início do stress térmico por calor (West, 2003). Segundo Amamou et al. (2019) esta só começa a ser significativa quando a frequência respiratória e a temperatura retal excedem 60 respirações por minuto e 38,5 °C, respetivamente.

As vacas alteram a sua atividade diária em função da duração da carga de calor. Heinicke et al. (2018) verificaram que as vacas diminuíram o tempo que estavam deitadas em função do aumento da carga de calor, com uma média diária de THI 57-67, sendo esta diminuição mais acentuada a partir de cada unidade de aumento acima de THI 67. As vacas de alta produção leiteira reagiram com uma maior diminuição do tempo deitadas e, conseqüente, aumento do tempo em pé, em comparação com as vacas de média e baixa produção leiteiras. Este comportamento é explicado pelo facto de estando em pé, as vacas conseguirem expor maior superfície corporal à convecção e, portanto, perder mais calor que uma vaca deitada (Galán et al., 2018). No entanto, o tempo em pé não aumenta linearmente com o THI devido, provavelmente, ao cansaço causado pelo tempo acumulado em pé.

A resiliência climática ou aclimatação é o processo que se traduz na capacidade de um animal recuperar as suas funções biológicas normais após a exposição a condições adversas (stress térmico) (Rashamal & Seijan, 2018).

2.4 Consequências do stress térmico

O stress térmico é uma causa para o aumento significativo nos custos de produção, afetando a lactação, crescimento e reprodução, mas o impacto mais severo verifica-se na indústria leiteira (Rhoads et al., 2009; Gantner et al., 2011; Chase, 2014; Pragna et al., 2017).

As respostas dos animais variam de acordo com o desafio térmico. Se for de curta duração, as respostas adaptativas iniciais a estes eventos agudos são em termos comportamentais,

psicológicos e imunológicos (orientadas para a sobrevivência). No entanto, se for de longa duração, as respostas adaptativas surgem a nível da performance (ex.: alteração da ingestão diária). Nem todos os mecanismos de adaptação são mobilizados ao mesmo tempo; para os ativar totalmente são necessários 3-4 dias após o início do desafio climático (Nienaber & Hahn, 2007).

2.4.1 Fisiologia

Consequência da ativação dos mecanismos de termorregulação, perante uma situação de stress térmico por calor, o animal experiencia diversas alterações, nomeadamente: aumento da energia de manutenção em 20-30% (devido à ativação de mecanismos para dissipar calor, diminuindo a energia disponível para funções produtivas), vasodilatação periférica (diminuindo o sangue que flui para o centro do corpo e diminuindo a captação de nutrientes, devido a alteração metabólica), alteração do balanço ácido-base (perda de sódio e potássio, podendo resultar em alcalose metabólica), diminuição na eficiência de utilização de nutrientes, diminuição da produção leiteira 10 a >20% (transitória ou prolongada dependendo da severidade do stress térmico) e diminuição da performance reprodutiva (Gantner et al., 2011; Chase, 2014).

As vacas num clima quente e húmido mostram uma diminuição da ingestão de matéria seca e da produção leiteira, devido a uma exposição contínua (West, 2003). Uma diminuição na ingestão é acompanhada por refeições de curta duração e mais frequentes por dia nas vacas da alta produção ou em gestação avançada, enquanto que diminui naquelas que estão em baixa produção e pós-parto, durante o período de stress térmico por calor (Galán et al., 2018).

Em condições de frio extremo, o aumento da ingestão de matéria seca não coincide com o aumento da produção de calor, resultando na diminuição de performance. Assim, por oposição, o stress por frio conduz a um aumento da ingestão, com maior quantidade de energia na alimentação dirigida para a produção de calor (Roland et al., 2016).

2.4.2 Produção leiteira

O stress térmico diminui a quantidade de leite durante, pelo menos, os primeiros 60 dias de lactação (Pragna et al., 2017), sendo a descida permanente proporcional à duração do stress térmico (Gantner et al., 2011). Temperaturas acima dos 35 °C podem ativar stress térmico nos animais, levando a uma redução de 600 ou 900 kg de leite por vaca por lactação. Em explorações com sistemas de arrefecimento ou de ventilação, tal condição pode reduzir em 10-15% a produção leiteira, enquanto que em explorações sem sistemas de arrefecimento, esta redução pode ir até aos 40-50% (West, 2003).

Estudos recentes mostram que um aumento na produção leiteira de 35 para 40L/dia diminui o limite de temperatura para o stress térmico por calor em 5 °C (Habeeb et al. 2018). Assim,

as vacas leiteiras de alta produção são o grupo que mais é afetado negativamente, uma vez que a sua zona termoneutra passa para valores mais baixos (Pragna et al., 2017; Galán et al., 2018; Pinto, Hoffmann, Ammon & Amon, 2020). Isto explica-se porque, embora as vacas de alta produção estejam expostas às mesmas condições ambientais que as restantes, acresce o facto de gerarem grande quantidade de calor metabólico (Kadzere et al., 2002) durante a sua volumosa digestão (devido ao aumento da ingestão), aumentando assim a sua temperatura corporal. Portanto, o calor acumulado e o calor produzido juntos, com a diminuição da capacidade de arrefecimento induzida pelas condições ambientais, aumentam a severidade do stress térmico neste grupo de animais (Gantner et al., 2011).

Num estudo levado a cabo por Rhoads et al. (2009), onde se verificou um declínio na produção leiteira sob um ambiente quente, acima do que havia sido previsto com base na ingestão diária de matéria seca, concluiu-se que fatores que não sejam a redução da ingestão de alimentos, contribuem em 64% para o diferencial da perda de leite (Rhoads et al., 2009), como a diminuição da absorção dos nutrientes, por exemplo (Pragna et al., 2017).

Também os animais que são concebidos durante este período demonstram uma diminuição na produção leiteira (Nardone et al., 2010). Novilhas cujas mães foram sujeitas a stress térmico no final da gestação, apresentam uma produção leiteira inferior na primeira lactação, relativamente a novilhas cujas mães estiveram sempre em ambientes com sistemas de arrefecimento. No entanto, não se verifica diferença nas percentagens de gordura, proteína e lactose do leite (Monteiro et al., 2016b).

2.4.3 Eficiência alimentar

Sob altas temperaturas ambientais, verifica-se um aumento da eficiência alimentar, especialmente em vacas leiteiras selecionadas, de genética mais elevada. Isto sugere que a melhoria da eficiência em converter alimento em leite, pode compensar os custos da diminuição da produção leiteira sob condições de stress térmico leve (Dikmen & Hansen, 2009). Contudo, a eficiência alimentar diminui com o aumento da velocidade do vento, provavelmente porque as vacas aumentam a sua ingestão diária, mas não a produção de leite à medida que a velocidade do vento aumenta (Hill & Wall, 2017).

As vacas de carne que são mais eficientes a direcionar os alimentos para o seu crescimento têm temperaturas retais mais baixas e produzem menos calor metabólico (Hill & Wall, 2017), tendo-se verificado, inclusive, um ganho compensatório de peso nos bovinos de carne depois de um curto ou médio período de stress térmico (Belhadj Slimen et al., 2016). De forma semelhante, também as vacas leiteiras que têm uma conversão alimentar mais eficiente produzem menos calor proporcionalmente à energia bruta ingerida e têm temperaturas da superfície corporal mais baixas do que as vacas leiteiras menos eficientes. Isto sugere que a

eficiência das vacas (tanto de carne, como de leite) pode ser menos suscetível ao stress térmico por calor como consequência de uma melhor capacidade de termorregulação (Hill & Wall, 2017).

2.4.4 Composição do leite produzido

A síntese e secreção leiteira são geridos por diversas hormonas, sendo, portanto, sensíveis a alterações fisiológicas e ambientais (Rhoads et al., 2009). Assim, além das alterações na quantidade de leite produzida, o stress térmico também afeta a composição do leite, diminuindo-a pelo aumento do número de células somáticas (Gantner et al., 2011). Verificam-se também desregulações endócrinas, na sequência do mesmo (Wheelock, Rhoads, VanBaale, Sanders & Baumgard, 2010), como a alteração dos níveis de prolactina, das hormonas da tiroide, glucocorticoides, hormonas do crescimento, que afetam a produção de leite (Pragna et al., 2017).

A diminuição da glucose no sangue, nas vacas sujeitas a stress térmico, e consequente aporte à glândula mamária, pode explicar a diminuição no conteúdo de lactose do leite (Wheelock et al., 2010). Relativamente às percentagens de proteína e gordura do leite em vacas Holstein em lactação que experienciaram condições de stress térmico por calor, estas diminuíram segundo alguns autores (Gantner et al., 2011; Pragna et al., 2017), outros não encontraram diferença (Wheelock et al., 2010), pelo que o conhecimento sobre os mecanismos de resposta à hipertermia que afetam negativamente a síntese do leite continua por descrever (Wheelock et al., 2010; Amamou et al., 2019).

2.4.5 Saúde do Úbere

O stress térmico enfraquece o sistema imunitário dos animais (Tao et al., 2012). A involução regenerativa da glândula mamária – essencial para a proliferação ótima das células - será comprometida por alterações da atividade fagocitária induzida pelo stress térmico. Além disso, a alta frequência de mastites durante um período de stress térmico pode dever-se ao facto das altas temperaturas facilitarem a sobrevivência e multiplicação de vetores patogénicos associados a condições quentes e húmidas (Das et al., 2016). Condições de baixas temperaturas são conhecidas por limitar o desenvolvimento das bactérias e vírus especialmente em estabulação (Morignat et al., 2018).

2.4.6 Crescimento e Imunidade da descendência

Em vitelos de vacas sujeitas a stress térmico, o hematócrito e a concentração de proteínas plasmáticas estão diminuídos (Tao et al., 2012), assim como a qualidade do colostro, que é reduzida, havendo comprometimento da transferência da imunidade passiva (West, 2003; Tao et al., 2012).

Os bezerros nascidos de vacas expostas a stress térmico por calor durante o final da gestação (período seco) têm menor peso ao nascimento e menor peso ao desmame relativamente a bezerros nascidos de vacas sujeitas a ambientes com sistemas de arrefecimento. Apesar de também serem mais baixos e mais leves até ao ano de idade, o ganho de peso total desde o nascimento até ao ano de idade pode ser semelhante em ambos os grupos (Monteiro et al., 2016b) no entanto, o consumo e crescimento durante o período de pré-desmame é reduzido nos bezerros e novilhos de mães expostas a stress térmico (Monteiro et al., 2016a). Além disso, é neste grupo de bezerros que ocorre a maior morbilidade e mortalidade, o que evidencia os efeitos negativos do stress térmico materno na saúde da descendência, pelo que novilhas provenientes destas vacas apresentam maior probabilidade de deixar o rebanho antes da puberdade devido a doenças, ou retardamento no crescimento, por exemplo (Monteiro et al., 2016b).

2.4.7 Reprodução e Fertilidade

Os períodos acima da zona de conforto térmico das vacas alteram a secreção hormonal durante o ciclo éstrico, inibindo a secreção e libertação de gonadotrofina e a luteinização que, conseqüentemente, diminui a duração e intensidade do período de estro. Outros efeitos são a diminuição do crescimento, tamanho e desenvolvimento dos folículos ovários, o aumento da mortalidade embrionária precoce e a diminuição do crescimento fetal e tamanho do vitelo (Nardone et al., 2010; Chase, 2014; Biffani et al., 2016). Se ocorrer durante o período de gestação, o stress térmico por calor pode provocar o parto 10 a 14 dias antes da data prevista (Pragna et al., 2017).

A diminuição da fertilidade varia não só com a duração de exposição ao stress térmico, mas também com o tipo de sêmen (fresco ou congelado) utilizado na inseminação artificial (L-k Schüller, Burfeind & Heuwieser, 2015). Além disso, a ocorrência de uma onda de calor depois da inseminação pode ser tão perigosa como um período muito quente antes da inseminação (Biffani et al., 2016).

O efeito do stress térmico por calor é mais forte nas multíparas do que nas primíparas (Biffani et al., 2016) e, se ocorrer durante as últimas 6 semanas de gestação, afeta negativamente a fertilidade e a produção leiteira até e durante a primeira lactação da descendência (Monteiro et al., 2016b). Além disso, Monteiro et al. (2016b), registaram uma taxa de nados-mortos de 4,1% em vacas sujeitas a stress térmico por calor no final da gestação, ao passo que não se verificaram nados-mortos em vacas mantidas em ambientes climatizados.

Também a performance reprodutiva dos touros é negativamente afetada pelo stress térmico, resultando numa redução da sua líbido, motilidade e concentração espermática e aumento da sua anormalidade espermática (Belhadj Slimen et al., 2016; Rojas-Downing et al., 2017). No

geral, as temperaturas ambientais entre os 5-15 °C foram consideradas como as temperaturas ótimas para a produção de sémen (L-k Schüller et al., 2015). Assim, em períodos de stress térmico, deve ser utilizada a inseminação artificial, para maximizar a eficiência reprodutiva.

2.5 Severidade do Stress Térmico

A temperatura corporal é um parâmetro fisiológico importante na avaliação do estado de saúde das vacas. Contudo, o THI é um importante índice ambiental e permite quantificar o grau de stress térmico (Liu et al., 2019), a que as vacas estão expostas durante o verão (Scanavez, Rocha, Voelz, Hulbert & Mendonca, 2016).

Existem várias fórmulas para calcular o THI com base nas condições ambientais, definindo fatores de risco para o stress térmico (Chase, 2014; Herbut, Angrecka & Walczak, 2018), uma vez que o grau de stress térmico varia com as características climáticas. Por exemplo, em áreas cuja humidade é elevada, este é o fator de maior influência, no entanto em climas semiáridos, é a temperatura ambiente que mais influência tem. Assim, a fórmula do THI utilizada deve ter em conta as condições ambientais (Dikmen & Hansen, 2009; Biffani et al., 2016; Liu et al., 2019).

Para uma das fórmulas sugeridas, $THI = (1,8 \cdot T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \cdot RH) \cdot (1,8 \cdot T - 26)]$, onde T é a temperatura do ar (°C) e RH é a humidade relativa (%), considera-se os seguintes limites apresentados na tabela 1 (Schüller et al. 2013; Habeeb et al. 2018; Pinto et al. 2020):

Limites de THI	Grau de Stress Térmico/Conforto Animal
THI < 68	Conforto
68 < THI < 72	Desconforto Médio
72 < THI < 75	Desconforto
75 < THI < 79	Alerta
79 < THI < 84	Perigo
THI > 84	Emergência

Tabela 1. Limites do Índice Temperatura-Humidade

O THI não leva em conta a radiação solar ou o fluxo de ar, fatores que contribuem para o aumento da carga de calor e conseqüente stress térmico. Também não tem capacidade para medir a acumulação da carga de calor ao longo do tempo, ex.: após alguns dias, e não reflete as alterações fisiológicas experienciadas pelas vacas num período de stress térmico. No entanto, apesar destas limitações, o THI ainda é uma ferramenta útil e fácil de avaliar e prever o risco de stress térmico (Habeeb et al. 2018; Liu et al. 2019).

Recentemente, alguns autores têm confirmado que estes limites estão a subestimar o impacto real nas vacas, onde a carga de calor pode começar abaixo ou com THI =68 (Pinto et al.,

2020). O aumento da produção leiteira, aumenta a sensibilidade das vacas ao stress térmico, pelo que um THI de 72 pode subestimar o seu impacto nas vacas Holstein Friesian de alta produção (Habeeb et al., 2018).

O THI também pode ser usado para estimar a influência do stress térmico na produtividade das vacas leiteiras (Gantner et al., 2011), verificando-se diferenças significativas no nível de produção leiteiro com um THI médio diário acima do limite de carga de calor (Heinicke et al., 2018). Para cada ponto que aumenta o valor de THI além de 69, a produção de leite cai 0,41 kg por vaca e por dia em climas mediterrâneos (Bouraoui et al., 2002; Gantner et al., 2011).

A temperatura retal das vacas tende a aumentar a partir de um THI>70, começando nos 38,4 °C (Pinto et al., 2020), ao passo que a ingestão de matéria seca diminui, assim como a produção da hormona do crescimento em vacas leiteiras (West, 2003). No dia da inseminação, o THI é o parâmetro mais informativo sobre condições climáticas a ser usado nos estudos de reprodução (Misztal, 2017).

Curtis et al. (2017) avaliaram a viabilidade da previsão de ingestão e da temperatura do rúmen, num ambiente confinado e com sombra disponível. Verificaram uma associação positiva e com desfasamento de apenas uma hora entre a temperatura ambiente e a temperatura do rúmen. No entanto, o melhor indicador da ingestão foi o THI calculado ao sol com a temperatura correspondente à radiação solar, com 5 dias de desfasamento. Isto sugere que o apetite é afetado pelas condições térmicas, através da pele, sendo que o efeito só se faz sentir após alguns dias. Assim verificam-se duas características de resposta ao stress térmico, respostas imediatas e respostas desfasadas no tempo, o que evidencia que nenhum indicador ambiental por si só é suficiente para medir os impactos do stress térmico.

2.6 Medidas de Maneio face a temperaturas extremas

2.6.1 Bem-estar animal

Os animais são seres sencientes e como tal têm necessidades que vão além das fisiológicas, pelo que a preocupação pelo bem-estar animal tem aumentado nos últimos anos. As cinco liberdades conferem uma indicação inicial sobre os aspetos relevantes a considerar na apreciação do bem-estar (FAWC, 2009), nomeadamente, aspetos relativos à presença de fome, sede, sofrimento, desconforto e à liberdade para exprimir o comportamento natural.

Um dos indicadores mais importantes no estado de saúde nas explorações é a frequência de mortes, especialmente dos bezerros, durante os primeiros 6 meses de vida. A taxa de mortalidade dos bezerros é definida como o número de bezerros mortos dividido pelo número de indivíduos em risco num grupo ou população definidos (Thrusfield, 2018). Esta, assim

como a taxa de morbidade são úteis para avaliar o bem-estar com doença e falta de cuidados (Ortiz-Pelaez et al., 2008). O aumento da mortalidade, os atrasos nos nascimentos e a redução do número de crias, podem ser indicativos de um fraco bem-estar. No entanto, o uso da mortalidade dos bezerros isoladamente, como indicador do bem-estar, não é credível, pois existem outras variáveis como o tipo de rebanho, por exemplo, que pode melhorar o valor preditivo deste indicador (Ortiz-Pelaez et al., 2008).

No caso da indústria leiteira, tem-se verificado maior produção leiteira por vaca e melhor qualidade do leite. No entanto, associado ao aumento da produção de leite, podem surgir mastites, problemas podais e reprodutivos, o que leva a crer que elevadas produções podem comprometer, até certo ponto, o bem-estar animal, induzindo distúrbios na saúde, desconforto e diminuição da qualidade do leite (Collier et al., 2017). Assim, o conforto da vaca leiteira tem-se assumido como um dos fatores mais influentes para o aumento de produção na última década, pelo que assegurar um nível de bem-estar é importante para permitir um eficiente grau de produção e reduzir a incidência de doenças (Cerqueira et al., 2011).

2.6.2 Proteção física

O Bem-estar animal não se limita apenas à alimentação e manejo dos animais, inclui também a arquitetura das instalações, o meio onde o animal se encontra. Existem alguns indicadores que nos permitem avaliar o nível de bem-estar dos animais como: alterações de comportamento, o comportamento social, a presença ou não de doença, claudicações, o nível de higiene, lesões nos tetos (hiperqueratose) e a condição corporal, por exemplo (CAP, 2009; Cerqueira et al., 2011).

O stress térmico nas novilhas tem um efeito negativo no bem-estar animal (Silanikove, 2000). Assim, diferentes sistemas de estabulação têm sido desenvolvidos para proteger as novilhas de condições climáticas extremas e stress térmico, em função do clima e tipo de produção (Roland et al., 2016). Destacam-se os Parques Abertos – normalmente usados em novilhos de engorda, estando diretamente expostos ao clima local e, conseqüentemente, ao stress por calor ou frio -, que podem ser enriquecidos com estruturas naturais (ex.: árvores), construções simples (ex.: sombra, corta-vento, abrigos) ou aparelhos mecanizados (ex.: aspersores, ventiladores), de forma a proteger os novilhos das condições climáticas mais inóspitas; os Iglus – consistem numa estabulação individual exterior, oferecendo melhores condições higiénicas e menor risco de infeção com agentes patogénicos de doença respiratória ou diarreia, diminuindo assim a ocorrência das mesmas, assim como a taxas de mortalidade; e os Parques Cobertos – usados especialmente quando as temperaturas descem – podendo ser ventilados mecânica ou naturalmente (Roland et al., 2016).

No entanto, apesar de estarem descritos critérios de arquitetura para construção de infraestruturas para bovinos, de forma a promover o bem-estar e garantir o seu desempenho, os problemas persistem para a produção animal sob condições climáticas severas, especialmente durante condições de stress por calor, se os animais estiverem em abrigos, ou ao ar livre. Enquanto que as condições climáticas severas por frio, no início do inverno, podem ser ameaçadoras, padrões de altas temperaturas (ondas de calor) representam, normalmente, condições stressantes de curto período, com grande impacto nos animais (Nienaber & Hahn, 2007).

Para os produtores, o conhecimento da zona de conforto térmico ou zona termo-neutra dos bovinos e efeitos da temperatura são de interesse fundamental para tomarem as medidas preventivas e as medidas de mitigação adaptadas ao ambiente local e condições de produção, especialmente à luz do previsível aumento de frequência de picos de temperaturas extremas (Morignat et al., 2015).

2.7 Efeitos de Stress Térmico não compensado

2.7.1 Morbilidade

A saúde animal pode ser afetada direta ou indiretamente pelas alterações climáticas, especialmente pelo aumento das temperaturas (Nardone et al., 2010). Os efeitos diretos relacionam-se com o aumento da temperatura, que aumenta o potencial de mortalidade e morbilidade, devido à redução da capacidade dos hospedeiros para montar uma resposta à infeção. Já os efeitos indiretos relacionam-se com os impactos do clima nas comunidades microbianas (bactérias ou parasitas), amplificando o desenvolvimento do agente patogénico, e na disseminação de doenças, aumentando o contacto vetor-agente patogénico-hospedeiro (Thornton, van de Steeg, Notenbaert & Herrero, 2009).

Além das alterações já referidas a nível do sistema endócrino, metabolismo (proteico, lipídico e glucose) e função hepática - diminui o colesterol e albuminas - desencadeadas pela exposição prolongada a altas temperaturas (Nardone et al., 2010), alterações de temperaturas também desencadeiam a secreção de hormonas de stress (incluindo cortisol) que suprime as respostas imunológicas, incluindo a funcionalidade dos glóbulos brancos, derrubando assim as barreiras entre hospedeiro-agente patogénico (Bett et al., 2017).

A temperatura também tem um grande impacto nas taxas de desenvolvimento dos vetores artrópodes, na transmissão de doenças por vetores e na introdução de novas doenças (Thornton et al., 2009; Özkan et al., 2016). Deste modo, as altas temperaturas aumentam a taxa a que se alimentam, a frequência com que depositam ovos ou larvas e as taxas de

maturação de estados imaturos (Bett et al., 2017). Também o crescimento dos agentes patogênicos e/ou parasitas que vivem parte do seu ciclo fora do hospedeiro é acelerado. Dentro dos limites ideais de sobrevivência do vetor, as temperaturas mais altas resultam num intervalo de desenvolvimento mais curto do vírus no vetor e conseqüentemente, maior chance do vetor viver mais e transmitir a infecção (Bett et al., 2017). O aquecimento global e alterações na precipitação podem afetar a quantidade e disseminação de pragas transmitidas por vetores, como moscas, carraças ou mosquitos. Além disso, a transmissão da doença entre hospedeiros terá mais probabilidade de acontecer em condições quentes (Thornton et al., 2009). Acresce que as condições frias são conhecidas como limitantes do desenvolvimento das bactérias e vírus, especialmente em espaços cobertos (Morignat et al., 2018).

2.7.2 Mortalidade

Os animais têm uma grande capacidade para se ajustar às alterações do ambiente, através de mecanismos de termorregulação (Nardone et al., 2010), como já referido. Tais mecanismos ajudam os animais, neste caso, bovinos, a ajustar-se ao stress térmico dentro de certos limites, mas a recuperação a uma onda de calor ou de frio pode não ser possível devido à duração prolongada das mesmas. Assim, o rápido aumento da temperatura, o desafio térmico prolongado e a reduzida capacidade de dissipar calor prejudicam as funções fisiológicas, podendo desencadear condições clínicas ou subclínicas antes da morte dos animais (Nardone et al., 2010; Morignat et al., 2015; Silanikove, 2000).

Tem-se mostrado que temperaturas extremas aumentam a taxa de mortalidade dos animais, com efeitos imediatos e desfasados no tempo (Vitali et al., 2009; Crescio, Forastiere, Maurella, Ingravalle & Ru, 2010; Morignat et al., 2015; Cox et al., 2016). O efeito da temperatura extrema na saúde dos animais pode ser exacerbado, durante períodos de exposição prolongada a tais condições, verificando-se um aumento significativo na mortalidade – chegando até 40% durante ondas de calor e 23% durante ondas de frio, dependendo do tipo de produção e faixa etária -, além do efeito da extrema temperatura sozinha (Morignat et al., 2018). No entanto, o risco de morrer mantém-se elevado três dias após o fim da onda de calor, independentemente de as temperaturas voltarem ao normal (Vitali et al., 2015).

Pelo contrário, o valor de THI associado às mortes durante as ondas de calor foi mais baixo do que quando associado a um único dia quente, o que sugere que o stress térmico pode baixar o limiar de THI estipulado como risco de morte (Vitali et al., 2015). Além disso, tanto nas vacas de leite, como nas de carne, a relação THI – mortalidade é em forma de “U”, o que evidencia o efeito de temperaturas altas e baixas na mortalidade dos bovinos (Morignat et al., 2015).

Os bovinos entre os 8 dias e os 3 meses têm grande sensibilidade tanto ao frio, como ao calor, sendo que nos primeiros 5 – 7 dias de uma onda de calor, há um aumento do risco de morte na maioria dos grupos etários (Morignat et al., 2018).

A mortalidade das vacas leiteiras representa um problema em termos de perdas financeiras e comprometimento do bem-estar animal; contudo, a relação quantitativa entre a magnitude do stress térmico e o risco de mortalidade é difícil de estimar porque os efeitos do stress térmico, podem ficar escondidos por outros fatores como as altas variações naturais e manejo, assim como o número de fatores aleatórios como o estado de lactação, raça, idade (Crescio et al., 2010) e estado de saúde (Morignat et al., 2018), à semelhança do que acontece com outros bovinos.

Comparando os bovinos de carne e os bovinos de leite, num estudo levado a cabo por Morignat et al. (2018), verificou-se que na relação temperatura-mortalidade, os animais mais jovens (0 aos 7 dias) foram os menos sensíveis tanto ao calor (RR=1.1 carne; 1.2 leite), como ao frio (RR= 1.5 leite; 1.6 carne) em ambos os grupos. Sendo eles a classe mais frágil, este resultado pode ser explicado pela particular atenção dos produtores a este grupo de animais. Resultados idênticos, foram obtidos por Vitali et al. (2015), onde nas vacas leiteiras mais novas (até aos 28 meses), o risco de morrer parece não ter sido afetado pelas ondas de calor, ao contrário das restantes faixas etárias mais velhas. Por oposição, os animais cujas idades compreendidas entre os 8 dias e os 3 meses mostraram grande sensibilidade tanto ao frio (RR>2,2 a -7 °C), como ao calor (RR>1,4 a 25 °C). Isto pode dever-se ao facto de, apesar das novilhas já terem passado a fase mais crítica, serem menos monitorizadas, podendo haver um agravamento no estado de saúde durante períodos quentes devido à desidratação ou durante períodos muito frios devido a hipotermia (Morignat et al., 2018).

