CRISTIAN HERNANDO MARTINEZ GARCIA

Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?

Pirassununga

2022

CRISTIAN HERNANDO MARTINEZ GARCIA

Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. André Furugen Cesar de Andrade

VERSÃO CORRIGIDA

Pirassununga

2022

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4190
FMVZ

Martinez Garcia, Cristian Hernando
Infertilidade sazonal em suínos: qual é o impacto na produção de suínos no Brasil? / Cristian Hernando Martinez Garcia. – 2022.
69 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2022.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. André Furugen Cesar de Andrade.

1. Aborto. 2. Condições climáticas. 3. Infertilidade sazonal. 4. Leitoas 5. Porcas. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Camila Molgara Gamba, CRB-8/7070, da FMVZ/USP.

São Paulo, 14th April 2022

CERTIFIED

We certify that the Research "Seasonal infertility in swine: What is the impact on Brazilian swine production?", protocol number CEUAx 5098210222 (ID 002133), under the responsibility Prof. Dr. André Furugen Cesar De Andrade, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day April 14, 2022.

Certificamos que o protocolo do Projeto de Pesquisa intitulado "Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?", protocolado sob o CEUAx nº 5098210222, sob a responsabilidade de Prof. Dr. André Furugen Cesar De Andrade, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 14 de abril de 2022.

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: MARTINEZ, Cristian Hernando Garcia

Título: **Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: _____/_____/_____

Banca Examinadora

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

Prof. Dr._____

Instituição:_____ Julgamento:_____

DEDICATÓRIA

Dedico todo o esforço e dedicação deste trabalho aos meus pais ***Pedro Jesus Martínez Lizarazo*** *e* ***Gilma Garcia Castro****; vocês são o motor da minha vida!.*

AGRADECIMENTOS

- A Deus! Por ter me protegido durante a pandemia, pela vida, saúde e oportunidades que tem colocado na minha vida.
- Aos meus Pais, Pedro Jesus Martínez Lizarazo e Gilma Garcia Castro pelo apoio, esforço e sábios conselhos que foram de grande ajuda.
- A minha irmã Diana Edith Martínez Garcia e sua família, pelo apoio, conselhos, e por sempre me escutar.
- Ao meu tio Alfonso Garcia Castro, pelo apoio e sábios conselhos.
- A minha namorada e futura esposa Gisele Mouro Ravagnani, agradeço pelo apoio moral, paciência, companhia e a motivação que me dá para querer ser melhor! Te amo!
- Aos meus amigos e companheiros de trabalho do Laboratório multiusuário Maitê, Ana Carolina, Denis e Ana muito obrigado a todos pelo trabalho e companheirismo!
- Ao meu orientador, Prof. Dr. André Furugen Cesar de Andrade, por dar-me a oportunidade de fazer parte deste grupo de pesquisa durante meu mestrado e doutorado e ter acreditado em mim. Agradeço muito pelos ensinamentos e oportunidades.
- A Dra. Simone Martins, agradeço muito pelas oportunidades e ensinamentos durante este período da minha vida, lhe sou muito grato!
- A Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e ao Programa de Pós-graduação em Nutrição e Produção Animal, obrigado pela oportunidade.
- A FAPESP - Processo: 2019/02113-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro durante o doutorado.
- A DB – Genética Suína pelo apoio por permitir realizar este trabalho.
- A Dra. Soraia Viana e Dr. Diego Alkmin pelo suporte e ajuda durante a realização de este trabalho

"Estamos nos afogando em informações
e famintos por sabedoria"
Zygmunt Bauman

RESUMO

MARTINEZ, C. H. G. **Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?** [Seasonal infertility in swine: What is the impact on Brazilian swine production?]. 2022. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Durante os períodos de verão e outono, a fêmea suína apresenta uma diminuição no desempenho reprodutivo quando comparado a inverno e primavera, como mostrado em países como Estados Unidos, Canada, França, Japão, Tailândia, Finlândia e Australia. O menor desempenho durante este período pode ser atribuído a diversos fatores, mas está associado principalmente a temperaturas sazonalmente elevadas e/ou longos fotoperíodos, que desencadeiam condições de estresse ambiental. Particularmente o estresse por calor e longos fotoperíodos podem afetar o eixo hipotálamo-hipófise-ovariano, limitando a liberação de gonadotrofinas pela hipófise, levando a alterações no desenvolvimento folicular ou na função do corpo lúteo. Os objetivos deste estudo foram identificar os principais efeitos sazonais relacionados ao desempenho reprodutivo de leitoas e porcas de rebanhos comerciais de suínos localizados no sudeste do Brasil e descrever as principais manifestações de infertilidade sazonal identificadas de acordo com cada granja. Dados de quatro granjas comerciais de suínos localizados no estado de Minas Gerais, Brasil, foram extraídos do sistema de registro durante o período de seis anos de janeiro de 2015 a dezembro de 2020. As estações foram incluídas ao banco de dados de desempenho reprodutivo das porcas de acordo com a data de cada serviço, além disso, o intervalo desmame estro (IDE) foi avaliado com estações de acordo com a data de desmame. A linhagem genética das fêmeas foi principalmente Landrace (L) e Large White (LW) e fêmeas hibridas (L×LW). A taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de falsa prenhez, taxa de descarte, taxa de mortalidade e taxa de parto foram de 3,07%, 2,31%, 1,06%, 0,51%, 2,0% e 91,06%, respectivamente. Para as condições climáticas deste estudo, foi observada uma variação sazonal para taxa de partos, taxa de retorno ao estro, taxa de falsa prenhez, taxa de descarte, número de leitões nascidos vivos e proporção de fêmeas com intervalo de desmame-estro entre 0-6 dias. Os resultados deste estudo evidenciaram infertilidade sazonal em porcas localizadas em rebanhos comerciais de suínos localizados em Patos de Minas, MG, Brasil. A intensidade dos efeitos negativos depende de fatores como paridade, condições climáticas do ano e características individuais de cada granja.

Palavras-chave: Aborto, Condições climáticas, Infertilidade sazonal, Leitoas, Porcas.

ABSTRACT

MARTINEZ, C. H. G. **Seasonal infertility in swine: What is the impact on Brazilian swine production?** [Infertilidade sazonal em suínos: Qual é o impacto na produção de suínos no Brasil?]. 2022. 69 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

During the summer and autumn periods, swine females have shown a decrease in reproductive performance when compared to winter and spring, as showed in countries such as the United States, Canada, France, Japan, Thailand, Finland, and Australia. The lower reproductive performance during these periods can be associated to several factors, but it is mainly associated to seasonal outdoors high temperatures and long photoperiod, which can lead to environmental stress conditions. Particularly, heat stress and long photoperiods can affect the release of gonadotropins by the hypothalamic-pituitary-ovarian axis, leading to related changes in follicular development or corpus luteum function. The main objectives were to identify the main negative effects of seasonal infertility on the reproductive performance of gilts and sows from commercial swine herds located in southeast of Brazil and to describe the main manifestations of seasonal infertility identified according to each farm. Data from four commercial swine farms located in the state of Minas Gerais, Brazil, were extracted from the recording system during the six-year period from January 2015 to December 2020. Seasons were included in the sow reproductive performance database. according to the date of each service. Weaning Estrus interval (IDE) was compared between seasons according to the weaning date. The genetic lines of the females were mainly Landrace (L), Large White (LW) and hybrid females (L×LW). The return to estrus rate, abortion rate, false pregnancy rate, culling rate, mortality rate and farrowing rate were 3.07%, 2.31%, 1.06%, 0.51% , 2.0% and 91.06%, respectively. For the climatic conditions of this study, a seasonal variation was observed for farrowing rate, return to estrus rate, false pregnancy rate, culling rate, number of piglets born alive and proportion of sows with a weaning-estrus interval between 0- 6 days. The results of this study showed seasonal infertility in sows located in commercial herds of swine located in Patos de Minas, MG, Brazil. The intensity of the negative effects depends on factors such as parity, climatic conditions of the year and individual characteristics of each farm.

Keywords: Abortion, Climatic conditions, Gilts, Seasonal infertility, Sows.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Estatística descritiva dos parâmetros reprodutivos durante janeiro de 2015 a dezembro de 2020 de leitoas/porcas de quatro granjas localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil ... 39
Tabela 2 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de retorno ao estro[1]. ... 42
Tabela 3 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de Aborto[1]. ... 43
Tabela 4 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de partos[1]. ... 44
Tabela 5 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para leitões nascidos vivos[1]. ... 46
Tabela 6 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para a proporção de intervalo desmame estro entre 0-6 d [1]. ... 47

LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 1. Temperatura máxima, Umidade relativa, amplitude térmica e fotoperíodo durante o período de 2015 – 2020 38
Grafico 2. Efeito sazonal (média ± EPM) na taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de falsa prenhez e taxa de parto de porcas acordo com os grupos de paridade..... 40
Grafico 3. Efeito sazonal (Média ± EPM) na taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de prenhez falsa e taxa de parto de acordo com os anos. 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Instalações de gestação ao ar livre. 32
Figura 2 Instalações de gestação com sistema de pressão negativa. 33
Figura 3 Instalações de gestação em gaiolas individuais. 34
Figura 4 Instalações de gestação em sistema de gestação coletiva. 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Amplitude térmica
Ft	Fotoperíodo
eCG	Gonadotrofina coriônica equina
hCG	Gonadotrofina coriônica humana
E2	Hormônio estradiol
FSH	Hormônio folículo estimulante
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofina
LH	Hormônio Luteinizante
P4	Hormônio progesterona
PGF2a	Hormônio prostaglandina F2 alfa
IA	Inseminação artificial
IDE	Intervalo entre o desmame e o estro
IDO	Intervalo entre o desmame e ovilação
IEO	Intervalo entre o estro-ovulação
LPS	lipopolissacarídeos
LNT	Número de leitões nascidos totais
SCA	Sistema convencional de alojamento aberto
SPN	Sistema de ventilação de pressão negativa com placas de celulose umedecidas por gotejamento
FP	Taxa de falsa prenhez
Tmax	Temperatura máxima
UR	Umidade relativa
Cwa	Zona subtropical úmida com inverno seco e verão quente
Aw	Zona tropical com inverno seco
As	Zona tropical com verão seco
Cwb	Zona úmida subtropical com inverno seco e verão temperado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

2 REVISÃO DE LITERATURA 18

2.1 CICLO REPRODUTIVO DA FEMEA SUINA 18

2.2 DESENVOLVIMENTO FOLICULAR E ENDOCRINOLOGIA 18

2.2.1 Período pré-folicular 18

2.2.2 Fase lútea do ciclo estral 19

2.2.3 Anestro lactacional 19

2.2.4 Fase Folicular 20

2.3 FISIOPATOLOGIA DA INFERTILIDADE SAZONAL 21

2.3.1 Estresse por calor 23

2.3.2 Estresse por calor e consumo de ração 23

2.3.3 Estresse por calor e integridade intestinal 24

2.3.4 Fotoperíodo 25

2.4 EFEITOS SAZONAIS NA FERTILIDADE 25

2.4.1 Início da puberdade 25

2.4.2 Intervalos desmame-estro e estro-ovulação 26

2.4.3 Retorno ao serviço, taxa de prenhez e parto 26

2.4.4 Tamanho e peso da leitegada 27

2.5 TRATAMENTOS PARA COMBATER A INFERTILIDADE SAZONAL 28

2.5.1 Hormonioterapia para diminuir os efeitos da infertilidade sazonal 28

3 OBJETIVOS 30

4 HIPÓTESES 31

5 MATERIAIS E MÉTODOS 32

5.1 GRANJAS 32

5.2 DADOS 34

5.3 DEFINIÇÕES E CATEGORIAS 35

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA 36

6 RESULTADOS 38

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA 38

6.2 PERDAS REPRODUTIVAS 39
6.3 LEITÕES NASCIDOS VIVOS E INTERVALO DE ESTRO DESMAME 45
7 DISCUSSÃO 48
8 CONCLUSÕES 52
9 REFERÊNCIAS 53
APÊNDICES 62

1 INTRODUÇÃO

A infertilidade sazonal em suínos foi descrita no final da década de 1970. Os primeiros relatos em rebanhos comerciais de suínos foram descritos na Austrália, com uma queda na taxa de partos associada a altas temperaturas ou fotoperíodo durante o verão (LOVE, 1978; PATERSON; BARKER; LINDSAY, 1978). Outros países como a Dinamarca, França, Reino Unido e EUA (AUMAITRE et al., 1976; STORK, 1979; HURTGEN; LEMAN, 1980; KING, 2017) também descreveram a infertilidade sazonal neste período. Esta diminuição nos parâmetros reprodutivos associada a temperaturas sazonalmente altas e/ou fotoperíodos longos, foi definida como infertilidade do verão ou infertilidade sazonal (PELTONIEMI et al., 1999; ROSS et al., 2017).

Os efeitos da infertilidade sazonal são diversos e estão associados a época do ano e a localização geográfica (latitudes). Assim, para determinar as possíveis causas da infertilidade sazonal é necessária uma abordagem multifatorial. O estresse por calor causado por altas temperaturas ambientais e em combinação com umidade relativa alta (índice de temperatura e umidade, THI) tem sido atribuídos como a principal causa da infertilidade (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), no entanto, fotoperíodos longos foram também identificados como o fator determinante de fertilidade, podendo também causar infertilidade em ambientes de temperatura controlada (TAST et al., 2002).

Os efeitos da infertilidade no verão podem ser o resultado de estresse por calor, fotoperíodo longo ou sua combinação (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), e a infertilidade no outono pode ser uma consequência tardia dos efeitos do verão ou se deve aos efeitos endócrinos diretos durante a transição de dias longos para curtos (AUVIGNE et al., 2010).

As temperaturas ambientais sazonalmente altas e/ou fotoperíodo, podem causar estresse por calor e alterações nos níveis séricos de melatonina (PELTONIEMI; VIROLAINEN, 2006; AUVIGNE et al., 2010; DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017). O aumento de temperatura ambiente e fotoperíodos mais longos durante o verão, podem reduzir a ingestão de alimento por parte da fêmea e causar alterações no ritmo circadiano (PRUNIER; DOURMAD; ETIENNE, 1994). Essa redução na ingestão de nutrientes está associada à redução da fertilidade da fêmea (KIRKWOOD; BAIDOO; AHERNE, 1990), causando alterações na estimulação do hormônio GnRH, alterações nos níveis séricos de melatonina, produção de corticoides (PELTONIEMI; VIROLAINEN, 2006) picos baixos de LH préovulatório e menor secreção basal de LH (KIRKWOOD; BAIDOO; AHERNE, 1990; PELTONIEMI et al., 1999). O pico

atenuado de LH tem sido associado a efeitos adversos na qualidade e luteinização dos folículos ovulados (AHERNE; KIRKWOOD, 1985). Mais recentemente, foi demonstrado que a kisspeptina e seus receptores são encontrados nos neurônios hipotalâmicos produtores de GnRH, e a ativação dos receptores da kisspeptina estimula a secreção de GnRH (CLARKE; DHILLO; JAYASENA, 2015). Curiosamente, a ingestão restrita de ração, além de alterar os níveis de melatonina durante o verão, também mostrou atenuar a produção de kisspeptina (CASTELLANO et al., 2005; ZHOU et al., 2014). Isto proporciona um mecanismo potencial para a modulação da secreção de gonadotrofina uma vez que se demonstrou que a melatonina regula negativamente a expressão do gene Kiss-1 e, portanto, a produção de kisspeptina (REVEL et al., 2007).

As manifestações de infertilidade sazonal incluem puberdade tardia (FLOWERS et al., 1989; PELTONIEMI et al., 1999), intervalo desmame-estro prolongado ou irregular, taxas de partos reduzidos (LOVE; EVANS; KLUPIEC, 1993; PELTONIEMI et al., 1999; DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), anestro e tamanhos reduzidos de leitegada (WEGNER et al., 2016). Em suínos, o LH é necessário para o crescimento do folículo pré-ovulatório, portanto, se o LH se torna limitante, o crescimento do folículo e o estro resultante serão retardados (DRIANCOURT; LOCATELLI; PRUNIER, 1995). Assim, variações na idade da puberdade, IDE e IEO podem estar relacionadas a diferenças no desenvolvimento dos folículos de leitoas e porcas ao desmame (LANGENDIJK; SOEDE; KEMP, 2000a; LUCY et al., 2001). Por outro lado, geralmente a infertilidade sazonal se expressa mais frequentemente em leitoas primíparas do que em porcas mais velhas (BLOEMHOF et al., 2013), provavelmente porque os animais mais jovens têm uma capacidade de consumo de ração menor e ainda estão em crescimento.

No Brasil, a literatura sobre infertilidade sazonal ainda é inconsistente, Costa et al., (2005) atribuíram um aumento na taxa de abortamento a sazonalidade. Porém, pesquisas são necessárias para verificar se no Brasil se apresentam os indicadores de infertilidade sazonal relatados. Diante do exposto, a hipótese do presente trabalho foi que os efeitos deletérios da infertilidade sazonal na reprodução de suínos estão presentes em rebanhos comerciais de suínos localizados no sudeste do Brasil. Portanto, os objetivos do presente trabalho foram 1) Identificar os principais efeitos sazonais associados ao desempenho reprodutivo de leitoas e porcas de rebanhos comerciais de suínos localizados em Patos de Minas, MG, Brasil. 2) descrever os principais efeitos do rebanho sobre a intensidade das manifestações de infertilidade sazonal identificados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CICLO REPRODUTIVO DA FEMEA SUINA

A fêmea suína é considerada poliéstrica anual, portanto, pode apresentar ciclos estrais ao longo do ano e somente a prenhez ou alguma disfunção endócrina interrompem a ciclicidade (KING, 2017; ROSS et al., 2017; TANI; PIÑEIRO; KOKETSU, 2017). Geralmente a leitoa atinge a puberdade entre 150 e 220 dias de idade, porém, depende de muitos fatores, incluindo o tempo de contato com o cachaço e a condição corporal da fêmea. Posteriormente, seguem-se ciclos estrais de 18 a 24 dias, sendo a maioria das marrãs inseminadas durante o 2º ou 3º estro após a puberdade (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011). Em suínos, a gestação normalmente tem uma duração de 114-116 dias, seguido de um período de lactação que pode variar de 16-40 dias (dependendo do sistema de produção), durante o qual as porcas normalmente passam por um período de anestro lactacional fisiológico. Após o desmame, segue o intervalo de desmame e estro que varia de 4 a 6 dias. Esses estágios reprodutivos são controlados por um sistema de feedback positivo e negativo dos hormônios reprodutivos que são produzidos e liberados do hipotálamo (hormônio liberador de gonadotrofina, GnRH), da hipófise (hormônio folículo estimulante, FSH, hormônio luteinizante, LH; oxitocina e prolactina), os ovários (progesterona, P4; 17-estradiol, E2; inibinas e relaxina) e o útero (prostaglandina F2, PGF2) (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011).

