

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

JOÃO OTÁVIO HILGEMBERG

UTILIZAÇÃO DE MODELOS PREDITIVOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO
PRODUTIVO DE PORCAS

PONTA GROSSA
2021

JOÃO OTÁVIO HILGEMBERG

UTILIZAÇÃO DE MODELOS PREDITIVOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO
PRODUTIVO DE PORCAS

Dissertação apresentada para a obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação. Mestrado em Zootecnia. Área de concentração Produção animal.

Orientadora: Prof. Dr^a. Cheila Roberta Lehen

PONTA GROSSA
2021

H644 Hilgemberg, João Otávio
Utilização de modelos preditivos para avaliação do desempenho produtivo de porcas / João Otávio Hilgemberg. Ponta Grossa, 2021.
77 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Cheila Roberta Lehnen.

1. Árvore de decisão. 2. Classificação. 3. Leitões. 4. Longevidade. 5. Modelagem matemática. I. Lehnen, Cheila Roberta. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Produção Animal. III.T.

CDD: 636



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO OTÁVIO HILGEMBERG

“UTILIZAÇÃO DE MODELOS PREDITIVOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE PORCAS”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias e Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, 22 de novembro de 2021.

Profa. Dra. Cheila Roberta Lehnen – (UEPG)
Presidente

Profa. Dra. Ines Andretta – (UFRGS)
Membro Externo

Prof. Dr. Marcio Valk – (UFRGS)
Membro Externo

Profa. Dra. Adriana de Souza Martins – (UEPG)
Suplente



Documento assinado eletronicamente por **Adriana Aparecida Telles, Secretário(a)**, em 09/11/2021, às 15:32, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0750391** e o código CRC **56020F6E**.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por sua infinita bondade e misericórdia. Por proporcionar tudo o que me é necessário, e em abundância.

Agradeço aos meus pais, pelo incentivo aos estudos, pela companhia, exemplo, dedicação e esforço. Pelas demoradas conversas ao redor da mesa na hora do café. Por ser aquele suporte em todos os momentos da vida.

Agradeço ao meu irmão, Murilo, que mesmo distante sempre me ouviu, apoiou e incentivou. Por ser aquele cara com quem eu sempre posso contar.

Agradeço ao professor Dr. Marcio, professora Dra. Ines e ao Alisson, por suas contribuições gigantescas para elaboração deste trabalho. Certamente aprendi muita coisa com vocês em nossas reuniões.

A todos os membros do grupo de pesquisa BioModel, do qual eu faço parte. Por cada publicação, reunião, encontro (presencial ou virtual) que tivemos neste tempo de mestrado.

Agradeço a professora Dra. Cheila, por tantos anos de amizade, sinceridade, companheirismo, dedicação. Agradeço a você professora por sempre desejar o meu bem, por sempre me incentivar, por me entender em tantos momentos pelos quais eu passei. Agradeço por todo este tempo que passamos juntos desde a graduação até este mestrado.

Por fim, sou muito grato a cada um de vocês por poder dividir ao menos uma parte da minha vida ao lado de cada um.

RESUMO

Este estudo tem por objetivo avaliar modelos preditivos no desempenho produtivo de porcas de primeiro e segundo parto como ferramentas para tomada de decisão na seleção e descarte de fêmeas no plantel. No primeiro estudo as porcas foram classificadas a partir do número total de leitões nascidos vivos (TBA). No segundo estudo foram aplicadas as abordagens de matrizes de confusão e árvores de decisão. Foram utilizadas informações produtivas de 8869 porcas de primeira a oitava ordem de parto, sendo consideradas as variáveis: número de leitões desmamados (Desm), duração da gestação (GL), duração do parto (FD), número de inseminações artificiais (AI), intervalo desmame cobertura (WSI), proporção de mortos ao desmame (DW), proporção de mortos ao parto (DF) e descarte total de porcas (Descarte). A variável TBA foi utilizada como preditora nos modelos. Estudo 1: foram elaboradas 3 classes (high – H: >16 TBA, medium – M: entre 12 e 16 TBA e low – L: <12 TBA) de acordo com o desempenho produtivo ao primeiro e segundo parto. Estudo 2: os dados foram divididos em dois grupos: treinamento e teste, a fim de possibilitar a utilização de árvores de decisão e cálculo da matriz de confusão. Após uma classificação das informações, verificando a sua coerência biológica, foram realizadas análises de correlação, testes de ANOVA e testes de comparação de médias Fisher (LSD), ao nível de 5% de significância. A combinação das informações produtivas dos dois primeiros partos podem ser um eficiente preditor de longevidade e produtividade de porcas. Os métodos foram capazes de identificar as performances produtivas de porcas superiores e inferiores, auxiliando na tomada de decisão para seleção ou descarte. As árvores de decisão foram capazes de apresentar as relações e os padrões entre as variáveis produtivas e o descarte de maneira precisa. Sob o aspecto da produtividade, porcas que apresentaram TBA acima de 14 leitões foram classificadas como boas e acima de 16 classificadas como ótimas. Porcas com altas e baixas produtividades permanecem menos tempo no rebanho. Sob o aspecto dos critérios de descarte, porcas com intervalo desmame cobertura entre 3,8 a 4,3 dias, são descartadas mais cedo e porcas que desmamam entre 13 e 14 leitões permanecem mais tempo no rebanho. A elaboração de classes de acordo com a produtividade e a construção de árvores de decisão são métodos eficazes e precisos para elaborar programas de seleção e descarte a partir do desempenho de porcas de primeira e segunda ordem de parto.