As vacas leiteiras adultas (de alta produção) apresentam uma escala mais ampla de baixas temperaturas de baixo risco relativo, em relação às vacas de carne. Assim, pode-se concluir que as vacas leiteiras suportam melhor temperaturas baixas de inverno do que as vacas de carne (Morignat et al., 2018). No entanto, apesar de existirem vários estudos relativamente ao efeito das ondas de calor no risco de morrer de bovinos, este assunto ainda não está muito desenvolvido para as ondas de frio (Morignat et al., 2018).

Nas vacarias de leite, a maior causa de morte de bezerros recém-nascidos ocorre devido a problemas digestivos, como as diarreias, ao passo que em bezerros em pré-desmame, são essencialmente doenças respiratórias (Crescio et al., 2010). Num estudo levado a cabo por Zhang et al. (2019), em vacas Holstein chinesas, a taxa de mortalidade das vacas leiteiras e novilhas de substituição dos dias 30 a 60, 61 a 365 dias e 366 dias ao 1º parto foi, respetivamente, 5,5%, 7,4% e 8,7%, com uma tendência crescente. As doenças relacionadas

com os aparelhos digestivo (diarreia), respiratório (pneumonia), circulatório e distúrbios reprodutivos (infertilidade) foram as causas principais de morte, representando 58,6% das causas de morte conhecidas. Contudo, o ano de nascimento e a estação em que ocorre o parto também tiveram uma influência significativa, de modo que as bezerras e novilhas de substituição nascidas no outono, tiveram 1,13 e 1,53 vezes maior risco de mortalidade nos 3 estados de idade, do que as que nasceram na primavera.

No caso de Portugal, as explorações de bovinos de carne situam-se maioritariamente a sul do país, na região do Alentejo e são de regime extensivo. Nestas, os problemas digestivos e doenças respiratórias são as principais causas de mortalidade e morbidade de novilhos, sendo a média de mortalidade dentro das primeiras 24h de vida, de 1 a 7 dias e, de 7 dias ao desmame é 2,3%, 1,1% e 1,4%, respetivamente (Santos et al., 2019). A mortalidade e morbidade em novilhos de carne está associada com múltiplas causas infecciosas e não infecciosas e são frequentemente concomitantes com a falha de transferência de imunidade passiva, sendo o tamanho do rebanho um fator que também está associado ao número de mortes do nascimento ao desmame, assim como à presença de doenças respiratórias, diarreias e mortes súbitas (Santos et al., 2019).

De forma comparativa, a mortalidade em humanos aumenta de forma significativa durante períodos de ondas de calor e de frio, sendo os idosos o grupo mais afetado. Quando ocorre calor extremo, as principais causas de morte são sobretudo respiratórias, ao passo que quando na presença de ondas de frio, são essencialmente causas cardiovasculares. O calor afeta principalmente aqueles cuja saúde já está comprometida e quem ia morrer num curto período de qualquer forma (Huynen, Martens, Schram, Weijenbergh & Kunst, 2001). Apesar de estar bem estudado na medicina humana, na produção pecuária, como é o caso dos bovinos, a relação quantitativa entre o risco de mortalidade e a magnitude do stress térmico mantém-se pouco estudada (Crescio et al., 2010; Morignat et al., 2015).

2.8 Métodos de Gestão de Cadáveres de animais mortos nas explorações pecuárias

Os cadáveres são um dos tipos de resíduos resultantes da atividade pecuária que, segundo o caderno europeu de resíduos, pertencem à categoria 020102 (resíduos de tecidos animais da agricultura, aquacultura, caça e pesca e da sua preparação e processamento). A gestão de produtos de origem animal em explorações, nomeadamente a gestão de cadáveres, é muito importante, tendo em conta as preocupações ambientais, de biossegurança e de saúde pública. Assim a gestão dos cadáveres deve ter em conta os requisitos legais e, quando a

eliminação é feita na exploração, deve ter em conta o meio envolvente, a possibilidade de transmissão de doenças, questões de higiene, segurança e saúde pública (Ferreira, 2010).

No artigo 3º do Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009, define-se subprodutos animais como corpos inteiros ou partes de animais mortos, produtos de origem animal e outros produtos que provenham de animais que não se destinam ao consumo humano, incluindo oócitos, embriões e sémen. Os subprodutos podem ser classificados consoante o risco que têm para a saúde pública como matéria de categoria I, II ou III. No caso dos cadáveres – “animais ou parte de animais mortos que não tenham sido abatidos para consumo humano” -, inserem-se na categoria II.

As matérias classificadas como de categoria II, para além da incineração, os materiais podem ser utilizados como biogás, como fertilizante/chorume ou podem ainda ser enterrados em aterro autorizado, após esterilização sob pressão, se necessário (Regulamento (CE) nº1069/2009).

Antes da criação do SIRCA (Sistema Integrado de Recolha de Cadáveres de Animais), a destruição de cadáveres era feita na unidade de produção, tendo os produtores como opções a hidrólise alcalina, incineração, compostagem ou o enterramento, os quais obrigavam à criação de condições específicas adequadas. O SIRCA foi assim criado com o objetivo de se proceder à recolha, em tempo útil, dos cadáveres e de se fazer o despiste obrigatório de potenciais situações de ocorrência de Encefalopatias Espongiformes Transmissíveis (EEB's) (Ferreira, 2010).

Este sistema de recolha de cadáveres tem como principais vantagens: não ser necessária mão-de-obra para enterrar ou eliminar os cadáveres, diminuindo assim alguns custos; ser benéfico em termos de impactos no ambiente e na saúde pública na unidade de produção (fora casos de sequestro); e ainda importante no despiste de casos de EEB's (Ferreira, 2010). No entanto, também apresenta alguns inconvenientes: não evita propagação de doenças, se não ocorrer desinfeção do veículo e dos materiais usados, incluindo o equipamento de proteção individual utilizado pelo condutor; nas unidades de produção sob sequestro não há recolha de cadáveres; o facto de se exigir a recolha do cadáver intacto (inteiro) reduz o número de necropsias feitas nas unidades de produção (Ferreira, 2010).

O SIRCA não engloba todas as regiões do território português, excluindo-se as que se denominam como zonas remotas. Estas são regiões com baixa densidade animal, distantes de estabelecimentos de transformação ou eliminação de subprodutos animais. Os Açores são um exemplo de regiões remotas, em que os cadáveres de bovinos, ovinos, caprinos e suínos produzidos em regime extensivo podem, para além de outros métodos de destruição, ser

enterrados na própria exploração, desde que não se causem danos ambientais (Despacho n.º 3844/2017).

Aquando da morte de um animal, o detentor tem a obrigação de comunicar a morte ao SIRCA no prazo de 12 horas. As marcas de identificação e os passaportes individuais deverão ser mantidos durante um mês pelo produtor, findo esse período, os mesmos serão inutilizados. Os detentores deverão colocar os cadáveres em locais de fácil acesso, afastados do restante efetivo pecuário, próximo a uma via de comunicação, efetuando uma marcação visual do local. Caso o cadáver não se encontre em condições de carga rápida e/ou não forem disponibilizados meios para que a mesma possa ser realizada, o motorista pode abandonar o local sem proceder à recolha do cadáver (DGAV, 2017).

Os cadáveres de bovinos destinados a ser recolhidos pelos serviços do SIRCA devem estar identificados com as marcas de identificação oficiais e estão sujeitos a uma taxa aplicável que está definida no Despacho n.º 2905-A/2017, de 5 de abril. No caso de não ter sido efetuada a recolha do cadáver até às 20 horas do dia seguinte ao da comunicação ao SIRCA, o detentor deverá contactar o médico veterinário responsável da exploração para que este proceda à colheita do tronco encefálico, quando aplicável (determinado no Regulamento (CE) nº 999/2001 e suas alterações), e em seguida, proceder à destruição do cadáver, das marcas de identificação de acordo com normas da DGAV e registar a morte no SNIRA (DGAV, 2017).

De acordo com o Anexo VIII do Regulamento (EU) nº 142/2011 da Comissão Europeia, o transporte dos cadáveres deverá ser efetuado em veículos estanques cobertos. Os utensílios, equipamentos, contentores ou veículos que entrem em contacto com os cadáveres deverão ser mantidos em bom estado de limpeza. Para tal, é necessário proceder-se a uma limpeza e secagem antes da utilização e a limpeza e desinfeção posterior à utilização. Os subprodutos deverão ser devidamente identificados aquando do transporte. Para tal, coloca-se um rótulo no veículo que indique a categoria do subproduto, que deverá ter uma inscrição consoante o tipo de categoria. No caso de ser categoria II – onde se inserem os cadáveres -, poderão ser inscritas as seguintes menções: “Não destinado ao consumo animal” e “Destinado à alimentação de ...”, sendo esta menção completada com o nome da espécie específica dos animais cuja alimentação se destina.

É autorizado o enterramento, ou a utilização de outras medidas alternativas de destruição de cadáveres de animais provenientes de explorações localizadas em áreas remotas estabelecidas no Despacho nº 3844/2017, de 8 de abril, com exceção de bovinos com mais de 48 meses e de animais provenientes de explorações Classe 1 e Classe 2 intensiva. Os cadáveres de ruminantes jovens que ainda não tenham sido identificados oficialmente, nados mortos e produtos do parto, independentemente da área em que se situe a exploração podem

ser enterrados, desde que a massa não ultrapasse os 40 Kg. Nesta situação, não é aplicada a taxa SIRCA desde que os animais tenham permanecido na exploração desde o seu nascimento ou por mais de 60 dias (DGAV, 2017).

O enterramento dos bovinos adultos é regido pelas condições definidas no artigo 19º do Regulamento (CE) nº 1069/2009 de 21 de outubro, que determina que a escolha do local deve ser a uma distância que permita salvaguardar a biossegurança da própria exploração e de explorações vizinhas, cursos de água e lençóis freáticos; a vala deve ser escavada com paredes inclinadas para evitar o seu desmoronamento, e deve ter capacidade para enterrar todos os cadáveres, sendo que a área a considerar para 1 bovino adulto é de 1,5 m² e o empilhamento não deve exceder 1,5 m de altura; o fundo da vala deve ser revestido com cal; os cadáveres devem ser cobertos de cal e, seguidamente por terra com altura mínima de 1 metro.

Quando se recorre ao SIRCA, o Sistema Nacional de Informação e Registo Animal (SNIRA), sofre alterações, uma vez que a declaração de existências da exploração deverá ser atualizada, de acordo com o Decreto-Lei n.º 32/2017.

3. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi descrever de que forma é que a taxa de mortalidade varia ao longo do ano, nas diferentes regiões do país, e descrever e quantificar a relação entre o THI e a mortalidade dos bovinos em Portugal continental, nas 7 diferentes regiões centradas nas estações meteorológicas. Assim como, fazer uma caracterização nacional de forma a fornecer valores de referência a produtores e veterinários relativos à mortalidade, para que possam avaliar em que posição as explorações se situam relativamente à média nacional em determinada região, de forma a melhorarem níveis produtivos e práticas de manejo. Pretende-se que os resultados obtidos elucidem sobre o que se passa a nível nacional, de forma a consciencializar produtores e técnicos relativamente ao bem-estar animal e às práticas de manejo que podem ser melhoradas nas nossas explorações.

4. Material e métodos

4.1 Dados

Os dados relativos a nascimentos, existências, sexo, raça, desaparecimentos, movimentos, abates, exportações e trocas intracomunitárias dos animais presentes nas explorações, assim como informações relativas às explorações, como a localização, aptidão e sistema de

produção foram obtidos a partir da base de dados do Sistema Nacional de Identificação e Registo Animal (SNIRA). Obteve-se a listagem relativa às explorações registadas em Portugal à data de 3 de novembro de 2019, assim como os animais nelas presentes.

O SNIRA é a plataforma onde se registam os dados oficiais de acordo com as regras para a identificação, registo e circulação dos animais das espécies bovina, ovina, caprina, suína e equina constantes do Decreto-Lei 142/2006 e suas alterações. Nesta dissertação são considerados os registos relativos apenas à espécie bovina. Em Portugal, a entidade responsável pela definição da informação necessária ao funcionamento do SNIRA é a DGAV, sendo o Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP) a entidade responsável pela gestão informática das bases de dados.

Os dados relativos às mortes dos animais (bovinos de carne e de leite) foram obtidos a partir da base de dados do Sistema de Recolha de Cadáveres de Animais Mortos nas Explorações (SIRCA), integrando o registo de animais recolhidos e não recolhidos pelo SIRCA.

À data de 3 de novembro de 2019, estavam registadas 49203 explorações de bovinos em Portugal. Dessas, apenas 45008 tinham a informação relativa à sua localização (latitude e longitude). Como o estudo apenas incluía Portugal Continental, retirou-se as explorações pertencentes aos arquipélagos dos Açores e Madeira e cuja georreferenciação indicava que se encontravam no mar, obtendo-se um total de 44056 explorações, as quais ficaram reduzidas a 17976, visto que as restantes não apresentaram registos de ocorrências na plataforma do SIRCA durante o período de estudo, nomeadamente de 15 de agosto de 2015 a 15 de agosto de 2019 (Figura 1).



Figura 1. Processo de seleção das explorações

Os dados relativos à temperatura e humidade relativa diárias (médias, máximas e mínimas) foram obtidos através do pacote GSODR, do programa R, que permite aceder aos dados diários dos Centros Nacionais de Informações Ambientais dos EUA (NCEI) e os converte para unidades do Sistema Internacional. Nessa base de dados, estão disponíveis para Portugal Continental 15 estações meteorológicas, para as quais se obteve informações relativas à respetiva localização (latitude e longitude) e registos meteorológicos para cada um dos dias do período em estudo. As estações meteorológicas localizavam-se em Sintra, Sagres,

Montijo, Lisboa, Alverca, Monte Real, Sines, Porto, Coimbra, Évora, Viseu, Portalegre, Beja, Beja base aérea e Faro (Figura 2).

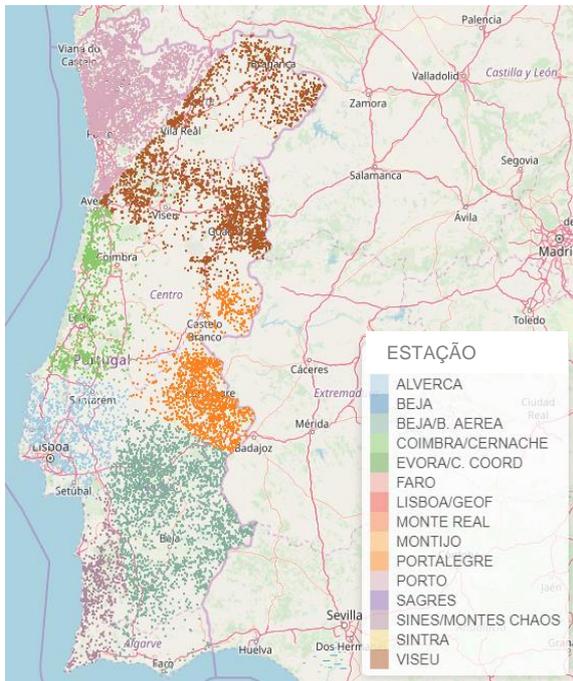


Figura 2. Mapa de Portugal dividido pelas 15 zonas abrangidas pelas 15 estações

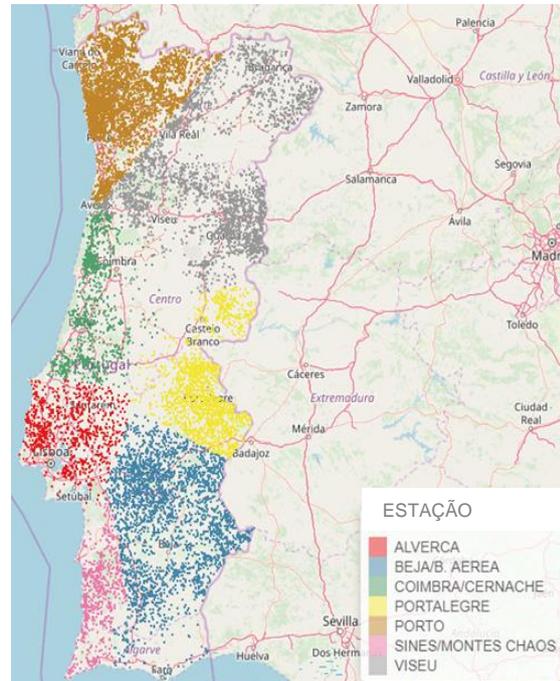


Figura 3. Mapa de Portugal dividido pelas 7 zonas abrangidas pelas estações meteorológicas

No entanto, devido à proximidade geográfica e consequente semelhança de temperaturas e humidade relativas, assim como com o objetivo de obter um maior número de animais por área de estudo, de modo a aumentar a potência da análise, considerou-se apenas 7 estações meteorológicas (Figura 3): Beja base aérea, Porto, Sines, Alverca, Portalegre, Coimbra e Viseu.

As diversas explorações bovinas foram associadas à estação meteorológica mais próxima, através da uma função Haversine – que calcula a distância entre dois pontos de uma esfera a partir das suas latitudes e longitudes -, a fim de se obter os dados meteorológicos relativos a temperatura (média, máxima e mínima) e humidade relativa das explorações. Deste modo, as explorações foram agrupadas por regiões, assumindo-se que os valores de temperatura e humidade relativa eram idênticos entre as várias explorações afetas a cada região e que a temperatura e humidade relativa registadas na exploração eram idênticas às ambientais. Explorações afetas às estações meteorológicas que não foram utilizadas no estudo, foram associadas à que lhe estava mais próxima tendo em conta as condições geo-climáticas, tomando como base os mapas de temperaturas e precipitação de Portugal do Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA), ilustrados nas Figuras 4 e 5, respetivamente, de forma a agrupar o melhor possível regiões com semelhança climática.

Assim, obteve-se o mapa da Figura 3, onde Portugal se encontra dividido em 7 zonas distintas, cada uma delas correspondente à área afeta a cada estação meteorológica.

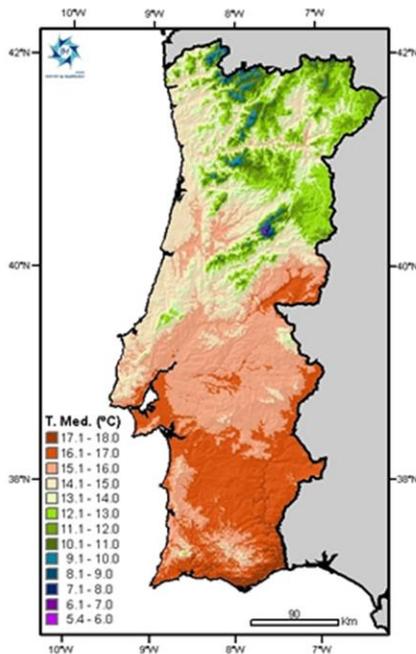


Figura 4. Temperatura média anual
(<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>)

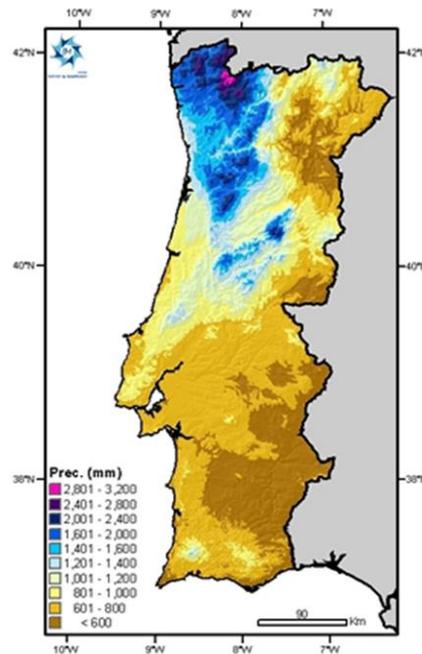


Figura 5. Precipitação acumulada anual
(<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>)

Para efeitos de recolha de dados relativos a temperatura e humidade relativa, considerou-se o dia de registo da ocorrência, assim como os 25 dias prévios, construindo-se assim uma matriz que tinha a temperatura do dia e dos dias anteriores. Isto porque o risco da mortalidade depende da exposição à temperatura do dia, mas também da exposição no dia anterior (Morignat et al., 2018). Múltiplos fatores podem influenciar a data de notificação da ocorrência (Morignat et al., 2015), pelo que os casos foram ainda associados ao dia da semana, a fim de minimizar a tendência semanal nos padrões de mortalidade, ilustrados no anexo I, e ter em conta o desfasamento entre a morte e a sua notificação.

4.2 População em Risco e cálculo da Mortalidade

Para permitir o cálculo das taxas de mortalidade, foi necessário estimar para cada um dos dias do período de análise o número de bovinos presentes por idade (em dias).

Deste modo, criou-se uma matriz onde consta o número total de bovinos presentes em cada dia, durante o período de estudo, por faixa etária e zona do país, segundo a seguinte fórmula:

$$N_{t-1, i} = N_{t, i+1} + \sum S_{i, t-1} - \sum E_{i, t-1} \quad (1) \quad \text{Equação 1. População em Risco}$$

onde N corresponde ao número de animais, S ao número de animais que saíram, E ao número de animais que entraram nas explorações dessa zona, t-1 ao dia anterior, t ao dia atual e i à idade em dias. Como a informação relativa à estrutura etária da população estava disponível para o dia 3 de novembro de 2019, este cálculo foi feito de forma retrospectiva.

Para a análise, a população foi subdividida em cinco faixas etárias: dos 1-60 dias, 61-120 dias, 121-180 dias, 181 dias-18 meses e idade superior a 18 meses.

Sendo os dados de registo de mortalidade agrupados nestas faixas etárias, calculou-se a taxa de mortalidade para cada uma das faixas etárias, por zona e por mês, segundo a seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Número de Animais que morreram no período na faixa etária } i}{\text{Número de Animais-Dia na faixa etária } i \text{ presentes no período}} * 100 \quad (2)$$

Equação 2. Taxa de Mortalidade real

4.3 Análise Estatística

O THI é um valor único que representa a associação entre a temperatura do ar e humidade associados com os níveis de stress térmico (Habeeb et al., 2018a), pelo que é um valor mais completo do que avaliar apenas a temperatura, uma vez que a termorregulação não depende só da temperatura ambiente.

Para o cálculo do THI existem várias fórmulas em função da zona geográfica e respetivo clima. Segundo a classificação de Koppen, Portugal apresenta um clima mediterrâneo, dividindo-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb), como

se verifica na Figura 6.

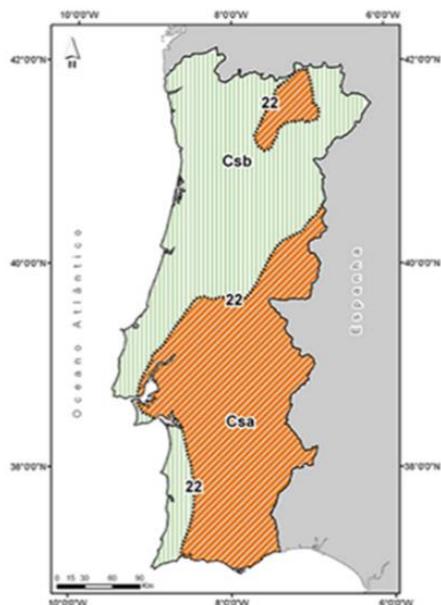


Figura 6. Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Koppen (<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>)

Neste trabalho, para o cálculo do THI (3), usou-se a fórmula aplicada a climas mediterrâneos. Para tal, utilizaram-se os dados climatéricos das estações meteorológicas (que se encontram resumidas no anexo II), como já explicado anteriormente, e recorreu-se à seguinte fórmula

$$\text{THI} = 1.8 \times \text{AT} - [1 - \text{RH}] \times [\text{AT} - 14.3] + 32 \quad (3)$$

Equação 3. Índice Temperatura-Humidade

onde AT é a temperatura ambiente média (°C) e RH é a humidade relativa média (decimal) (Bouraoui et al., 2002).

Para o cálculo e análise dos efeitos do THI na mortalidade, considerou-se, com base na literatura, como zona termo-neutra (onde o risco de morrer é mínimo) THI = 65 e calculou-se o risco relativo (RR) a partir daí, à medida de que afastava desse valor.

Nos estudos relativos aos fatores de *stress* ambiental frequentemente, os efeitos de exposição a um evento específico não se limitam ao período em que estes ocorrem, mas são desfasados no tempo, exigindo o uso de modelos estatísticos que sejam suficientemente flexíveis para descrever a dimensão temporal adicional da relação exposição-resposta. A utilização de modelos não lineares com desfasamento distribuído (DLNM) permite simultaneamente representar as dependências não lineares exposição-resposta e efeitos atrasados no tempo (Gasparrini et al., 2010).

Assim, estimou-se a associação entre o THI e o número de ocorrências registadas no SIRCA, usando um DLNM (Modelo Não Linear com Desfasamento Distribuído) que permitiu, simultaneamente, estimar a associação não linear exposição-resposta e os efeitos não lineares ao longo dos desfasamentos temporais (associação atraso-resposta) (Gasparrini, 2014; Morignat et al., 2015). Como os efeitos do frio podem ser mais arrastados no tempo, usou-se um atraso temporal de 25 dias (Cox et al., 2016). Assim, avaliou-se os efeitos do THI (para o frio e calor) em bovinos leiteiros e de carne, com recurso ao DLNM.

Deste modo, a análise é baseada num modelo não linear, estruturado com base num modelo linear da família Poisson (Gasparrini et al., 2010). Usou-se uma distribuição de quasi-Poisson que permite trabalhar dados com grande dispersão (nas mortes diárias), sem exigir que a variância e a média tenham a mesma ordem de grandeza e sem alterar muito os parâmetros, permitindo assim, o diagnóstico padrão do modelo sem perda de algoritmos e ajustes eficientes.

O modelo para cada uma das classes etárias consideradas assume a seguinte construção:

$$\text{Log}[E(Y_t)] = \text{DDS} + \text{NS}(\text{THI}, \text{gl.THI}, \text{gl.desf}) + \text{NS}(t, \text{gl.t}) + \text{offset}[\log(N_t)] \quad (4)$$

Equação 4. Modelo de avaliação Mortalidade e THI

onde $E(Y_t)$ corresponde ao número de mortes de bovinos esperadas no dia t , DDS ao dia da semana; $\text{NS}(\cdot)$ corresponde a uma interpolação de *spline* cúbica; $\text{NS}(t, \text{gl.t})$ a função *spline* para o dia, controlada para uma tendência a longo prazo; $\text{NS}(\text{THI}, \text{gl.THI}, \text{gl.desf})$ uma função *spline* bidimensional para o THI com 5 graus de liberdade para o desfasamento (gl.desf) e quatro para o THI (gl.THI); e finalmente N_t o *offset* populacional correspondente ao número de bovinos na região e classe etária no período em análise.

Para análise dos dados e elaboração de gráficos, tabelas e mapas recorreu-se aos programas estatísticos R e RStudio, versão 3.6.1. Foram usados vários pacotes desta linguagem de programação, com destaque para o DLNM (*Distributed Lag Nonlinear Models*) - publicamente disponível na rede de arquivos R (CRAN) (Gasparrini et al., 2010).