2.2 DESENVOLVIMENTO FOLICULAR E ENDOCRINOLOGIA

A reprodução da fêmea suína é excepcional no sentido de que ovulam de 15 a 30 oócitos em um período de estro, este processo de desenvolvimento folicular está dividido em fase pré-folicular, seguido da fase folicular, que inicia com a regressão do corpo lúteo e se estende até a ovulação (DA SILVA et al., 2016).

2.2.1 Período pré-folicular

O período pré-folicular é o período anterior à fase folicular de 4 a 6 dias que precede a ovulação. Durante esta fase, o desenvolvimento folicular é geralmente limitado, seja pela progesterona (durante a fase lútea do ciclo) ou pela lactação em curso. O número e a qualidade

dos folículos no início da fase folicular são amplamente determinados por processos durante a fase pré-folicular (KNOX, 2005; SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011).

2.2.2 Fase lútea do ciclo estral

No início da fase lútea, imediatamente após a ovulação, as concentrações periféricas de P4 são mínimas e o crescimento de folículos antrais é praticamente nulo. A produção de inibina e E2 diminui à medida que a ovulação ocorre, removendo o feedback negativo do FSH (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011). As concentrações periféricas de FSH são, portanto, maiores nos dias 1 e 2 após a ovulação, o que induz uma onda de desenvolvimento folicular sincronizado e um aumento no número de folículos pequenos e médios. Subsequentemente, a produção de inibina por estes folículos aumenta, o que reduz as concentrações periféricas de FSH. Os corpos lúteos em desenvolvimento produzem quantidades crescentes de P4, que atingem os picos de concentração nos dias 8–9 após a ovulação, suprimindo também a secreção de gonadotrofinas. O pequeno número de folículos antrais parece aumentar até o dia 9 (KNOX, 2005), mas os diâmetros foliculares permanecem relativamente pequenos (KNOX et al., 2003). Noguchi et al., (2010) evidenciaram mudanças no perfil individual de FSH e mudanças na inibina e diâmetro do folículo sugerindo-se que existe algum tipo de desenvolvimento folicular em suínos. No entanto, o diâmetro do folículo permanece limitado a no máximo 3-4 mm durante a fase lútea (HAZELEGER; SOEDE; KEMP, 2005).

2.2.3 Anestro lactacional

Durante a lactação, a concentração e a pulsatilidade do LH são suprimidas devido à inibição induzida principalmente pela amamentação sobre os pulsos de GnRH (DE RENSIS; COSGROVE; FOXCROFT, 1993). A supressão da LH está relacionada também ao balanço energético negativo da porca. Em porcas primíparas com menor consumo de ração, as concentrações periféricas de LH são reduzidas em comparação com porcas de maior consumo de ração (VAN DEN BRAND; SOEDE; KEMP, 2000). Por outra parte, o efeito da lactação no FSH é menos consistente, e pode estar relacionado principalmente ao feedback negativo da inibina, produzida pelos folículos antrais em vez do efeito de sucção (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011).

Durante o decorrer da lactação, normalmente a pulsatilidade da LH é restaurada (VAN DEN BRAND et al., 2000), portanto, o desenvolvimento folicular aumenta atingindo diâmetros

de folículo de 3-4 mm e em seguida regridem (LUCY et al., 2001). Esse aumento de LH pode estar relacionado a uma diminuição na frequência de sucção ou ao aumento da responsividade do LH hipofisário ao GnRH (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011). Adicionalmente, o mecanismo de feedback positivo do estradiol sobre o aumento de LH amadurece no curso da lactação, aumentando a capacidade das porcas para ter um pico de LH pré-ovulatório (SESTI; BRITT, 1993).

No final da lactação, a maioria das porcas tem ondas sincronizadas de desenvolvimento folicular (LUCY et al., 2001), com diâmetros de folículo atingindo 4-5 mm, no entanto, ocasionalmente algumas porcas desenvolvem folículos pré-ovulatórios com diâmetro de até 8 mm e podem ovular durante a lactação. A inibição da liberação de LH influencia tanto o desenvolvimento folicular durante a lactação quanto a retomada da atividade ovariana após o desmame, portanto, existe uma relação entre a lactação com as variáveis subsequentes de fertilidade, tais como: intervalo de desmame-estro, taxa de ovulação e sobrevivência embrionária, taxa de partos e tamanho da leitegada (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011).

2.2.4 Fase Folicular

A fase folicular do ciclo estral em suínos tem uma duração de 4-6 dias, a qual segue após uma fase lútea ou uma lactação. No início da fase folicular ou final da fase pré-folicular, dependendo da concentração periférica de progesterona (fase lútea) ou o efeito supressor da lactação (dias após o parto, balanço energético negativo e aleitamento), os maiores folículos antrais (geralmente 2-4 mm) são recrutados e começam a se desenvolver (KNOX, 2005). O recrutamento de folículos ocorre quando a liberação de GnRH e LH pulsátil passa de um padrão de menor frequência e maior amplitude para um padrão de maior frequência e menor amplitude em fêmeas desmamadas (SESTI; BRITT, 1993), em fêmeas que iniciaram o ciclo e em leitoas pós-púberes, portanto, a diminuição da progesterona pode ser o sinal para o recrutamento inicial, embora haja aumento da pulsatilidade do LH (KNOX, 2005).

A liberação de GnRH pulsátil induz a liberação de LH e FSH da hipófise anterior. O FSH é importante no aumento do número de folículos que atingem a categoria de tamanho médio (recrutamento) e o LH é necessário para o crescimento de folículos médios para o tamanho pré-ovulatório (seleção) (KNOX, 2005). O LH estimula o desenvolvimento de folículos maiores que contêm um número suficiente de receptores de LH, esses folículos começam a produzir o 17β-estradiol e inibina. O 17β-estradiol tem um efeito de feedback negativo no hipotálamo, resultando em uma redução de GnRH e subsequentemente reduz a

produção de LH e FSH (COX; BRITT, 1982), entretanto, os dímeros de inibina inibem especificamente a liberação de FSH (NOGUCHI et al., 2010). Como os folículos menores têm receptores insuficientes de LH e são, portanto, dependentes de FSH, sofrem atresia quando as concentrações periféricas de FSH diminuem (LUCY et al., 2001).

Durante o processo de seleção e enquanto os folículos estão crescendo para o diâmetro ovulatório, a pulsatilidade do LH e a liberação de FSH diminuem gradualmente para concentrações dificilmente detectáveis 2 a 3 dias antes da ovulação (DRIANCOURT; LOCATELLI; PRUNIER, 1995). Durante esse período, a produção de estrogêno a partir dos folículos pré-ovulatórios atinge seu máximo (NOGUCHI et al., 2010). Concentrações periféricas aumentadas de estrogêno induzem o aumento de LH pré-ovulatório (e um pequeno pico de FSH) via retroalimentação positiva causando uma diminuição imediata nas concentrações periféricas de 17β-estradiol (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011).

O pico de LH também inicia as alterações foliculares que resultam na ovulação e luteinização da parede do folículo, desencadeando a produção de progesterona. O processo de ovulação (período entre a ruptura do primeiro e do último folículo) dura, apenas, de 1 a 3 horas em porcas espontaneamente ovuladas e até 6 horas em porcas hormonalmente induzidas (SOEDE; HAZELEGER; KEMP, 1998). O diâmetro do folículo na ovulação (média dos 3-5 maiores folículos, medido pela ultrassonografia) geralmente tem de 6 a 8 mm de diâmetro, mas pode ser influenciado por tratamentos experimentais, como os tratamentos com altrenogest pós-desmame (VAN LEEUWEN et al., 2010). Vários aspectos das alterações hormonais peri-ovulatórias parecem importantes para a sobrevivência subsequente do embrião, por exemplo, um aumento de LH pré-ovulatório de menor amplitude pode resultar em ovários (parcialmente) císticos ou luteinização inadequada da parede folicular (GERRITSEN et al., 2014). Além disso, um aumento no intervalo entre concentrações máximas de 17β-estradiol e concentrações máximas de LH podem resultar em menores taxas de sobrevivência embrionária (SOEDE; LANGENDIJK; KEMP, 2011) e menores concentrações de progesterona na fase lútea que levam a uma menor sobrevivência embrionária (VAN DEN BRAND; SOEDE; KEMP, 2000).

2.3 FISIOPATOLOGIA DA INFERTILIDADE SAZONAL

A causa subjacente da infertilidade sazonal de porcas ainda não é totalmente clara, mas tem sido descrita como um complexo de caráter multifatorial associado principalmente ao estresse por calor e ao fotoperíodo mais longo durante o verão e outono (ROSS et al., 2017). Em mamíferos, a reprodução bem-sucedida requer uma combinação de mecanismos homeostáticos e homeoréticos que facilitam a partição de nutrientes para produzir gametas

saudáveis (BAUMAN; BRUCE CURRIE, 1980). Portanto, quando há condições de estresse ambiental como o estresse por calor, esses mecanismos fisiológicos são marcadamente comprometidos determinando alterações na capacidade reprodutiva (ROSS et al., 2017). O estresse por calor sazonal está relacionado ao número de dias quentes em um ano, número de dias quentes consecutivos ou número de horas dentro de um dia com temperatura acima de 25ºC (AUVIGNE et al., 2010), que em combinação ou não com umidade relativa alta pode alterar os parâmetros reprodutivos da fêmea suína. Por outro lado, o fotoperíodo também foi identificado como um dos fatores determinantes da infertilidade sazonal de suínos em diferentes regiões do mundo. O efeito de longos fotoperíodos durante o verão apresenta uma ampla variação nas manifestações de infertilidade sazonal, e está diretamente relacionado com a posição geográfica, principalmente à variação da quantidade de horas de sol por dia de acordo com a latitude (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

A temperatura e o fotoperíodo também podem ser influenciados pelas características próprias de cada granja, assim, outros fatores descritos que podem determinar as manifestações na infertilidade sazonal são o fluxo de ar, resfriamento, piso, cortinas, sistemas de irrigação, localização e tipo de instalações. Por outro lado, a percepção do fotoperíodo pode variar de acordo com o tipo de instalações, sendo maior em instalações com laterais abertas, moderada em instalações com cortinas laterais ou mínima em instalações fechadas com apenas entrada e saída de ventiladores. Portanto, a intensidade da iluminação pode variar dentro do barracão, com áreas de intensidade lux baixo e áreas de intensidade lux muito altos (KNOX et al., 2019).

A alta variação das condições climáticas associada a posição geográfica das diversas localidades de produção de suínos e o caráter multifatorial da infertilidade sazonal, têm dificultado o entendimento da fisiopatologia da infertilidade sazonal e seus efeitos na reprodução. O estresse por calor e o fotoperíodo têm sido relacionados com alterações no desenvolvimento folicular ou na função do corpo lúteo, provavelmente devido a alterações na estimulação gonadotrófica, resultando em animais sensíveis a alterações no meio ambiente (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

O principal efeito do estresse por calor e/ou fotoperíodo longo, é uma redução na ingestão de alimento por parte da fêmea e alterações no ritmo circadiano (PRUNIER; DOURMAD; ETIENNE, 1994; PELTONIEMI; VIROLAINEN, 2006; AUVIGNE et al., 2010; DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), que podem causar alterações na estimulação do hormônio GnRH e alterações nos níveis séricos de melatonina e produção de corticoides (PELTONIEMI et al., 2005).

2.3.1 Estresse por calor

Existem dois mecanismos principais determinantes da capacidade de termorregulação em mamíferos, convecção ou condução utilizados para regular o calor metabólico gerado pelos processos fisiológicos como contrações musculares, reações bioquímicas e digestão (MOUNT, 1978). Quando a temperatura ambiente aumenta, o resfriamento evaporativo, como suor e respiração é utilizado estratégia de termorregulação (MOUNT, 1978), entretanto, este mecanismo é eficaz somente quando a temperatura ambiente é inferior à temperatura corporal (ROSS et al., 2017).

Em suínos, a falta de glândulas sudoríparas funcionais, uma taxa metabólica aumentada devido à seleção genética para características reprodutivas, deposição de tecido magro (características produtoras de calor) e uma camada substancial de tecido adiposo subcutâneo tem tornado esta espécie especialmente suscetível ao estresse por calor (BROWN-BRANDL et al., 2001a; PATIENCE et al., 2005; RENAUDEAU; GOURDINE; ST-PIERRE, 2011), devido a que a regulação térmica em suínos é essencialmente baseada na condução do calor para superfícies mais frias ou por convecção para o ar ou a água (ROSS et al., 2017). Em condições de estresse por calor, a resposta inicial consistentemente observada em animais é a regulação imediata de processos fisiológicos e metabólicos, como a redução da ingestão de ração e a redistribuição do fluxo sanguíneo do núcleo do corpo para a periferia como estratégia para reduzir a retenção e produção de calor metabólico (HANSEN, 2009). No entanto, embora estes mecanismos de regulação tenham sucesso na redução da temperatura, podem causar distúrbios no metabolismo de água e proteína, equilíbrio energético e mineral, reações enzimáticas, secreções hormonais e metabólitos sanguíneos (MARAI et al., 2007).

2.3.2 Estresse por calor e consumo de ração

A redução da ingestão de ração durante o estresse por calor tem sido associada como a principal causa de efeitos negativos na reprodução animal. Essa redução na ingestão de nutrientes principalmente durante a lactação está associada à redução da fertilidade da porca, devido a picos baixos de LH pré-ovulatório e menor secreção basal de LH (KIRKWOOD; BAIDOO; AHERNE, 1990; PELTONIEMI; VIROLAINEN, 2006). Os efeitos de um pico atenuado de LH ainda não são claramente conhecidos, já que não afeta a ovulação, porém, tem sido sugerido um efeito adverso na qualidade da luteinização dos folículos ovulados (AHERNE; KIRKWOOD, 1985). O baixo status nutricional também está associado à maior

mobilização de reservas de tecido adiposo da porca, aumento na incidência de anestro e menores taxas de prenhez (DE RENSIS et al., 2005). Smith et al., (2006) sugeriram uma ligação entre estado nutricional e função reprodutiva da fêmea, provavelmente devido a atividade da leptina em neurônios Kiss-1 produtores de kisspeptina. A kisspeptina e seus receptores são encontrados nos neurônios hipotalâmicos produtores de GnRH, e a ativação dos receptores da kisspeptina estimula a secreção de GnRH (CLARKE; DHILLO; JAYASENA, 2015). Isto proporciona um mecanismo potencial para a modulação da secreção de LH e FSH (REVEL et al., 2007) afetando o crescimento folicular e subsequentemente a função do corpo lúteo.

2.3.3 Estresse por calor e integridade intestinal

A redistribuição do fluxo sanguíneo do núcleo do corpo para a periferia como estratégia para reduzir a retenção e produção de calor metabólico pode comprometer a saúde gastrointestinal e sua eficácia como barreira biológica (ROSS et al., 2017). O desvio do fluxo sanguíneo para periferia pode resultar em hipóxia intestinal, o que diminui a eficiência da barreira intestinal e compromete as junções intercelulares “tight junctions” (HALL et al., 1999; LAMBERT et al., 2002; PEARCE et al., 2013). A permeabilidade intestinal aumenta e permite a passagem de lipopolissacarídeos (LPS) para a circulação (HALL et al., 2001; PEARCE et al., 2013), o que afeta a capacidade reprodutiva (ROSS et al., 2015).

Os efeitos da passagem de LPS para a circulação das fêmeas podem ser caracterizados como desequilíbrio na função reprodutiva, envolvendo alterações no eixo hipotálamo-hipófise-ovário, estimulo da resposta imunológica e aumento na secreção de insulina (ROSS et al., 2017). O LPS circulante pode diminuir a liberação de LH e aumentar as concentrações de prolactina e cortisol (HERMAN; ROMANOWICZ; TOMASZEWSKA-ZAREMBA, 2010). Estas alterações hormonais são determinadas pela redução da expressão de genes que codificam o LH e seus receptores, e ao aumento de genes que codificam FSH, Prolactina e seus respetivos receptores (HERMAN; ROMANOWICZ; TOMASZEWSKA-ZAREMBA, 2010). Além disso, o LPS afeta negativamente a função ovariana, com potencial para reduzir o número de folículos primordiais (BROMFIELD; SHELDON, 2013). Esta diminuição da reserva folicular ovariana causada pela exposição ao LPS foi também confirmada em bovinos, sendo observada uma menor quantidade de folículos primordiais em cultura de ovário bovino exposta ao LPS (BROMFIELD; SHELDON, 2013) e também pela detecção de LPS no fluido folicular (HERATH et al., 2007). Portanto, o LPS pode comprometer a função reprodutiva a nível sistêmico, assim como diretamente no ovário.