Palavras-chave: Árvore de decisão. Classificação. Leitões. Longevidade. Modelagem matemática. Ordem de parto.

ABSTRACT

This study aims to evaluate predictive models on the productive performance of first and second farrowing sows as tools for decision-making in selecting and discarding females in the herd. In the first study, sows were classified based on totals born alive (TBA). In the second study, confusion matrices and decision trees approaches were applied. Productive information of 8869 sows from first to eighth parity was used, considering the variables: number of weaned piglets (Desm), gestation duration (GL), farrowing duration (FD), number of artificial inseminations (AI), weaning to estrus interval (WSI), proportion of dead at weaning (DW), proportion of dead at farrowing (DF), total culling of sows (Descarte). A TBA as predictors in the models. Study 1: three classes were elaborated (high – H: >16 TBA, medium – M: between 12 and 16 TBA, and low – L: <12 TBA) according to the productive performance at the first and second births. Study 2: the data were divided into two groups: training and compared to elaborate the confusion matrices and decision trees. After classifying the information, verifying its biological coherence, correlations, ANOVA tests, and LSD mean comparison tests were performed at a 5% significance level. The combination of productive information from the first two parities can efficiently predict the longevity and productivity of sows. The method can identify the productive performance of superior and inferior sows, helping in decision-making for selection or disposal. The decision trees were able to accurately present the relationships and patterns between production variables and disposal. Regarding productivity, sows that presented TBA above 14 piglets were classified as good and above 16 as excellent. Sows with high and low yields spend less time in the herd. From the aspect of culling criteria, sows with weaning to estrus interval 3.8 to 4.3 days, were discarded earlier, and sows that wean between 13 and 14 piglets remain longer in the herd. The elaboration of classes according to productivity and the construction of decision trees are efficient and accurate methods to elaborate sow selection and discard programs based on the performance data of the first two parity orders.