5. Resultados

5.1 Análise descritiva da população e explorações

5.1.1 Caracterização da População

No período de estudo (2015-08-15 a 2019-08-15), a população de bovinos era de 1 237 920 animais, sendo a maioria fêmeas (77,5%), como ilustrado na Figura 7. Deste total de animais registados na plataforma SNIRA, estavam distribuídos (não uniformemente) por 45 raças diferentes, sendo que 14,7% dos animais pertencem a raças autóctones, 27% a raças exóticas e 58,2% pertencem a raças cruzadas, como se ilustra na Figura 8. Das raças de bovinos registadas em Portugal, integram o grupo das raças exóticas: Aberdeen-Angus, Blanc-Bleu Belge, Blonde D'Aquitaine, Charolesa, Frísia, Hereford, Jersey, Limousine, Norueguesa, Pie-Rouge, Salers, Simmental-Fleckvieh, Tipo Frísia, Wagyu e Búfalo; e o grupo das raças autóctones: Alentejana, Algarvia, Arouquesa, Carne Ind., Leite Ind., Barrosã, Brava de Lide, Brava dos Açores, Cachena, Garvonesa, Marinhosa, Maronesa, Mertolenga, Jarmelista, Minhota, Mirandesa, Preta e Ramo Grande.

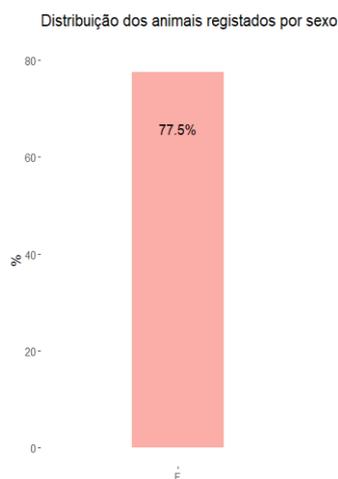


Figura 7. Distribuição do efetivo bovino por sexo

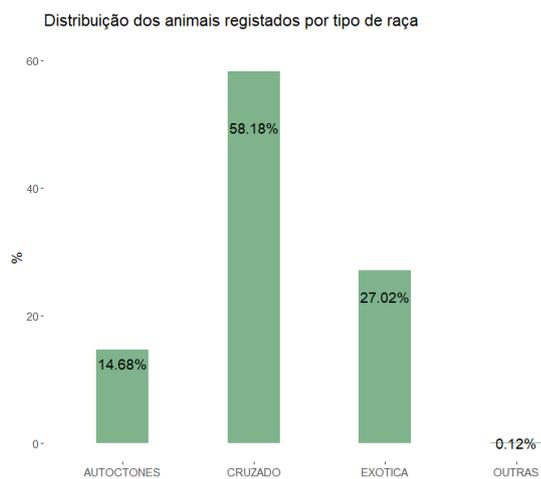


Figura 8. Distribuição dos animais registados por tipo de raça

Das explorações analisadas, 54,7% estão registadas como sendo de regime extensivo, 18,7% de regime intensivo e 2,1% de regime intensivo ao ar livre. No entanto, cerca de 1/5 das explorações (24,5%), não tem registo relativamente a esta informação, como se ilustra na Figura 9.

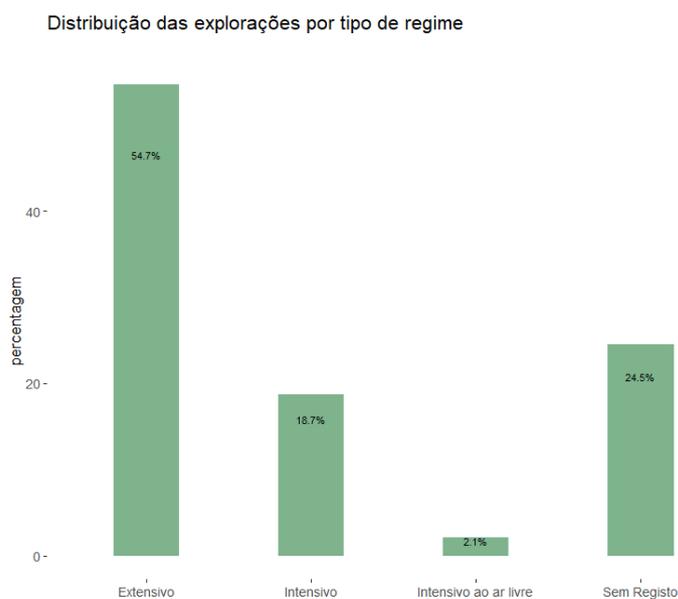


Figura 9. Distribuição das explorações pelo tipo de produção em Portugal

Destas explorações, 65,2% destinam-se à produção de carne, cerca de 6% recria/acabamento, 7,6% à produção de leite e as restantes para outros fins, como atividades lúdicas, colheita de sêmen, testagem de reprodutores, seleção e multiplicação e outros. No entanto, é desconhecido o fim a que se destinam 20,6% das explorações registadas, como ilustrado na Figura 10.

Distribuição das explorações por aptidão

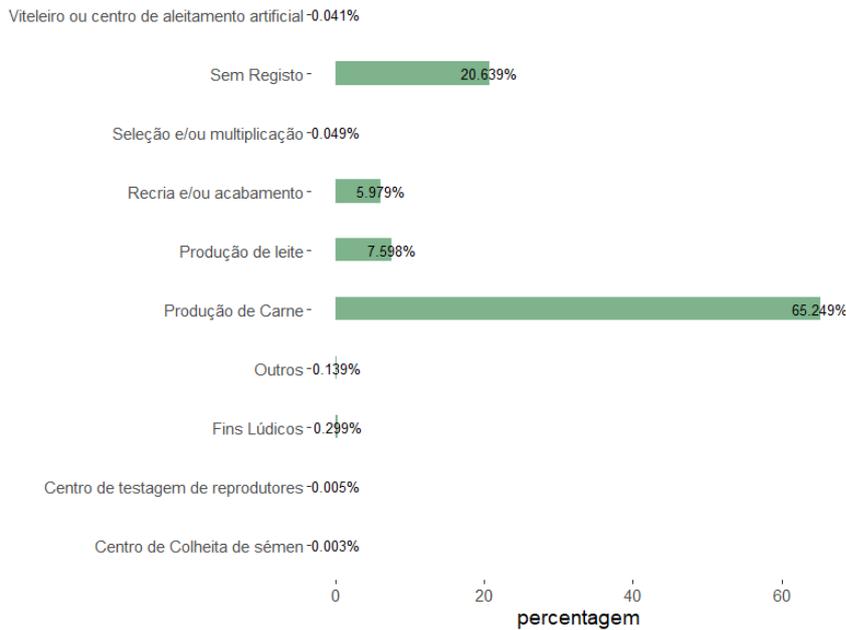


Figura 10. Distribuição das explorações por tipo de aptidão

As explorações estão distribuídas ao longo de todo o país. Como se ilustra no mapa da Figura 11, as explorações de regime extensivo distribuem-se principalmente pelas zonas sul e interior de Portugal, ao passo que as explorações de regime intensivo localizam-se principalmente na zona litoral norte.

No entanto, apesar da distribuição a nível nacional, verifica-se uma maior concentração de explorações de bovinos na região norte. Destacam-se regiões como Viana do Castelo, Braga, Gerês e Vila Real, ou seja, a norte do Porto, tal como se ilustra no mapa da Figura 12. Segue-se o Alentejo, Portalegre e zona litoral centro (Lisboa, Leiria, Santarém), respetivamente com o maior número de explorações bovinas.

Na legenda da Figura 12, encontra-se o endereço eletrónico que dá acesso à versão interativa do mapa, sendo que ao clicar numa área específica do mapa, ele ampliará esse mesmo local e apresentará uma distribuição do número de explorações proporcional à ampliação. Para voltar ao tamanho original, basta dar dois cliques.

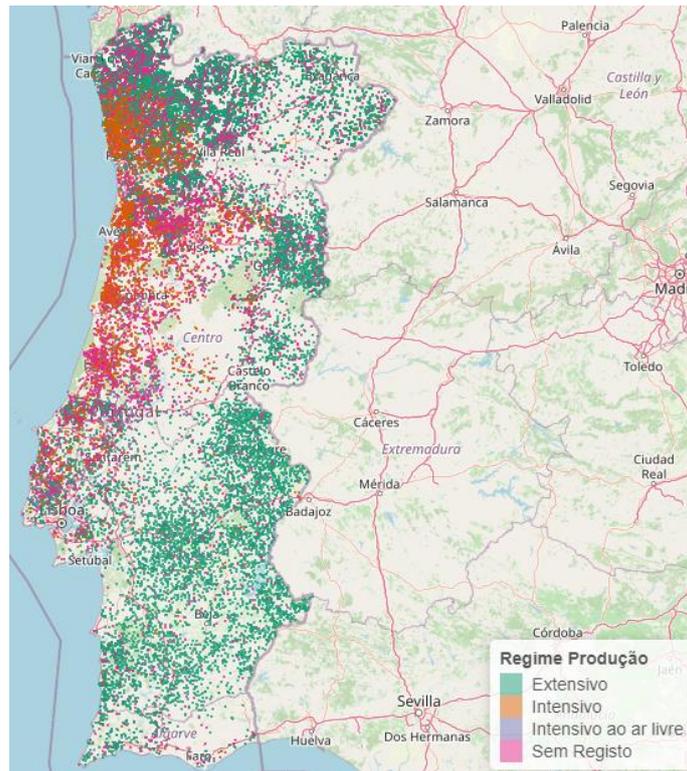


Figura 11. Mapa das explorações por regime de produção



Figura 12. Distribuição do número de explorações ao longo de Portugal continental (<https://rpubs.com/Jessvic/643034>)

5.1.2 Avaliação da distribuição das mortes

O padrão de registo de ocorrências do SIRCA não apresenta um padrão de distribuição homogêneo ao longo da semana, como se verifica no anexo I, com maior registo de mortes à segunda feira e, alguma sazonalidade a nível de meses.

Para o período em estudo, a distribuição das mortes ao longo dos meses do ano, está ilustrada na Figura 13. O período de estudo, como já referido, começa a 15 de agosto de 2015 e termina a dia 14 de agosto de 2019. Os baixos valores relativamente ao número de

mortes no mês de agosto tanto para o ano de 2019, como para 2015 é apenas aparente, uma vez que para ambos os anos, não estamos a contabilizar o total de animais mortos nesse mês, devido ao período de estudo.

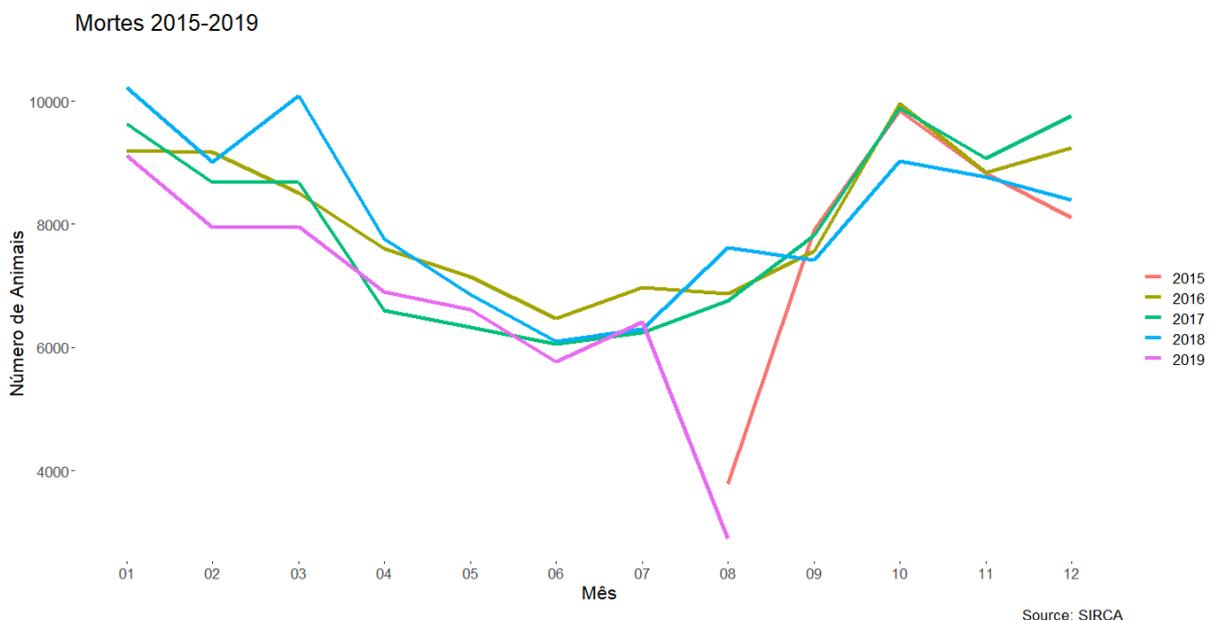


Figura 13. Distribuição das mortes ao longo dos meses em cada ano (2015-2019)

De um modo geral, não existe um ano que apresente o maior ou menor número de mortes ao longo do ano, sendo, no entanto, variável em função dos meses. Por exemplo, 2018 parece ser o ano com um maior número de mortes ao longo dos meses, apresentando os valores mais altos durante o período de estudo, com 10217 mortes no mês de janeiro e 10088 no mês de março. No entanto, entre setembro e novembro é o ano com menor registo de ocorrências. Assim, não há um ano que se destaque pela positiva ou negativa relativamente ao número de mortes, verificando-se, uma sazonalidade ao longo dos anos, durante o período em estudo. O número de mortes começa a aumentar a partir de agosto e diminui a partir de fevereiro. Posto isto, de um modo geral, o maior número de ocorrências acontece nos meses mais frios (início e fim do ano).

Avaliando o número de ocorrências entre os diferentes sistemas de produção, verifica-se que o número de ocorrências é superior de janeiro a abril e outubro, em regimes extensivos, ao passo que entre maio e setembro, são significativamente mais baixos em comparação com um regime intensivo. Em explorações de regime intensivo, o número de mortes diminui de janeiro a abril e a partir daí começa a aumentar.

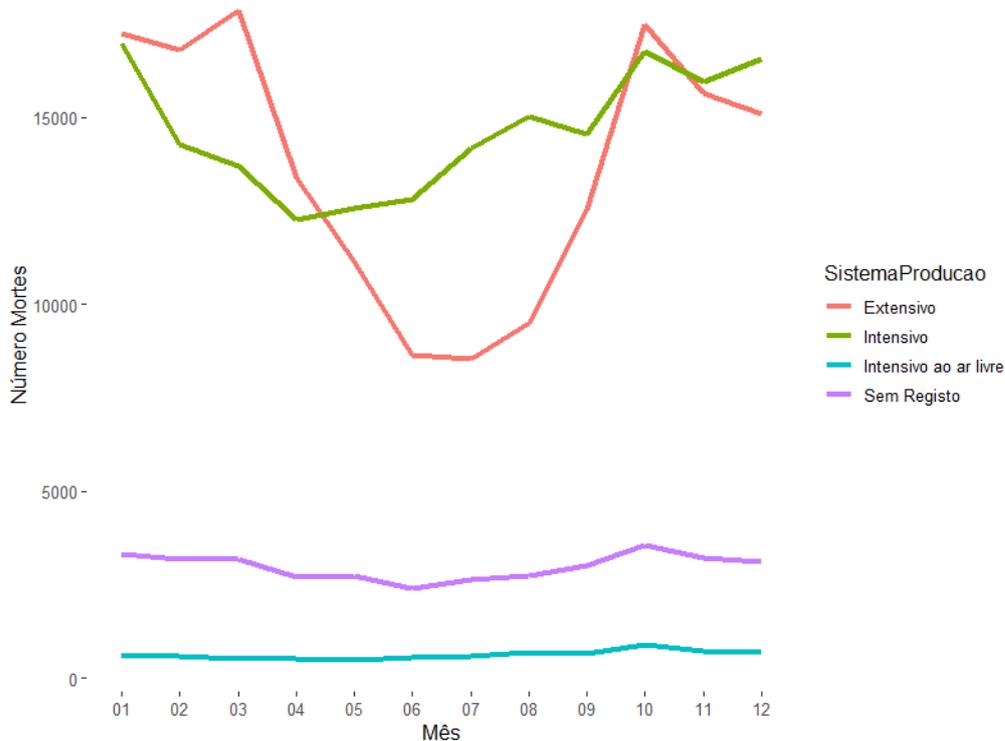


Figura 14. Evolução do número de mortes por Sistema de Produção ao longo dos meses do período em estudo

Assim, de uma forma geral, ocorre um maior número de mortes nos meses mais frios em explorações de regime extensivo e o número de mortes começa a aumentar nas estações mais quentes em regime intensivo. Explorações classificadas como de regime intensivo ao ar livre apresentam um número de ocorrências baixo e constante ao longo do ano, variando de 503, em maio, a 903 mortes em outubro, como ilustrado na Figura 14. Assim, apesar da escala do gráfico não permitir essa percepção, este sistema de produção também exibe uma sazonalidade no número de ocorrências.

Quanto à variação do número de mortes em função da aptidão da exploração, verifica-se um cenário semelhante ao anteriormente descrito, relativamente ao sistema produtivo (se associarmos explorações de regime extensivo à produção de carne e as de regime intensivo à produção de leite). Tal como se ilustra na Figura 15, verifica-se que, durante o período de estudo, as explorações de produção de carne registaram o maior número de ocorrências entre janeiro e maio e de setembro a dezembro. Durante os meses de verão (junho a agosto),

embora em menor número, o maior número de ocorrências foi registado pelas explorações leiteiras. As restantes explorações, de diferentes aptidões, apresentam um número de mortes constante ao longo dos meses do ano e com valores baixos. Isto explica-se por além de estarem representadas em menor proporção relativamente às explorações de carne e de leite, também apresentam, consideravelmente um menor número de animais.

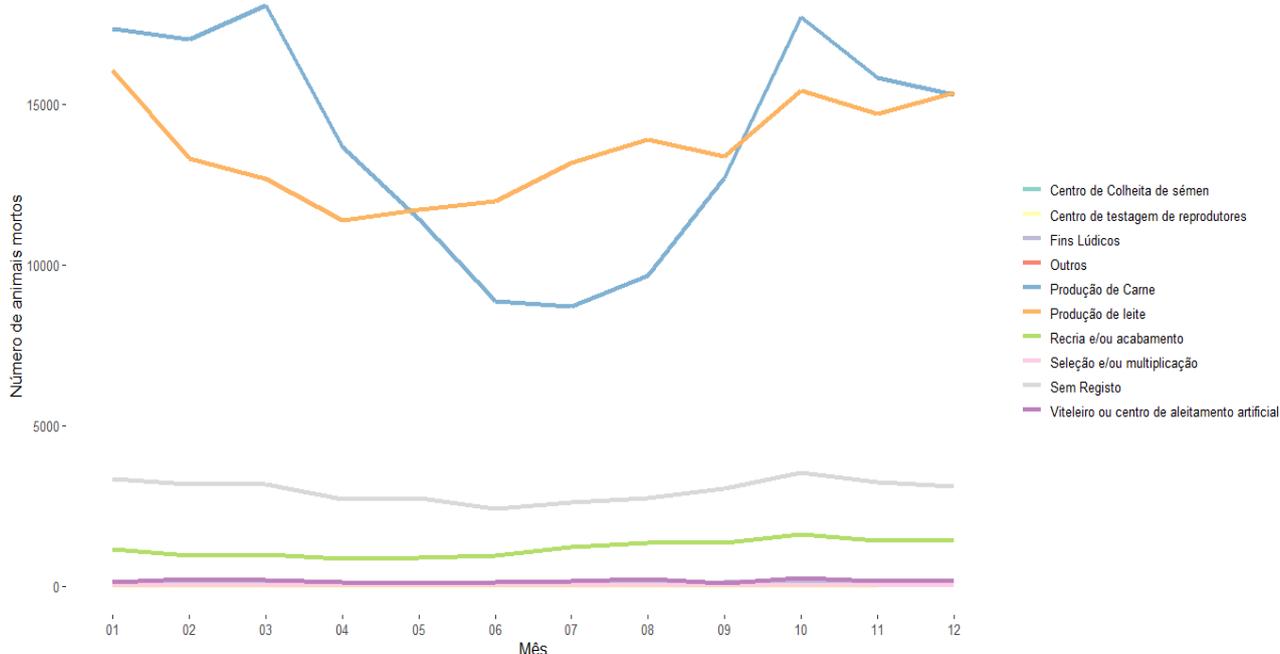


Figura 15. Evolução das mortes ao longo dos meses do ano, em função da aptidão da exploração

Foi calculada a idade dos animais registados na base de dados do SIRCA, aquando a sua morte, e agrupou-se por grupos de idades: dos 1-60 dias, dos 61-120 dias, dos 121 dias -18 meses e >18 meses, como se ilustra na tabela 2.

Tabela 2. Número de animais por faixa etária

Grupo Etário	0 dias	1-60 dias	61-120 dias	121-180 dias	181 dias – 18 meses	>18 meses
Nº Animais	25027	184908	23613	15150	47540	149318

Devido a, provavelmente erros de registo, obteve-se 30 animais que se encontravam repetidos (animais registados como recolhidos duas vezes). Esses registos foram eliminados da nossa base de dados a fim de continuar a análise, obtendo-se assim um total de 445556 animais (distribuídos por grupo de idade de acordo com a tabela 2). Não foram utilizados na nossa análise, animais com 0 dias, apenas animais a partir de 1 dia de idade, perfazendo assim um total de 420529 animais. Verifica-se que a faixa etária com maior número de animais

recolhidos é de 1 a 60 dias, seguida dos bovinos com mais de 18 meses, correspondendo, para a divisão da estrutura etária neste estudo, aos bovinos mais novos e mais velhos.

Após agrupar os animais por grupos de idade e verificou-se que 41,5% dos animais recolhidos pelo SIRCA tinham idade inferior a 2 meses, e 33,5% idade superior a 18 meses, como se ilustra no gráfico da Figura 16. Assim, estes são os grupos etários onde se registaram maior ocorrência de mortes ao longo do período em estudo.

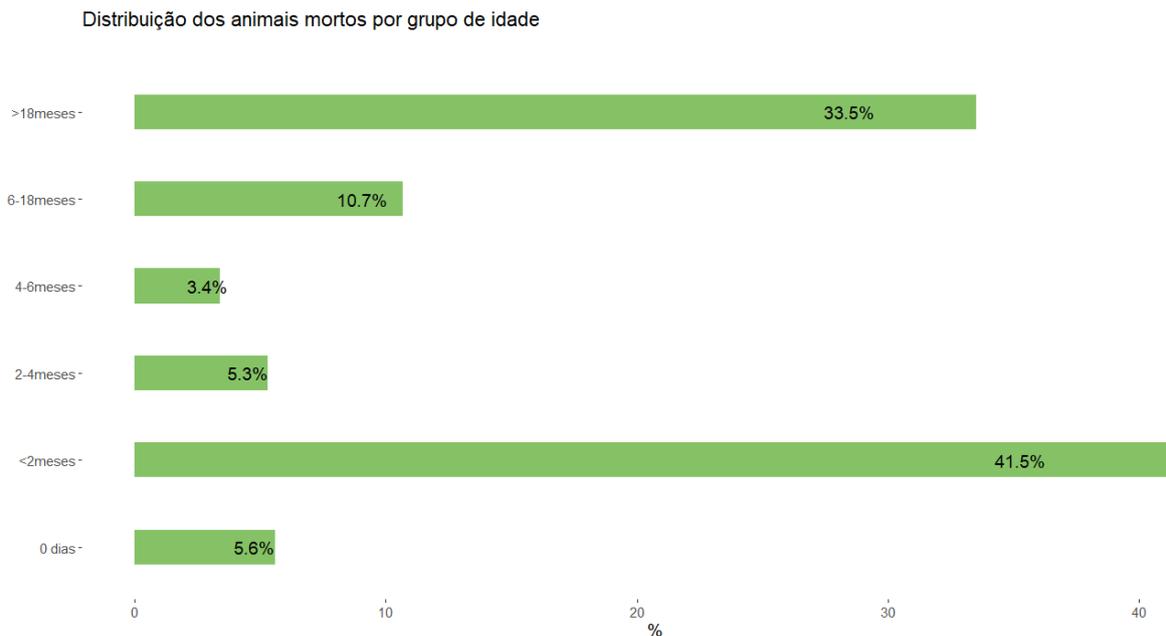


Figura 16. Animais recolhidos por grupo etário

Numa visão geral, por grupo etário, como se ilustra na Figura 17, os meses de janeiro e outubro são os meses onde se verifica maior número de ocorrências, em todos os grupos etários. O grupo de animais com idade inferior a 2 meses é o grupo que apresenta maior número de ocorrências, seguindo-se do grupo etário com animais mais velhos (>18 meses).

Em ambos os grupos, o número e ocorrências diminui de janeiro a julho, depois aumentam até outubro, onde atingem o seu máximo e voltam a descer.

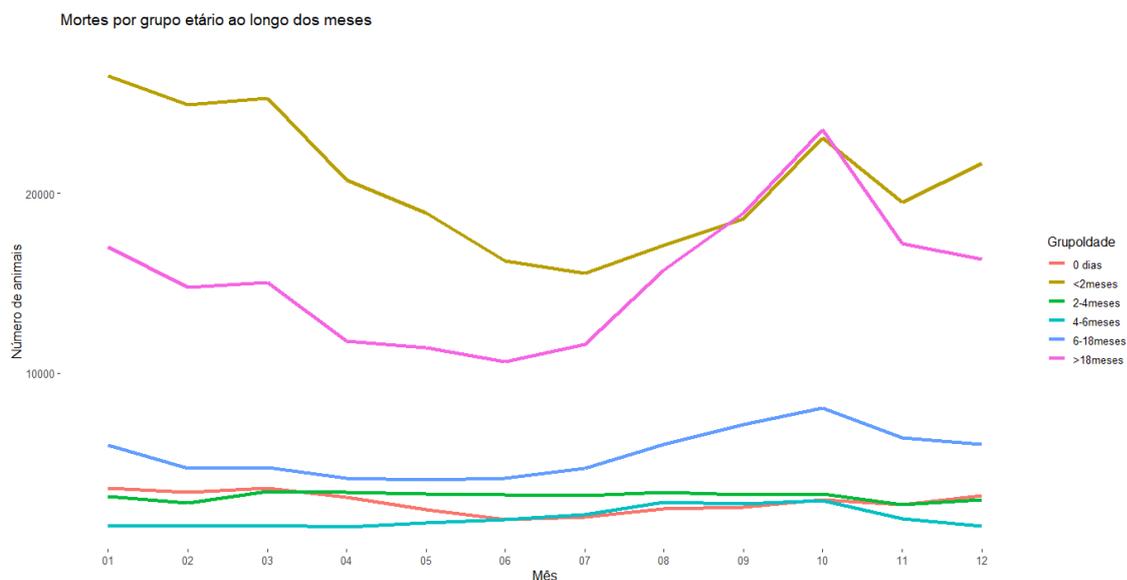


Figura 17. Evolução do número de mortes por grupo etário ao longo dos meses do ano durante o período em estudo

Relativamente à avaliação dos locais onde há maior registo de ocorrências, considerou-se a localização das estações meteorológicas como pontos de referência. Deste modo, o Porto é a região do país com maior número de ocorrências, seguido de Beja (base aérea). Por oposição, Sines é onde se regista o menor número de ocorrências durante o período em estudo, como se verifica na tabela 3.

Tabela 3. Número de ocorrências por estação meteorológica, durante o período em estudo e número de explorações atribuídas a cada estação meteorológica

Estação Meteorológica	Nº de Mortes	Nº de Explorações	Nº médio de mortes por exploração
Alverca	36892	931	39,6
Beja / Base Aérea	92892	2643	35,1
Coimbra	27517	1436	19,2
Portalegre	42178	1532	27,5
Porto	144071	6905	20,9
Sines /Montes Chãos	12098	701	17,3
Viseu	26990	3828	7,1

5.2 Caracterização da mortalidade

A taxa de mortalidade em Portugal continental, ilustrada na Figura 18, cuja hiperligação permite analisá-lo de forma interativa (ao selecionar uma área do gráfico, ela será ampliada, depois para retomar ao gráfico original, sem ampliação, basta fazer dois cliques; se colocar o rato apenas por cima do *boxplot* vão aparecer quais os valores dos quartis), é mais elevada na classe dos animais entre 1 e 60 dias, sendo a média mais alta nos meses de agosto, setembro, outubro e janeiro, onde ronda os 6%. Os valores mais baixos são atingidos em abril e maio (3,47% e 3,51%, respetivamente). A taxa de mortalidade média das restantes classes etárias situa-se abaixo de 1%, sendo que animais entre os 2 e 4 meses, apresentam valores máximos de 1,10% e 1,07% em outubro e novembro, respetivamente. De um modo geral, verifica-se um padrão sazonal comum a todas as faixas etárias, pelo que a taxa de mortalidade atinge os valores mais baixos em abril e maio, aumenta até outubro e depois desce ligeiramente até janeiro. A partir daí a descida é mais evidente.