2.3.4 Fotoperíodo

O efeito de longos fotoperíodos na reprodução de suínos apresenta uma ampla variação nas manifestações de infertilidade sazonal. A quantidade de horas de sol em cada região está diretamente relacionada com a posição geográfica (latitude) das localidades de produção de suínos (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), sendo essa uma das possíveis causas da divergência dos efeitos do fotoperíodo na reprodução. Em condições de fotoperíodo natural, as mudanças na duração e intensidade de luz ocorrem gradualmente, já em condições controladas, é difícil de imitar este cenário, o que dificulta o entendimento sobre a sequência ou proporção de luz adequada (TAST et al., 2001).

O principal caminho para transformação da quantidade de horas de luz em um estimulo fisiológico é através do olho (SENGER, 2005). A luz estimula a retina (fotorrecepção), este estímulo é transmitido pelo sistema nervoso para uma área específica do hipotálamo conhecida como núcleo supraquiasmático, e posteriormente para o gânglio cervical superior. Os neurônios pré-sinápticos do gânglio cervical superior estimulam a sinapse de neurônios pós-ganglionares com neurônios que fazem contato com as células da hipófise e consequentemente estimulando a liberação de melatonina por parte da mesma. A melatonina é sintetizada e liberada durante as horas da noite, portanto, liberação noturna de melatonina é dependente do estimulo e quantidade de horas de luz por dia, de modo que dias longos reduzem a liberação noturna de melatonina e vice-versa (SENGER, 2005).

A melatonina tem a capacidade de estimular a liberação de GnRH e promover a liberação de FSH e LH. Além disso, foi também demonstrado que a melatonina tem a capacidade de regular a expressão do gene Kiss-1 e, portanto, a produção de kisspeptina (REVEL et al., 2007). Esta regulação da liberação de GnRH e consequente liberação de FSH e LH pode explicar os efeitos negativos observados na infertilidade sazonal em suínos, porém esta hipótese não tem sido totalmente confirmada na literatura.

2.4 EFEITOS SAZONAIS NA FERTILIDADE

2.4.1 Início da puberdade

Durante as estações mais quentes, o início da puberdade pode ser potencialmente retardado por dois fatores ambientais, temperatura e fotoperíodo (PELTONIEMI;

VIROLAINEN, 2006; IIDA; KOKETSU, 2013b). O efeito de temperaturas elevadas na puberdade é provavelmente devido à redução da secreção de gonadotrofinas e diminuição da responsividade do ovário às gonadotrofinas (FLOWERS et al., 1989). Em suínos, o LH é necessário para o crescimento do folículo pré-ovulatório, portanto, se o LH se tornar limitante, o crescimento do folículo e o estro resultante serão retardados (DRIANCOURT; LOCATELLI; PRUNIER, 1995). No entanto, embora haja evidências claras de que temperaturas elevadas influenciam a idade na puberdade, o efeito do fotoperíodo ainda é muito controverso. Existem relatos mostrando efeitos com o um aumento do fotoperíodo na idade da puberdade (IIDA; KOKETSU, 2013b), mas esses efeitos não foram observados em outros estudos (PATERSON; PEARCE, 1990). Em contraste, na Tailândia, o atraso no início da puberdade claramente não está relacionado ao fotoperíodo (TUMMARUK, 2012).

2.4.2 Intervalos desmame-estro e estro-ovulação

As manifestações clínicas da infertilidade sazonal em porcas incluem o aumento da duração e da variabilidade do intervalo entre o desmame e o estro (IDE) e do intervalo entre o estro-ovulação (IEO) (KOKETSU; DIAL, 1997; BELSTRA; FLOWERS; SEE, 2004). As variações do IDE e IEO podem estar relacionadas a diferenças no tamanho dos folículos ao desmame (LUCY et al., 2001). Langendijk et al. (2000) e Lopes et al., (2014) fornecem evidências de uma forte relação negativa entre o diâmetro dos folículos ao desmame e a duração do IDE e IEO. Em contraste, Lucy et al., (2001), sugeriram em porcas com ondas foliculares sincronizadas o intervalo de desmame/ovulação depende do estágio de desenvolvimento folicular ao desmame. Por exemplo, quando as porcas são desmamadas quando a coorte de folículos (grandes) está em atresia, estas podem demorar em retornar ao estro novamente, pois deve haver uma nova seleção e crescimento de uma onda folicular, comparado com as porcas nas quais os folículos grandes não estão regredindo.

2.4.3 Retorno ao serviço, taxa de prenhez e parto

Durante o período de infertilidade sazonal, as taxas de anestro e falhas na concepção podem se aproximar de 30%. A perda da gestação geralmente ocorre nos estágios mais precoces e raramente durante o final da gestação (BERTOLDO et al., 2012) e pode ser devida a secreção inadequada de LH comprometendo o suporte lúteo ou o sinal embrionário inadequado para o reconhecimento materno. O desenvolvimento embrionário reduzido implica em inadequada

produção dos sinais embrionários que culmina com a falha da resposta materna a esses sinais. Em consequência, pode ocorrer um aumento de embriões perdidos por reabsorção de embriões e abortos não detectados (TAST et al., 2002).

Durante os períodos de verão ocorre um aumento no número de retornos ao serviço regulares (19 a 25 dias), o que implica uma falha de concepção ou perdas de embriões muito precoces, no entanto, a prevalência de retornos irregulares (30 a 35 dias) é detectada durante períodos de outono, sugerindo uma maior incidência de morte embrionária (IIDA; KOKETSU, 2013a). Estas observações implicam que, durante o período de infertilidade sazonal, pode haver uma concepção bem-sucedida, mas, em seguida, uma falha na manutenção da prenhez, presumivelmente devido à função corporal lútea inadequada (DE RENSIS et al., 2005).

2.4.4 Tamanho e peso da leitegada

Relatos de efeitos sazonais sobre o tamanho da leitegada são controversos, a redução no tamanho da leitegada tem sido observada em estudos (LOPES et al., 2014; WEGNER et al., 2016), porém, outros estudos não notaram esse efeito (XUE et al., 1994; TUMMARUK, 2012; DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017). Em países subtropicais e tropicais, onde as variações no fotoperíodo são relativamente pequenas, mas onde as temperaturas são geralmente altas durante o verão, o tamanho da leitegada pode ser comprometido. Em contraste, em países como a Finlândia, onde grandes diferenças no fotoperíodo ocorrem ao longo do ano, mas as temperaturas permanecem em uma faixa confortável para porcas, o tamanho da leitegada não é comprometido. Portanto, essas diferenças de efeito no tamanho da leitegada estão relacionadas a diferenças geográficas que determinam os fatores responsáveis pela infertilidade sazonal, como o fotoperíodo e a temperatura ambiente (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

Esse efeito negativo no tamanho da leitegada pode estar relacionado à alta temperatura ambiente durante o período de verão que altera a atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-ovariano, o desenvolvimento folicular e oocitário, o processo de implantação embrionária e a sobrevivência embrionária (BERTOLDO et al., 2012). Assim, os efeitos negativos do estresse por calor no tamanho da leitegada ocorrem no início da gestação, reduzindo a taxa de prenhez e o número de embriões, principalmente durante a concepção ou durante as primeiras semanas de gestação (BLOEMHOF et al., 2013). Em relação aos pesos ao desmame, Xue et al., (1994) relataram que no dia 21 da lactação o peso da leitegada foi influenciado pela estação, as leitegadas mais pesadas foram encontradas nos meses de primavera e as leitegadas mais leves no final do verão e início do outono. Isto pode ser explicado pela diminuição da ingestão de

ração no verão, com uma redução na produção de leite, além disso, pode haver uma variação sazonal na secreção de prolactina (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

2.5 TRATAMENTOS PARA COMBATER A INFERTILIDADE SAZONAL

Em fêmeas reprodutoras, temperaturas acima de 25ºC (AUVIGNE et al., 2010) ou variando entre 30ºC e 39ºC estão relacionadas com uma redução na expressão do estro, taxa de prenhez e sobrevivência embrionária. No entanto, existe uma importante variação individual da sensibilidade da porca aos efeitos do estresse por calor. Os sinais clínicos em porcas que permanecem em temperaturas acima da sua zona de conforto térmico são, aumento do consumo de água, polipnéia, diminuição da ingestão de alimentos e a perda de peso (BROWN-BRANDL et al., 2001b).

Com o objetivo de melhorar a produtividade das porcas através do manejo durante a gestação, lactação e após o desmame, a melhor opção para combater os efeitos sazonais negativos é controlar a temperatura e a umidade do ambiente. Quando essa abordagem não é possível ou a efetividade é questionada, intervenções hormonais exógenas são necessárias para estimular o desenvolvimento folicular ovariano e a ovulação. O suíno pode ser manipulado pelo prolongamento da fase lútea com a administração de progestágenos ou controle da fase folicular por tratamentos baseados na administração de GnRH ou análogos.

2.5.1 Hormonioterapia para diminuir os efeitos da infertilidade sazonal

Em suínos, o tratamento mais utilizado para estimular o desenvolvimento folicular é a administração de gonadotrofina coriônica equina (eCG), isolada ou em combinação com gonadotrofina coriônica humana (hCG). O eCG é um análogo de FSH, enquanto o hCG é um análogo de LH com uma meia-vida biológica mais longa na circulação do que o LH endógeno (24 h vs 20 min, respectivamente). Durante o período de verão, o uso de gonadotrofinas exógenas para o controle do estro tem sido sugerido em revisões prévias (KIRKWOOD; BAIDOO; AHERNE, 1990), devido a diminuição das concentrações de LH basal circulantes, esses hormônios podem ser utilizados, para assim, estimular uma maior atividade similar ao LH e restaurar a fertilidade. No entanto, devem ser avaliados os registos de produção para determinar qual o período histórico de redução da produtividade, e se existe uma afecção a porcas de paridades específicas, para assim determinar quais animais estão em risco e, por conseguinte, devem ser alvo de tratamento (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

Em suínos, é amplamente utilizado o progestágeno, como altrenogest, para sincronizar o estro. O altrenogest bloqueia a secreção de LH, impedindo o crescimento folicular além de 4-6 mm, diminui a produção de estrógeno e, portanto, previne o estro (REDMER; DAY, 1981). Após a retirada do altrenogest, ocorre uma secreção de LH pulsátil normal (VAN LEEUWEN et al., 2015), e inicia uma nova fase folicular ocorrendo o estro aproximadamente 5 dias mais tarde (HORSLEY et al., 2005). A infertilidade sazonal em porcas é em grande parte impulsionada por um baixo consumo de nutrientes durante a lactação, com um consequente estado metabólico comprometido, e maiores intervalos de desmame-estro. O altrenogest poderia ser empregado para permitir um período mais longo de intervalo de desmama estro, e uma recuperação metabólica antes do serviço. Se o uso de altrenogest for bem planejado, melhor será o desempenho reprodutivo. Koutsotheodoros et al., (1998) associaram taxas de ovulação aumentadas com a administração 20 mg de altrenogest em leitoas durante 18 dias e em porcas durante 12 dias após o desmame. No entanto, esta abordagem se não for cuidadosamente planejada resulta em dias excessivamente improdutivos, e consequentes aumento de fêmeas vazias (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017).

3 OBJETIVOS

Com base na literatura apresentada o experimento foi realizado com os seguintes objetivos:

3.2.1 Identificar os principais efeitos sazonais negativos sobre o desempenho reprodutivo de leitoas e porcas de rebanhos comerciais de suínos localizados em Patos de Minas, MG, Brasil.

3.2.2) Descrever a intensidade das manifestações de infertilidade sazonal de acordo com as características de cada granja.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.3.1 Determinar se existe uma diferença na eficiência produtiva durante as diferentes estações do ano em granjas de suínos comerciais.

3.3.2 Identificar se existe uma relação entre a temperatura e os indicadores de infertilidade sazonal

3.3.3 Analisar os efeitos da infertilidade sazonal nos parâmetros reprodutivos em leitoas e porcas recém desmamadas.

3.3.4 Determinar os fatores de risco que contribuem para um período de infertilidade sazonal

4 HIPÓTESES

4.1 os efeitos deletérios da infertilidade sazonal na reprodução de suínos estão presentes em rebanhos comerciais de suínos localizados no sudeste do Brasil.

4.2 Existe uma diferença na eficiência produtiva em granjas de suínos comerciais durante as diferentes estações do ano.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenhado como uma análise de dados retrospectiva de 6 anos (2015-2020) de desempenho reprodutivo em rebanhos comerciais de suínos no sudeste do Brasil. Este estudo está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, protocolado sob o CEUAx nº 5098210222.

5.1 GRANJAS

Foi realizada uma coleta de dados de registros individuais de quatro granjas comerciais de suínos (A, B, C e D) localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil, entre as latitudes 18,1 e 18,6°S e longitudes 46,0 e 46,5°W. As 4 granjas selecionadas foram visitadas com antecedência (09/2019) para identificar as diferenças entre as granjas em relação a instalações (Figura 1), manejo, objetivo produtivo da granja, estação climática mais próxima, linhagens, etc. e verificar os seguintes critérios seleção: (1) registros precisos de inseminação, partos e perdas gestacionais mantidos em banco de dados eletrônico; (2) disposição para compartilhar esses dados reprodutivos para fins de identificação de fatores de risco; (3) teste rotineiro de prenhez; e (4) tipo de alojamento das fêmeas, gaiolas individuais ou gestação coletiva.

Figura 1 Instalações de gestação ao ar livre.

Fonte: Martinez, CHG (2022)

No momento da coleta dos dados, o número de fêmeas ativas em cada granja era de 1.890, 3.270, 2.900 e 1.560 para as granjas A, B, C e D, respectivamente. As quatro granjas

utilizadas são pertencentes a mesma empresa de genética de suínos (DB Genética Suína, Minas Gerais, Brasil); portanto, práticas padrões foram mantidas em todas as granjas. As granjas B e C foram granja núcleo e as granjas A e D foram multiplicadoras. Além disso, as granjas núcleo (B, C) fornecem as leitoas de reposição para as granjas multiplicadoras (A, D) que por sua vez produziram leitoas de reposição comerciais.

Figura 2 Instalações de gestação com sistema de pressão negativa.

Fonte: Martinez, CHG (2022)

Em relação a estrutura das granjas, foi comprovado que as granjas continham dois tipos de instalações, sistema convencional de alojamento aberto (SCA; Figura 1) e sistema de ventilação de pressão negativa com placas de celulose umedecidas por gotejamento (SPN; Figura 2). Todas as leitoas pré-púberes foram alojadas em grupos nos dois sistemas SCA ou SPN. No SPN, durante o período de gestação, marrãs e porcas foram alojadas em gaiolas individuais por até 35 dias e, após a confirmação da gestação por diagnóstico ultrassonografia, foram alojadas em gaiolas individuais ou baias coletivas contendo estação de alimentação automática Weda® (Figura 3, 4). Durante o período de lactação, todas as porcas foram alojadas em gaiolas individuais em SPN. No SCA, durante o período de gestação, leitoas e porcas foram alojadas em gaiolas individuais até a confirmação da prenhez por diagnóstico ultrassonografia, após isso, foram alojadas em gaiolas individuais ou baias coletivas com alimentação no piso.

O sistema de alojamento da gestação nas granjas A, C e D foi SPN, construídos em 09/2019, 01/2019 e 05/2019 respectivamente, e o sistema de alojamento da lactação galpão lactação nas granjas A, C e D foi SPN, construídos em 01/2017, 02/2017 e 12/2017 respectivamente. Na granja B, todos os sistemas de alojamento foram SCA.

Figura 3 Instalações de gestação em gaiolas individuais.

Fonte: Martinez, CHG (2022)

Nas 4 granjas, a detecção do estro foi realizada duas vezes ao dia (manhã e noite), e a inseminação artificial (IA) com sêmen refrigerado foi utilizada com intervalo de 24 horas nas porcas e intervalo de 12 horas nas marrãs. Todas as doses de IA utilizadas foram provenientes de 2 centros de IA da mesma empresa e localizados nas mesmas latitudes e longitudes. Além disso, todas as leitoas e porcas receberam água ad libitum através de bebedouros automáticos. As rações de reposição, gestação e lactação foram formuladas utilizando principalmente milho e farelo de soja e as quantidades fornecidas foram ajustadas individualmente de acordo com as recomendações do nutricionista.

Figura 4 Instalações de gestação em sistema de gestação coletiva.

Fonte: Martinez, CHG (2022)

5.2 DADOS

Os dados foram coletados a partir dos registros do programa AGRINESS S2® do período de janeiro 2015 a dezembro de 2020, originados a partir de 36.098 fêmeas,

correspondendo a 140.619 serviços e 97.976 partos de 3 linhagens diferentes de fêmeas (Landrace; Large White; Landrace×Large White). Os dados foram coletados a partir dos relatórios gerados pelo programa AGRINESS S2® em planilhas de Excel®. Posteriormente foi realizada a recuperação e data wrangling utilizando o software r no entorno RStudio®, durante o período de Abril de 2021 – Maio de 2021. As inconsistências nos dados foram desconsideradas e foram excluídas, sendo 410 fêmeas com identificação duplicada, 3380 dados faltantes (Missing) de ocorrência após a IA, 250 dados de inconsistências de desempenho reprodutivo durante o parto, e 19 dados de inconsistências de desempenho reprodutivo ao desmame.

Os dados correspondem a registros individuais de cada fêmea, assim, após o manejo dos dados os seguintes parâmetros reprodutivos foram selecionados e incluídos na análise como indicadores de desempenho reprodutivo: primeiro estro observado, taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, falsa prenhez, taxa de descarte, mortalidade das fêmeas, taxa de parto, tamanho da leitegada, peso da leitegada ao nascimento, desmame de leitões, idade dos leitões ao desmame. A variável de intervalo desmame estro foi calculada a partir da dada de desmame e a data da IA que corresponde ao próximo ciclo ou paridade.

5.3 DEFINIÇÕES E CATEGORIAS

Leitoa, foi definida como uma fêmea que entrou no rebanho, mas nunca pariu e porca foi uma fêmea que teve pelo menos uma parição. Paridade 0 foi definida como leitoa e paridade foi definida como número de partos e aumentou após cada parto. O desempenho reprodutivo no parto foi avaliado como resultado de serviços realizados na mesma paridade (por exemplo, paridade 0), além disso, o IDE foi avaliado em porcas de paridade 1 ou mais. IA foi definido como qualquer inseminação única durante o período de estro e cobertura foi definido como todos os eventos de IAs durante um período de estro. A recobertura ocorreu quando mais de um evento de cobertura ocorreu dentro de uma paridade. O retorno ao estro foram os eventos de recobertura dentro de uma mesma paridade. Falsa prenhez foi definida como as fêmeas que foram diagnosticadas como gestantes e estavam vazias quando o diagnóstico com ultrassom ou alcançaram e/ou ultrapassaram as datas de parto previstas sem resultado. Todos os registros individuais de coberturas podem resultar em parto, retorno ao estro, aborto, falsa prenhez, descarte ou morte. Portanto, cada variável (taxa de partos, taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de prenhez falsa, taxa de descarte e taxa de mortalidade) foi calculada

separadamente pelo número de eventos dividido pelo número de coberturas. O intervalo de desmame-estro foi categorizado em dois grupos (0-6 e 7 ou mais).

As estações foram incluídas no conjunto de dados de acordo com a data de cada cobertura, além disso, os IDE foram avaliados em cada estação de acordo com a data de desmame. O ano foi dividido em 4 períodos de acordo com as datas correspondentes as estações do ano, verão de 21 de dezembro a 20 de março, outono de 21 de março a 20 de junho, inverno de 21 de junho a 21 de setembro e primavera de 22 de setembro a 20 de dezembro.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Data wrangling foi realizada no software R 4.0.3. Os dados foram avaliados utilizando Modelo linear misto generalizado (procedimento GLIMMIX) do Statistical Analysis System (SAS) (Versão 9.4, Institute Inc., Cary, NC, EUA). Quando significativo, as médias foram comparadas utilizando o ajuste de Tukey-Kramer, considerando o nível de significância de 5%.

Foi realizada uma regressão logística com distribuição binaria e uma função de ligação logit, para as variáveis, taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, falsa prenhez, taxa de parto, taxa de descarte e mortalidade das fêmeas. O IDE foi analisado como uma resposta com distribuição binária e uma função de ligação logit, modelando a probabilidade de IDE em 0-6 d. O número de leitões nascidos totais (LNT) foi analisado como uma resposta com distribuição normal utilizando Modelo linear misto (procedimento MIXED) do SAS.

Os parâmetros de desempenho reprodutivo de leitoas e porcas foram avaliados utilizando 2 modelos estatísticos, o modelo 1 foi criado para identificar os principais efeitos sazonais negativos e incluiu os efeitos fixos estação, ano, paridade, recoberturas, número de IAs e as interações entre estação × paridade, estação × ano, paridade × ano. A linhagem genética e a granja foram incluídas como efeito aleatórios. O modelo 2 foi criado para avaliar as diferenças entre granjas durante os anos e incluiu os efeitos fixos granja, granja × estação, granja × ano, estação × granja × ano, além dos mesmos efeitos fixos citados no modelo 1. A linhagem genética foi incluída como efeito aleatório. Além disso, as interações ou covariáveis (número de IAs, recoberturas) não significativas, foram removidas do modelo 1 ou 2. O LNT foi analisado utilizando o peso da leitegada ao nascimento e dias de gestação como covariável. O IDE foi analisado com leitões desmamados e duração da lactação (20 dias ou menos, 21-27 e 28 ou mais) como covariável. O número de IAs e grupo de cobertura foram excluídos do modelo na avaliação do IDE.

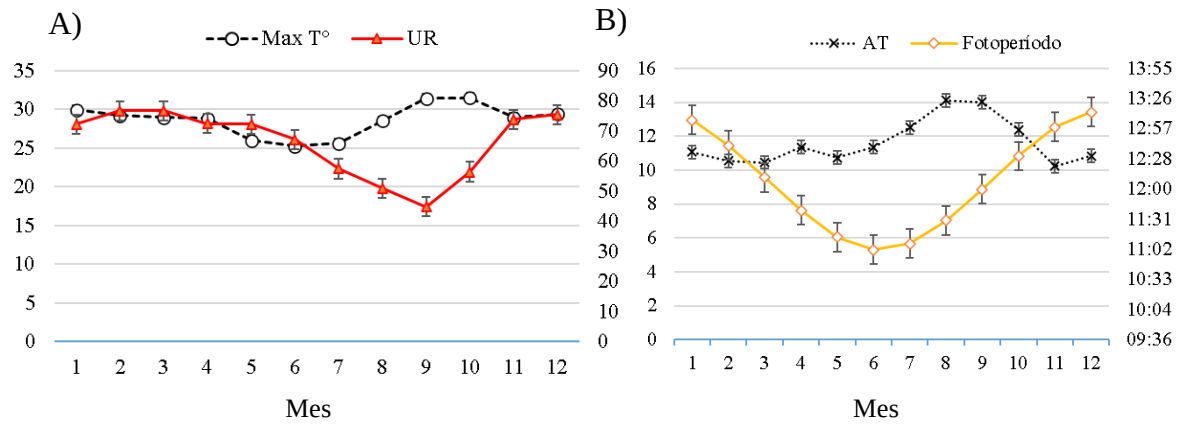
Interações ou covariáveis foram removidas do modelo 1 ou 2 quando não foram significativas (número de IAs, grupo de cobertura). As médias dos mínimos quadrados foram obtidas para cada classe e quando significativas foram comparadas usando a instrução LSMEANS com o ajuste de Tukey-Kramer. A significância foi considerada 5%.

6 RESULTADOS

6.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Os dados referentes a temperatura máxima (Tmax), umidade relativa (UR), amplitude térmica (AT) e fotoperíodo (Ft) são apresentados no Grafico 1. Durante o período correspondente ao verão (21 dez. – 20 mar.), os valores da média, erro padrão da média, máx. e min foram 29,4°; 0,1°; 34,9°; 21,5° para Tmax respectivamente, 75,0%; 0,5%; 97,5%; 39,5% para UR respectivamente, 10,8°; 0,1°; 29,1°; 2,9° para AT respectivamente, e 11:45h; 0:01h; 13:16h; 12:08h para Ft respectivamente. Durante o outono (21 mar. – 20 jun.), os valores da média, erro padrão da média, máx. e min foram 27,2°; 0,1°; 33,5°; 16,5° para Tmax respectivamente, 71,7%; 0,4%; 95,3%; 43,8% para UR respectivamente, 11,1°; 0,1°; 18,8°; 1,0° para AT respectivamente, e 11:25h; 0:01h; 12:08h; 11:00h para Ft respectivamente. Durante o inverno (21 jun. – 21 sep.), os valores da média, erro padrão da média, máx. e min foram 27,7°; 0,2°; 35,6°; 15,9° para Tmax respectivamente, 52,5%; 0,6%; 89,8%; 24.5% para UR respectivamente, 13,2°; 0,1°; 30,5°; 2,9° para AT respectivamente, e 11:25h; 0:01h; 12:07h; 11:00h para Ft respectivamente. Durante a primavera (22 sep. – 20 dez.), os valores da média, erro padrão da média, máx. e min foram 30,2°; 0,2°; 38,9°; 19,0° para Tmax respectivamente, 66,0%; 0,8%; 95,8%; 20,2% para UR respectivamente, 11,3°; 0,1°; 20,0°; 2,5° para AT respectivamente, e 12:48h; 0:01h; 13:15h; 12:07h para Ft respectivamente.

Grafico 1. Temperatura máxima, Umidade relativa, amplitude térmica e fotoperíodo durante o período de 2015 – 2020



Fonte: Martinez, CHG (2022)

A) Max T°: Temperatura máxima; UR: Umidade relativa; B) AT: amplitude térmica.

Os dados referentes a análise descritiva do desempenho reprodutivo em leitoas e porcas é apresentado na Tabela 1. Os valores médios (± EMP) para retorno ao estro, aborto, falsa prenhez, descarte de gestantes, mortalidade de gestantes, taxa de parto e IDE foram 3,07 ± 0,05%; 2,31 ± 0,05%; 1,06 ± 0,03%; 0,51 ± 0,02%; 2,00 ± 0,04%; 96,06 ± 0,09% e 4,48 ± 0,01% respectivamente. Para esta variáveis, o número de fêmeas de acordo com os grupos de paridade foram 31.003, 24.172; 18.300, 22.393 e 8.755 para paridade 0, 1, 2, 3-4, 5 ou superior, respectivamente. O número de fêmeas de acordo com os grupos de paridade para número de leitões LNT e natimortos foi 28.340, 22.087, 17.328, 21.321 e 8.906 para paridade 0, 1, 2, 3-4, 5 ou superior, respectivamente.

Tabela 1 Estatística descritiva dos parâmetros reprodutivos durante janeiro de 2015 a dezembro de 2020 de leitoas/porcas de quatro granjas localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil

Item	Granja A	Granja B	Granja C	Granja D
Leitoas/porcas	8.452	9.755	10.669	7.222
Observações	22.061	29.942	29.845	22.769
Média paridade	2,61±0,01	2,79±0,01	2,62±0,01	3,03±0,01
Taxa partos	88,17±0,21	90,31±0,17	92,71±0,15	92,7±0,17
Taxa de retorno ao estro	2,6±0,10	4,27±0,11	2,52±0,09	2,58±0,10
Taxa de aborto	4,66±0,14	2,32±0,08	1,26±0,06	1,41±0,07
Taxa de falsa prenhez	1,54±0,08	0,63±0,04	0,69±0,05	1,65±0,08
Taxa descarte de gestantes	0,89±0,06	0,5±0,04	0,51±0,04	0,2±0,02
Taxa de mortalidade de gestantes	2,14±0,10	1,97±0,08	2,32±0,9	1,46±0,08

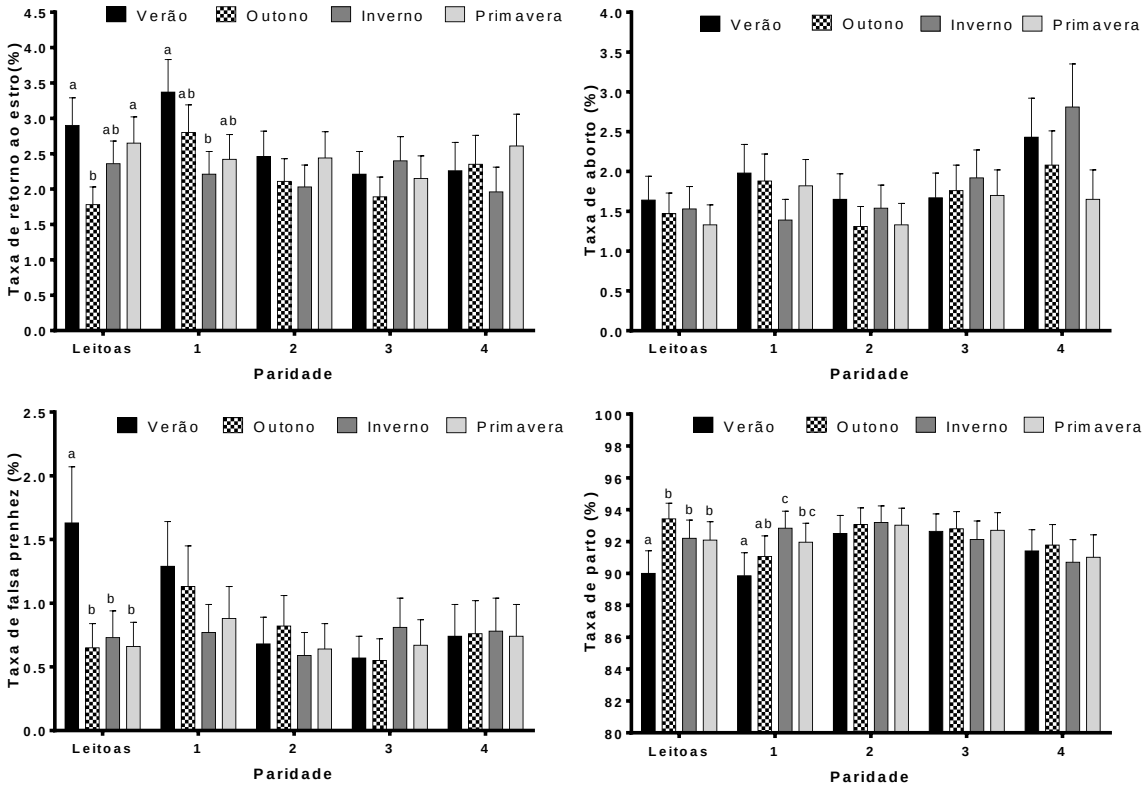
Fonte: Martinez, CHG (2022)

6.2 PERDAS REPRODUTIVAS

Houve efeitos de interação (P<0,05) entre estações × paridade (Figura 2) e estações × anos (Figura 3) para retorno ao estro, aborto, falsa prenhez e taxa de parto. No verão, a taxa de retorno ao estro foi maior nas leitoas quando comparada ao outono (P<0,05), e maior em porcas do grupo de paridade 1 quando comparada ao inverno (P<0,05). No entanto, nenhuma variação sazonal da taxa de retorno ao estro foi observada em porcas dos grupos de paridade 2, 3 e 4 (P>0,05). Além disso, a variação sazonal na taxa de retorno ao estro observada nas leitoas e em porcas do grupo de paridade 1 foi evidente apenas durante 2015 e 2018 (Figura 3). Houve efeito de interação entre paridade × ano (P<0,05) para a taxa de retorno ao estro (Apêndice D). No

ano 2015, foi observada uma menor taxa de retorno ao estro em leitoas e no ano 2018 foi observada uma menor taxa de retorno ao estro em porcas do grupo de paridade 2. Em relação à taxa de aborto, embora tenha sido observado efeito de interação entre estações × paridade (P = 0,026), e estações × anos (P = 0,004), não houve variação sazonal dentro do mesmo ano, e não foram encontradas diferenças entre as estações quando comparadas entre os grupos de paridade de porcas ou dentro de um ano. Essas diferenças na taxa de aborto foram observadas por diferentes desempenhos de acordo com a paridade no inverno, e diferentes taxas de aborto no outono ao longo dos anos e inverno ao longo dos anos. Não houve efeito de interação entre paridade e ano para a taxa de aborto.

Grafico 2. Efeito sazonal (média ± EPM) na taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de falsa prenhez e taxa de parto de porcas de acordo com os grupos de paridade.

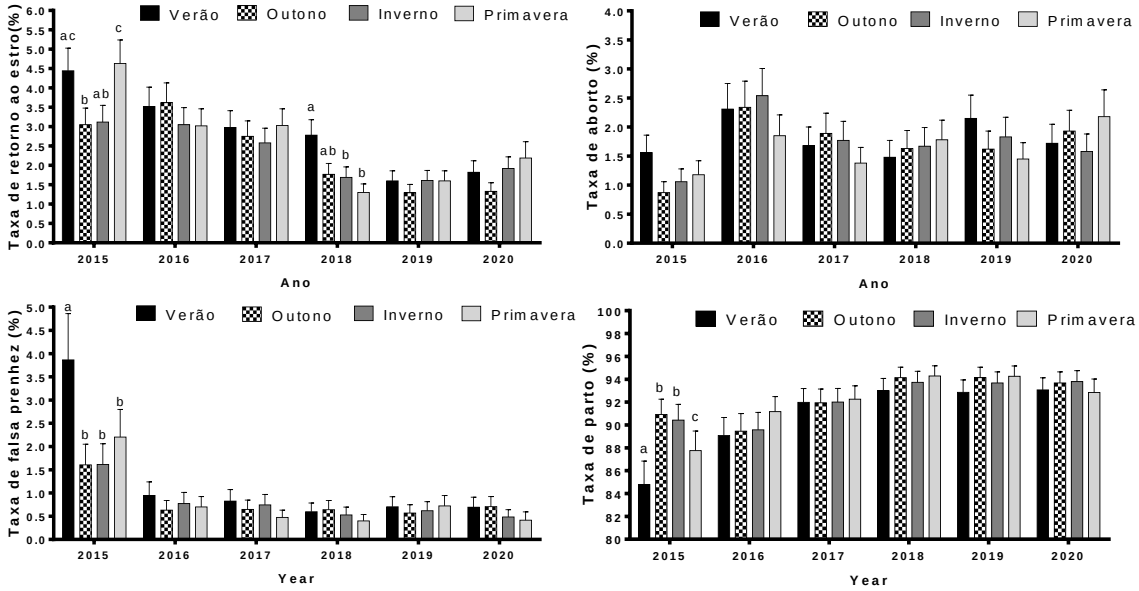


Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a-e] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre estações dentro dos grupos de paridade pelo teste de Tukey (P<0,05). Os efeitos de interação entre paridade e estações P=0,007, P=0,026, P<0,001 e P<0,001 para taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de prenhez falsa e taxa de parto, respectivamente.

Foi observada uma variação sazonal para a taxa de falsa prenhez (FP; P<0,05). No verão, foram observados maiores valores da taxa de FP em leitoas, mas nenhuma variação sazonal da taxa de FP foi observada para as porcas dos grupos de paridade 1, 2, 3 e 4 (Figura 2). Além

disso, a variação sazonal na taxa de FP foi evidenciada apenas durante 2015 (Figura 3). Não houve efeito de interação entre paridade e ano rara a taxa de FP. Além disso, a taxa de parto no verão foi menor nas leitoas (P<0,05) quando comparada ao outono, inverno e primavera, e menor no grupo de porcas de paridade 1 (P<0,05) quando comparada ao inverno. Não houve variação sazonal da taxa de parto em porcas dos grupos de paridade 2, 3 e 4 (Figura 2). A variação sazonal na taxa de partos foi evidenciada apenas durante o ano de 2015 (Figura 3), com menor taxa de partos no verão comparado com a primavera, outono e inverno. Foram observadas diferenças (P<0,05) entre os grupos de paridade de acordo com os anos (Apêndice I), e foram observadas menores taxas de parto em porcas dos grupos de paridade 1 e 4 durante 2015 e menores taxas de parto nas leitoas no ano 2018, no entanto, não foram observadas diferenças entre os grupos de paridade durante os anos de 2016, 2017, 2019 e 2020.