Figura 18. Taxa de mortalidade Portugal continental (<https://rpubs.com/Jessvic/643032>)

Utilizaram-se como valores de referência para a taxa de mortalidade, os valores considerados pela *Dairy Calf and Heifer Association* (DCHA), pelo menos em regiões onde o sistema de produção era predominantemente intensivo.

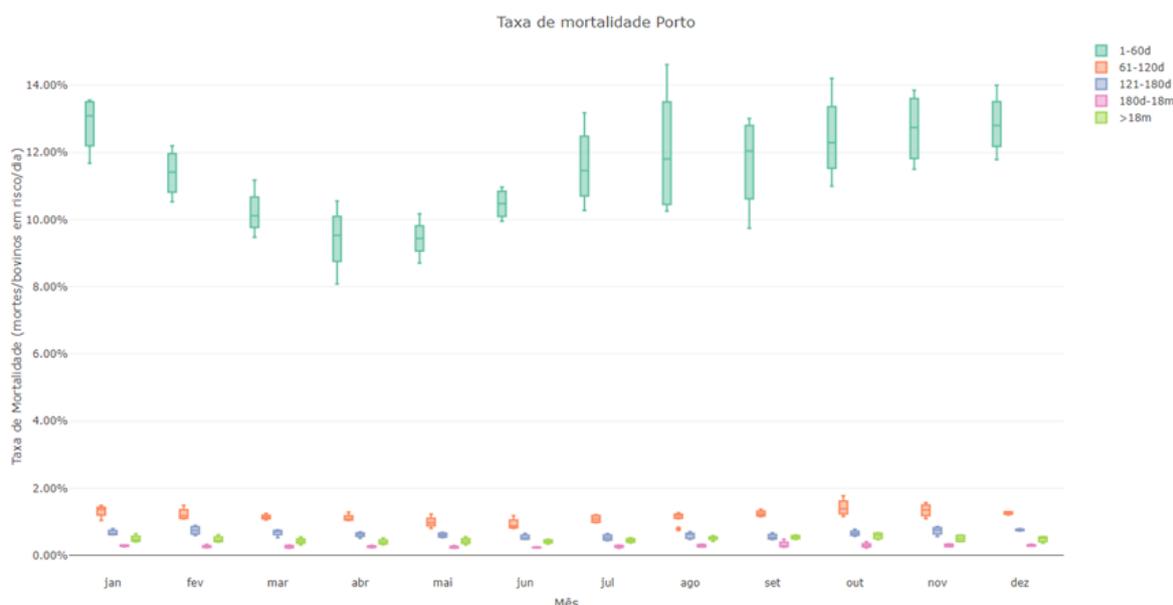


Figura 19. Taxa de Mortalidade do Porto (<https://rpubs.com/Jessvic/643099>)

Analisando a taxa de mortalidade associada à região do Porto para as diferentes classes etárias, ilustrado no gráfico da Figura 19, verifica-se que em todas as classes, com exceção dos animais entre 1-60 dias, ao longo de todo o ano, a taxa de mortalidade está abaixo dos 2%. Classes de animais com idade superior aos 120 dias mantêm-se sempre abaixo de 1%, o que é consistente com os valores de referência (DCHA). Animais com idade compreendida entre os 180 dias e os 18 meses são os que apresentam a taxa de mortalidade mais baixa ao longo de todo o ano, abaixo dos 0,5%. No entanto, a contrastar com estes valores, temos a classe dos animais cujas idades variam entre os 1-60 dias, cuja taxa de mortalidade, em média, ronda os 12%. A altura em que a taxa de mortalidade é menor é no mês de abril, sendo que esta nunca desce abaixo dos 8,09%, e atinge o máximo em agosto (14,61%). Tais valores são alarmantes, pois encontram-se muito acima dos valores de referência (DCHA), que para esta classe etária são <5%. Além disso, de um modo geral, as explorações afetadas à região do Porto apresentam valores da taxa de mortalidade que são o dobro dos registados a nível nacional. No entanto, apesar destas diferenças, verifica-se um padrão sazonal semelhante em todas as faixas etárias. A partir de maio, a taxa de mortalidade começa a aumentar, atingindo o seu pico (taxa de mortalidade média) entre os meses de outubro e dezembro, a partir do qual começa a diminuir até abril. Apesar de todas as classes apresentarem uma sazonalidade, esta é mais marcada na classe dos 1-60 dias.

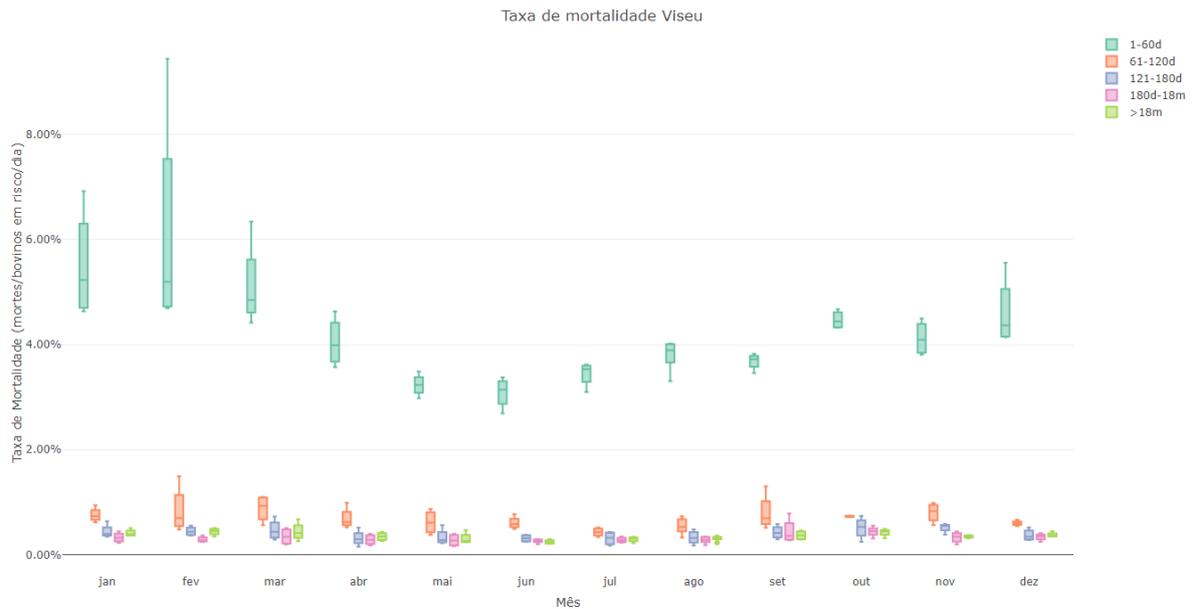


Figura 20. Taxas de mortalidade de Viseu (<https://rpubs.com/Jessvic/643106>)

A taxa de mortalidade de Viseu, ilustrada na figura 20, para todos os animais com idade entre 61 e os 120 dias mantém-se abaixo dos 1,50% e para animais entre os 121 e os 180 dias e mais velhos mantém-se abaixo de 1% ao longo de todos os meses do ano, o que está dentro do limite de referência para bovinos leiteiros (DCHA). Não há nenhuma faixa etária que registre sempre os valores mais baixos da taxa de mortalidade ao longo de todo o ano. No entanto, as taxas de mortalidade de animais dos 61-120 dias, são um pouco mais altas que as dos animais com mais de 121 dias, variando a sua média entre os 0,43% e os 0,93%, atingindo o seu ponto máximo em fevereiro e setembro, com 1,49% e 1,30%, respetivamente. Já o seu valor mínimo foi atingido nos meses de maio e julho, com 0,34% e 0,37%, respetivamente. A destacar-se destes valores, está a taxa de mortalidade dos animais cujas idades estão compreendidas entre os 1-60 dias, cuja média anual ronda os 4%, que está dentro dos valores de referência para animais leiteiros desta idade (<5%) (DCHA). Atingiu um valor máximo de 9,44% em fevereiro e mínimo, em junho, de 2,69%. Verifica-se uma sazonalidade ao longo do ano. De um modo geral, a mortalidade começa a aumentar ligeiramente de agosto até outubro-novembro. De janeiro a fevereiro, volta a estar aumentada, atingindo os picos no primeiro trimestre do ano, e desce de forma mais acentuada até junho.

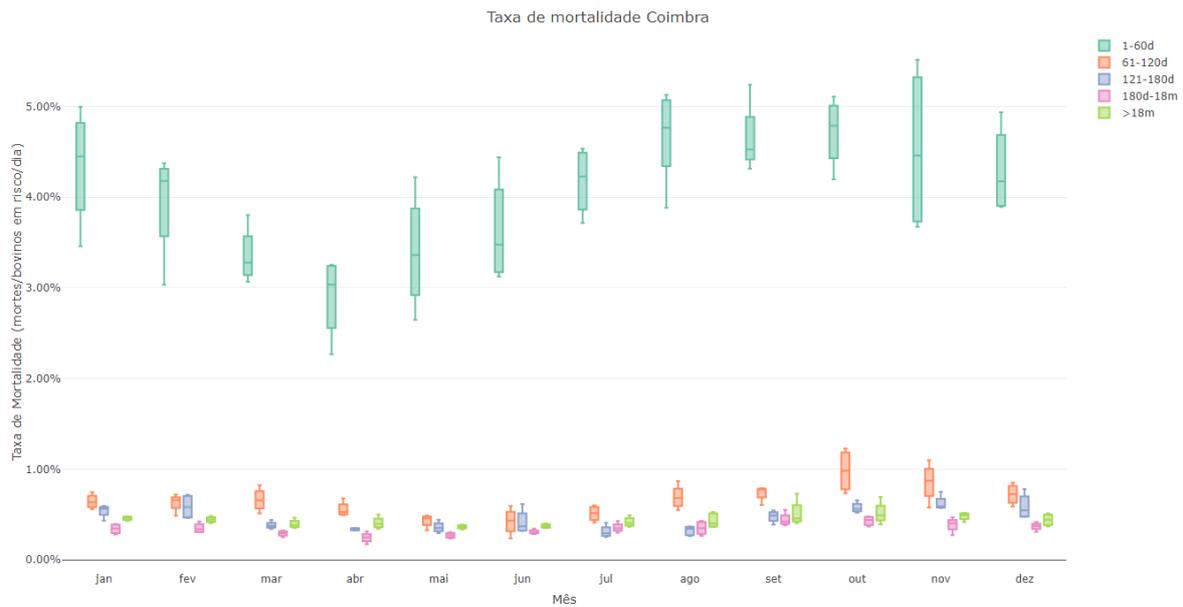


Figura 21. Taxa de mortalidade Coimbra (<https://rpubs.com/Jessvic/643111>)

A taxa de mortalidade em Coimbra, ilustrada na figura 21, mantém-se abaixo de 1%, durante todo o ano, para animais com mais de 61 dias, à exceção de outubro e novembro nos animais com 61 a 120 dias de idade, que atinge o pico de 1,23% e 1,10%, respetivamente. Mesmo assim, estes valores encontram-se dentro dos valores de referência da *Dairy Calf and Heifer Association* (DCHA). Para estas classes (>61 dias), o valor mínimo na taxa de mortalidade é alcançado nos meses de abril e maio. Nos animais com 1 a 60 dias, a média anual detém-se nos 4%, variando sazonalmente. Atinge valores máximos em novembro e agosto (5,51% e 5,13%, respetivamente) e o valor mínimo em abril (2,27%). A taxa de mortalidade começa a aumentar a partir de abril até outubro (4,79%) e diminui até abril (3,03%). Esta sazonalidade é comum a todas as classes etárias.

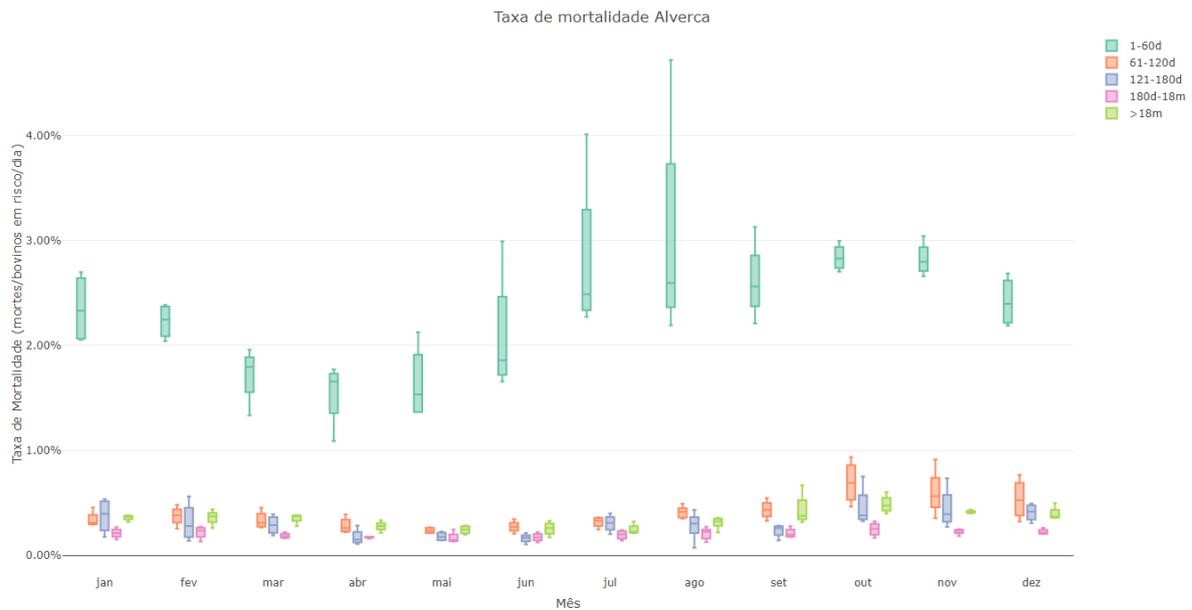


Figura 22. Taxa de mortalidade Alverca (<https://rpubs.com/Jessvic/643121>)

À semelhança de Coimbra, a taxa de mortalidade em Alverca de todas as faixas etárias com mais de 61 dias, mantém-se abaixo de 1%, como se ilustra no gráfico da figura 22. Atinge o valor máximo em outubro nas classes 61 a 120 dias (0,94%), dos 121 a 180 dias (0,75%) e dos 181 dias a 18 meses (0,32%) e, em bovinos com mais de 18 meses (0,67%), em setembro. A média anual da taxa de mortalidade dos bovinos entre 1 e os 60 dias de idade detém-se nos 2%, valor bastante animador, tendo em conta os limites de referencia para bovinos leiteiros (DCHA). Esta aumenta de maio (1,53%) a outubro (2,83%) e desce até abril (1,66%), onde atinge o seu valor mínimo (1,09%). Apesar desta sazonalidade, registam-se um pico em agosto (4,72%) que se destaca do padrão sazonal. As restante faixas etárias apresentam uma sazonalidade semelhante: a taxa de mortalidade aumenta de junho a outubro, e diminui até maio.

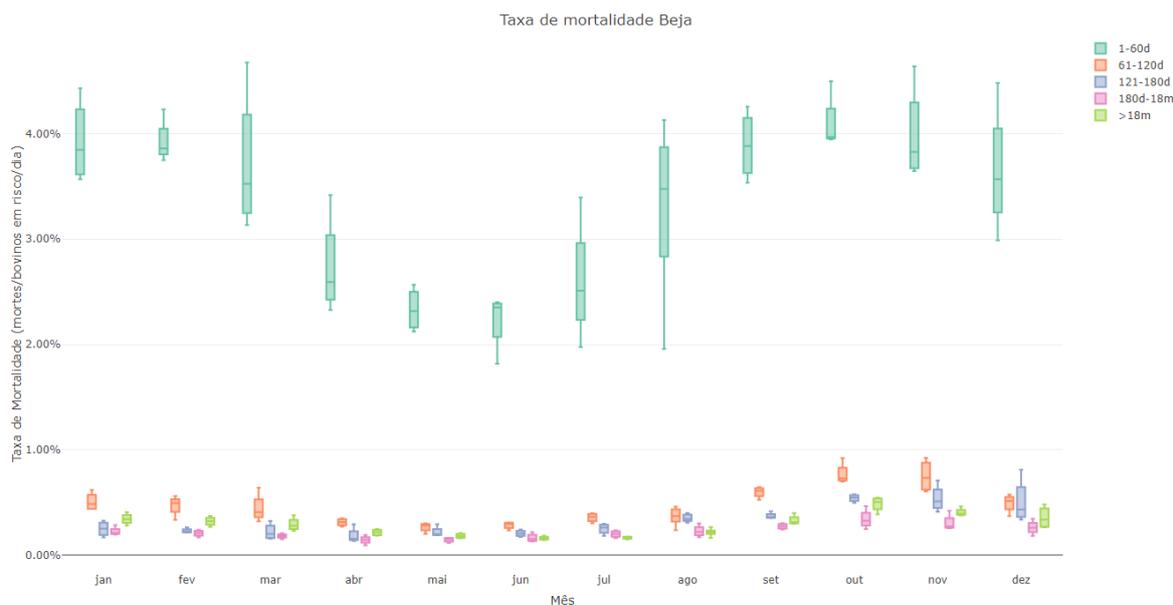


Figura 23. Taxa de mortalidade de Beja (<https://rpubs.com/Jessvic/643094>)

No caso de Beja, ilustrado na figura 23, classes de animais com mais de 121 dias, entre janeiro e setembro, a taxa de mortalidade fica abaixo de 0,5%, depois aumenta, atingindo o valor máximo de 0,81%, na classe dos 121 dias – 180 dias, em dezembro, apesar de o máximo para o valor médio ser alcançado no mês de outubro (0,55%); de 0,55% na classe com mais de 18 meses em outubro, sendo que nos bovinos entre os 180 dias e os 18 meses, a taxa de mortalidade mantém-se sempre abaixo dos 0,5% ao longo do ano. Os valores mínimos registados, para estas classes, ocorrem nos meses de abril (0,14%), junho (0,14%) e abril (0,09%), respetivamente. Para a classe dos 61-120 dias, atinge o seu valor máximo (0,92%) em outubro e novembro, e o mínimo (0,20%) em maio. A classe dos 1- 60 dias, tal como verificado anteriormente, é a classe que apresenta uma taxa de mortalidade maior ao longo de todo o ano, rondando a sua média os 3%. No entanto, não é muito correto guiarmo-nos pela média anual, visto que existe sazonalidade e este valor dispersa ao longo dos meses. A taxa de mortalidade (média mensal) aumenta de junho (2,35%) a outubro (3,97%) e diminui até maio (2,32%), exceto nos meses de janeiro e fevereiro (3,85% e 3,86%, respetivamente), onde é superior à registada em dezembro (3,57%). Contudo, o seu valor máximo é alcançado no mês de março (4,68%) e o valor mínimo, no mês de junho (1,62%), apresentando sempre valores inferiores aos registados a nível nacional. Apesar das diferenças nos valores relativos à taxa de mortalidade, todas as classes apresentam sazonalidade relativamente à variação da taxa de mortalidade semelhante à descrita para os animais entre os 1 e 60 dias: aumenta a partir de junho, atingindo o seu pico nos meses de outubro e novembro e depois começa a diminuir até maio.

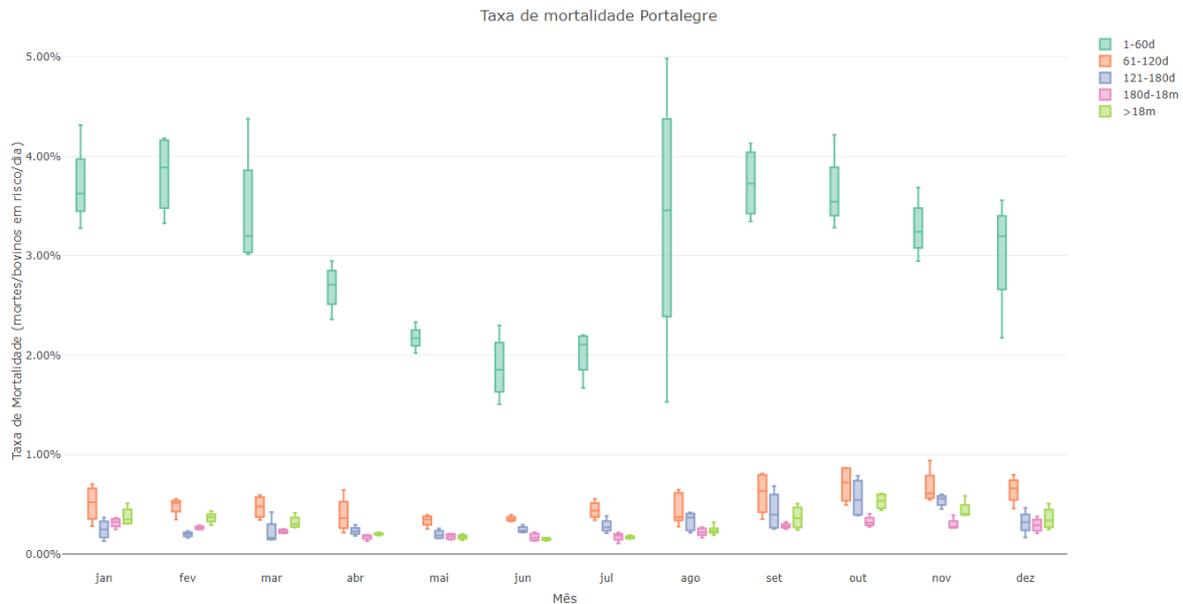


Figura 24. Taxa de mortalidade Portalegre (<https://rpubs.com/Jessvic/643136>)

Em Portalegre, como ilustrado na figura 24, a taxa de mortalidade em todas as classes de animais com idade superior a 60 dias está abaixo de 1% ao longo de todo o ano, de forma semelhante ao que se verifica a nível nacional. Para os animais entre os 61 e os 120 dias, a taxa de mortalidade atinge os seus valores mais altos em setembro (0,81%) e outubro (0,87%) e o valor mais baixo em abril (0,21%); para as restantes classes com animais com idade superior a 120 dias, o pico atinge-se em outubro (0,79%) e o mínimo em janeiro (0,13%) e março (0,14%). Apesar das ligeiras diferenças, relativamente aos meses em que se atinge o pico e o mínimo de mortalidade, verifica-se uma sazonalidade ao longo do ano. De um modo geral, de junho a outubro a taxa de mortalidade aumenta, depois diminui até abril – maio. Animais entre os 1 e 60 dias, apesar da média da sua taxa de mortalidade ser superior à das classes anteriores, rondando os 3% [1,85;3,89] ao longo de todo o ano, apresenta uma sazonalidade semelhante à das restantes classes: aumenta de julho (2,11%) até setembro (3,73%), diminui ligeiramente até dezembro (3,20%) e depois de forma mais acentuada entre março (3,20%) e junho (1,85%). Janeiro e fevereiro podem apresentar uma taxa de mortalidade superior à registada em dezembro (3,63% e 3,89%, respetivamente). Assim, nesta classe, apesar de não ser o mês onde a média da taxa de mortalidade é mais alta, agosto apresenta um pico de 4,99%, ao passo que o mês em que a taxa de mortalidade registada é mais baixa é claramente em junho (1,51%). No entanto, os valores registados são inferiores aos nacionais, nesta classe etária.

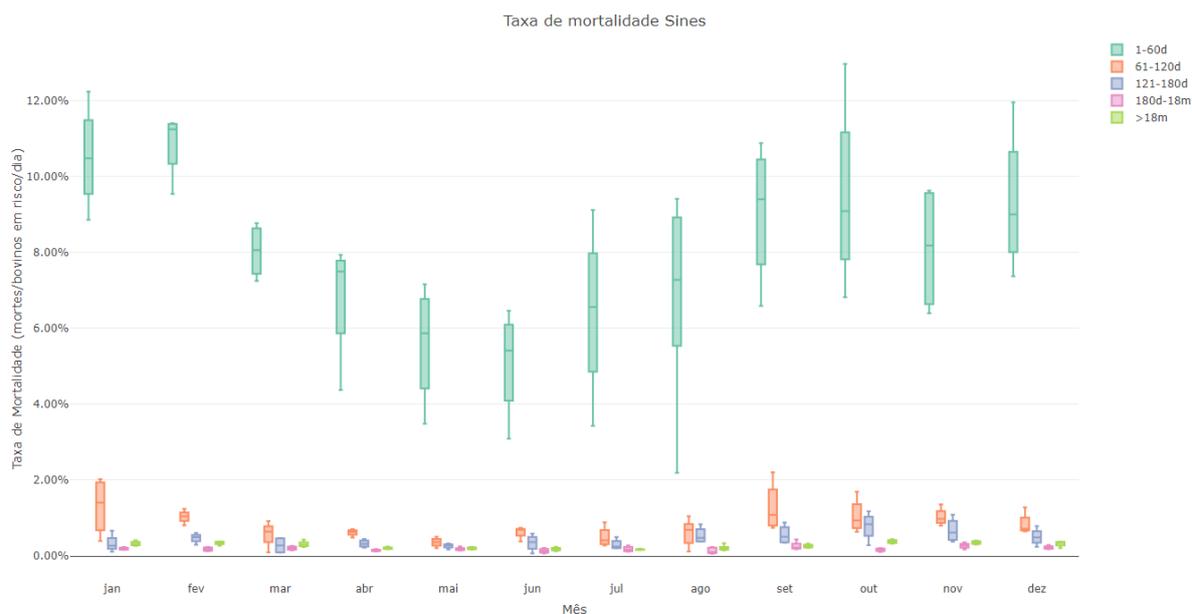


Figura 25. Taxa de Mortalidade Sines (<https://rpubs.com/Jessvic/643148>)

Por fim, a taxa de mortalidade de Sines de animais com mais de 180 dias mantém-se abaixo de 0,5% ao longo de todo o ano, atingindo o valor mínimo em agosto, para bovinos com 180 dias a 18 meses (0,06%) e em junho para bovinos com mais de 18 meses (0,12%), como se ilustra na figura 25. Por contraste, os valores máximos para estas faixas etárias são alcançados em setembro (0,43%) e outubro (0,44%), respetivamente. Estas classes etárias não apresentam uma sazonalidade, pelo que os seus valores médios não variam muito ao longo dos meses do ano. Nos animais entre os 120 e 180 dias, a taxa de mortalidade atinge o valor máximo em outubro (1,18%) e o mínimo em junho (0,06%), enquanto que nos bovinos entre os 61 e 120 dias, os valores máximos e mínimos da taxa de mortalidade são atingidos em setembro (2,21%) e março (0,09%), respetivamente. À semelhança do que se verificou no Porto, a taxa de mortalidade dos bovinos entre 1 e 60 dias destaca-se largamente da registada nas outras faixas etárias, tendo uma média anual de 8%, superior à verificada a nível nacional. Aumenta de junho (5,42%) a setembro (9,41%), desce ligeiramente até dezembro, janeiro e fevereiro aumenta (10,49% e 11,25%, respetivamente) e volta a diminuir de forma mais acentuada até junho. Apesar desta sazonalidade ao longo do ano, partilhada também pelos animais dos 61 aos 180 dias, regista-se um valor máximo em outubro (12,78%).

A tabela correspondente às taxas de mortalidade (média, máxima e mínima) por mês, nas diferentes regiões consideradas, encontra-se no anexo III.

5.3 Avaliação do Efeito do THI na Taxa de Mortalidade

Nesta fase do trabalho, os resultados vão ser apresentados para todas as faixas etárias individualmente, por cada zona, para avaliar de que forma é que o Índice de Temperatura – Humidade (THI) está associado à mortalidade em termos de Risco Relativo (RR) ao longo dos dias. Relembrar que se usou como ponto de referência THI = 65, pelo que o risco relativo é calculado em função desse valor.

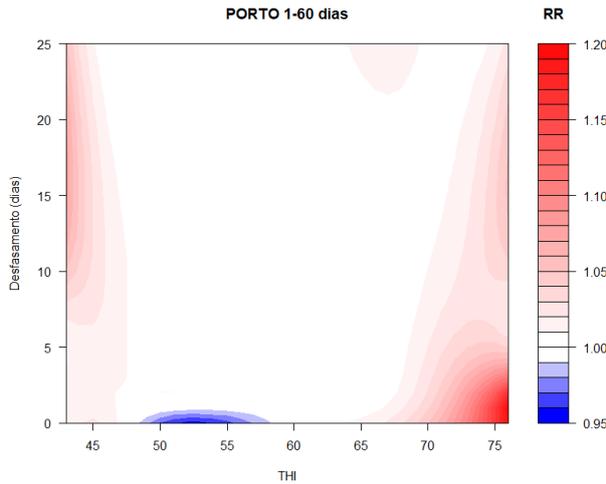


Figura 26. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Porto 1-60 dias)

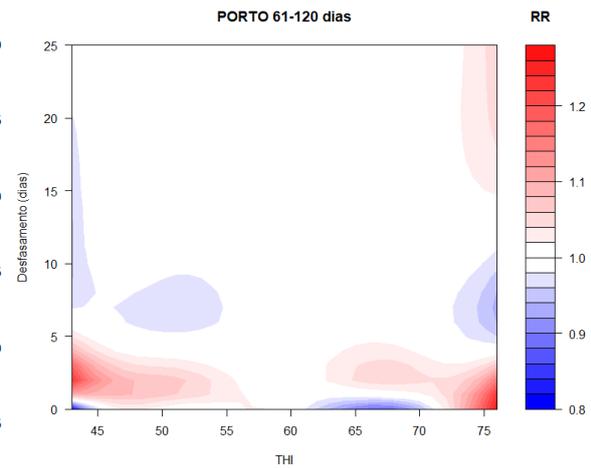


Figura 27. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Porto 61-120 dias)

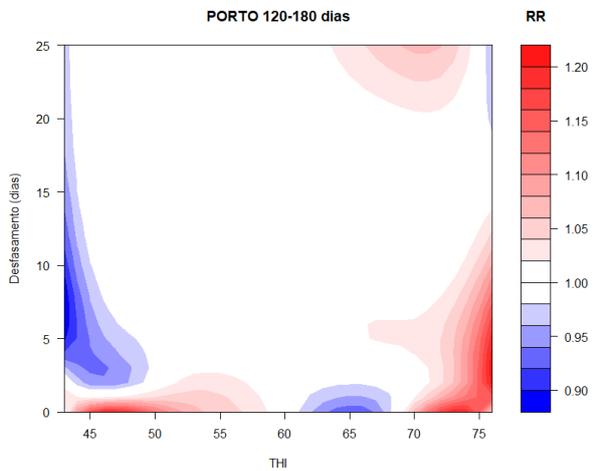


Figura 28. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Porto 120-180 dias)

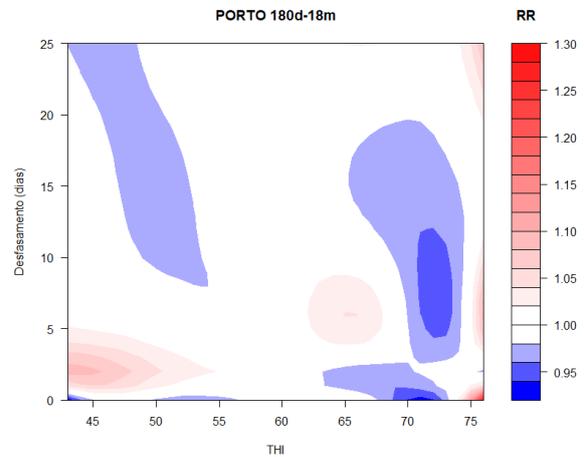


Figura 29. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Porto 180 dias-18meses)

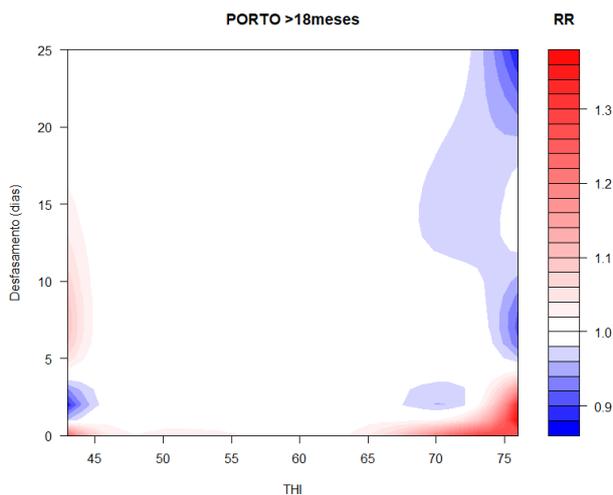


Figura 30. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Porto >18meses)

Na região do Porto (figuras 26 a 30), de um modo geral, verificam-se efeitos imediatos, com aumento do RR, perante condições de THI elevados, acima de 70.

Para animais com 1 a 60 dias de idade, valores de THI acima de 70, mas especialmente a partir de 74, o risco relativo (RR) é elevado (1,20) no próprio dia até aos 3 dias seguintes. Isto indica que a probabilidade de estes animais morrerem é 1,2 vezes maior até três dias após sujeitos a tais condições. Este RR diminui

com o passar dos dias após se registar um THI elevado. No entanto, também valores de THI abaixo de 45 estão associados ao aumento do RR (1,10), mas só nos 10 a 15 dias seguintes após registo de tais valores de THI, ou seja, têm um efeito desfasado no tempo. Isto indica que a probabilidade de morrer, nesta classe etária, também aumenta em 1,1 vezes, quando expostos a condições de THI abaixo de 45, mas só após 10 a 15.

Em animais com mais de 18 meses, quando os valores de THI variam entre 70 e 75, a probabilidade de morrerem devido à exposição é 1,3 vezes maior nesses dias. Já quando os valores de THI estão acima de 75, esta probabilidade é 1,36 vezes maior no próprio dia até os 3 dias seguintes.

As restantes classes etárias não apresentaram associações que fossem estatisticamente significativas.

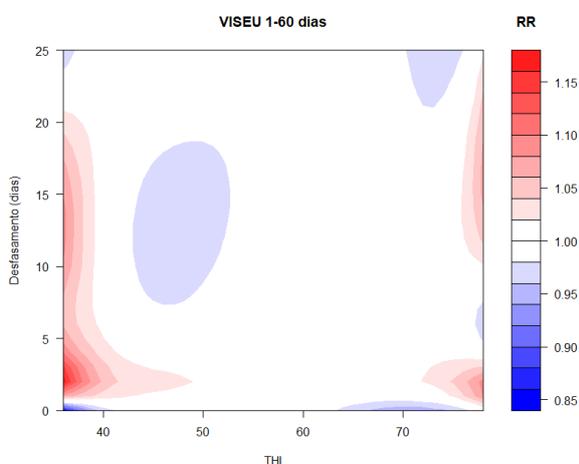


Figura 31. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Viseu 1-60 dias)

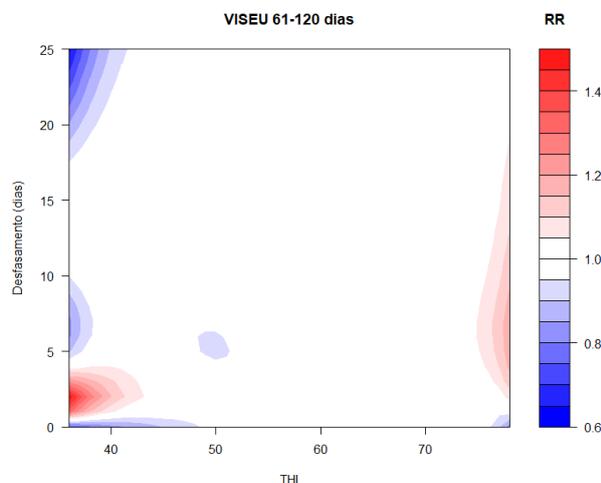


Figura 32. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Viseu 61-120 dias)

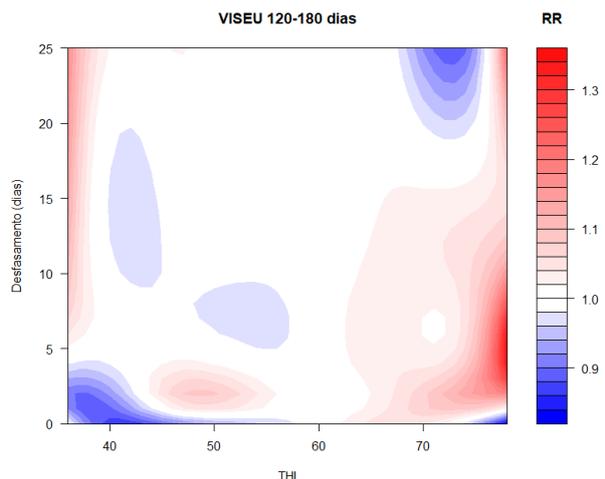


Figura 33. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Viseu 120-180 dias)

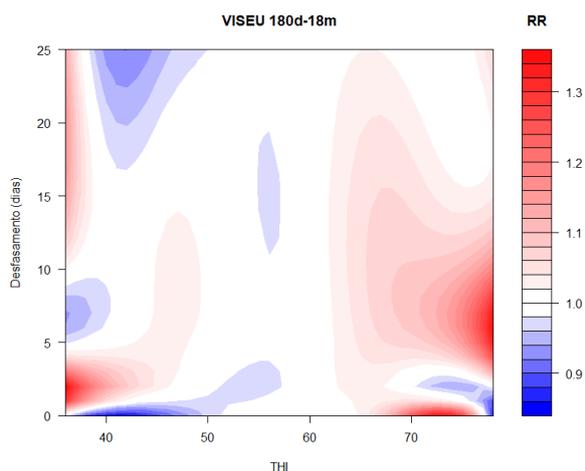


Figura 34. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Viseu 180 dias-18 meses)

Relativamente a Viseu (figuras 31-34), de um modo geral, verifica-se uma associação entre a exposição a condições com THI superiores a 70 nos dois a cinco dias seguintes e o aumento do RR. Assim como, uma associação desfasada, entre os 10 a 20 dias pós exposição a THI inferiores a 40.

Animais entre os 180 dias e os 18 meses sujeitos a condições com valores de THI superiores a 70, vêm a probabilidade de morrer aumentar em 1,34 vezes no próprio dia, assim como nos 4 a 7 dias seguintes, sendo apenas estatisticamente significativa nos 4 a 7 dias seguintes. Um cenário semelhante também se verifica para valores de THI inferiores a 40, um a quatro dias após exposição a tais condições. No entanto, passados 15 a 25 dias, o RR é de 1,2, o que indica que a probabilidade continua aumentada, mas não tanto como nos primeiros quatro dias após a exposição a tais condições, verificando-se assim um efeito desfasado no tempo quando o THI é inferior a 40. Esta situação é muito idêntica à que se verifica nos animais com idade superior a 18 meses, sendo que apenas nestas classes etárias que as associações foram significativas.

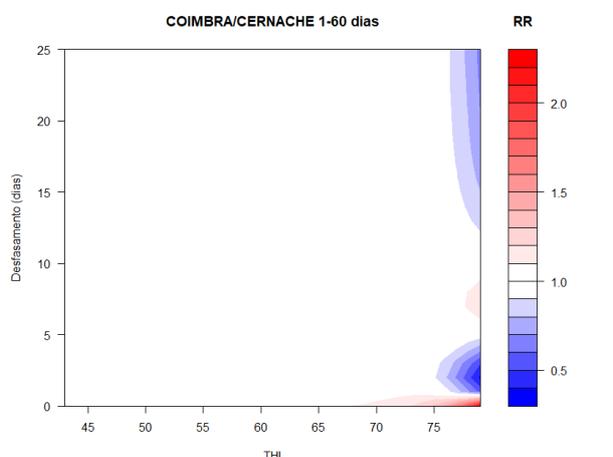


Figura 35. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Coimbra 1-60 dias)

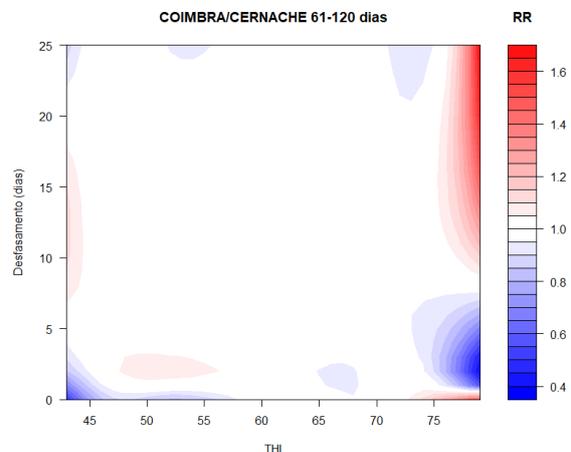


Figura 36. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Coimbra 61-120 dias)

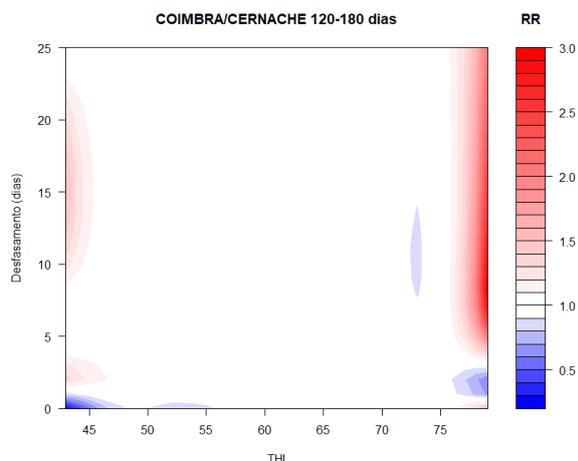


Figura 37. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Coimbra 120-180 dias)

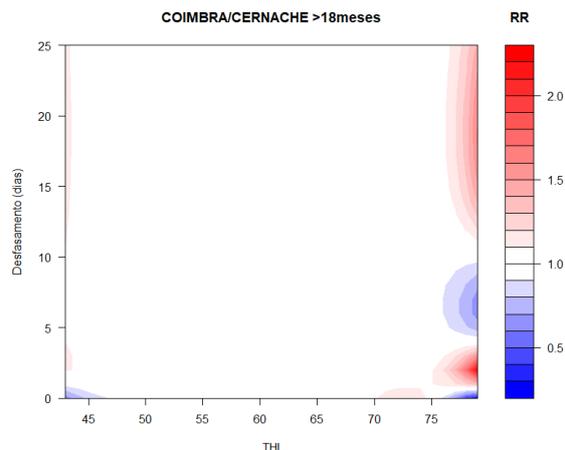


Figura 38. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Coimbra >18meses)

Em Coimbra (figuras 35-38), de um modo geral, o RR dos animais não está associado de forma significativa a condições de valores de THI baixos. No entanto, verificam-se associação com valores de THI elevados, acima de 75.

Em bovinos entre os 121 e os 180 dias, a probabilidade de morrerem é entre 2,2 a 3 vezes maior, nos 5 a 25 dias subsequentes à exposição a condições com valores de THI acima de 75 e, 1,5 a 2,0 vezes maior, nos 10 a 20 dias após a exposição a condições de THI inferiores a 44. Verifica-se assim um efeito desfasado no tempo, tanto com valores de THI elevados ou mais baixos e ambas as associações são estatisticamente significativas. O cenário é bastante idêntico nos bovinos entre os 181 dias e 18 meses, sendo igualmente significativo.

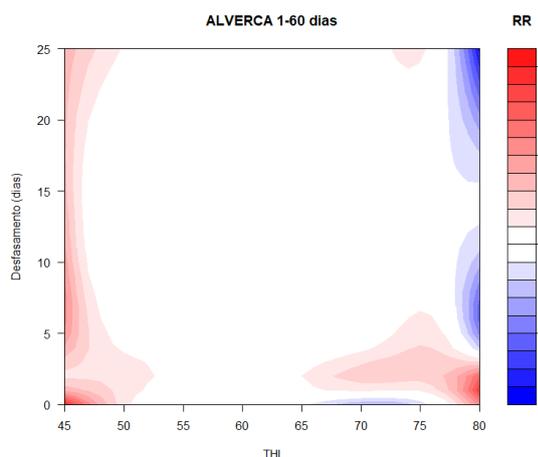


Figura 39. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Alverca 1-60 dias)

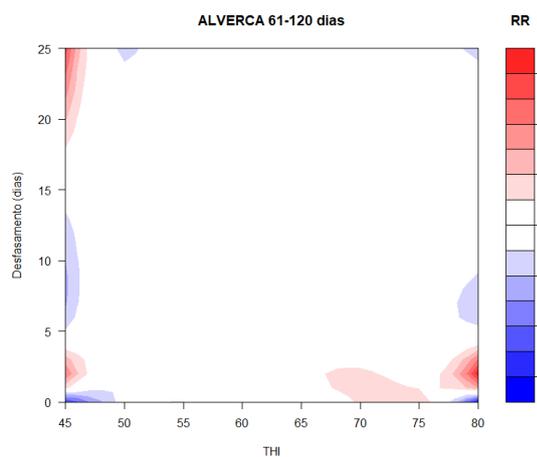


Figura 40. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Alverca 61-120 dias)

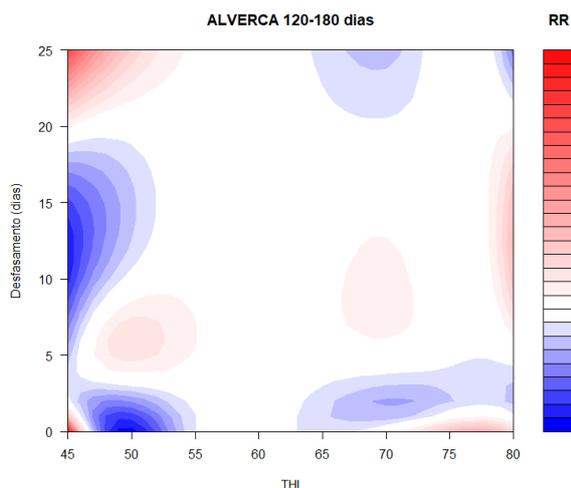


Figura 41. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Alverca 120-180 dias)

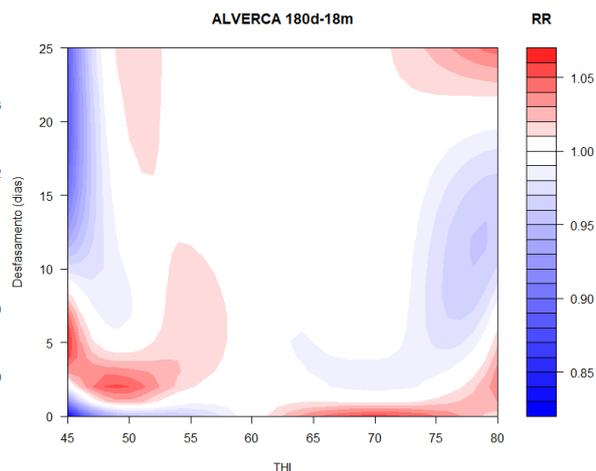


Figura 42. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Alverca 180 dias-18 meses)

Em Alverca (figuras 39-42), de um modo geral, verifica-se uma associação positiva entre o RR e a exposição a condições de THI elevados (a partir de 70), com efeitos imediatos que se estendem até aos três dias após a exposição. Verificam-se também associações entre o RR e a exposição a condições de THI inferiores a 40, com efeitos desfasados no tempo, variando entre os 5 e os 25 dias pós exposição. O cenário para animais com mais de 18 meses é igual ao que se verifica nos animais entre os 180 dias e os 18 meses, pelo que não está aqui representado. Contudo, numa das associações foi estatisticamente significativa.

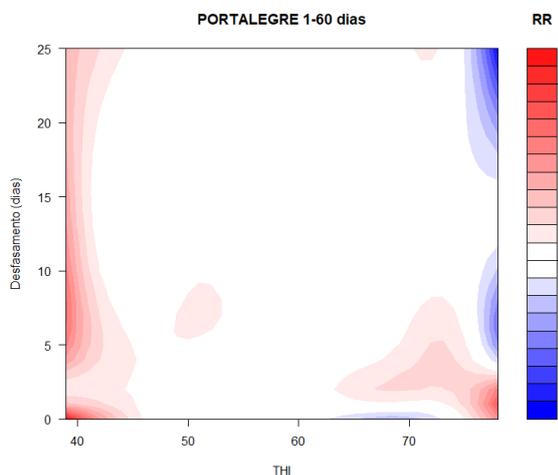


Figura 43. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Portalegre 1-60 dias)

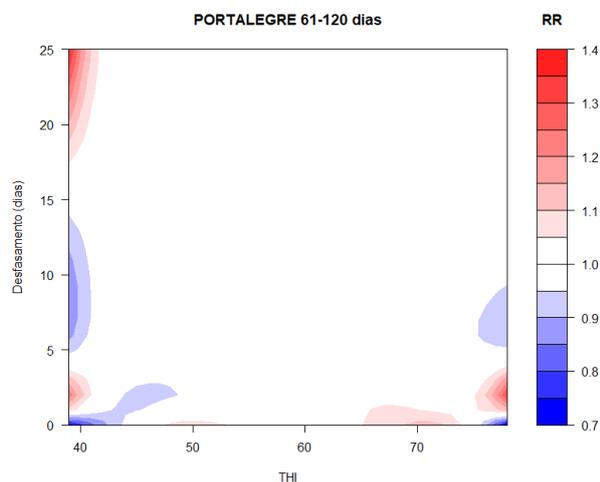


Figura 44. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Portalegre 61-120 dias)

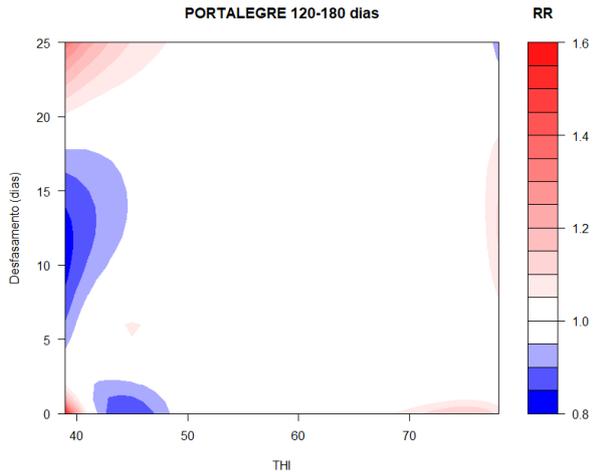


Figura 45. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Portalegre 120-180 dias)

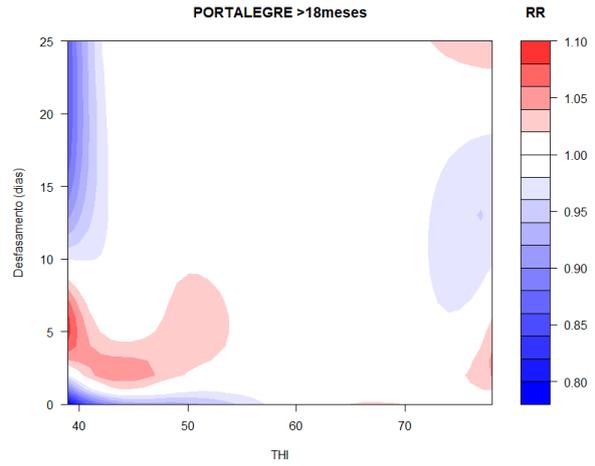


Figura 46. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Portalegre >18meses)

Em Portalegre (figuras 43-46), de um modo geral, verifica-se uma associação entre o RR, que aumenta, e a exposição a condições com valores de THI superiores a 70 até os três dias subsequentes. Também perante a exposição a condições com THI inferiores a 40, se verificam associações positivas com o RR, desfasadas no tempo, variando em função da classe etária. Animais com idades compreendidas entre os 181 dias e os 18 meses apresentam uma situação igual à que se verifica nos animais com idades compreendidas entre os 120 e os 180 dias. Contudo, nenhuma das associações foi estatisticamente significativa.

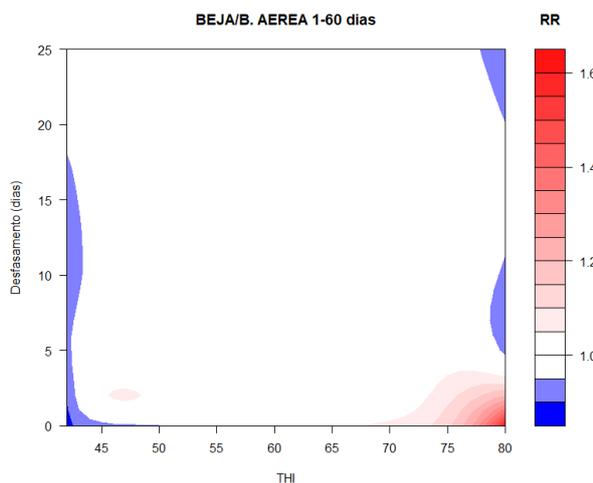


Figura 47. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Beja 1-60 dias)

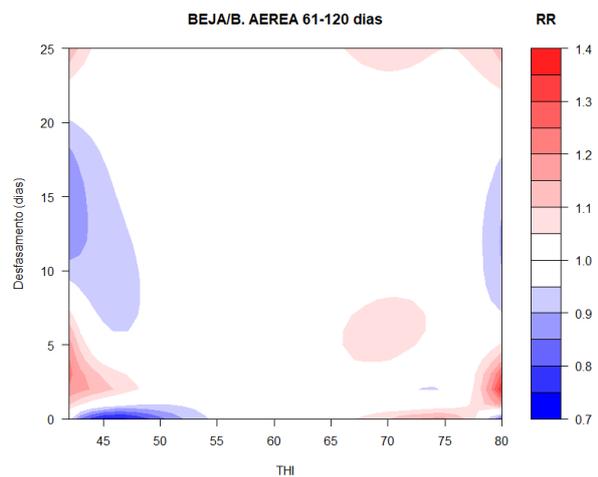


Figura 48. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Beja 61-120 dias)

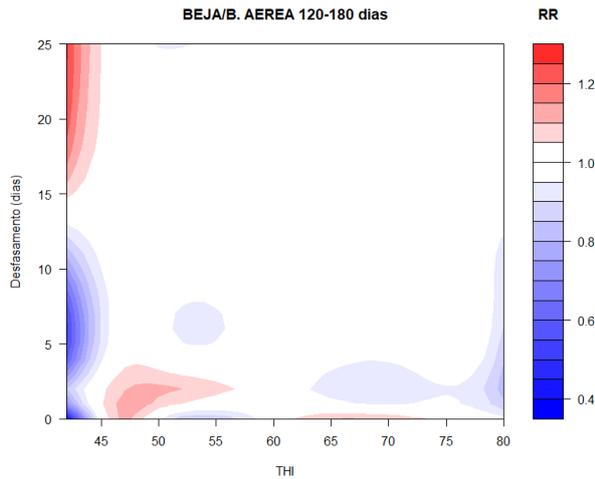


Figura 49. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Beja 120-180 dias)

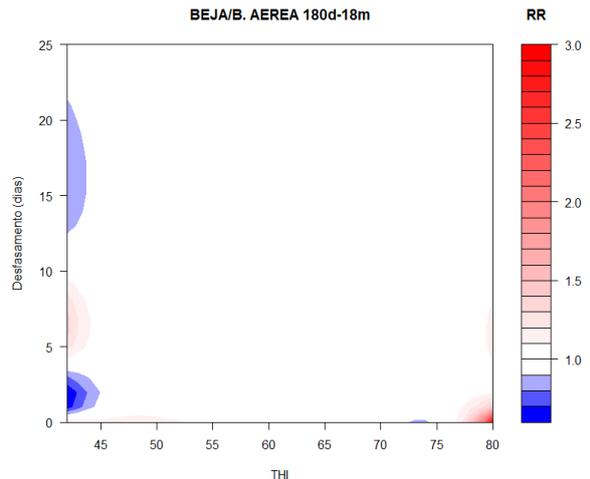


Figura 50. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Beja 180 dias-18 meses)

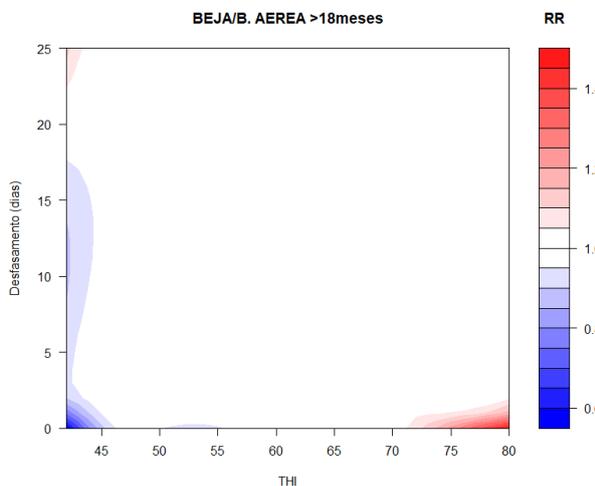


Figura 51. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Beja >18meses)

Em Beja (figuras 47-51), de um modo geral, verifica-se uma associação positiva do RR, que aumenta, com exposição a condições a THI superiores a 70, imediata. O oposto também ocorre, uma associação negativa entre o RR, que diminui, e a exposição a valores de THI inferiores a 45, mas desfasado no tempo.