Grafico 3. Efeito sazonal (Média ± EPM) na taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de prenhez falsa e taxa de parto de acordo com os anos.



Fonte: Martinez, CHG (2022)

[a-e] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre as estações dentro do ano pelo teste de Tukey (P<0,05). Os efeitos de interação entre anos e estações foram P<0,001, P=0,004, P=0,004 e P<0,001 para taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de prenhez falsa e taxa de parto, respectivamente.

De acordo com o modelo 2, foi observado efeito de interação tripla (P<0,05) entre estações × granja × ano para taxa de retorno ao estro (Tabela 2), taxa de aborto (Tabela 3) e taxa de parto (Tabela 4). Os efeitos sazonais na taxa de retorno ao estro foram diferentes de acordo com a granja e ano (Tabela 2). No ano 2015, foi observada uma variação sazonal na taxa

de retorno ao estro na granja B, com maior taxa de retorno ao estro na primavera comparado ao outono. Além disso, no ano 2018 a granja A apresentou uma variação sazonal, com maior taxa de retorno ao estro no verão em comparação ao inverno e primavera.

Tabela 2 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de retorno ao estro[1].

Granja		Ano		Estação			
				Verão	Outono	Inverno	Primavera
Taxa de retorno ao estro, %							
Granja A	4,27±0,54^{A}	2015	11,52±1,37^{A}	10,36 ± 1,80	11,71 ± 1,93	8,95 ± 1,62	16 ± 2,22
		2016	11,74±2,20^{AB}	9,52 ± 4,08	16,33 ± 4,73	8,51 ± 2,98	14,08 ± 2,89
		2017	7,09±0,95^{B}	10,93 ± 1,76	5,18 ± 1,11	5,07 ± 1,1	8,66 ± 1,55
		2018	1,84±0,45^{C}	9,54 ± 1,59^{a}	3,31 ± 0,87^{ab}	0,85 ± 0,39^{b}	0,39 ± 0,28^{b}
		2019	1,09±0,28^{C}	1,24 ± 0,52	0,59 ± 0,34	0,73 ± 0,37	2,6 ± 0,79
		2020	2,81±0,54^{C}	3,26 ± 0,93	1,43 ± 0,56	2,92 ± 0,81	4,5 ± 1,62
Granja B	7,45±0,79^{B}	2015	10,01±1,15^{D}	10,97 ± 1,61^{ab}	7,14 ± 1,26^{a}	8,29 ± 1,35^{ab}	15,14 ± 1,95^{b}
		2016	10,39±1,16^{D}	11,75 ± 1,64	13,38 ± 1,77	8,21 ± 1,33	8,93 ± 1,42
		2017	8,10±0,97^{DF}	7,28 ± 1,24	9,62 ± 1,45	8,11 ± 1,30	7,57 ± 1,26
		2018	5,09±0,69^{E}	6,36 ± 1,13	4,7 ± 0,94	5,27 ± 0,99	4,25 ± 0,9
		2019	6,08±0,79^{EF}	5,83 ± 1,08	5,6 ± 1,06	6,61 ± 1,14	6,31 ± 1,12
		2020	6,48±0,87^{F}	5,79 ± 1,13	4,98 ± 0,98	7,49 ± 1,25	8,11 ± 1,82
Granja C	4,01±0,46^{A}	2015	9,33±1,09^{G}	11,46 ± 1,62	9,43 ± 1,48	8,52 ± 1,35	8,19 ± 1,40
		2016	4,65±0,63^{HI}	5,35 ± 1,03	5,47 ± 1,03	6,57 ± 1,13	2,39 ± 0,63
		2017	5,86±0,78^{H}	4,58 ± 0,93	6,54 ± 1,18	5,92 ± 1,14	6,63 ± 1,25
		2018	3,56±0,55^{IJ}	4,23 ± 0,94	3,6 ± 0,85	3,81 ± 0,86	2,76 ± 0,73
		2019	2,20±0,39^{J}	2,38 ± 0,68	1,56 ± 0,54	2,38 ± 0,66	2,65 ± 0,72
		2020	2,01±0,39^{J}	2,04 ± 0,65	1,37 ± 0,48	1,78 ± 0,55	3,26 ± 1,19
Granja D	5,34±0,59^{C}	2015	4,74±0,70	6,35 ± 1,30	2,6 ± 0,76	4,8 ± 1,09	6,32 ± 1,30
		2016	5,92±0,80	5,80 ± 1,19	4,92 ± 1,11	5,19 ± 1,1	8,24 ± 1,46
		2017	5,53±0,78	5,80 ± 1,24	5,22 ± 1,15	4,34 ± 1,04	7,1 ± 1,39
		2018	5,33±0,76	5,15 ± 1,15	5,57 ± 1,22	5,32 ± 1,14	5,28 ± 1,22
		2019	4,63±0,69	5,81 ± 1,29	4,85 ± 1,12	4,59 ± 1,06	3,53 ± 0,94
		2020	6,06±0,94	7,38 ± 1,53	5,98 ± 1,27	5,62 ± 1,20	5,41 ± 1,87

Fonte: Martinez, CHG (2022)

[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das linhas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das colunas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[1]Os valores de probabilidade para granja × ano × estação foram, P<0,001, granja × ano, P<0,001, granja × estação, P=0,158 e ano × estação, P<0,001.

Tabela 3 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de Aborto[1].

Granja		Ano		Estação			
				Verão	Outono	Inverno	Primavera
Taxa de aborto, %							
Granja A	3,18±0,54^{A}	2015	1,69±0,18^{A}	1,09 ± 0,36	0,48 ± 0,23	0,43 ± 0,23	1,02 ± 0,35
		2016	3,61±0,9^{BC}	5,23 ± 2,12	3,54 ± 1,55	1,82 ± 0,95	5 ± 1,32
		2017	3,40±0,61^{B}	3,3 ± 0,74	4,33 ± 0,89	4,33 ± 0,9	2,14 ± 0,53
		2018	4,29±0,76^{BC}	3,45 ± 0,76	5,2 ± 1,04	4,08 ± 0,86	4,62 ± 0,95
		2019	5,24±0,91^{C}	6,87 ± 1,31	4,69 ± 0,95	5,07 ± 1,01	4,61 ± 0,95
		2020	5,22±0,92^{C}	4,54 ± 0,97	5,34 ± 1,06	4,88 ± 0,99	6,29 ± 1,49
Granja B	2,13±0,36^{B}	2015	2,37±0,45	3,43 ± 0,77	2,2 ± 0,55	2,52 ± 0,59	1,67 ± 0,45
		2016	2,48±0,45	2,51 ± 0,58	3,74 ± 0,79	1,99 ± 0,5	2 ± 0,5
		2017	2,39±0,44	2,72 ± 0,63	1,98 ± 0,49	2,34 ± 0,56	2,59 ± 0,6
		2018	1,67±0,33	1,8 ± 0,47	1,41 ± 0,39	1,72 ± 0,45	1,76 ± 0,46
		2019	1,65±0,32	2,12 ± 0,53	1,52 ± 0,42	1,78 ± 0,46	1,29 ± 0,37
		2020	2,40±0,46	2,05 ± 0,53	2,77 ± 0,62	2,05 ± 0,51	2,83 ± 0,82
Granja C	1,07±0,19^{C}	2015	0,67±0,15^{D}	1,26 ± 0,36	0,47 ± 0,19	0,63 ± 0,23	0,54 ± 0,21
		2016	1,51±0,29^{E}	1,49 ± 0,4	1,08 ± 0,32	2,61 ± 0,59	1,22 ± 0,34
		2017	1,34±0,27^{DE}	0,98 ± 0,31	1,84 ± 0,47	1,48 ± 0,42	1,2 ± 0,37
		2018	1,30±0,27^{DE}	1,45 ± 0,42	0,71 ± 0,26	2,44 ± 0,6	1,11 ± 0,35
		2019	1,00±0,22^{DE}	1,07 ± 0,34	0,7 ± 0,26	1,71 ± 0,46	0,8 ± 0,27
		2020	0,85±0,21^{DE}	1,58 ± 0,45	0,48 ± 0,2	0,9 ± 0,3	0,74 ± 0,39
Granja D	1,43±0,25^{D}	2015	1,59±0,33^{FG}	1,89 ± 0,55	0,87 ± 0,32	1,39 ± 0,44	2,82 ± 0,72
		2016	2,89±0,54^{G}	3,37 ± 0,81	2,36 ± 0,64	4,16 ± 0,93	2,11 ± 0,6
		2017	1,51±0,32^{F}	1,98 ± 0,6	1,58 ± 0,5	1,34 ± 0,45	1,25 ± 0,44
		2018	1,20±0,28^{F}	1,14 ± 0,42	1,16 ± 0,43	0,85 ± 0,35	1,83 ± 0,57
		2019	1,20±0,28^{F}	1,11 ± 0,43	1,79 ± 0,54	1,44 ± 0,47	0,73 ± 0,32
		2020	0,85±0,25^{F}	0,79 ± 0,37	1,62 ± 0,52	0,38 ± 0,23	1,06 ± 0,64

Fonte: Martinez, CHG (2022)

[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das linhas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das colunas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[1]Os valores de probabilidade para granja × ano × estação foram, P<0,001, granja × ano, P<0,001, granja × estação, P=0,012 e ano × estação, P=0,022.

A taxa de aborto foi diferente (P<0,05) entre as granjas e foi diferente entre os anos para as granjas A, C e D, porém, embora tenham sido evidenciadas diferenças entre os anos, não foram observadas variações sazonais para esta variável. A taxa de parto foi diferente (P<0,05) de acordo com a granja, estação e ano (Tabela 4). Em 2015, a taxa de parto apresentou variação sazonal apenas na granja A, com menor taxa de parto no verão. Além disso, em 2016 a granja C teve efeitos sazonais, com menor taxa de parto no inverno.

Não foi observado efeito de interação tripla (P>0,05) entre estações × granja × ano para FP, taxa de mortalidade e taxa de descarte. A FP foi diferente entre as granjas de acordo com os anos (P<0,05; granja × ano, Apêndice E). A taxa FP foi maior na granja A durante o ano de 2015. A granja D apresentou a pior FP ao longo dos anos, além disso, foi observada uma variação sazonal na granja A e granja B, com maiores valores de FP no verão (Apêndice F).

Tabela 4 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para taxa de partos[1].

Granja		Ano		Estação			
				Verão	Outono	Inverno	Primavera
			Taxa de partos, %				
Granja A	88,12±1,22^{A}	2015	79,85±1,97^{A}	70,24 ± 2,85^{a}	84,39 ± 1,95^{bc}	85,16 ± 1,88^{c}	77,12 ± 2,44^{ab}
		2016	83,71±2,14^{AB}	82,6 ± 3,87	81,18 ± 3,82	87,56 ± 2,7	82,88 ± 2,54
		2017	88,64±1,25^{B}	86,97 ± 1,65	88,39 ± 1,5	88,57 ± 1,5	90,38 ± 1,34
		2018	91,43±1,00^{C}	89,19 ± 1,44	90,6 ± 1,31	93,19 ± 1,03	92,26 ± 1,15
		2019	91,28±1,01^{C}	88,98 ± 1,47	91,8 ± 1,18	92,17 ± 1,13	91,88 ± 1,2
		2020	90,34±1,13^{BC}	91,4 ± 1,29	91,33 ± 1,24	90,82 ± 1,29	87,36 ± 2,11
Granja B	89,19±1,44^{B}	2015	88,45±1,25^{E}	87,51 ± 1,58	90,45 ± 1,3	89,42 ± 1,38	85,96 ± 1,7
		2016	88,84±1,20^{E}	87,88 ± 1,5	86,24 ± 1,65	90,16 ± 1,3	90,58 ± 1,27
		2017	90,16±1,09^{EG}	90,3 ± 1,29	89,94 ± 1,31	90,79 ± 1,23	89,58 ± 1,35
		2018	93,63±0,76^{F}	93,13 ± 1	94,32 ± 0,87	92,9 ± 1,01	94,05 ± 0,91
		2019	92,82±0,84^{FG}	91,93 ± 1,12	92,48 ± 1,07	92,53 ± 1,05	94,13 ± 0,88
		2020	91,57±0,98^{G}	92,19 ± 1,12	91,19 ± 1,18	91,57 ± 1,15	91,29 ± 1,5
Granja C	89,19±1,44^{C}	2015	89,22±1,17^{H}	86,55 ± 1,63	90,78 ± 1,23	89,78 ± 1,32	89,4 ± 1,38
		2016	91,94±0,91^{I}	91,08 ± 1,19^{ab}	90,9 ± 1,2^{ab}	90,03 ± 1,27^{a}	94,83 ± 0,79^{b}
		2017	93,39±0,78^{IJ}	94,99 ± 0,78	93,29 ± 0,97	92,1 ± 1,13	92,82 ± 1,07
		2018	94,92±0,63^{JK}	95,13 ± 0,8	95,35 ± 0,77	93,79 ± 0,94	95,27 ± 0,78
		2019	95,63±0,55^{K}	96,16 ± 0,68	95,95 ± 0,71	95,48 ± 0,76	94,84 ± 0,83
		2020	95,64±0,58^{K}	93,81 ± 0,98	96,29 ± 0,65	96,45 ± 0,64	95,58 ± 1,02
Granja D	89,19±1,44^{D}	2015	91,50±0,98^{L}	89,57 ± 1,45	93,4 ± 1,03	91,64 ± 1,23	90,97 ± 1,32
		2016	91,43±0,99^{L}	90,84 ± 1,31	93,85 ± 1,01	90,4 ± 1,34	90,09 ± 1,38
		2017	93,74±0,76^{M}	93,27 ± 1,08	93,35 ± 1,05	94,26 ± 0,95	94,02 ± 0,99
		2018	94,00±0,74^{M}	93,19 ± 1,07	94,78 ± 0,9	93,99 ± 0,97	93,93 ± 1,02
		2019	93,05±0,83^{LM}	91,55 ± 1,28	94,13 ± 0,96	92,49 ± 1,13	93,77 ± 1,01
		2020	93,27±0,87^{LM}	92,00 ± 1,27	93,24 ± 1,07	94,01 ± 0,98	93,66 ± 1,48

Fonte: Martinez, CHG (2022)

[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das linhas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das colunas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[1]Os valores de probabilidade para granja × ano × estação foram, P<0,001, granja × ano, P<0,001, granja × estação, P=0,002 e ano × estação, P<0,001.

No geral, foi observada uma variação sazonal (P<0,05) para a taxa de mortalidade de gestantes, onde a maior mortalidade foi observada no verão quando comparada ao outono (Apêndice A). A taxa de mortalidade foi diferente entre as granjas de acordo com os anos

(P<0,05; Apêndice B). Durante o ano 2016, foi observada uma maior taxa de mortalidade na granja A e granja C e durante o ano 2017 foi observada uma menor taxa de mortalidade na granja D. Foram observadas diferenças na taxa de mortalidade entre os grupos de paridade de acordo com os anos (Apêndice G), as leitoas apresentaram uma maior taxa de mortalidade em comparação com porcas do grupo de paridade 1 no ano 2019. Além disso, houve um efeito de interação (P<0,05) entre e estações × anos (Apêndice H) para a taxa de descarte. A variação sazonal na taxa de descarte foi evidente apenas durante o ano de 2015, com menor taxa de descarte no inverno em comparação com o verão e a primavera. Por outro lado, houve efeito de interação (P<0,05) entre estação × granja (Apêndice C) para a taxa de descarte. A variação sazonal da taxa de descarte foi observada na granja A com maior taxa de descarte no verão em comparação ao inverno, e na granja B com maior taxa de descarte no outono em relação à primavera.

6.2 LEITÕES NASCIDOS TOTAIS E INTERVALO DE ESTRO DESMAME

Foi observado efeito de interação (P<0,05) entre estações × paridade (Apêndice J), estações × anos (Apêndice K) e paridade × ano (Apêndice L), para LNT. Foi observada uma variação sazonal de LNT em todos os grupos de paridade de porcas (P <0,05; Apêndice J), e em todos os anos deste estudo (Apêndice K).

Houve efeito de interação (P<0,05) entre estações × paridade (Apêndice M) e paridade × ano (Apêndice N), para o percentual de fêmeas em estro até 6 dias após o desmame (IDE dentro de 0-6 dias). Os grupos de porcas de paridade 2 e 3 apresentaram menor percentual de IDE dentro de 0-6 dias durante o inverno (Apêndice M). No entanto, nenhuma variação sazonal foi observada no grupo de porcas de paridade 1. De acordo com o modelo 1, foi evidenciada uma variação sazonal no percentual de IDE de 0-6 d durante o ano de 2016 (Apêndice N), além disso, houve efeito de interação tripla entre estações × granja × ano no percentual de IDE de 0-6 d (Modelo 2; Tabela 6) e para LNT (Tabela 5). Todas as granjas apresentaram diferentes números de LNT ao longo dos anos e apresentaram variação sazonal dentro de um ano de acordo com cada granja. A proporção de IDE dentro de 0-6 d apresentou variação sazonal de acordo com a granja e dentro de um ano. A granja B apresentou variação sazonal durante 2015 e 2019, a granja C apresentou variação sazonal durante 2018 e a granja D apresentou variação sazonal durante 2019, porém não houve variação sazonal na granja A.

Tabela 5 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para leitões nascidos totais[1].