Para animais com idade superior a 18 meses, quando expostos a condições com valores de THI acima de 75, a probabilidade

de os animais morrerem associada é 1,3 vezes maior nos 2 dias seguintes, sendo que este valor sobre para 1,5 vezes mais, no próprio dia e no seguinte, quando se atinge um THI de 80. Por oposição, quando o THI é menor que 45, o RR associado é 0,60 no próprio dia e 0,90 nos 17 dias subsequentes. Isto sugere que animais desta idade suportam melhor condições mais frias, não sendo tão afetados, do que condições muito quentes. Esta é a única faixa etária que apresenta associações estatisticamente significativas.

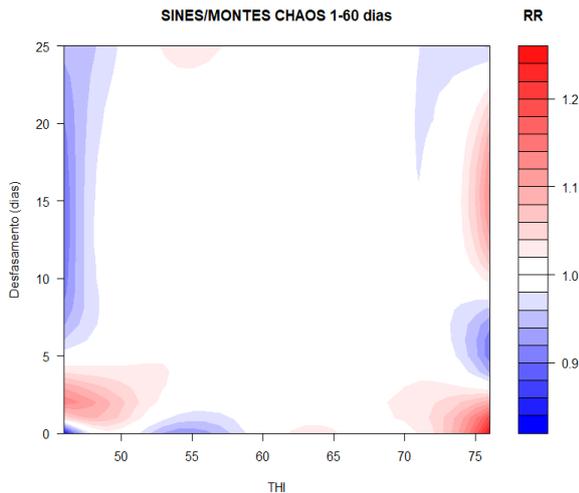


Figura 52. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Sines 1-60 dias)

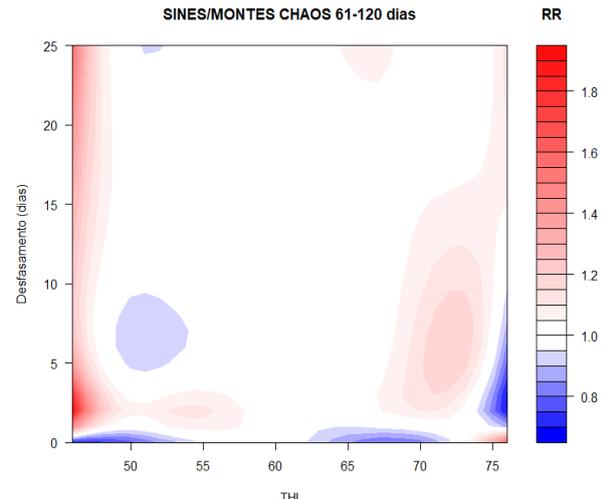


Figura 53. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Sines 61-120 dias)

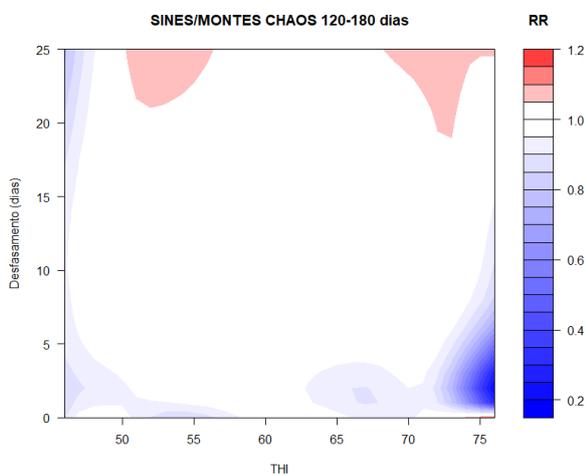


Figura 54. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (120-180 dias)

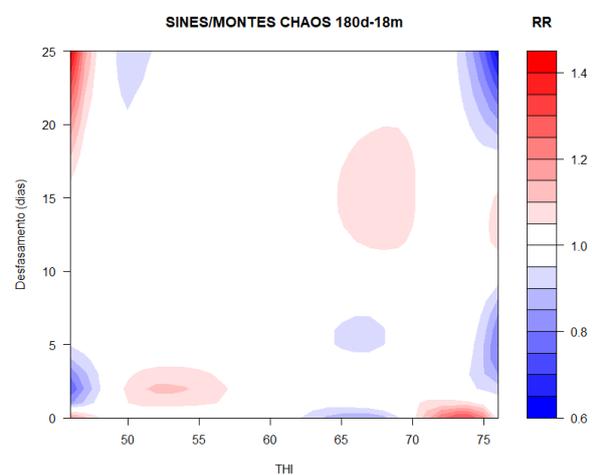


Figura 55. Relação THI com o Risco Relativo e desfasamento temporal (Sines 180 dias-18 meses)

Em Sines (figuras 52-55), de um modo geral, verifica-se uma associação positiva entre o RR e a exposição imediata a condições de THI superiores a 70, assim como associação desfasada entre o RR e a exposição perante condições de THI inferiores a 50, que pode ser positiva (aumento RR), ou negativa (diminuição do RR), em função da classe etária.

Bovinos com mais de 18 meses apresentam um cenário muito idêntico ao que se verifica em animais compreendidos entre os 181 dias e os 18 meses, mas com a diferença que o aumento da probabilidade de os bovinos morrerem aumenta 1,2 vezes 15 dias após terem sido expostos a condições de THI que variaram entre os 65 e os 68, ser significativa. Assim, para esta região é a única associação que se apresenta como estatisticamente significativa.

As Tabelas 4 e 5 apresentam as associações significativas entre o Risco Relativo (RR) e a mortalidade de acordo com o Índice de Temperatura – Humidade (THI), ao longo dos dias, para THI \geq 65 e THI < 65.

Tabela 4. Risco Relativo (RR) associado à mortalidade (estatisticamente significativo) de acordo com o Índice de Temperatura – Humidade (THI>=65), ao longo dos dias

Estação Meteorológica	1-60 d	61-120 d	121-180 d	181d-18m	>18 meses
THI >=65					
Porto	THI>74 RR=1,2 No dia e até 3 dias depois	-	-	-	THI=70-75 RR=1,3 No dia THI>75 RR=1,36 No dia e até 3 dias depois
Viseu	-	-	-	THI>70 RR=1,34 4-7 dias depois	-
Coimbra	-	-	THI>75 RR=2,2 - 3 5-25 d depois	THI>75 RR=2,2 - 3 5-25 d depois	-
Alverca	-	-	-	-	-
Portalegre	-	-	-	-	-
Beja / Base Aérea	-	-	-	-	THI>75 RR=1,3 No dia e até 2 dias depois THI>80 RR=1,5 No dia e dia seguinte
Sines /Montes Chãos	-	-	-	THI 65-68 RR=1,2 Nos 15 dias seguintes	-

Verifica-se, de um modo geral, efeitos imediatos perante condições mais quentes (THI > 65), especialmente nas classes mais jovens (1-60dias) e nas mais velhas (>18m).

Em Viseu e Coimbra é onde se verificam efeitos desfasados perante as mesmas condições.

No entanto, é em Coimbra onde se verifica um valor do RR mais elevado, sendo que nas restantes regiões, varia entre 1,1 e 2.

Tabela 5. Risco Relativo (RR) associado à mortalidade (estatisticamente significativo) de acordo com o Índice de Temperatura – Humidade (THI<65), ao longo dos dias

Estação Meteorológica	1-60 d	61-120 d	121-180 d	181d-18m	>18 meses
THI<65					
Porto	THI<45 RR=1,10 Nos10-15 dias seguintes	-	-	-	-
Viseu	-	-	THI<40 RR>1,3 Nos1-4 dias seguintes RR=1,2 Nos15-25 dias seguintes	-	THI<40 RR>1,3 Nos1-4 dias seguintes RR=1,2 Nos15-25 dias seguintes
Coimbra			THI<44 RR=1,5-2 Nos 10 a 20 dias seguintes	THI<44 RR=1,5-2 Nos 10 a 20 dias seguintes	
Alverca	-	-	-	-	-
Portalegre	-	-	-	-	-
Beja / Base Aérea	-	-	-	-	THI<45 RR=0,6 No dia RR=0,9 Nos 17 dias seguintes
Sines /Montes Chãos	-	-	-	-	-

De um modo geral, perante condições com THI inferiores a 65, verificaram-se, em todas as regiões e classes etárias onde a associação do RR com a mortalidade foi significativa, efeitos desfasados no tempo, com aumento do RR e assim, da probabilidade de morrerem. Em Porto e Viseu o RR variou entre 1,1 e 1,3, ao passo que em Coimbra foi onde se registaram valores mais elevados, atingindo-se um RR 2.

Por oposição, em Beja, animais com mais de 18 meses apresentaram uma diminuição do RR, o que indica que a probabilidade de morrerem não está relacionada com fatores climáticos (quantificados no THI).

6. Discussão

O stress térmico é observado em associação com temperaturas extremas e grandes variações de temperatura e influenciado por outras variáveis como a humidade relativa e a velocidade do vento (Roland et al., 2016). O conhecimento da zona de conforto térmico dos bovinos e dos efeitos da temperatura são de interesse primário para os produtores para tomarem medidas preventivas e medidas de mitigação adaptadas ao ambiente local e condições de produção do gado (Eric Morignat et al., 2015).

Os valores de THI (Índice Temperatura-Humidade) baixos estão associados a baixas temperatura e/ou humidade relativa, ao passo que valores de THI elevados estão associados a altas temperaturas e/ou humidade relativa. Os valores de referência, para a fórmula utilizada (3), indicam que se começa a verificar stress térmico por calor, a partir de THI 72, sendo que a zona de conforto térmico deve situar-se entre valores de THI entre 35 e 72, exclusive, uma vez que não se verificam quebras produtivas neste intervalo (Bouraoui et al., 2002).

De um modo geral, nas explorações afetas à região do Porto, verificou-se um aumento na probabilidade de os bovinos morrerem em 1,2 a 1,3 vezes mais, no próprio dia e no dia seguinte, em todas as classes etárias, quando o THI era igual ou superior a 75, contudo apenas foi estatisticamente significativo nas classes dos animais mais novos (1 a 60 dias) e mais velhos (>18 meses). Em bezerros entre os 1 e 60 dias é onde se verifica uma associação a THI baixos (<45) desfasada no tempo, passados 10 a 25 dias, o que é consistente com a literatura, onde está descrito que temperaturas baixas têm efeitos mais tardios no tempo, podendo chegar a 25 dias após a exposição (Cox et al., 2016). Esta é a região que apresenta a taxa de mortalidade mais elevada para os animais entre os 1 e 60 dias, na ordem dos 12% em média anual. Este valor ultrapassa os valores de referência da *Dairy Calf and Heifer Association*, que determina que para esta idade, a taxa de mortalidade deve ser inferior a 5%, assim como a média nacional. Este valor poderia dever-se ao facto desta região ser predominantemente de vacarias de leite e os bezerros do sexo masculino não terem tanta atenção por parte dos produtores, visto que são um subproduto, mas tal não justifica estes valores visto que, do efetivo total associado à região do Porto durante o período de estudo, apenas 16,3% eram machos. A variação sazonal da taxa de mortalidade é semelhante em todas as classes, atingindo o máximo (média mensal) nos meses de outubro e novembro. Isto poder-se-á dever às temperaturas, ou mesmo às amplitudes térmicas registadas nestes meses. Contudo apresenta um valor máximo em agosto de 14,6% na classe mais jovem, revelando a sensibilidade desta faixa etária a altas temperaturas. Isto pode explicar-se por má ventilação, ou por uma maior densidade animal nos viteiros, devido à concentração de

partos nesta altura. Estas hipóteses justificam-se porque, embora esta classe etária receba especial atenção por parte dos produtores durante as primeiras semanas de vida – especialmente se for fêmea em explorações leiteiras –, o sistema imunitário ainda não é totalmente competente.

Os bovinos das explorações afetas à região de Viseu apresentaram um aumento da probabilidade de morrer em 1,34 vezes, no 4º ao 7º dia pós exposição a condições com valores de THI acima de 70, em animais com mais de 180 dias. Os valores de THI abaixo de 40 apresentaram associações prolongados e desfasados no tempo, com RR 1,2 nas mesmas classes etárias. Nesta região, a mortalidade é baixa ao longo do ano, destacando-se os bovinos entre os 1 e 60 dias com uma média anual de 4%, atingindo o máximo nos meses de janeiro e fevereiro que, por sinal, são dos meses mais frios do ano nesta região, com temperaturas a atingir valores negativos. Tendo em conta que esta região é dominada por explorações de regime extensivo, perante temperaturas muito baixas animais mais frágeis, como é o caso desta classe etária, são os mais afetados.

Em Coimbra, a taxa de mortalidade, para bovinos com mais de 61 dias mantém-se abaixo de 1,20% ao longo de todo o ano, ao passo que bovinos entre 1 a 60 dias a média anual ronda os 4%, com sazonalidade associada. Nesta faixa etária, agosto (4,76%) e outubro (4,79%) são os meses onde a taxa de mortalidade média é mais elevada, registando um valor máximo em novembro (5,51%), o que revela uma sensibilidade ao calor e ao frio. Além disto, animais entre os 120-180 dias mostraram sensibilidade a valores de THI a partir de 75 desfasados no tempo. Tendo em conta que a maioria das explorações afetas a esta região são de regime intensivo, sensibilidade a temperaturas elevadas pode estar relacionada com as instalações (Nunes Rodrigues et al., 2014). Contudo, também para esta mesma classe etária, se verificou uma associação entre a exposição a condições frias (THI<40) e o aumento do RR desfasado no tempo, podendo isto explicar-se por uma deficiente ventilação que prejudica a qualidade do ar e, conseqüentemente, causa ou agrava quadros respiratórios. No entanto, a falta de associações estatisticamente significativas nas restantes classes, pode dever-se a uma falha no modelo, no sentido que ele não descreve bem a realidade dessa região. Associadas à estação meteorológica de Coimbra estão Coimbra e Monte Real, pelo que a não adaptação do modelo a pelo menos uma das realidades, quando analisadas em conjunto, prejudica a amostra total, como é o caso de Monte Real. Em anexo encontra-se o gráfico que mostra a previsão do modelo para os nascimentos em Monte Real, Coimbra e região de Coimbra (já após a combinação das duas regiões), anexos IV, V e VI, respetivamente, que nos permite concluir que os dados de Monte Real estão a enviesar os resultados.

Em Alverca, de um modo geral, todas as faixas etárias mostraram sensibilidade a condições extremas, quer de valores de THI elevados (acima de 75), quer de valores baixos (abaixo de 45), com efeitos imediatos e desfasados no tempo, respetivamente. No entanto, os resultados não tiveram significância estatística. Associadas à estação meteorológica de Alverca estão Sintra, Lisboa, Montijo e Alverca e, à semelhança do que se verificou na região de Coimbra, o modelo não traduz bem a realidade de Sintra (anexo VII) e Alverca (anexo VIII), podendo assim influenciar os resultados da região - que contempla as quatro cidades (anexo X). A taxa de mortalidade para os bovinos com mais de 61 dias mantém-se abaixo de 1% ao longo de todo o ano, ao passo que a média anual para os bovinos com 1 a 61 dias ronda os 2%. No entanto apresenta sazonalidade: aumenta de maio a outro, diminui até abril e apresenta um pico em agosto (4,72%). Estes valores são satisfatórios, pois encontram-se dentro dos limites de referência da *Dairy Calf and Heifer Association* (DCHA) e abaixo da média nacional.

Em Portalegre, não se obtiveram associações significativas entre a exposição a determinadas condições de THI e a variação do RR. Nesta região, essencialmente de regime extensivo, a taxa de mortalidade máxima é atingida em meses diferentes, em função da idade dos bovinos: em bovinos entre 1 e 60 dias é em fevereiro e nas restantes classes em outubro. A taxa de mortalidade é também mais elevada nos animais mais novos, que vai de encontro ao verificado por Santos et al. (2020). A maior parte das explorações associadas a esta região são de regime extensivo, o que pode explicar a menor resistência dos animais a baixas temperaturas, devido à falta de abrigos, por exemplo. Tratando-se da maioria do efetivo de vacas de carne, o facto de a taxa de mortalidade nos animais mais jovens ser mais alta que a dos restantes pode estar relacionada com os partos distócicos, resultantes dos cruzamentos com raças exóticas de grande conformação corporal, como o Limousine e Charolês (Santos et al., 2020), que levam a que a proporção entre o tamanho do vitelo e a área pélvica não permita partos fáceis, uma vez que não se encontrou associações significativas com as condições climatéricas.

Associada à estação meteorológica de Beja (base aérea) estão explorações de Beja, Évora e Faro, traduzindo assim grande parte do território alentejano. Verificou-se uma associação imediata entre a exposição a condições com THI iguais ou superiores a 75 e o aumento da probabilidade dos bovinos com mais de 18 meses morrerem em 1,4 vezes mais. Verificou-se também, nesta classe etária, efeitos desfasados no tempo resultantes da exposição a condições de THI inferiores a 45, mas com a diminuição do RR. As taxas de mortalidade para os animais com mais de 61 dias, está abaixo de 1%, ao longo de todo o ano. Tal como acontece noutras regiões, os bovinos mais jovens são quem regista taxas de mortalidade mais elevadas, detendo-se numa média anual de 3%. Estes valores, além de serem influenciados pelos casos de diarreia e doença respiratória (Santos et al., 2019), estão também relacionados

com as condições ambientais, uma vez que esta classe etária evidenciou efeitos imediatos quando expostos a ambientes muito quentes ($THI \geq 75$), que ultrapassam o limite máximo de conforto térmico ($THI 72$) descrito na bibliografia (Bouraoui et al., 2002). Os bovinos pertencentes a esta região são maioritariamente de carne e produzidos em regime extensivo. Por sua vez, os picos na taxa de mortalidade, atingem-se em novembro, na sua generalidade. Isto pode estar relacionado com o regime de produção, que por si só pode não providenciar abrigos suficientes para proteger os animais das amplitudes térmicas, uma vez que estes evidenciaram estar melhor adaptados a condições frias, com a diminuição do RR perante THI inferiores a 40.

Em Sines, a taxa de mortalidade apresenta uma sazonalidade, sendo os seus valores mais altos nos meses de outubro, janeiro e fevereiro. Esta é uma região essencialmente de regime extensivo, onde apenas se obteve uma associação significativa entre o RR e a exposição a determinadas condições climáticas em animais com mais de 18 meses, o que mostra que a variação da mortalidade não se deve a fatores climáticos. Esta falta de significância estatística, tal como já se verificou nas regiões de Coimbra e Alverca, pode ser devido ao modelo não traduzir bem a realidade desta região (anexo XI). À estação meteorológica de Sines estão associadas as próprias explorações e Sines e de Sagres.

Todas as regiões, à exceção de Viseu e Sines, apresentam um pico da taxa de mortalidade no mês de agosto, que pode não coincidir com o mês em que o valor médio mensal é mais alto. Isto pode estar relacionado com a onda de calor que ocorreu em Portugal continental em agosto de 2018, que provocou cerca de 1700 mortes humanas (Público, 2018), verificando-se na Figura 13, que o número de mortes, no mês de agosto, se destaca do padrão, registando um pico nesse mês. Este facto pode ser indicativo de que, à semelhança do que está descrito na população humana, os animais, neste caso bovinos, também sofrem impacto na mortalidade perante eventos extremos de temperatura, como as ondas de calor, na mesma proporção da população humana, sendo que ambos os picos da taxa de mortalidade podem coincidir. De resto, independente da zona do país ou tipo de produção, verificou-se uma tendência em que o valor médio mais elevado da taxa de mortalidade ocorria nos meses frios (outubro, janeiro e fevereiro), ao passo que o valor mais baixo era atingido nos meses de abril e maio. Aparentemente, isto sugere que os bovinos em Portugal são mais sensíveis ao frio do que ao calor, o que pode não corresponder à realidade, ou podem existir outros fatores que expliquem esta variação. O período de estudo apenas incluiu a ocorrência de um evento climático extremo (onda de calor em agosto de 2018), pelo que as restantes temperaturas não sofreram grande variação além dos limites considerados para as estações do ano, podendo ter-se verificado um ligeiro aumento das temperaturas registadas no verão. Associando isto (pouca variação nas temperaturas de verão) ao facto de os animais estarem adaptados ao

nosso clima, tem-se uma hipótese que explica a fraca sensibilidade dos bovinos em Portugal ao clima nos meses de verão.

Quanto à forma de como as condições ambientais - quantificadas no valor de THI - afetavam a probabilidade dos bovinos morrerem (e, indiretamente a taxa de mortalidade), assim como em que proporção, os resultados não corresponderam ao esperado, uma vez que devido à amplitude dos intervalos de confiança, não se obteve resultados estatisticamente significativos. Contudo, consegue-se perceber uma associação imediata de condições com THI superiores a 75, o que é consistente com a bibliografia, que indica que os bovinos entram em stress térmico por calor a partir de THI de 72 (Bouraoui et al., 2002). Da mesma forma, efeitos desfasados no tempo verificam-se para condições com valores de THI inferiores a 45. Isto parece ser indicativo de que ambientes quentes têm um efeito imediato, aumentando o risco de mortalidade nos bovinos, ao passo que condições frias, tem um efeito desfasado no tempo, ou seja, só após alguns dias da sua ocorrência. Isto provavelmente acontece porque, condições frias agravam os problemas respiratórios, especialmente quando estabulados com ventilação mecânica (Roland et al., 2016) ou deficiente qualidade do ar, pelo que os bovinos vão piorando o seu estado de saúde até morrerem, podendo arrastar-se até 25 dias (Cox et al., 2016). Assim, tal como descrito na bibliografia (Morignat et al., 2015, 2018), a relação temperatura-mortalidade é em forma de “U”, o que evidencia o efeito de temperaturas extremas (altas e baixas) na mortalidade. Não se verificou nenhuma evidência clara da maior suscetibilidade de animais mais jovens relativamente aos restantes, dependendo isto da região em causa.

Relativamente à população em estudo, mais precisamente aos bovinos recolhidos pelo SIRCA, não se obteve informação relativamente ao estado de saúde, estado fisiológico, ou o número de partos no momento da morte, assim como do tipo de instalações e ambiente em que viviam. Apesar de se considerar que os animais, em função do regime de produção, estão sujeitos às mesmas condições, não se reflete a real exposição dos bovinos às condições climáticas porque existem várias explorações com o mesmo regime de produção e com instalações e manejo diferentes. Da mesma forma, também a causa da morte não é investigada e daí a necessidade deste tipo de estudos para perceber se realmente temperaturas extremas podem causar a morte dos bovinos e se sim, em que proporção e com que impacto. O uso do THI para quantificar o stress térmico, apesar de ser o mais comumente utilizado e uma ferramenta prática, não leva em conta todos os fatores que o influenciam, como o vento, radiação solar e precipitação. Outro fator limitador foi o uso dos dados climatéricos fornecidos pelas estações meteorológicas que, embora fidedignos e traduzindo as condições fora das explorações de uma maneira geral (pois existem sempre microclimas em diferentes zonas associadas à mesma estação meteorológica), não refletem exatamente

o ambiente dentro destas. Assim, o stress térmico quando calculado a partir de dados das estações meteorológicas, normalmente, subestima o nível de stress térmico a que as vacas estão expostas (Shock et al., 2016).

7. Conclusão

Os animais são capazes de se ajustar a climas adversos através da aclimatização (Collier et al., 2017). Contudo, perante condições climáticas extremas, os mecanismos de termorregulação não são suficientes para manter a homeotermia, resultando em stress térmico (Roland et al., 2016).

A mortalidade pode estar associada a diversos fatores, avaliando-se neste trabalho a associação do RR de mortalidade com a exposição a determinados fatores climatéricos. De uma forma generalizada, a taxa de mortalidade dos bovinos em Portugal continental apresenta sazonalidade ao longo do ano, sendo outubro o mês em que o seu valor é mais elevado e abril o mais baixo. A faixa etária dos animais entre 1 e 60 dias é a que apresenta taxas de mortalidade mais elevadas ao longo do ano, em todas as 7 regiões de estudo. Verificou-se, de um modo geral, um aumento do risco de morrer de 1,2 a 3 vezes mais perante uma exposição imediata a condições partir de THI 70 e um aumento do RR até 2 vezes mais perante exposições a THI abaixo de 45 desfasados no tempo (até 25 dias), ao longo do território nacional. No entanto, Coimbra é a região em que a exposição a fatores climáticos está mais associada ao aumento do risco de morrer. Posto isto, resultados não corroboram o esperado, visto que não se encontrou um padrão claro que permitisse verificar a associação clara do clima, que por sua vez poderia estar associado a condições que eram comuns ao mesmo sistema de produção, com o aumento do RR. No entanto, à luz das alterações climáticas, assumindo que vai aumentar a média das temperaturas e a frequência de eventos climáticos extremos, como as ondas de calor, a probabilidade de o calor estar relacionado com as mortes dos bovinos também aumentará.

O objetivo do trabalho foi conseguir caracterizar a variação da taxa de mortalidade nas várias regiões do país ao longo do ano e avaliar e quantificar, em termos de risco relativo, o aumento da probabilidade de morrer perante uma exposição a valores acima (ou abaixo) dos limites de THI, percebendo assim, de que forma é que a temperatura e humidade relativa estão associadas à taxa de mortalidade em algumas das regiões em estudo.

Devem ser feitos estudos futuros a nível nacional, avaliando cada região de forma mais detalhada, por exemplo avaliando diferenças de impacto em função do regime de produção, avaliar qual o impacto económico e/ou qual o impacto nos níveis produtivos. Para tal é aconselhável não agregar tantas regiões e, se possível, obter as condições climáticas nas explorações para avaliar a stress térmico de forma a fazer uma caracterização regional mais precisa. Este trabalho como pretendia fazer uma caracterização a nível nacional, de forma a calcular valores de referência, utilizou uma abordagem mais geral.

8. Referências bibliográficas

- Amamou, H., Beckers, Y., Mahouachi, M. & Hammami, H. (2019). Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows. *Journal of Thermal Biology*. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.016>
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A. & Abdrrabba, M. (2016, June 1). Heat stress effects on livestock: Molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Vol. 100, pp. 401–412. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1111/jpn.12379>
- Bett, B., Kiunga, P., Gachohi, J., Sindato, C., Mbotha, D., Robinson, T., Lindahl J, Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, 119–129. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.019>
- Biffani, S., Bernabucci, U., Vitali, A., Lacetera, N. & Nardone, A. (2016). Short communication: Effect of heat stress on nonreturn rate of Italian Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10491>
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, N., Belyea, R. & Djemali, nouer. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate The relationship of temperature-humid. *Animal Research*, 51(6), 479–491. [Acedido 2020 abr 7] <https://doi.org/10.1051/animres:2002036i>
- Confederação dos Agricultores de Portugal (2009). Código de Boas Práticas nas Exploração Pecuária. Lisboa: Vetbiblios, [Acedido 2020 mar 24]. http://www.vetbiblios.pt/DIVERSOS/Pecuaria/Codigo_Boas_Praticas_Exploracao_Pecuaria_2009.pdf
- Cerqueira, J. L., Araújo, J. P., Sorensen, J. T. & Niza-Ribeiro, J. (n.d.). *Alguns indicadores de avaliação de bem-estar em vacas leiteiras-revisão*.
- Chase, L. E. (n.d.). *Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses Climate Change Impacts on Dairy Cattle*.
- Collier, R., Renquist, B. & Xiao, Y. (2017). A 100-Year Review: Stress physiology including heat stress. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13676>
- Cox, B., Gasparrini, A., Catry, B., Delcloo, A., Bijmens, E., Vangronsveld, J. & Nawrot, T. S. (2016). Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environmental Research*, 149, 231–238. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.018>
- Crescio, M. I., Forastiere, F., Maurella, C., Ingravalle, F. & Ru, G. (2010). Heat-related mortality in dairy cattle: A case crossover study. *Preventive Veterinary Medicine*, 97(3–4), 191–197. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.09.004>
- Curtis, A. K., Scharf, B., Eichen, P. A. & Spiers, D. E. (2017). Relationships between ambient conditions, thermal status, and feed intake of cattle during summer heat stress with access to shade. *Journal of Thermal Biology*. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.11.015>
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J. & Kumar, R. (2016). *Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review*. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>

- de Andrade Ferrazza, R., Mogollón Garcia, H. D., Vallejo Aristizábal, V. H., de Souza Nogueira, C., Veríssimo, C. J., Sartori, J. R., Pinheiro Ferreira, J. C. (2017). Thermoregulatory responses of Holstein cows exposed to experimentally induced heat stress. *Journal of Thermal Biology*. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.014>
- Decreto-Lei n.º 32/2017 de 23 de Março. Diário da República nº59- I Série. Agricultura, florestas e desenvolvimento rural
- Despacho n.º 2905-A/2017, de 5 de abril. Diário da República nº 69- II Série. Gabinetes do Ministro das Finanças e do Secretário de Estado da Agricultura e Alimentação.
- Despacho nº3844/2017 de 8 de Maio de 2017. Diário da República nº 88- II Série. Agricultura, florestas e desenvolvimento rural. Gabinete do Secretário de Estado da Agricultura e Alimentação
- DGAV, 2017. Manual de procedimentos SIRCA Bovinos, Ovinos, Caprinos. Acedido a: 3 de abril de 2020. Disponível em: http://www.inforcna.pt/Media/Files/2017927_ManualsircaAgo2017.pd
- Dikmen, S. & Hansen, P. J. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92(1), 109–116. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1370>
- Farm Animal Council. 2009. Farm Animal Welfare in Great Britain. [Acedido 2020 fev 6]. Disponível em: <http://www.fawc.org.uk>
- Ferreira, H. F. P. (2010). *Planos profilácticos aplicados a populações de bovinos de carne: caracterização e avaliação do seu impacte nos parâmetros produtivos*.
- Future. (2009). *Farm Animal Welfare in Great Britain*. [Acedido 2020 mar 24]. Disponível em: <http://www.fawc.org.uk>
- Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S. & Del Prado, A. (2018). A systematic review of non-productivityrelated animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLoS ONE*, 13(11). [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206520>
- Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D. & Gantner, R. (2011). *Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle*.
- Garnett, T. (2009). Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. *Environmental Science and Policy*, 12(4), 491–503. [Acedido 2020 jan 16] <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.01.006>
- Gasparrini, A. (2014). Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models. *Statistics in Medicine*, 33(5), 881–899. [Acedido 2020 jan 22] <https://doi.org/10.1002/sim.5963>
- Gasparrini, A., Armstrong, B. & Kenward, M. G. (2010). Distributed lag non-linear models. *Statistics in Medicine*, 29(21), 2224–2234. [Acedido 2020 jan 22] <https://doi.org/10.1002/sim.3940>
- Habeeb, A. A., Gad, A. E. & Atta, M. A. (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *International Journal of Biotechnology and Recent Advances*, 1(1), 35–50. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.18689/ijbr-1000107>
- Heinicke, J., Hoffmann, G., Ammon, C., Amon, B. & Amon, T. (2018). Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating

- dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 77, 67–74. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.012>
- Herbut, P., Angrecka, S. & Walczak, J. (2018, December 1). Environmental parameters to assessing of heat stress in dairy cattle—a review. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 62, pp. 2089–2097. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1629-9>
- Hill, D. L. & Wall, E. (2017). Weather influences feed intake and feed efficiency in a temperate climate. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 2240–2257. [Acedido 2020 fev 28] <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11047>
- Huynen, M. M. T. E., Martens, P., Schram, D., Weijenberg, M. P. & Kunst, A. E. (2001). The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population. In *Environmental Health Perspectives* • (Vol. 109). [Acedido 2020 jan 16] <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/109p463-470huynen/abstract.html>
- Instituto Português do Mar e Atmosfera. 2013. Glossário Meteorológico. [Acedido 2020 mai 10] http://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario_op.xml
- Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N. & Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science*, 77(1), 59–91. [Acedido 2020 fev 18] [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00330-X](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00330-X)
- Liu, J., Li, L., Chen, X., Lu, Y. & Wang, D. (2019). Effects of heat stress on body temperature, milk production, and reproduction in dairy cows: a novel idea for monitoring and evaluation of heat stress-A review. *Asian-Australas Journal Animal Science*, 32(9), 1332–1339. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0743>
- Misztal, I. (2017). Breeding and genetics symposium: Resilience and lessons from studies in genetics of heat stress. *Journal of Animal Science*, 95(4), 1780–1787. [Acedido 2020 fev 26] <https://doi.org/10.2527/jas2016.0953>
- Monteiro, A., Guo, J., Weng, X., Ahmed, B., Hayen, M., Dahl, G., Bernard, J., Tao, S. (2016a). *Effect of maternal heat stress during the dry period on growth and metabolism of calves*. [Acedido 2020 jan 29] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10699>
- Monteiro, A., Tao, S., Thompson, I. & Dahl, G. (2016b). *In utero heat stress decreases calf survival and performance through the first lactation*. [Acedido 2020 jan 29] <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11072>
- Morignat, E, Perrin, J.-B., Gay, E., Vinard, J.-L. & Calavas, D. (2014). Assessment of the Impact of the 2003 and 2006 Heat Waves on Cattle Mortality in France. *PLoS ONE*, 9(3), 93176. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093176>
- Morignat, Eric, Gay, E., Vinard, J. L., Calavas, D. & Hénaux, V. (2015). Quantifying the influence of ambient temperature on dairy and beef cattle mortality in France from a time-series analysis. *Environmental Research*, 140, 524–534. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.05.001>
- Morignat, Eric, Gay, E., Vinard, J. L., Sala, C., Calavas, D. & Hénaux, V. (2018). Impact of heat and cold waves on female cattle mortality beyond the effect of extreme temperatures. *Journal of Thermal Biology*. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.001>
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S. & Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1–3), 57–69. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.011>

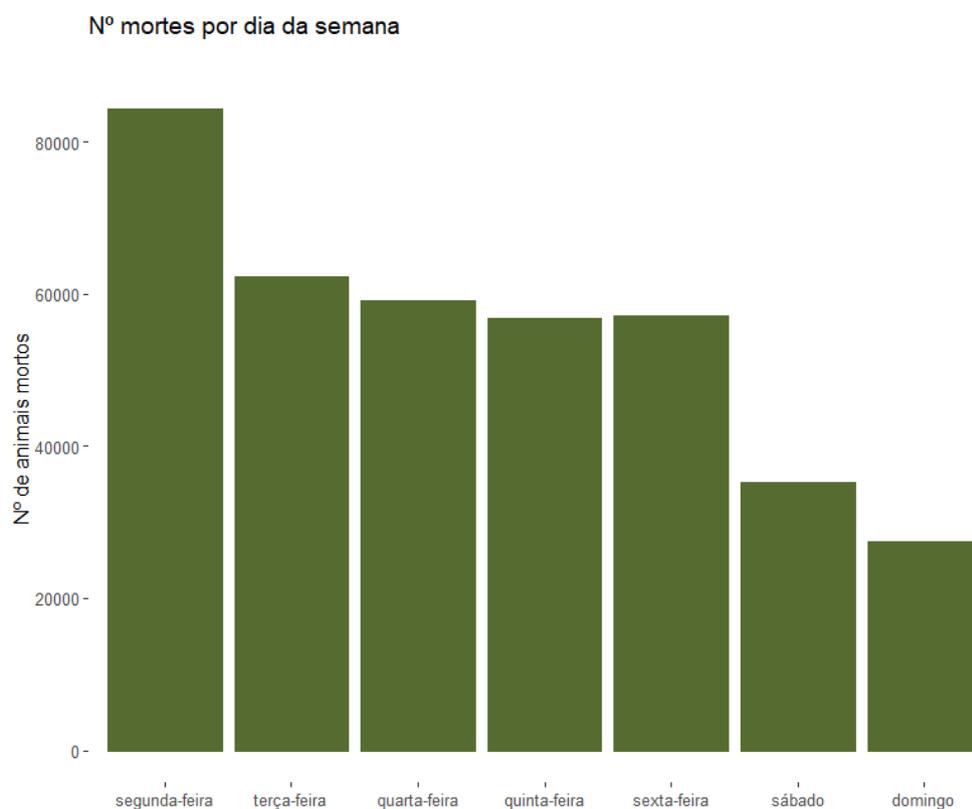
- Nienaber, J. A. & Hahn, G. L. (2007). Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*, 52(2), 149–157. [Acedido 2020 mar 28] <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0103-x>
- Nunes Rodrigues, T. C., Rebelo Braz, M., Carolino, N., Fiadeiro Carreira, M. C. & Stilwell, G. T. (2014). *Mortalidade peri-natal e juvenil em explorações leiteiras portuguesas* (Vol. 109).
- Ortiz-Pelaez, A., Pritchard, D. G., Pfeiffer, D. U., Jones, E., Honeyman, P. & Mawdsley, J. J. (2008). Calf mortality as a welfare indicator on British cattle farms. *Veterinary Journal*, 176(2), 177–181. [Acedido 2020 mar 24] <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.02.006>
- Özkan Ş, Vitali A, Lacetera N, Amon B, Bannink A, Bartley DJ, Blanco-Penedo I, de Haas Y, Dufresne I, Elliott J, et al. 2016. Challenges and priorities for modelling livestock health and pathogens in the context of climate change. *Environ Res.* 151:130–144. [Acedido 2020 mar 24] doi:10.1016/j.envres.2016.07.033.
- Pinto, S., Hoffmann, G., Ammon, C. & Amon, T. (2020). Critical THI thresholds based on the physiological parameters of lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. [Acedido 2020 mai 28] <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102523>
- Pragna, P., Archana, P. R., Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Manimaran A, Beena V, Kurien EK, Varma G. (2017). Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *International Journal of Dairy Science*, Vol. 12, pp. 1–11. [Acedido 2020 mar 28] <https://doi.org/10.3923/ijds.2017.1.11>
- Público (2018). Última onda de calor provocou quase 1700 mortos. [Acedido a 2020 mar 24]. <https://www.publico.pt/2018/08/02/sociedade/noticia/ultima-onda-de-calor-provocou-quase-1700-mortos-1839810>
- Regulamento (CE) n.º 1069/2009. Jornal Oficial da União Europeia, L300/1
- Regulamento (CE) n.º 999/2001. Jornal Oficial da União Europeia, L147/1
- Regulamento (EU) n.º 142/2011 da Comissão, de 25 de fevereiro. Jornal Oficial da União Europeia, L54/1, Anexo VIII p. 80
- Rashamol VP, Sejian V. Climate Resilient Livestock Production: Way Forward. *Dairy and Veterinary Science Journal*. 2018; 5(5): 5556673. [Acedido 2020 mai 28] doi: 10.19080/JDVS.2018.05.555673
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker B., Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*. [Acedido 2020 mar 28] <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T. & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145–163. [Acedido 2020 mai 22] <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Roland, L., Drillich, M., Klein-Jöbstl, D. & Iwersen, M. (2016). Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2438–2452. [Acedido 2020 fev 24] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9901>
- Santos, R., Cachapa, A., Carvalho, G. P., Silva, C. B., Hernández, L., Costa, L., Pereira, L., Minas, M., Vala, H. (2019). *Mortality and Morbidity of Beef Calves in Free-Range Farms in Alentejo, Portugal-A Preliminary Study*. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.1155/2019/3616284>

- Santos, R., Pereira, L., Minas, M., Costa, L., Carvalho, M. da G., Caetano, M. do C. & Neves, J. (2020). Mortality of calves born from alentejana and mertolenga cows in Portalegre district. *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, (11), 83–90. [Acedido 2020 abr 11] <https://doi.org/10.29352/MILL0211.09.00261>
- Scanavez, A., Rocha, L., Voelz, B. E., Hulbert, L. & Mendonca, L. (2016). Evaluation of Weather Information from On-Farm and Meteorological Stations to Assess Heat Stress in Dairy Cows in Southwest Kansas. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 2(9). [Acedido 2020 abr 17] <https://doi.org/10.4148/2378-5977.1323>
- Schüller, L-k, Burfeind, O. & Heuwieser, W. (2015). *Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs*. [Acedido 2020 mar 21] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>
- Schüller, LK, Burfeind, O. & Heuwieser, W. (2013). Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*, 96, 7731–7738. [Acedido 2020 fev 6] <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6736>
- Shock, D. A., LeBlanc, S. J., Leslie, K. E., Hand, K., Godkin, M. A., Coe, J. B. & Kelton, D. F. (2016). Studying the relationship between on-farm environmental conditions and local meteorological station data during the summer. *Journal of Dairy Science*, 99(3), 2169–2179. [Acedido 2020 abr 18] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9795>
- Silanikove, N. (2000). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67(1–2), 1–18. [Acedido 2020 mar 24] [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Bex V., Midgley, P. M. (2013). *Climate Change 2013 The Physical Science Basis*.
- Tao, S., Connor, E., Bubolz, J., Thompson, I., do Amaral, B., Hayen, M. & Dahl, G. (2013). *Short communication: Effect of heat stress during the dry period on gene expression in mammary tissue and peripheral blood mononuclear cells*. [Acedido 2020 mar 17] <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5811>
- Tao, S., Monteiro, A., Thompson, I., Hayen, M. & Dahl, G. (2012). Effect of late-gestation maternal heat stress on growth and immune function of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95, 7128–7136. [Acedido 2020 mar 18] <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5697>
- Thornton, P. K., van de Steeg, J., Notenbaert, A. & Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, Vol. 101, pp. 113–127. [Acedido 2020 jan 26] <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002>
- Thrusfield M. 2007. *Veterinary epidemiology*. 3rd edition. USA: Blackwell Science.
- Vitali, A., Felici, A., Esposito, S., Bernabucci, U., Bertocchi, L., Maresca, C., Nardone, A., Lacetera, N. (2015). The effect of heat waves on dairy cow mortality. *Journal of Dairy Science*, 98(7), 4572–4579. [Acedido 2020 abr 22] <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9331>
- Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A. & Lacetera, N. (2009). Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3781–3790. [Acedido 2020 abr 22] <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2127>
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2131–2144. [Acedido 2020 fev 26] [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)

- Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Sanders, S. R. & Baumgard, L. H. (2010). Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. [Acedido 2020 fev 26] <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2295>
- Zhang, H., Wang, Y., Chang, Y., Luo, H., Brito, L. F., Dong, Y., Shi, R., Liu, L. (2019). Mortality-culling rates of dairy calves and replacement heifers and its risk factors in holstein cattle. *Animals*, 9(10). [Acedido 2020 mar 25] <https://doi.org/10.3390/ani9100730>

9. Anexos

Anexo I - Número de mortes por dia da semana



Anexo II - Temperaturas das estações meteorológicas

Estação	T	T _{máx}	T _{min}	HR
<i>Alverca</i>	20.3 [35.5; 6.3]	23.18 [42.0;8.0]	16.03 [30.0;2.0]	60.05 [100.0;15.60]
<i>Beja</i>	16.69 [34.70;3.70]	22.92 [44.50;7.20]	11.01 [26.10;-2.30]	66.14 [100.0;17.10]
<i>Coimbra</i>	15.43 [31.70;3.40]	20.95 [40.50;8.50]	11.22 [24.80;-0.10]	72.38 [100.0;4.80]
<i>Portalegre</i>	15.86 [35.30;2.30]	20.52 [41.10;5.0]	11.69 [32.20;-1.80]	61.41 [100.0;15.0]
<i>Porto</i>	14.89 [29.10;3.30]	19.35 [38.30;8.30]	10.73 [23.0;-2.0]	78.82 [100.0;26.30]
<i>Viseu</i>	13.55 [31.80;0.30]	18.86 [39.50;4.40]	9.07 [26.8;-4.10]	71.74 [100.0;14.8]
<i>Sines</i>	16.04 [29.50;5.20]	20.0 [38.3;9.0]	12.54 [23.70;-1.10]	78.08 [100.0;36.40]

Anexo III - Taxa de mortalidade (média, máxima e mínima) das diferentes regiões ao longo dos meses do ano

Legenda: ■ - valores que estão acima da média nacional

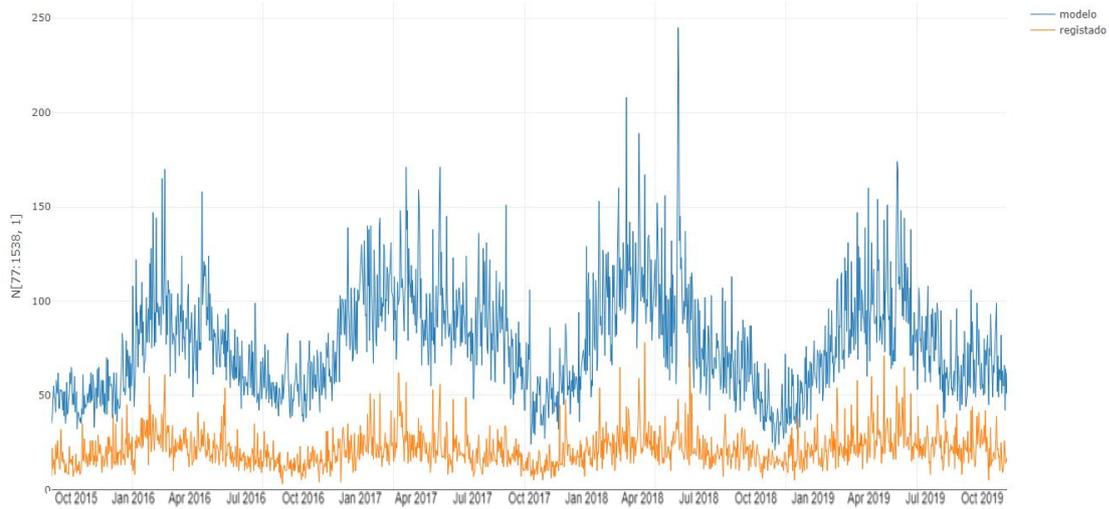
Mês/ Estação	Alverca	Beja	Coimbra	Portalegre	Porto	Sines	Viseu	
J A N E I R O	1-60 d	2.33% [2.70; 2.05]	3.06% [3.65; 2.59]	4.45% [5.0; 3.46]	3.63% [4.31; 3.28]	13.10% [13.56; 11.68]	10.49% [12.24; 8.86]	5.23% [6.92; 4.63]
	61- 120d	0.31% [0.46;0.2 9]	0.32% [0.34; 0.25]	0.63% [0.75;0.5 6]	0.52% [0.70;0.2 8]	1.37% [1.49; 1.04]	1.41% [2.02;0.39]	0.73% [0.94;0.6 2]
	121- 180d	0.40% [0.54;0.1 8]	0.19% [0.26;0.1 7]	0.56% [0.60;0.4 3]	0.25% [0.37;0.1 3]	0.65% [0.80; 0.62]	0.27% [0.66;0.11]	0.39% [0.64;0.3 4]
	181d - 18m	0.21% [0.27;0.1 5]	0.20 [0.29;0.1 6]	0.34% [0.40;0.2 8]	0.33% [0.36;0.2 5]	0.30% [0.32; 0.25]	0.19% [0.23;0.16]	0.32% [0.44;0.2 2]
	>18 m	0.37% [0.38;0.3 2]	0.34% [0.37;0.2 8]	0.46% [0.48;0.4 3]	0.35% [0.51;0.3 0]	0.48% [0.64;0.41]	0.31% [0.41;0.27]	0.39% [0.51;0.3 6]
F E V E R E I R O	1-60 d	2.25% [2.39;2.0 4]	3.29% [3.98;2.6 3]	4.18% [4.37;3.0 3]	3.89% [4.18;3.3 3]	11.42% [12.20; 10.53]	11.25% [11.41;9.5 4]	5.19% [9.44;4.6 9]
	61- 120d	0.38% [0.48;0.2 6]	0.46% [0.51;0.3 2]	0.58% [0.72;0.4 6]	0.51% [0.55;0.3 5]	1.18% [1.49;1.09]	1.05% [1.24;0.81]	0.69% [1.49;0.4 8]
	121- 180d	0.28% [0.56;0.1 4]	0.18% [0.24;0.1 5]	0.34% [0.42;0.3 0]	0.20% [0.23;0.1 6]	0.75% [0.89;0.60]	0.49% [0.61;0.24]	0.43% [0.55;0.3 6]
	181d - 18m	0.24% [0.27;0.1 3]	0.18% [0.21;0.1 3]	0.34% [0.42;0.3 0]	0.26% [0.29;0.2 5]	0.25% [0.33;0.24]	0.18% [0.23;0.13]	0.27% [0.36;0.2 5]
	>18 m	0.37% [0.44;0.2 6]	0.33% [0.35;0.2 8]	0.44% [0.48;0.4 0]	0.37% [0.43;0.2 9]	0.45% [0.62;0.40]	0.36% [0.38;0.27]	0.45% [0.50;0.3 5]
M A R Ç O	1-60 d	1.80% [1.96;1.3 3]	3.06% [3.84;2.2 7]	3.27% [3.80;3.0 7]	3.20% [4.38;3.0 2]	10.12% [12.18;9.48]	8.06% [8.77;7.26]	4.85% [6.34;4.4 1]
	61- 120d	0.31% [0.45;0.2 7]	0.29% [0.74;0.2 2]	0.66% [0.82;0.5 1]	0.48% [0.59;0.3 4]	0.14% [1.25;1.06]	64% [0.91;0.09]	0.93% [1.10;0.5 6]
	121- 180d	0.29% [0.39;0.1 9]	0.16% [0.25;0.0 8]	0.37% [0.44;0.3 4]	0.16% [0.42;0.1 4]	0.71% [0.76; 0.53]	0.28% [0.47;0.09]	0.43% [0.73;0.2 8]
	181d - 18m	0.18% [0.22;0.1 6]	0.16% [0.23;0.1 3]	0.29% [0.32;0.2 5]	0.23% [0.25;0.2 1]	0.26% [0.31; 0.22]	0.21% [0.27;0.15]	0.34% [0.50;0.1 9]
	>18 m	0.38% [0.38;0.2 8]	0.26% [0.34;0.2 5]	0.38% [0.46;0.3 5]	0.30% [0.41;0.2 7]	0.43% [0.55; 0.42]	0.29% [0.43;0.23]	0.41% [0.67;0.2 5]
1-60 d	1.66% [1.77;1.0 9]	2.34% [2.59;1.7 7]	3.03% [3.25;2.2 7]	2.71% [2.95;2.3 6]	9.53% [10.56;8.09]	7.50% [7.94;4.37]	3.99% [4.63;3.5 7]	

A B R I L	61-120d	0.26% [0.39;0.22]	0.23% [0.25;0.12]	0.53% [0.68;0.49]	0.36% [0.64;0.21]	1.06% [1.29;1.05]	0.64% [0.71;0.49]	0.62% [0.99;0.52]
	121-180d	0.15% [0.28;0.11]	0.12% [0.43;0.09]	0.34% [0.35;0.32]	0.23% [0.30;0.18]	0.64% [0.70; 0.51]	0.32% [0.45;0.22]	0.29% [0.51;0.15]
	181d-18m	0.18% [0.18;0.16]	0.13% [0.22;0.08]	0.25% [0.31;0.17]	0.18% [0.19;0.13]	0.25% [0.30; 0.24]	0.14% [0.18;0.12]	0.28% [0.40;0.17]
	>18m	0.28% [0.34;0.22]	0.21% [0.26;0.19]	0.39% [0.50;0.34]	0.20% [0.22; 0.19]	0.39% [0.52;0.32]	0.19% [0.25;0.18]	0.34% [0.43;0.26]
M A I O	1-60d	1.53% [2.12;1.37]	1.90% [1.99;1.89]	3.36% [4.22,2.64]	2.17% [2.33;2.02]	9.44% [10.17;8.70]	5.87% [7.16;3.49]	3.23% [3.49;2.98]
	61-120d	0.24% [0.27;0.21]	0.22% [0.31;0.18]	0.46% [0.49;0.32]	0.35% [0.40;0.26]	0.97% [1.24; 0.80]	0.37% [0.50;0.21]	0.61% [0.87;0.37]
	121-180d	0.18% [0.23;0.15]	0.17% [0.27;0.14]	0.35% [0.44;0.29]	0.19% [0.26;0.16]	0.60% [0.69; 0.53]	0.28% [0.33;0.17]	0.28% [0.56;0.22]
	181d-18m	0.15% [0.25;0.13]	0.15% [0.20;0.11]	0.27% [0.30;0.24]	0.18% [0.21;0.14]	0.24% [0.29; 0.22]	0.16% [0.26;0.15]	0.27% [0.40;0.16]
	>18m	0.25% [0.29;0.20]	0.16% [0.19;0.15]	0.37% [0.39;0.33]	0.17% [0.20;0.14]	0.42% [0.56;0.32]	0.19% [0.23;0.18]	0.26% [0.47;0.24]
J U N H O	1-60d	1.86% [2.99;1.66]	1.83% [2.14;1.63]	3.48% [4.44;3.12]	1.85% [2.30;1.51]	10.48% [10.97;9.95]	5.42% [6.46;3.09]	3.14% [3.37;2.69]
	61-120d	0.27% [0.35;0.21]	0.25% [0.30;0.23]	0.43% [0.59;0.23]	0.35% [0.39;0.33]	0.88% [1.19;0.81]	0.69% [0.74;0.38]	0.58% [0.77;0.49]
	121-180d	0.17% [0.21;0.11]	0.22% [0.34;0.18]	0.37% [0.61;0.32]	0.24% [0.29;0.22]	0.52% [0.66;0.48]	0.37% [0.59;0.06]	0.31% [0.38;0.25]
	181d-18m	0.17% [0.22;0.13]	0.18% [0.30;0.12]	0.30% [0.34;0.28]	0.16% [0.22;0.14]	0.23% [0.24;0.23]	0.13% [0.21;0.07]	0.28% [0.29;0.20]
	>18m	0.26% [0.33;0.17]	0.15% [0.17;0.13]	0.37% [0.40;0.35]	0.16% [0.16;0.13]	0.42% [0.49;0.34]	0.18% [0.24;0.12]	0.23% [0.29;0.20]
J U L H O	1-60d	2.49% [4.01;2.27]	2.32% [2.71;2.04]	4.23% [4.53;3.71]	2.11% [2.20;1.67]	11.46% [13.18;10.27]	6.56% [9.12;3.43]	3.53% [3.62;3.09]
	61-120d	0.33% [0.36;0.25]	0.34% [0.39;0.29]	0.51% [0.60;0.41]	0.44% [0.56;0.34]	1.08% [1.21;0.98]	0.41% [0.89;0.27]	0.43% [0.52;0.34]
	121-180d	0.31% [0.40;0.20]	0.26% [0.38;0.21]	0.29% [0.41,0.25]	0.27% [0.38;0.21]	0.52% [0.66;0.48]	0.25% [0.50;0.20]	0.32% [0.42;0.17]
	181d-18m	0.20% [0.24;0.14]	0.22% [0.30;0.16]	0.35% [0.43;0.30]	0.19% [0.22;0.11]	0.28% [0.30; 0.22]	0.17% [0.28;0.11]	0.27% [0.35;0.23]
	>18m	0.23% [0.32;0.22]	0.15% [0.18;0.14]	0.40% [0.49;0.36]	0.17% [0.19;0.15]	0.45% [0.53;0.37]	0.16% [0.18;0.16]	0.31% [0.34;0.22]