Granja		Ano		Estação			
				Verão	Outono	Inverno	Primavera
Leitões nascidos Totais, n							
Granja A	14.86±0,21^{A}	2015	13.39±0.21^{A}	13.01±0.23^{a}	13.28±0.22^{a}	13.83±0.22^{b}	13.33±0.22^{ab}
		2016	14.46±0.21^{B}	13.98±0.22^{a}	14.04±0.22^{a}	14.93±0.22^{b}	14.8±0.22^{b}
		2017	15.23±0.21^{C}	14.78±0.22^{a}	15.38±0.22^{b}	15.44±0.22^{b}	15.29±0.22^{b}
		2018	15.42±0.21^{C}	15.09±0.22^{a}	15.42±0.22^{ab}	15.7±0.22^{b}	15.44±0.22^{ab}
		2019	14.94±0.21^{D}	15.21±0.22^{a}	15.17±0.22^{a}	14.26±0.22^{b}	15.17±0.22^{a}
		2020	15.87±0.21^{E}	15.95±0.23^{ab}	15.76±0.22^{ab}	16.1±0.22^{b}	15.36±0.25^{a}
Granja B	15.28±0,21^{B}	2015	14.32±0.21^{A}	14.15±0.22^{ac}	14.6±0.22^{ab}	14.67±0.22^{b}	13.79±0.22^{c}
		2016	14.71±0.21^{B}	14.27±0.22^{a}	14.47±0.22^{ab}	15.18±0.22^{c}	14.87±0.22^{bc}
		2017	15.21±0.21^{C}	14.77±0.22^{a}	15.22±0.22^{b}	15.68±0.22^{c}	15.14±0.22^{ab}
		2018	15.62±0.21^{D}	15.21±0.22^{a}	15.86±0.22^{b}	15.72±0.22^{b}	15.69±0.22^{b}
		2019	15.68±0.21^{D}	15.78±0.22	15.82±0.22	15.64±0.22	15.49±0.22
		2020	16.02±0.21^{E}	15.94±0.22	16.12±0.22	16.12±0.22	15.74±0.23
Granja C	14.62±0,21^{C}	2015	12.98±0.21^{A}	12.7±0.22^{a}	13.35±0.22^{b}	13.04±0.22^{ab}	12.75±0.22^{a}
		2016	13.93±0.21^{B}	14.25±0.22^{a}	13.68±0.22^{b}	13.69±0.22^{b}	14.07±0.22^{ab}
		2017	14.34±0.21^{C}	13.88±0.22^{a}	14.12±0.22^{a}	14.69±0.22^{b}	14.78±0.22^{b}
		2018	14.85±0.21^{D}	14.85±0.22	15.16±0.22	14.51±0.22	14.88±0.22
		2019	15.89±0.21^{E}	15.55±0.22^{a}	15.64±0.22^{ab}	16.07±0.22^{bc}	16.27±0.22^{c}
		2020	16.3±0.21^{F}	16.42±0.22	16.17±0.22	16.29±0.22	16.41±0.24
Granja D	15.80±0,21^{D}	2015	14.4±0.21^{A}	14.19±0.22^{a}	14.45±0.22^{ab}	14.8±0.22^{b}	14.13±0.22^{a}
		2016	15.21±0.21^{B}	14.95±0.22	15.29±0.22	15.31±0.22	15.28±0.22
		2017	15.75±0.21^{C}	15.25±0.22^{a}	15.75±0.22^{ab}	16.09±0.22^{b}	15.89±0.22^{b}
		2018	16.12±0.21^{D}	16±0.22	16.09±0.22	16.02±0.22	16.39±0.23
		2019	16.6±0.21^{E}	15.85±0.23^{a}	16.75±0.22^{b}	16.88±0.22^{b}	16.85±0.22^{b}
		2020	17.13±0.21^{F}	17.4±0.23	17.08±0.22	17.07±0.22	16.81±0.25

Fonte: Martinez, CHG (2022)

$^{a, b}$ Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das linhas pelo teste de Tukey (P<0,05).

$^{A-J}$ Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das colunas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[1]Os valores de probabilidade para granja × ano × estação foram, P<0,001, granja × ano, P<0,001, granja × estação, P<0,001 e ano × estação, P<0,001.

Tabela 6 Efeito de interação tripla (Média ± EPM) entre estações × granja × ano para a proporção de intervalo desmame estro entre 0-6 d [1].

Granja		Ano		Estação			
				Verão	Outono	Inverno	Primavera
Proporção de intervalo desmame estro entre 0-6 d, %							
Granja A	93,17±0,46^{A}	2015	91,45±0,86^{AB}	89,54 ± 2,03	89,78 ± 1,68	91,43 ± 1,4	94,21 ± 1,21
		2016	85,31±3,48^{A}	86,95 ± 4,59	68,33 ± 17,56	93,01 ± 3,05	85,59 ± 5,07
		2017	94,16±0,55^{AB}	93,69 ± 1,16	89,98 ± 1,3	96,3 ± 0,72	95,13 ± 0,88
		2018	94,56±0,56^{BC}	96,78 ± 0,73	95,26 ± 0,98	90,79 ± 1,26	93,86 ± 1,04
		2019	96,48±0,38^{C}	97,18 ± 0,66	96,97 ± 0,6	96,93 ± 0,63	94,22 ± 0,88
		2020	93,09±0,77^{AB}	94,77 ± 0,94	90,94 ± 1,31	91,92 ± 1,13	94,1 ± 1,93
Granja B	94,90±0,26^{B}	2015	93,23±0,60^{D}	92,65 ± 1,05^{ab}	96,33 ± 0,7^{a}	93,25 ± 1,08^{ab}	88,73 ± 1,31^{b}
		2016	94,42±0,52^{D}	94,01 ± 0,95	92,78 ± 1,13	96,29 ± 0,8	94,02 ± 0,94
		2017	94,96±0,48^{DE}	95,56 ± 0,82	95,55 ± 0,83	93,37 ± 1,01	95,11 ± 0,86
		2018	93,70±0,51^{D}	93,53 ± 0,94	95 ± 0,82	92,93 ± 0,97	93,11 ± 0,92
		2019	95,43±0,43^{DE}	97,85 ± 0,5^{a}	93,19 ± 0,93^{b}	94,05 ± 0,91^{ab}	95,07 ± 0,72^{ab}
		2020	96,82±0,36^{E}	97,31 ± 0,58	97,56 ± 0,52	96,11 ± 0,66	96,02 ± 0,93
Granja C	91,82±0,38^{C}	2015	82,86±1,04^{F}	83,99 ± 1,67	79,16 ± 1,96	80,85 ± 1,59	86,65 ± 1,37
		2016	92,19±0,58^{G}	92,32 ± 1,06	93,35 ± 0,94	89,46 ± 1,16	93,11 ± 0,98
		2017	89,87±0,72^{G}	89,71 ± 1,28	86,18 ± 1,43	89,57 ± 1,28	92,98 ± 0,99
		2018	91,93±0,63^{G}	90,03 ± 1,18^{ab}	86,74 ± 1,53^{a}	95,54 ± 0,78^{b}	93,01 ± 0,98^{ab}
		2019	96,70±0,35^{H}	96,6 ± 0,63	95,62 ± 0,7	96,88 ± 0,67	97,46 ± 0,57
		2020	92,21±0,73^{G}	96,69 ± 0,71^{a}	91,96 ± 1,02^{ab}	86,17 ± 1,41^{b}	90,42 ± 1,97^{ab}
Granja D	92,66±0,33^{AC}	2015	90,20±0,67^{I}	91,65 ± 1,18	90,17 ± 1,19	88,75 ± 1,25	90,04 ± 1,22
		2016	90,26±0,67^{I}	91,55 ± 1,12	91,47 ± 1,15	86,57 ± 1,39	90,78 ± 1,16
		2017	91,47±0,63^{IJ}	93,29 ± 1,03	90,86 ± 1,16	90,62 ± 1,2	90,81 ± 1,21
		2018	93,56±0,55^{JK}	94,4 ± 0,91	93,8 ± 1,01	91,3 ± 1,17	94,33 ± 0,9
		2019	94,24±0,54^{JK}	95,68 ± 0,86^{a}	96,06 ± 0,78^{a}	87,5 ± 1,47^{b}	94,99 ± 0,89^{a}
		2020	94,92±0,60^{K}	96,9 ± 0,75	94,95 ± 0,87	92,35 ± 1,12	94,52 ± 1,62

Fonte: Martinez, CHG (2022)

[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das linhas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa dentro das colunas pelo teste de Tukey (P<0,05).

[1]Os valores de probabilidade para granja × ano × estação foram, P<0,001, granja × ano, P<0,001, granja × estação, P<0,001 e ano × estação, P<0,001.

7 DISCUSSÃO

No presente estudo, as taxas de aborto e FP são relativamente maiores e menores, respectivamente, do que 1,7% e 2,0% de aborto e FP na Tailândia, maior que 1,2% da taxa de aborto no sul da Europa e maior que 0,7% da taxa de aborto no Japão (TUMMARUK et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2015; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2016). A taxa de descarte foi inferior que o 4,0% relatado na Tailândia e a taxa de parto foi superior que o 85,2% relatado no Japão e 81,9% na Tailândia (TUMMARUK et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2016). No geral, embora não seja possível afirmar com exatidão o por que essas diferenças entre os estudos ocorrem, sugere-se que podem estar relacionadas às condições climáticas, manejo, objetivo da granja (núcleo, multiplicador ou comercial), sistemas de alojamento, nutrição, status sanitário da granja e políticas de descarte.

O presente estudo investigou os efeitos sazonais sobre o desempenho reprodutivo em leitoas e porcas localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil, entre as latitudes 18,1 e 18,6°S e longitudes 46,0 e 46,5°W. As características climáticas mais importantes do estado de Minas Gerais são 34,9% zona tropical com inverno seco (Aw), 12,3% zona tropical com verão seco (As), 25,5% zona subtropical úmida com inverno seco e verão quente (Cwa) e 26% Zona úmida subtropical com inverno seco e verão temperado (Cwb) (ALVARES et al., 2013). Patos de Minas está localizada no Triângulo Mineiro, que é caracterizado pelo clima subtropical Cwa (ALVARES et al., 2013). Para essas condições climáticas, nossos resultados mostraram uma variação sazonal na taxa de parto, taxa de retorno ao estro, taxa de FP, taxa de descarte, número de LNT e proporção de IDE entre 0-6 d. No entanto, esses efeitos não foram evidenciados para a taxa de aborto. A principal causa de infertilidade sazonal tem sido descrita como a combinação de altas temperaturas ambientais e umidade relativa alta, o índice THI (DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017), portanto, devido as características climáticas de Patos de minas (Cwa) zona subtropical úmida e verão quente, sugere-se uma maior probabilidade de manifestações de infertilidade sazonal durante o verão e outono. Além disso, o estresse por calor sazonal pode estar relacionado também ao número de dias quentes em um ano, número de dias quentes consecutivos ou número de horas dentro de um dia com temperatura acima de 25ºC, que em combinação ou não com umidade relativa alta pode alterar os parâmetros reprodutivos da fêmea suína (AUVIGNE et al., 2010).

No geral, o pior desempenho reprodutivo para taxa de parto, taxa de retorno ao estro, FP e taxa de descarte de gestantes foram observados no verão, semelhante aos resultados relatados em estudos anteriores (AUVIGNE et al., 2010; TUMMARUK et al., 2010; KNOX et

al., 2013; IIDA; KOKETSU, 2016). Em nosso estudo o efeito sazonal observado foi mais evidente nos anos 2015 e 2016, provavelmente devido ao investimento em climatização realizado e/ou progresso genético ao longo dos anos. Além disso, durante os anos 2015 e 2016, as granjas A e B apresentaram os maiores efeitos negativos da infertilidade sazonal na taxa de retorno ao estro, FP, taxa de descarte, taxa de mortalidade e taxa de parto. Esses resultados confirmam a hipótese de que a infertilidade sazonal já foi evidente na região estudada com as condições climáticas do local, e que o impacto negativo da infertilidade sazonal está fortemente associado às características climáticas do ano e características da granja. Em nosso estudo, as perdas reprodutivas durante a prenhez envolvem a taxa de retorno ao estro, taxa de aborto, taxa de FP, taxa de descarte de gestante e taxa de mortalidade de gestantes. Quando estas perdas reprodutivas aumentam, o resultado será uma menor taxa de parto. O grupo de leitoas e porcas de paridade 1 foi o mais sensível aos efeitos sazonais nas perdas reprodutivas, semelhante aos resultados anteriores (SURIYASOMBOON et al., 2006; TUMMARUK et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2014, 2016). Iida et al., (2021) recomendam aos produtores a introdução de sistemas de refrigeração iniciando a partir das ordens de paridade mais baixas, estes autores mostraram que as fêmeas de paridade 1 tiveram um limiar Tmax 3-8°C mais baixo do que porcas de paridade 2 ou superior. Nossos resultados confirmam esta hipótese de maior sensibilidade das leitoas e porcas de paridade 1, e portanto, esta estratégia sugerida pelos autores poderia ser uma estratégia a ser adotada pelos produtores para controlar os efeitos negativos da sazonalidade.

As manifestações da infertilidade sazonal também podem ser determinadas pelas características próprias de cada granja, a temperatura pode variar de acordo com o fluxo de ar, resfriamento, piso, cortinas, sistemas de irrigação, assim como a localização e tipo de instalações (KNOX et al., 2019). Em nosso estudo, das 4 granjas utilizadas, 3 possuíam sistemas de refrigeração em todos os barracões de maternidade concluídos nos meses 01, 02 e 12 do ano 2017 para as granjas A, C e D respectivamente, e em todos os barracões de gestação concluídos nos meses 01, 05 e 09 do ano 2019 para as granjas A, D e C, respectivamente. A construção desses sistemas de refrigeração foi realizada de forma gradual e é difícil estimar os efeitos da construção, no entanto, o investimento realizado em climatização das granjas poderia explicar a diminuição do impacto negativo da infertilidade sazonal. Nossos resultados não mostraram variação sazonal na taxa de parto nos anos 2016-2020, porém, foram observados efeitos sazonais no número de LNT. A variação sazonal evidenciada no número de LNT durante 2015-2019, pode ser um indicador de que embora as perdas gestacionais possam ser reduzidas, há um efeito negativo no ovário. Durante o período de infertilidade sazonal, as perdas reprodutivas

geralmente ocorrem nos estágios mais precoces e raramente nos durante o final da gestação (BERTOLDO et al., 2012). Estes efeitos negativos podem estar relacionados com altas temperaturas ambientais durante o período de verão, que podem alterar a atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-ovariano, o desenvolvimento folicular e oocitário e consequentemente o processo de implantação e sobrevivência embrionária. Assim, os efeitos negativos do estresse por calor que ocorrem principalmente durante a concepção ou durante as primeiras semanas de gestação, podem aumentar a taxa de retorno ao estro, o número de embriões viáveis, e consequentemente o número de leitões nascidos (BLOEMHOF et al., 2013).

Outra consequência da infertilidade sazonal é o aumento da duração e da variabilidade do intervalo entre o desmame e o estro (IDE) e do intervalo entre o estro-ovulação (IEO) (Koketsu et al., 1997; Belstra et al., 2004). Lucy et al., (2001), sugeriram que o intervalo de desmame/ovulação depende do estágio de desenvolvimento folicular ao desmame. Quando as porcas são desmamadas com uma coorte de folículos grandes e estão em atresia, o IDE pode aumentar, pois deve haver uma nova seleção e crescimento de uma onda folicular, comparado com as porcas nas quais os folículos grandes não estão regredindo. Langendijk et al., (2000) e Lopes et al., (2014) fornecem evidências de uma forte relação negativa entre o diâmetro dos folículos ao desmame e a duração do IDE e IEO. Portanto, a variação do IDE e IEO estas relacionada a diferenças no tamanho dos folículos no momento do desmame (LUCY; SAFRANSKI, 2017).

É importante ressaltar que existem diversos estudos relatando a infertilidade sazonal em diferentes regiões do mundo e que possuem diferentes tipos de classificações climáticas. De acordo com a classificação climática de Köppen, dos tipos climáticos mais dominantes por área terrestre, Austrália pertence aos grupos de climas áridos deserto (Bw), estepe (Bs) e temperado sem estação seca (Cf); a França pertence ao grupo Cf, a Finlândia pertence ao grupo frio sem estação seca (Df), o Japão pertence aos grupos Df, Cf e frio com inverno seco (Dw); Espanha, Portugal, Itália pertencem aos grupos temperado com verão seco (Cs) e Cf, Tailândia pertence aos grupos de climas Aw e floresta tropical totalmente úmido (Af) e os EUA pertencem aos tropicais A, árido B, temperado C, frio D, e grupos primários polares E (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007). Esta pode ser uma das principais razões para o desempenho reprodutivo diferente e variação sazonal entre os estudos e, claro, esses estudos são observacionais baseados em registros de granjas comerciais, e há uma limitação de que nem todas as perdas reprodutivas são diagnosticadas por um técnico treinado.

A infertilidade sazonal pode ser explicada como um problema multifatorial, seus efeitos negativos são determinados por condições ambientais locais que podem causar estresse por

calor e fatores como interação do grupo de porcas, exposição ao macho, sistemas de alojamento, estratégia de alimentação, componentes da ração e genética (PELTONIEMI; VIROLAINEN, 2006; DE RENSIS; ZIECIK; KIRKWOOD, 2017). Os principais efeitos adversos do estresse por calor são o comprometimento da ingestão de nutrientes durante o período de lactação (KIRKWOOD; BAIDOO; AHERNE, 1990), fluxo sanguíneo uterino (ROMAN-PONCE et al., 1978), função endometrial (MALAYER et al., 1990), secreção hormonal (LUCY; SAFRANSKI, 2017), crescimento folicular (ROTH et al., 2000), oócito e desenvolvimento embrionário pré-implantação (HANSEN, 2013). O aumento de glicocorticóide durante o período de estresse poderia regular os neurônios kisspeptina no hipotálamo, o que potencialmente contribui para a infertilidade, por feedback negativo no hipotálamo, diminuindo a liberação de GnRH e diminuindo a liberação de gonadotrofinas FSH e LH (REVEL et al., 2007; ROSS et al., 2017). No entanto, em este estudo por tratar-se de um estudo retrospectivo estes aspectos não foram avaliados.

Vários estudos mostraram que o fotoperíodo mais longo sozinho ou combinado com temperaturas mais altas e alta umidade pode causar efeitos negativos no desempenho reprodutivo de porcas (PELTONIEMI et al., 1999; TAST et al., 2005; AUVIGNE et al., 2010; IIDA; KOKETSU, 2014). Os efeitos do fotoperíodo na fertilidade da porca estão relacionados com a secreção de melatonina durante os períodos noturnos (TAST et al., 2001; CHOKOE; SIEBRITS, 2009), em fotoperíodos mais longos há horas mais curtas (horas escuras) de liberação de melatonina pela glândula pineal (PELTONIEMI et al., 2005), o que poderia modular a secreção de gonadotrofina pelo efeito de regulação negativa na produção de kisspeptina no hipotálamo (REVEL et al., 2007; VASANTHA, 2016).

O presente estudo foi uma análise retrospectiva de dados em rebanhos comerciais. Portanto, fatores como nutrição, programa de alimentação, saúde, temperatura ambiente, intensidade da luz ambiente, bem como umidade ambiente, não foram controladas. No entanto, embora o desenho deste estudo não permita determinar se os efeitos sazonais observados em estão relacionados com as mudanças do fotoperíodo para a região estudada, esta pesquisa fornece informações sobre os efeitos sazonais no desempenho reprodutivo para produtores e técnicos da suinocultura.

8 CONCLUSÕES

8.1 A infertilidade sazonal nos rebanhos comerciais de suínos localizados em Patos de Minas, MG, Brasil, foi evidenciada nos primeiros anos do nosso estudo (2015-2016), porém, esses efeitos negativos diminuíram ao longo dos anos.

8.2 Os efeitos negativos da sazonalidade podem afetar a taxa de retorno ao estro, taxa de FP, taxa de descarte de gestantes, taxa de mortalidade de gestantes, taxa de partos, número de LNT e IDE, entretanto, o impacto desses efeitos negativos podem ser controlados e dependem de fatores como paridade, condições climáticas do ano e características individuais de cada granja.

9 REFERÊNCIAS

AHERNE, F. X.; KIRKWOOD, R. N. Nutrition and sow prolificacy. **Journal of reproduction and fertility. Supplement**, v. 33, p. 169–83, 1985.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013. Disponível em: <http://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref>. Acesso em: 18 out. 2021.

AUMAITRE, A. et al. Influence of farm management and breed type on sow's conception-weaning interval and productivity in France. **Livestock Production Science**, v. 3, n. 1, p. 75–83, mar. 1976.

AUVIGNE, V. et al. Seasonal infertility in sows: A five year field study to analyze the relative roles of heat stress and photoperiod. **Theriogenology**, v. 74, n. 1, p. 60–66, 1 jul. 2010. . Acesso em: 9 ago. 2021.

BAUMAN, D. E.; BRUCE CURRIE, W. Partitioning of Nutrients During Pregnancy and Lactation: A Review of Mechanisms Involving Homeostasis and Homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 9, p. 1514–1529, set. 1980.

BELSTRA, B. A.; FLOWERS, W. L.; SEE, M. T. Factors affecting temporal relationships between estrus and ovulation in commercial sow farms. **Animal Reproduction Science**, v. 84, n. 3–4, p. 377–394, set. 2004.

BERTOLDO, M. J. et al. Seasonal variation in the ovarian function of sows. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 24, n. 6, p. 822, 1 ago. 2012. . Acesso em: 9 ago. 2021.

BLOEMHOF, S. et al. Effect of daily environmental temperature on farrowing rate and total born in dam line sows1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 6, p. 2667–2679, 1 jun. 2013. . Acesso em: 9 ago. 2021.

BROMFIELD, J. J.; SHELDON, I. M. Lipopolysaccharide Reduces the Primordial Follicle Pool in the Bovine Ovarian Cortex Ex Vivo and in the Murine Ovary In Vivo1. **Biology of Reproduction**, v. 88, n. 4, 1 abr. 2013.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v. 71, n. 2–3, p. 253–260, out. 2001a.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory profile of a newer genetic line of pigs. **Livestock Production Science**, v. 71, n. 2–3, p. 253–260, out. 2001b.

CASTELLANO, J. M. et al. Changes in Hypothalamic KiSS-1 System and Restoration of Pubertal Activation of the Reproductive Axis by Kisspeptin in Undernutrition. **Endocrinology**, v. 146, n. 9, p. 3917–3925, 1 set. 2005.

CHOKOE, T. C.; SIEBRITS, F. K. Effects of season and regulated photoperiod on the reproductive performance of sows. **South African Journal of Animal Science**, v. 39, n. 1, 2009. Disponível em: <http://ref.scielo.org/f73sbg>. Acesso em: 23 ago. 2021.

CLARKE, H.; DHILLO, W. S.; JAYASENA, C. N. Comprehensive Review on Kisspeptin and Its Role in Reproductive Disorders. **Endocrinology and Metabolism**, v. 30, n. 2, p. 124, 2015.

COSTA, M. S. et al. Características da taxa de abortamento de uma granja de suínos no Rio Grande do Sul. In: Características da taxa de abortamento de uma granja de suínos no Rio Grande do Sul., Fortaleza. **Anais**... Fortaleza: Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 12 dez. 2005.

COX, N. M.; BRITT, J. H. Effect of Estradiol on Hypothalamic GnRH and Pituitary and Serum LH and FSH in Ovariectomized Pigs. **Journal of Animal Science**, v. 55, n. 4, p. 901–908, 1 out. 1982.

DA SILVA, C. L. A. et al. Relationships between ovulation rate and embryonic and placental characteristics in multiparous sows at 35 days of pregnancy. **Animal**, v. 10, n. 7, p. 1192–1199, 2016.

DE RENSIS, F. et al. Relationships between backfat depth and plasma leptin during lactation and sow reproductive performance after weaning. **Animal Reproduction Science**, v. 90, n. 1–2, p. 95–100, nov. 2005.

DE RENSIS, F.; COSGROVE, J. R.; FOXCROFT, G. R. Luteinizing Hormone and Prolactin Responses to Naloxone Vary with Stage of Lactation in the Sow1. **Biology of Reproduction**, v. 48, n. 5, p. 970–976, 1 maio 1993.

DE RENSIS, F.; ZIECIK, A. J.; KIRKWOOD, R. N. Seasonal infertility in gilts and sows: Aetiology, clinical implications and treatments. **Theriogenology**, v. 96, p. 111–117, 1 jul. 2017. . Acesso em: 9 ago. 2021.

DRIANCOURT, M.; LOCATELLI, A.; PRUNIER, A. Effects of gonadotrophin deprivation on follicular growth in gilts. **Reproduction Nutrition Development**, v. 35, n. 6, p. 663–673, 1995.

FLOWERS, B. et al. Effect of Elevated Ambient Temperatures on Puberty in Gilts. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 3, p. 779, 1989.

GERRITSEN, R. et al. Cystic ovaries in intermittently-suckled sows: follicle growth and endocrine profiles. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 26, n. 3, p. 462, 2014.

HALL, D. M. et al. Splanchnic tissues undergo hypoxic stress during whole body hyperthermia. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 276, n. 5, p. G1195–G1203, 1 maio 1999.

HALL, D. M. et al. Mechanisms of circulatory and intestinal barrier dysfunction during whole body hyperthermia. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 280, n. 2, p. H509–H521, 1 fev. 2001.

HANSEN, P. J. Effects of heat stress on mammalian reproduction. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1534, p. 3341–3350, 27 nov. 2009.

HANSEN, P. J. Cellular and molecular basis of therapies to ameliorate effects of heat stress on embryonic development in cattle. **Anim. Reprod., v**, v. 10, n. 3, p. 322–333, 2013. . Acesso em: 22 ago. 2021.

HAZELEGER, W.; SOEDE, N. M.; KEMP, B. The effect of feeding strategy during the pre-follicular phase on subsequent follicular development in the pig. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 29, n. 2, p. 362–370, ago. 2005.

HERATH, S. et al. Ovarian follicular cells have innate immune capabilities that modulate their endocrine function. **Reproduction**, v. 134, n. 5, p. 683–693, nov. 2007.

HERMAN, A.; ROMANOWICZ, K.; TOMASZEWSKA-ZAREMBA, D. Effect of LPS on Reproductive System at the Level of the Pituitary of Anestrous Ewes. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 45, n. 6, p. e351–e359, dez. 2010.

HORSLEY, B. R. et al. Effect of P.G. 600 on the timing of ovulation in gilts treated with altrenogest1. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 7, p. 1690–1695, 1 jul. 2005.

HURTGEN, J. P.; LEMAN, A. D. Seasonal influence on the fertility of sows and gilts. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 177, n. 7, p. 631–5, 1 out. 1980.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Quantitative associations between outdoor climate data and weaning-to-first-mating interval or adjusted 21-day litter weights during summer in Japanese swine breeding herds. **Livestock Science**, v. 152, n. 2–3, p. 253–260, 1 abr. 2013a. . Acesso em: 9 ago. 2021.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Delayed age of gilts at first mating associated with photoperiod and number of hot days in humid subtropical areas. **Animal Reproduction Science**, v. 139, n. 1–4, p. 115–120, 1 jun. 2013b. . Acesso em: 9 ago. 2021.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Interactions between pre- or postservice climatic factors, parity, and weaning-to-first-mating interval for total number of pigs born of female pigs serviced during hot and humid or cold seasons. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 9, p. 4180–4188, 1 set. 2014. . Acesso em: 10 ago. 2021.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Climatic factors associated with abortion occurrences in Japanese commercial pig herds. **Animal Reproduction Science**, v. 157, p. 78–86, 1 jun. 2015. . Acesso em: 17 out. 2021.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Lower farrowing rate in female pigs associated with higher outdoor temperatures in humid subtropical and continental climate zones in Japan. **Animal Reproduction (AR)** , v. 13, n. 2, p. 63–68, 26 jul. 2016. . Acesso em: 17 out. 2021.

IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. Abortion occurrence, repeatability and factors associated with abortions in female pigs in commercial herds. **Livestock Science**, v. 185, p. 131–135, 1 mar. 2016. . Acesso em: 9 ago. 2021.

IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. Timing and temperature thresholds of heat stress effects on fertility performance of different parity sows in Spanish herds. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 7, 1 jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skab173>.

KING, R. H. Seasonal infertility in pigs: what have we achieved and where are we up to? **Animal Production Science**, v. 57, n. 12, p. 2325–2330, 20 nov. 2017. . Acesso em: 9 ago. 2021.

KIRKWOOD, R. N.; BAIDOO, S. K.; AHERNE, F. X. The influence of feeding level during lactation and gestation on the endocrine status and reproductive performance of second parity sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 70, n. 4, p. 1119–1126, 1 dez. 1990. . Acesso em: 18 out. 2021.

KNOX, R. et al. Seasonal effects of photoperiod and heat stress on fertility in the swine breeding herd. (F. P. Bortolozzo et al., Eds.) In: Avanços em sanidade, produção e reprodução de suínos IV, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, maio 2019.

KNOX, R. V. Recruitment and selection of ovarian follicles for determination of ovulation rate in the pig. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 29, n. 2, p. 385–397, ago. 2005.

KNOX, R. v. et al. Plasma gonadotropins and ovarian hormones during the estrous cycle in high compared to low ovulation rate gilts1. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 1, p. 249–260, 1 jan. 2003.

KNOX, R. v. et al. An analysis of survey data by size of the breeding herd for the reproductive management practices of North American sow farms. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 1, p. 433–445, 1 jan. 2013. . Acesso em: 9 ago. 2021.

KOKETSU, Y.; DIAL, G. D. Factors associated with prolonged weaning-to-mating interval among sows on farms that wean pigs early. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 211, n. 7, p. 894–8, 1 out. 1997.

KOUTSOTHEODOROS, F. et al. The effects of post-weaning progestagen treatment (Regumate) of early-weaned primiparous sows on subsequent reproductive performance. **Animal Reproduction Science**, v. 52, n. 1, p. 71–79, jun. 1998.

LAMBERT, G. P. et al. Selected Contribution: Hyperthermia-induced intestinal permeability and the role of oxidative and nitrosative stress. **Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4, p. 1750–1761, 1 abr. 2002.

LANGENDIJK, P.; SOEDE, N. M.; KEMP, B. Effects of boar contact and housing conditions on estrus expression in weaned sows. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 4, p. 871, 2000. . Acesso em: 9 ago. 2021.

LOPES, T. P. et al. Relevance of ovarian follicular development to the seasonal impairment of fertility in weaned sows. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 3, p. 382–386, mar. 2014.

LOVE, R. J. Definition of a seasonal infertility problem in pigs. **The Veterinary record**, v. 103, n. 20, p. 443–446, 1978. . Acesso em: 23 ago. 2021.

LOVE, R. J.; EVANS, G.; KLUPIEC, C. Seasonal effects on fertility in gilts and sows. **Journal of reproduction and fertility. Supplement**, v. 48, p. 191–206, 1993.

LUCY, M. C. et al. Ovarian follicular growth in sows. **Reproduction (Cambridge, England) Supplement**, v. 58, p. 31–45, 2001.

LUCY, M. C.; SAFRANSKI, T. J. Heat stress in pregnant sows: Thermal responses and subsequent performance of sows and their offspring. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 946–956, 11 set. 2017. . Acesso em: 9 ago. 2021.

MALAYER, J. R. et al. Regulation of heat shock-induced alterations in the release of prostaglandins by the uterine endometrium of cows. **Theriogenology**, v. 34, n. 2, p. 219–230, 1 ago. 1990. . Acesso em: 21 ago. 2021.

MARAI, I. F. M. et al. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. **Small Ruminant Research**, v. 71, n. 1–3, p. 1–12, ago. 2007.

MOUNT, L. E. Heat Transfer between Animal and Environment. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 37, n. 1, p. 21–27, 26 maio 1978.

NOGUCHI, M. et al. Peripheral concentrations of inhibin A, ovarian steroids, and gonadotropins associated with follicular development throughout the estrous cycle of the sow. **REPRODUCTION**, v. 139, n. 1, p. 153–161, jan. 2010.

PATERSON, A.; BARKER, I.; LINDSAY, D. Summer infertility in pigs: its incidence and characteristics in an Australian commercial piggery. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 18, n. 94, p. 698, 1978.

PATERSON, A. M.; PEARCE, G. P. Attainment of puberty in domestic gilts reared under long-day or short-day artificial light regimens. **Animal Reproduction Science**, v. 23, n. 2, p. 135–144, set. 1990.

PATIENCE, J. F. et al. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, v. 96, n. 2–3, p. 205–214, set. 2005.

PEARCE, S. C. et al. The effects of heat stress and plane of nutrition on metabolism in growing pigs1. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 5, p. 2108–2118, 1 maio 2013.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 11 out. 2007. Disponível em: <https://hess.copernicus.org/articles/11/1633/2007/>. Acesso em: 18 out. 2021.

PELTONIEMI, O. A. T. et al. Seasonal Effects on Reproduction in the Domestic Sow in Finland - A Herd Record Study. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 40, n. 2, p. 133–144, 1 jun. 1999. . Acesso em: 9 ago. 2021.

PELTONIEMI, O. A. T. et al. Night-time Melatonin Secretion and Seasonally Delayed Puberty in Gilts. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 40, n. 3, p. 224–227, 1 jun. 2005. . Acesso em: 23 ago. 2021.

PELTONIEMI, O. A. T.; VIROLAINEN, J. v. Seasonality of reproduction in gilts and sows. **Society of Reproduction and Fertility supplement**, v. 62, p. 205–218, 2006. . Acesso em: 9 ago. 2021.

PRUNIER, A.; DOURMAD, J. Y.; ETIENNE, M. Effect of light regimen under various ambient temperatures on sow and litter performance. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 6, p. 1461–1466, 1 jun. 1994. . Acesso em: 9 ago. 2021.

REDMER, D. A.; DAY, B. N. Ovarian Activity and Hormonal Patterns in Gilts Fed Allyl Trenbolone2. **Journal of Animal Science**, v. 53, n. 4, p. 1088–1094, 1 out. 1981.

RENAUDEAU, D.; GOURDINE, J. L.; ST-PIERRE, N. R. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 7, p. 2220–2230, 1 jul. 2011.

REVEL, F. G. et al. Kisspeptin: A key link to seasonal breeding. **Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders**, v. 8, n. 1, p. 57–65, 23 mar. 2007. . Acesso em: 23 ago. 2021.

ROMAN-PONCE, H. et al. Thermal Stress Effects on Uterine Blood Flow in Dairy Cows. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 1, p. 175–180, 1 jan. 1978. . Acesso em: 21 ago. 2021.

ROSS, J. W. et al. Physiological consequences of heat stress in pigs. **Animal Production Science**, v. 55, n. 12, p. 1381, 2015.

ROSS, J. W. et al. Physiological mechanisms through which heat stress compromises reproduction in pigs. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 934–945, 18 set. 2017. . Acesso em: 10 ago. 2021.

ROTH, Z. et al. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. **Journal of reproduction and fertility**, v. 120, n. 1, p. 83–90, set. 2000.

SENGER, P. L. **Pathways to pregnancy and parturition (second revised edition)**. 2nd edition ed. Pullman, WA: Current Conceptions, Inc., 2005.

SESTI, L. A. C.; BRITT, J. H. Influence of stage of lactation, exogenous luteinizing hormone-releasing hormone, and suckling on estrus, positive feedback of luteinizing hormone, and ovulation in sows treated with estrogen1. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 4, p. 989–998, 1 abr. 1993.

SMITH, J. T. et al. KiSS-1 Neurones Are Direct Targets for Leptin in the ob/ob Mouse. **Journal of Neuroendocrinology**, v. 18, n. 4, p. 298–303, abr. 2006.