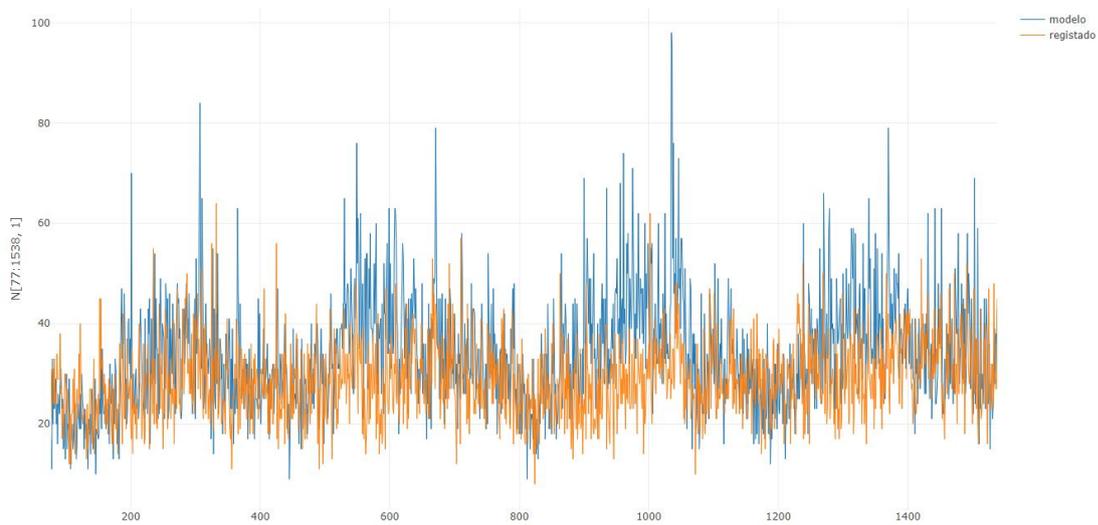
A G O S T O	1-60 d	2.60% [4.72;2.19]	2.61% [3.90;1.69]	4.76% [5.13;3.88]	3.46% [4.99;1.53]	11.81% [14.61;10.25]	7.28% [9.42;2.20]	3.89% [4.02;3.30]
	61- 120d	0.42% [0.49;0.35]	0.25% [0.48;0.19]	0.68% [0.87;0.55]	0.37% [0.65;0.28]	1.21% [1.27; 0.79]	0.69% [1.05;0.12]	0.52% [0.73;0.32]
	121- 180d	0.31% [0.44;0.07]	0.31% [0.38;0.25]	0.34% [0.37;0.26]	0.37% [0.42;0.21]	0.63% [0.71;0.48]	0.47% [0.83;0.38]	0.32% [0.48;0.17]
	181d - 18m	0.23% [0.28;0.13]	0.30% [0.44;0.16]	0.35% [0.43;0.26]	0.22% [0.27;0.17]	0.27% [0.33; 0.25]	0.10% [0.24;0.06]	0.28% [0.34;0.18]
	>18 m	0.33% [0.36;0.22]	0.21% [0.24;0.19]	0.40% [0.53;0.36]	0.23% [0.32;0.19]	0.51% [0.59;0.42]	0.20% [0.34;0.15]	0.32% [0.36;0.23]
S E T E M B R O	1-60 d	2.56% [3.13;2.21]	3.29% [3.57;2.55]	4.52% [5.24;4.31]	3.73% [4.13;3.35]	12.04% [13.01;9.74]	9.41% [10.89;6.59]	3.72% [3.82;3.45]
	61- 120d	0.44% [0.55;0.33]	0.53% [0.67;0.45]	0.78% [0.79;0.60]	0.64% [0.81;0.35]	1.23% [1.38;1.16]	1.08% [2.21;0.74]	0.69% [1.30;0.51]
	121- 180d	0.26% [0.28;0.14]	0.32% [0.53;0.28]	0.49% [0.54;0.39]	0.40% [0.69;0.25]	0.54% [0.68;0.47]	0.50% [0.88;0.35]	0.41% [0.58;0.29]
	181d - 18m	0.20% [0.28; 0.18]	0.31% [0.42;0.26]	0.42% [0.55;0.38]	0.28% [0.32;0.25]	0.29% [0.49;0.25]	0.21% [0.43;0.18]	0.36% [0.78;0.27]
	>18 m	0.38% [0.67;0.32]	0.30% [0.46;0.26]	0.46% [0.73;0.80]	0.36% [0.51;0.24]	0.55% [0.61;0.48]	0.25% [0.32;0.21]	0.36% [0.46;0.29]
O U T U B R O	1-60 d	2.83% [2.99;2.70]	3.23% [3.66;2.40]	4.79% [5.11;4.19]	3.54% [4.22;3.28]	12.29% [14.21;11]	9.10% [12.98;6.82]	4.44% [4.68; 4.32]
	61- 120d	0.69% [0.94;0.47]	0.61% [0.79;0.53]	0.98% [1.23;0.73]	0.72% [0.87;0.49]	1.39% [1.78;1.16]	0.94% [1.69;0.63]	0.73% [0.74;0.71]
	121- 180d	0.38% [0.75;0.33]	0.52% [0.56;0.44]	0.56% [0.66;0.52]	0.54% [0.79;0.39]	0.65% [0.78;0.57]	0.83% [1.18;0.28]	0.53% [0.74;0.24]
	181d - 18m	0.25% [0.32;0.17]	0.40% [0.64;0.27]	0.44% [0.48;0.37]	0.32% [0.40;0.27]	0.29% [0.41;0.22]	0.17% [0.20;0.11]	0.45% [0.45;0.31]
	>18 m	0.48% [0.60;0.40]	0.47% [0.64;0.38]	0.49% [0.69;0.39]	0.54% [0.61;0.44]	0.60% [0.67;0.47]	0.38% [0.44;0.32]	0.45% [0.49;0.31]
N O V E M B R O	1-60 d	2.79% [3.04;2.66]	2.83% [4.27;2.24]	4.46% [5.51;3.67]	3.24% [3.69;2.95]	12.75% [13.85;11.50]	8.19% [9.64;6.40]	4.09% [4.50;3.80]
	61- 120d	0.57% [0.91;0.36]	0.66% [0.89;0.35]	0.87% [1.10;0.57]	0.61% [0.94;0.55]	1.36% [1.58;1.09]	0.97% [1.36;0.80]	0.83% [0.98;0.56]
	121- 180d	0.39% [0.74;0.27]	0.44% [0.71;0.34]	0.59% [0.75;0.57]	0.56% [0.60;0.45]	0.76% [0.86;0.56]	0.62% [1.09;0.38]	0.55% [0.58;0.38]
	181d - 18m	0.24% [0.25;0.19]	0.30% [0.56;0.26]	0.40% [0.47;0.27]	0.27% [0.39;0.26]	0.29% [0.35;0.26]	0.27% [0.36;0.17]	0.34% [0.44;0.19]

	>18 m	0.41% [0.44;0.40]	0.41% [0.46;0.34]	0.49% [0.52;0.42]	0.40% [0.58;0.39]	0.51% [0.61;0.42]	0.36% [0.41;0.30]	0.35% [0.37;0.17]
D E Z E M B R O	1-60 d	2.40% [2.68;2.19]	2.58% [3.62;2.07]	4.17% [4.94;3.89]	3.20% [3.56;2.18]	12.80% [14;11.79]	9.0% [11.96;7.37]	4.36% [5.56;4.14]
	61- 120d	0.53% [0.77;0.32]	0.44% [0.70;0.25]	0.72% [0.85;0.59]	0.66% [0.80;0.46]	1.28% [1.31;1.20]	0.72% [1.28;0.65]	0.59% [0.67;0.54]
	121- 180d	0.42% [0.49;0.31]	0.31% [0.69;0.29]	0.55% [0.78;0.47]	0.32% [0.46;0.17]	0.76% [0.80;0.74]	0.49% [0.79;0.24]	0.34% [0.52;0.28]
	181d - 18m	0.22% [0.26;0.21]	0.27% [0.50;0.16]	0.37% [0.42;0.31]	0.29% [0.38;0.21]	0.30% [0.33;0.28]	0.21% [0.29;0.18]	0.35% [0.41;0.24]
	>18 m	0.37% [0.50;0.36]	0.31% [0.46;0.25]	0.44% [0.51;0.37]	0.34% [0.51;0.25]	0.51% [0.56;0.37]	0.36% [0.37;0.20]	0.35% [0.44;0.34]

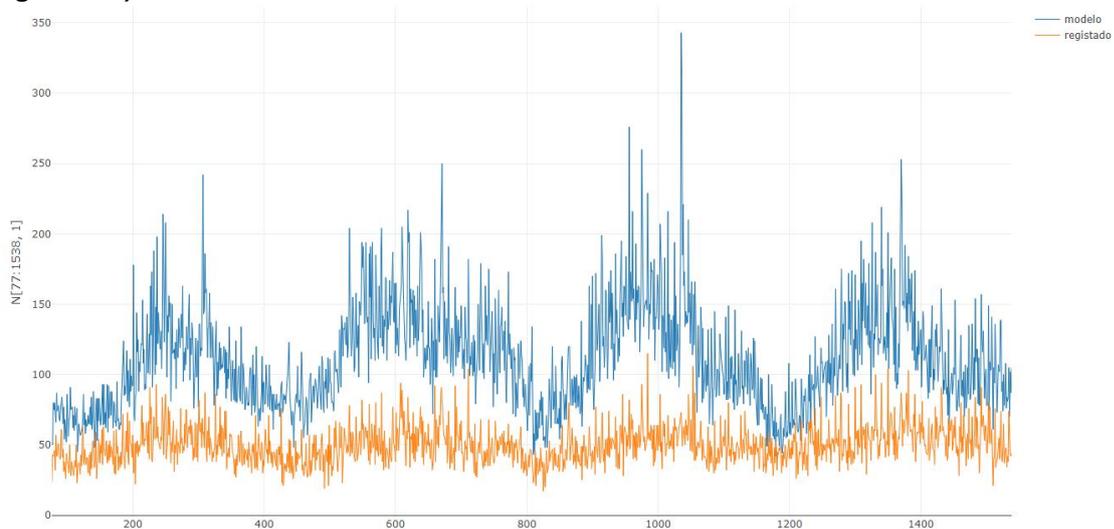
Anexo IV - Nascimentos em Monte Real (previstos pelo modelo e registados)



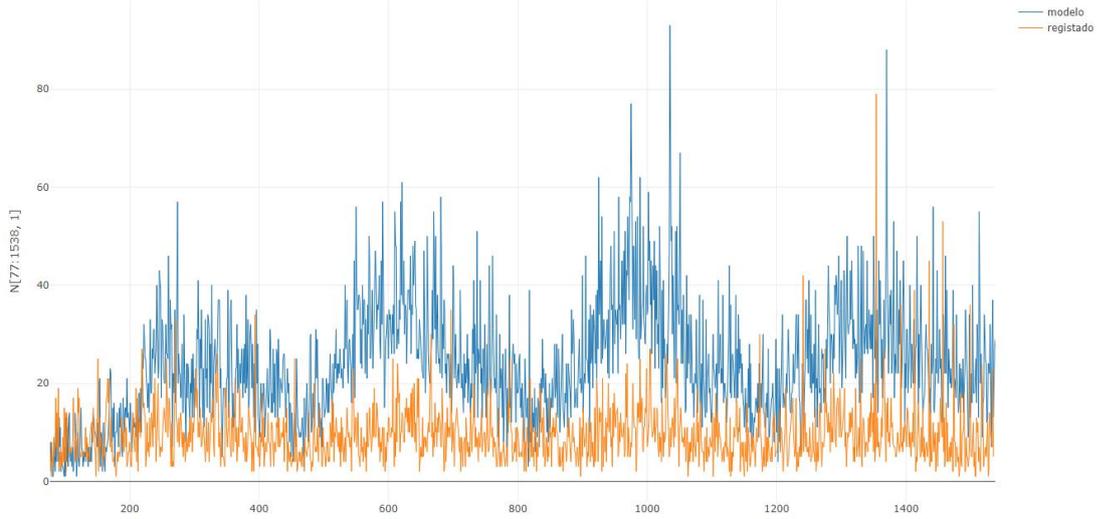
Anexo V - Nascimentos na cidade de Coimbra (previstos pelo modelo e registados)



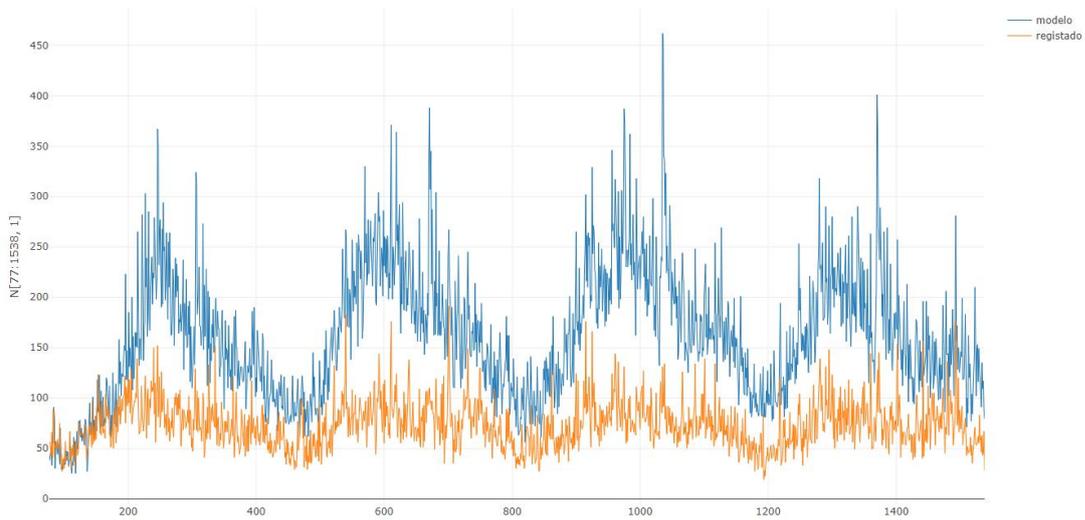
Anexo VI - Nascimentos na Região de Coimbra (Coimbra e Monte Real, previstos pelo modelo e registados)



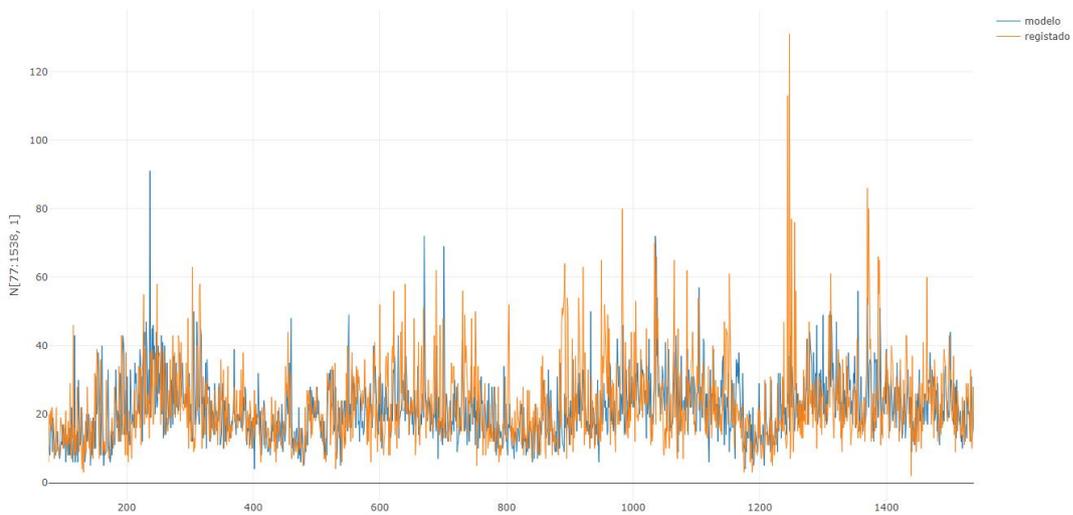
Anexo VII - Nascimentos em Sintra (previstos pelo modelo e registados)



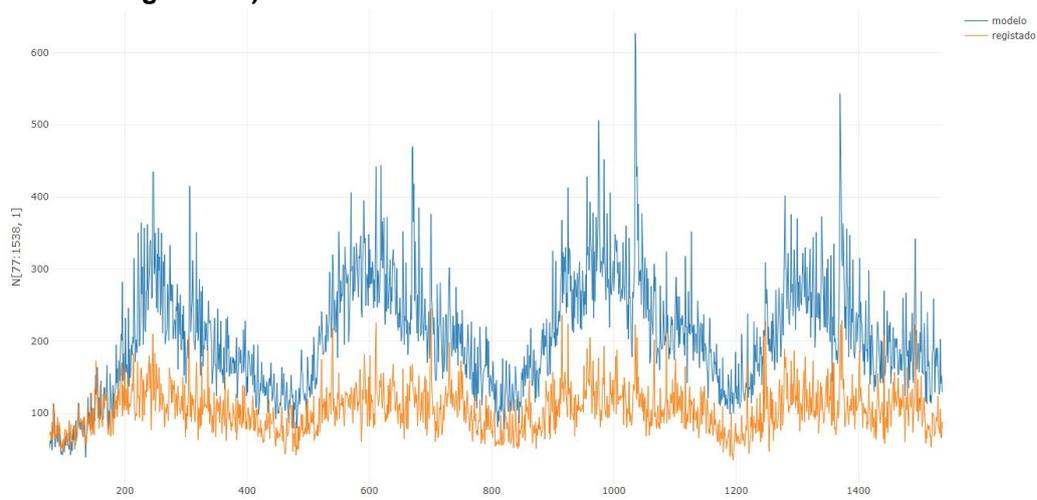
Anexo VIII - Nascimentos em Alverca (previstos pelo modelo e registados)



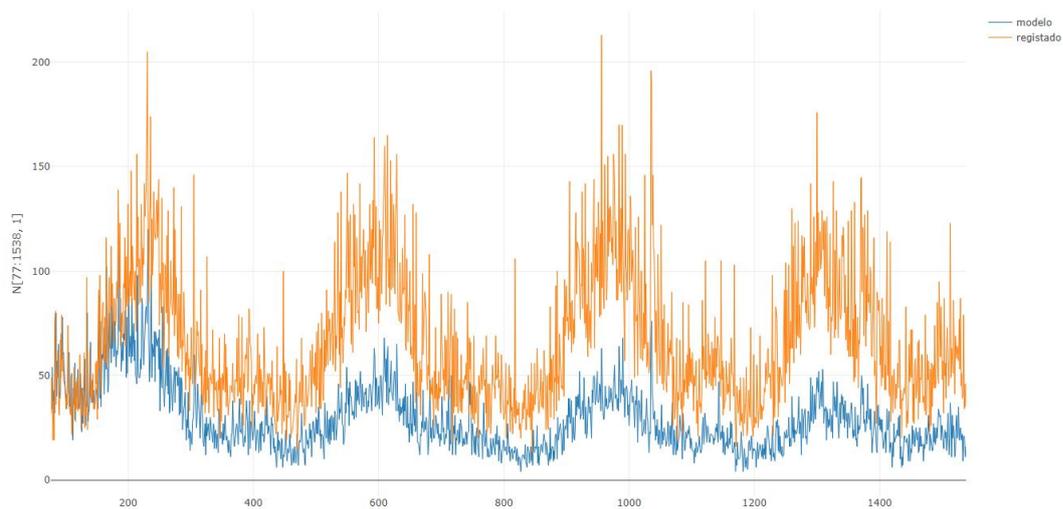
Anexo IX - Nascimentos em Lisboa e Montijo (previstos pelo modelo e registados)



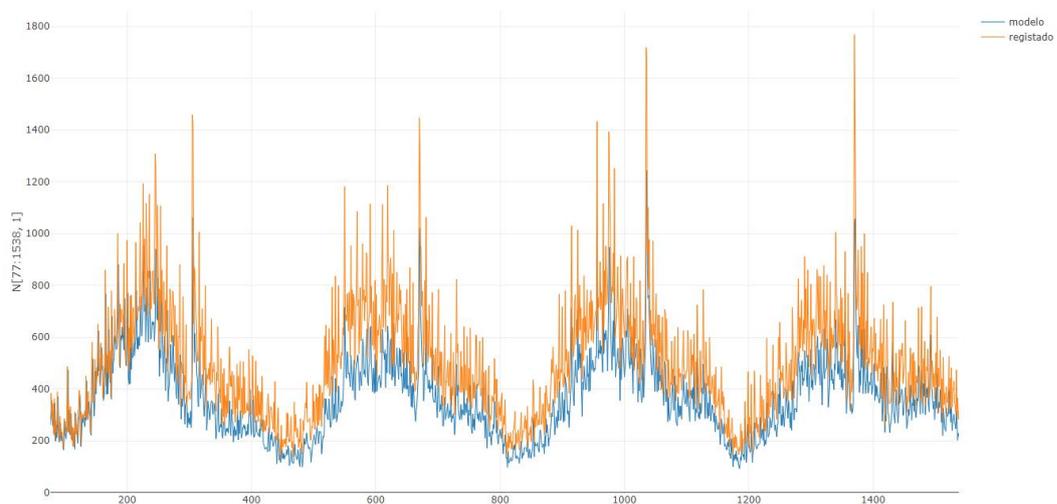
Anexo X - Nascimentos da Região de Alverca (Sintra, Montijo, Lisboa e Alverca, previstos pelo modelo e registados)



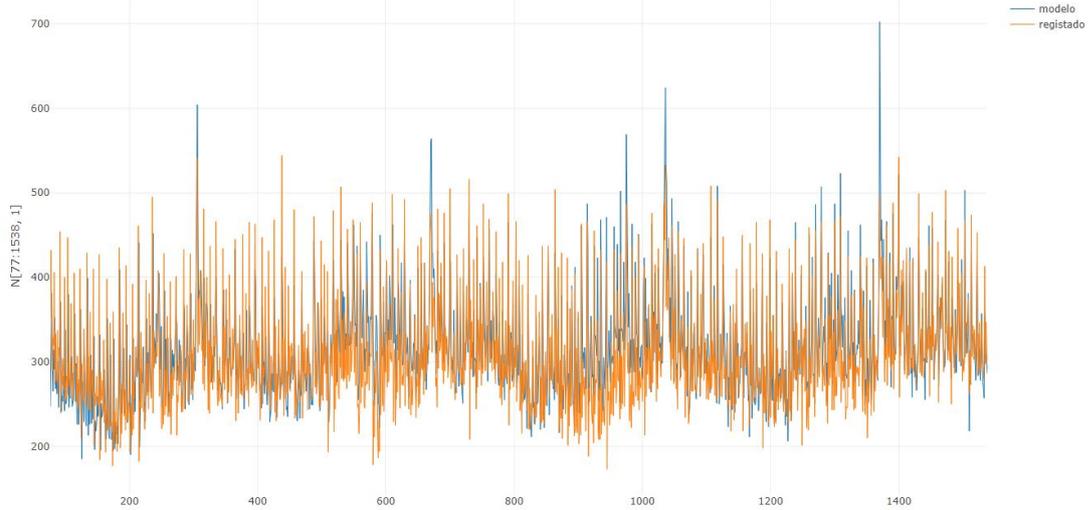
Anexo XI - Nascimentos na Região de Sines (Sines e Sagres, previstos pelo modelo e registados)



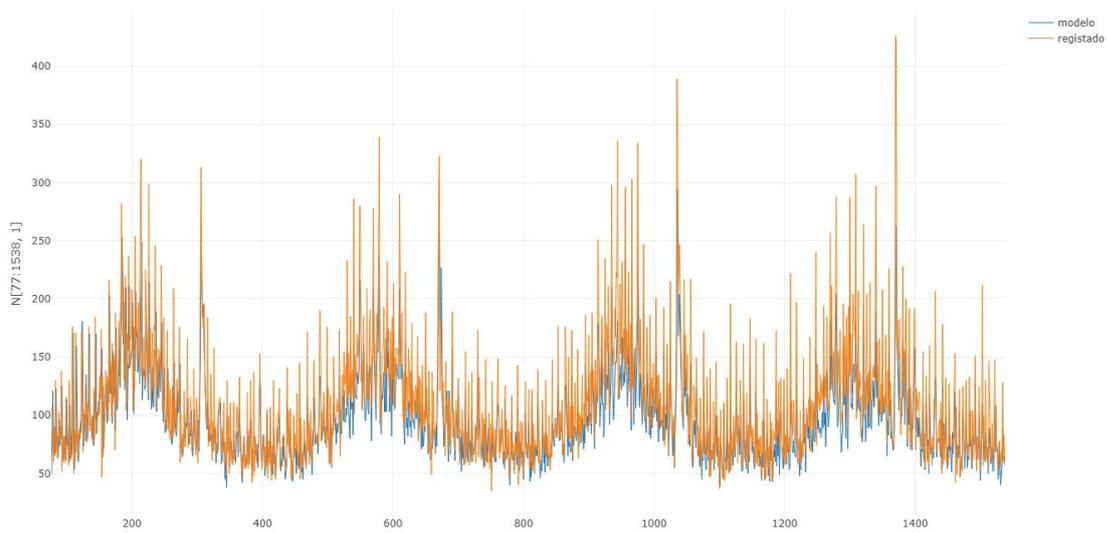
Anexo XII - Nascimentos na Região de Beja (Beja base aérea, Beja, Évora e Faro; previsto pelo modelo e registados)



Anexo XIII - Nascimentos na Região do Porto (previstos pelo modelo e registados)



Anexo XIV - Nascimentos na Região de Viseu (previstos pelo modelo e registados)



Anexo XV - Nascimentos na Região de Portalegre (previstos pelo modelo e registados)