SOEDE, N.; HAZELEGER, W.; KEMP, B. Follicle Size and the Process of Ovulation in Sows as Studied with Ultrasound. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 33, n. 3–4, p. 239–244, jun. 1998.

SOEDE, N. M.; LANGENDIJK, P.; KEMP, B. Reproductive cycles in pigs. **Animal Reproduction Science**, v. 124, n. 3–4, p. 251–258, abr. 2011.

STORK, M. Seasonal reproductive inefficiency in large pig breeding units in Britain. **Veterinary Record**, v. 104, n. 3, p. 49–52, 20 jan. 1979.

SURIYASOMBOON, A. et al. Effect of temperature and humidity on reproductive performance of crossbred sows in Thailand. **Theriogenology**, v. 65, n. 3, p. 606–628, 1 fev. 2006. . Acesso em: 17 out. 2021.

SUTHERLAND, M. A. et al. Impacts of chronic stress and social status on various physiological and performance measures in pigs of different breeds1. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 588–596, 1 abr. 2006.

TANI, S.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. Characteristics and risk factors for severe repeat-breeder female pigs and their lifetime performance in commercial breeding herds. **Porcine Health Management 2017 3:1**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 8 jun. 2017. . Acesso em: 9 ago. 2021.

TAO, S.; DAHL, G. E. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4079–4093, jul. 2013.

TAST, A. et al. The pattern of melatonin secretion is rhythmic in the domestic pig and responds rapidly to changes in daylength. **Journal of Pineal Research**, v. 31, n. 4, p. 294–300, 1 nov. 2001. . Acesso em: 23 ago. 2021.

TAST, A. et al. Early disruption of pregnancy as a manifestation of seasonal infertility in pigs. **Animal Reproduction Science**, v. 74, n. 1–2, p. 75–86, 15 nov. 2002. . Acesso em: 9 ago. 2021.

TAST, A. et al. Investigation of a simplified artificial lighting programme to improve the fertility of sows in commercial piggeries. **The Veterinary record**, v. 156, n. 22, p. 702–705, 28 maio 2005. . Acesso em: 9 ago. 2021.

TUMMARUK, P. et al. Influence of repeat-service and weaning-to-first-service interval on farrowing proportion of gilts and sows. **Preventive veterinary medicine**, v. 96, n. 3–4, p. 194–200, set. 2010. . Acesso em: 9 ago. 2021.

TUMMARUK, P. Effects of season, outdoor climate and photo period on age at first observed estrus in Landrace×Yorkshire crossbred gilts in Thailand. **Livestock Science**, v. 144, n. 1–2, p. 163–172, mar. 2012.

VAN DEN BRAND, H. et al. Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows: I. Effects on glucose, insulin, and luteinizing hormone and on follicle development, weaning-to-estrus interval, and ovulation rate. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 396, 2000.

VAN DEN BRAND, H.; SOEDE, N. M.; KEMP, B. Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows: II. Effects on periestrus hormone profiles and embryonal survival. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 2, p. 405, 2000.

VAN LEEUWEN, J. J. J. et al. Post-weaning Altrenogest treatment in primiparous sows; the effect of duration and dosage on follicular development and consequences for early pregnancy. **Animal Reproduction Science**, v. 119, n. 3–4, p. 258–264, jun. 2010.

VAN LEEUWEN, J. J. J. et al. Follicle size and reproductive hormone profiles during a post-weaning altrenogest treatment in primiparous sows. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 27, n. 2, p. 304, 2015.

VARGAS, A. J. et al. Factors associated with return to estrus in first service swine females. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 89, n. 1–2, p. 75–80, 1 maio 2009. . Acesso em: 17 out. 2021.

VASANTHA, I. Physiology of Seasonal Breeding: A Review. **Journal of Veterinary Science & Technology**, v. 07, n. 03, p. 1–4, 2016. . Acesso em: 23 ago. 2021.

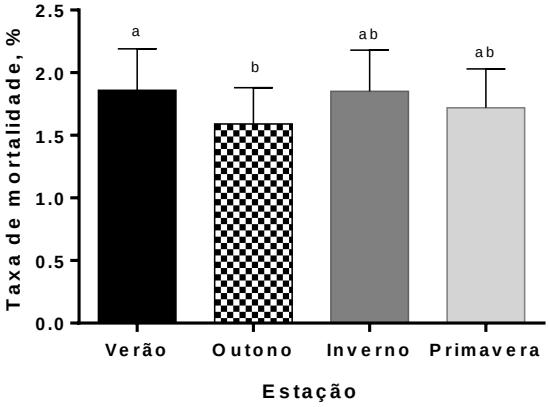
WEGNER, K. et al. Effects of temperature and temperature-humidity index on the reproductive performance of sows during summer months under a temperate climate. **Animal Science Journal**, v. 87, n. 11, p. 1334–1339, 1 nov. 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/asj.12569>. Acesso em: 23 ago. 2021.

XUE, J. L. et al. Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 204, n. 9, p. 1486–9, 1 maio 1994.

ZHOU, D. et al. Nutrient restriction induces failure of reproductive function and molecular changes in hypothalamus–pituitary–gonadal axis in postpubertal gilts. **Molecular Biology Reports**, v. 41, n. 7, p. 4733–4742, 13 jul. 2014.

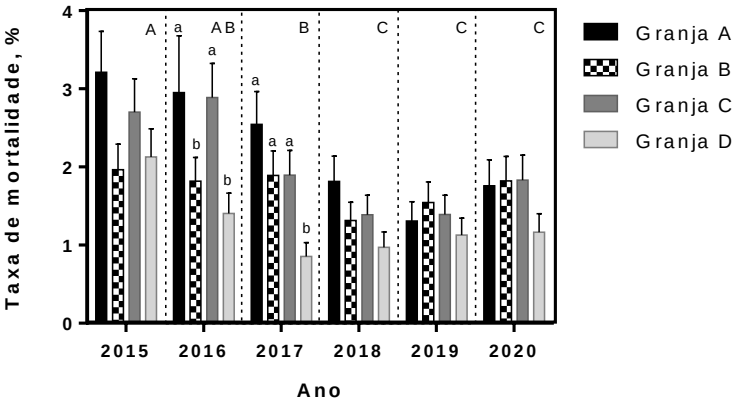
APÊNDICES

APÊNDICE A – Efeito sazonal (média ± EPM) na taxa de mortalidade.



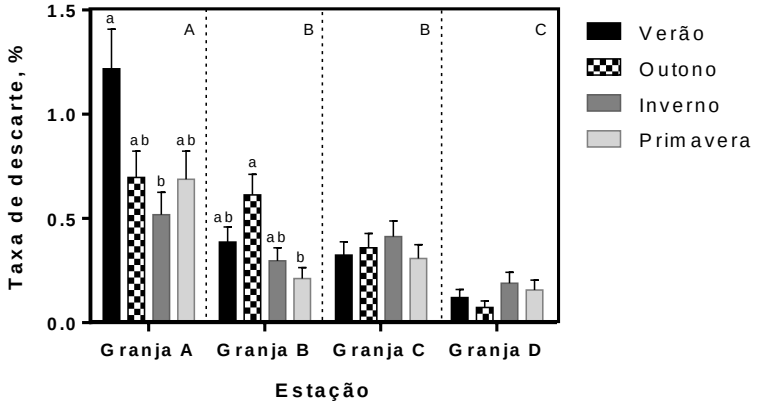
Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a-e] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre estações pelo teste de Tukey (P<0,05). [1]O valor de probabilidade foi P=0,026

APÊNDICE B – Efeito sazonal (média ± EPM) na taxa de mortalidade de cada granja de acordo com os anos.



Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre estações pelo teste de Tukey (P<0,05).
[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre anos pelo teste de Tukey (P<0,05). [1]O valor de probabilidade para granja × ano foi P=0,001.

APÊNDICE C – Efeito sazonal (média ± EPM) na taxa de descarte de cada granja.



Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre estações pelo teste de Tukey (P<0,05).
[A-J] Diferentes letras maiúsculas sobrescritas significam diferença significativa entre granjas pelo teste de Tukey (P<0,05). [1]O valor de probabilidade para granja × estaçãi foi P<0,001.

APÊNDICE D – Taxa de retorno ao estro (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com os anos.

Item	Grupo de paridade					p valor		
	Leitoas	1	2	3	4	Paridade × Ano	Ano	Paridade
Taxa de retorno ao estro, %								
2015	2.72±0.44[a]	5.56±0.84[b]	4.24±0.68[b]	3.8±0.63[ab]	5.07±0.95[b]			
2016	3.42±0.55	3.55±0.59	2.9±0.53	3.67±0.61	3.71±0.70			
2017	3.28±0.52	3.2±0.53	3.17±0.54	2.33±0.41	3.16±0.63	<0.0001	<0.0001	0.0034
2018	2.54±0.42[a]	1.96±0.35[ab]	1.39±0.28[b]	1.73±0.32[ab]	1.76±0.41[ab]			
2019	1.68±0.29	1.64±0.30	1.41±0.29	1.74±0.32	1.37±0.33			
2020	1.85±0.33	2.16±0.39	1.93±0.38	1.54±0.30	1.56±0.39			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE E – Taxa de falsa prenhez (média ± EPM) para cada granja de acordo com os anos.

Item	Granja				p valor		
	A	B	C	D	Granja × Ano	Granja	Ano
Taxa de falsa prenhez, %							
2015	6.35±0.96[a]	0.74±0.16[b]	1.14±0.21[bc]	1.69±0.31[c]			
2016	0.01±0.03[a]	0.73±0.16[ab]	0.31±0.08[a]	1.2±0.24[b]			
2017	0.76±0.17[ab]	0.52±0.12[ab]	0.27±0.08[a]	1.21±0.25[b]	<0.0001	0.0004	<0.0001
2018	0.07±0.04[a]	0.39±0.1[a]	0.5±0.12[a]	1.28±0.26[b]			
2019	0.08±0.04[a]	0.29±0.08[ab]	0.61±0.14[b]	1.78±0.34[c]			
2020	0.06±0.04[a]	0.46±0.12[a]	0.49±0.12[a]	1.39±0.29[b]			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE F – Taxa de falsa prenhez (média ± EPM) para cada granja de acordo com as estações.

Item	Estações				p valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Granja × Estação	Granja	Estação
Taxa de falsa prenhez, %							
Granja A	0.44±0.12[a]	0.35±0.1[ab]	0.19±0.06[b]	0.17±0.06[b]			
Granja B	0.57±0.12	0.49±0.1	0.47±0.1	0.44±0.1			
Granja C	0.49±0.1	0.5±0.1	0.43±0.09	0.61±0.13	0.0005	0.0004	0.0177
Granja D	1.91±0.33[a]	1.12±0.21[b]	1.51±0.27[ab]	1.22±0.23[ab]			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE G – Taxa de mortalidade (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com os anos.

Item	Grupo de paridade					p valor		
	Leitoa	1	2	3	4	Paridade × Ano	Ano	Paridade
Taxa de mortalidade, %								
2015	2.93±0.44	2.36±0.37	2.2±0.37	2.34±0.4	2.51±0.61			
2016	2.16±0.35	1.51±0.3	2.35±0.46	1.96±0.36	3.14±0.6			
2017	1.77±0.29	1.7±0.29	1.21±0.24	1.73±0.3	2.08±0.46	0.0488	<0.0001	<0.0001
2018	1.51±0.26	1.49±0.27	1.13±0.23	1.5±0.27	1.14±0.31			
2019	1.87±0.3[a]	0.99±0.2[b]	1.15±0.24[ab]	1.31±0.24[ab]	1.53±0.35[ab]			
2020	1.64±0.28	1.32±0.25	1.53±0.3	1.38±0.26	2.44±0.51			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE H – Taxa de descarte (média ± EPM) para cada estação de acordo com os anos.

Item	Estação				p valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Estação × Ano	Ano	Estação
Taxa de descarte, %							
2015	1.31±0.44[a]	0.82±0.29[ab]	0.55±0.2[b]	1.2±0.41[a]			
2016	0.94±0.34	0.71±0.27	0.89±0.32	0.64±0.24			
2017	0.35±0.14	0.61±0.22	0.25±0.11	0.17±0.08	0.0003	<0.0001	0.0904
2018	0.13±0.07	0.13±0.06	0.18±0.08	0.12±0.06			
2019	0.28±0.12	0.49±0.18	0.28±0.12	0.22±0.1			
2020	0.28±0.12	0.13±0.06	0.13±0.06	0.15±0.1			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE I – Taxa de partos (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com os anos.

Item	Grupo de paridade					p valor		
	Leitoas	1	2	3	4	Paridade × Ano	Ano	Paridade
Taxa de partos, %								
2015	89.84±1.73[a]	86.37±2.22[b]	89.83±1.75[ab]	88.99±1.89[ab]	86.04±2.46[b]			
2016	89.92±1.73	90.29±1.70	90.94±1.64	89.66±1.79	87.51±2.18			
2017	91.52±1.48	91.66±1.47	92.38±1.37	92.82±1.29	91.5±1.60	0.0002	<0.0001	0.0001
2018	93.13±1.23[a]	93.22±1.22[ab]	95.2±0.92[b]	93.89±1.12[ab]	94.04±1.19[ab]			
2019	93.34±1.19	93.49±1.18	94.97±0.96	93.97±1.11	92.61±1.40			
2020	93.89±1.12	92.97±1.28	93.24±1.25	93.89±1.13	92.26±1.48			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE J – Número de leitões nascidos vivos (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com as estações.

Item	Estações				p valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Estação × Paridade	Paridade	Estação
Número de leitões nascidos vivos							
Leitoas	14.51±0.49[a]	14.95±0.49[b]	14.92±0.49[b]	14.84±0.49[b]			
1	14.73±0.49[a]	14.85±0.49[ab]	15.26±0.49[c]	15.09±0.49[bc]			
2	15.93±0.49	15.88±0.49	15.97±0.49	15.75±0.49	0.0111	<0.0001	<0.0001
3	15.79±0.49	15.95±0.49	16.05±0.49	15.7±0.49			
4	14.75±0.49[a]	15.36±0.49[b]	15.18±0.49[bc]	14.86±0.49[ac]			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE K – Número de leitões nascidos totais (média ± EPM) para cada ano de acordo com as estações.

Item	Estação				p valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Estação × Ano	Ano	Estação
Número de leitões nascidos vivos							
2015	13.61±0.49[a]	13.95±0.49[b]	14.05±0.49[b]	13.53±0.49[a]			
2016	14.42±0.49[a]	14.42±0.49[a]	14.87±0.49[b]	14.87±0.49[b]			
2017	14.82±0.49[a]	15.27±0.49[b]	15.66±0.49[c]	15.47±0.49[bc]	<0.0001	<0.0001	<0.0001
2018	15.48±0.49[a]	15.86±0.49[b]	15.7±0.49[ab]	15.8±0.49[b]			
2019	15.81±0.49[a]	16.05±0.49[ab]	15.92±0.49[ab]	16.15±0.49[b]			
2020	16.62±0.49	16.49±0.49	16.61±0.49	16.28±0.49			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE L – Número de leitões nascidos totais (média ± EPM) para cada grupo de paridade com de acorto os anos.

Item	Grupo de paridade					p valor		
	leitoas	1	2	3	4	Paridade × Ano	Ano	Paridade
Number of piglets born alive								
2015	13.93±0.49[ac]	13.41±0.49[b]	14±0.49[c]	14.01±0.49[c]	13.52±0.5[ab]			
2016	14.41±0.49[a]	14.25±0.49[a]	15.51±0.49[b]	15.05±0.49[c]	13.73±0.49[d]			
2017	14.92±0.49[a]	15.13±0.49[a]	15.83±0.49[b]	15.8±0.49[c]	14.77±0.49[a]	<0.0001	<0.0001	<0.0001
2018	15.05±0.49[a]	15.55±0.49[b]	16.47±0.49[c]	16.23±0.49[c]	15.45±0.49[b]			
2019	15.24±0.49[a]	15.73±0.49[b]	16.77±0.49[c]	16.65±0.49[c]	15.92±0.49[b]			
2020	15.49±0.49[a]	16.23±0.49[b]	17.32±0.49[c]	17.45±0.49[c]	16.8±0.5[d]			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE M – Intervalo desmame estro dentro de 0-6 d (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com as estações.

Item	Estação				p valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Estação × Paridade	Paridade	Estação
Intervalo desmame estro dentro de 0-6 d, %							
1	92.81±0.84	91.99±0.91	92.43±0.86	91.99±0.92			
2	93.56±0.78[a]	92.74±0.86[ab]	91.14±1.01[b]	94.39±0.71[a]	<0.0001	<0.0001	<0.0001
3	94.28±0.71[a]	92.17±0.91[b]	90.76±1.03[b]	92.73±0.87[ab]			
4	95.86±0.68	94.21±0.85	93.13±0.95	93.62±0.93			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

APÊNDICE N – Intervalo desmame estro dentro de 0-6 d (média ± EPM) para cada grupo de paridade de acordo com os anos.

Item	Grupo de paridade				p valor		
	1	2	3	4	Paridade × Ano	Ano	Paridade
Intervalo desmame estro dentro de 0-6 d, %							
2015	88.33±1.27	88.87±1.24	87.56±1.40	92.32±1.30			
2016	90.06±1.17[a]	93.11±0.92[ab]	92.11±0.97[ab]	93.95±0.94[b]			
2017	92.25±0.92	92.79±0.90	92.3±0.93	92.77±1.09	0.0036	<0.0001	<0.0001
2018	93.54±0.80	93.45±0.83	91.89±0.97	93.65±0.99			
2019	95.06±0.63	95.06±0.66	95.02±0.66	96.66±0.62			
2020	92.95±0.88	93.78±0.84	94.69±0.72	95.26±0.85			

Fonte: Martinez, CHG (2022)
[a, b] Diferentes letras minúsculas sobrescritas significam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).