Keywords: Classification. Decision tree. Longevity. Mathematical modeling. Parity order. Piglets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito das estações do ano sobre o desempenho produtivo de porcas.	16
Figura 2. Total de leitões nascidos vivos em relação a ordem de parto de porcas com (linha pontilhada) e sem síndrome do segundo parto (linha contínua).	18
Figura 3. Exemplo de árvore de decisão baseado na vocalização de leitões para identificar a sensação de conforto térmico.	26
Figura 4. Número de leitões nascidos vivos (TBA) e leitões desmamados em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto.	39
Figura 5. Número de leitões nascidos vivos (TBA) em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto e do segundo parto.	41
Figura 6. Efeito da interação entre o desempenho produtivo dos dois primeiros partos em relação a longevidade de porcas.	42
Figura 7. Árvore de decisão para classificar, através do Total de Nascidos Vivos (TBA), as porcas como ótimas, considerando porcas de PO1.	56
Figura 8. Árvore de decisão para classificar, através do Total de Nascidos Vivos (TBA), as porcas como boas, considerando porcas de PO1.	57
Figura 9. a) Árvore de decisão para classificar o descarte de porcas considerando os dados de PO1. b) Ordem de influência das variáveis sobre a construção da árvore de decisão.	58
Figura 10. a) Árvore de decisão para classificar o descarte de porcas considerando os dados de PO1 e PO2. b) Ordem de influência das variáveis sobre a construção da árvore de decisão.	59
Figura 11. Árvore de decisão para classificar as porcas como boas (top 50%) quanto ao total de nascidos vivos a partir da PO1, considerando a duração do parto (FD) e da gestação (GL).	60
Figura 12. Total de leitões desmamados para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO1.	67
Figura 13. Média de leitões nascidos vivos para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO1.	68
Figura 14. Média de leitões desmamados para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO2.	69
Figura 15. Média do total de leitões nascidos vivos para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO2.	70
Figura 16. Média em dias do intervalo desmame cobertura (WSI) para o grupo de porcas descartado e não descartado.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Causa de descarte de porcas (em porcentagem) de acordo com a classificação HML ao primeiro parto.	43
Tabela 2. Valores médios das variáveis estudadas para cada ordem de parto.....	55
Tabela 3. Correlações entre as variáveis (dados do primeiro parto) e descarte total.	72
Tabela 4. Correlações entre as variáveis (dados do primeiro e segundo parto) e descarte total.....	73
Tabela 5. Correlações entre as variáveis e o descarte, considerando somente as informações do primeiro parto de porcas.....	74
Tabela 6. Correlações entre as variáveis e o descarte, considerando somente as informações do primeiro e segundo parto de porcas.....	75
Tabela 7. Correlações entre as variáveis (dados do segundo parto) e o descarte (total e segundo parto).....	76
Tabela 8. Principais causas de descarte de porcas por ordem de parto.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Inseminação Artificial
DF	Proporção de mortos ao parto
DFA	Leitões Desmamados/Fêmea/Ano
DNP	Dias não produtivos
DW	Proporção de mortos ao desmame
FD	Duração do parto, minutos
GL	Duração da gestação, dias
MMA	Metrite, Mastite, Agalaxia
NM	Número de leitões mumificados
NN	Número de leitões natimortos
PO	Ordem de parto
PO1	Ordem de parto 1
PO2	Ordem de parto 2
PO6	Ordem de parto 6
PO8	Ordem de parto 8
T°C	Temperatura, °C
TBA	Total de leitões nascidos vivos
UR	Umidade relativa do ar
Weaned	Número de leitões desmamados por parto
WSI	Intervalo desmame cobertura, dias

SUMÁRIO

1 ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE E LONGEVIDADE DE PORCAS	11
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
1.2.1 Produzindo informações na granja.....	12
1.2.2 Alojamento, hierarquia social e lesões.....	13
1.2.3 Temperatura e sazonalidade	14
1.2.4 Parto e ordem de parição.....	17
1.2.5 Melhoramento genético.....	19
1.2.6 Nutrição <i>versus</i> condição corporal.....	20
1.2.7 Uso da modelagem na suinocultura	22
1.2.8 Modelagem.....	23
1.2.9 <i>Machine Learning</i> e Árvore de decisão	24
REFERÊNCIAS.....	27
2 SELEÇÃO PRECOCE DE PORCAS UTILIZANDO CLASSIFICADORES BASEADOS NO TOTAL DE LEITÕES NASCIDOS VIVOS.....	34
2.1 INTRODUÇÃO	34
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.3 RESULTADOS.....	37
2.4 DISCUSSÃO	44
2.5 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	47
3 ÁRVORES DE DECISÃO COMO FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE PORCAS EM REBANHOS COMERCIAIS.....	50
3.1 INTRODUÇÃO.....	50
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
3.3 RESULTADOS	54
3.4 DISCUSSÃO.....	60
3.5 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	64
APENDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR.....	66

1 ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE E LONGEVIDADE DE PORCAS

1.1 INTRODUÇÃO

Hoje, a suinocultura tem deixado para trás sistemas ineficientes de produção, buscando a cada dia crescer tecnologicamente e aumentar a produtividade, gerindo cuidadosamente os índices zootécnicos e o resultado econômico da atividade (CASTRO; BARBOSA; VASCONCELOS, 2020). Numa era informatizada, onde se tem as informações na palma da mão, a coleta de dados deixou de ser algo que somente as grandes empresas e centros de pesquisa realizavam, passando a ser rotina primordial nas granjas. Somente através de uma coleta de dados eficiente é que podemos medir com precisão a produtividade e assim tomar decisões (MACHADO, 2014), o que o permite um desenvolvimento de estratégias para obter uma vantagem competitiva sustentável (TOIGO; WRUBEL; HEIN, 2014).

Os primeiros registros de dados na suinocultura começaram por volta da década de 1980, ainda manuais e em fichas de papel. Com o advento da informática e sua gradativa inserção no processo produtivo, na década de 1990 surgiram os primeiros softwares de registro de informações, permitindo até mesmo a criação de gráficos e associações (JÚNIOR, 2009). O desenvolvimento da suinocultura atual só foi possível graças a intensa coleta e armazenamento de dados. E esse trabalho, antes realizado por mãos humanas, agora tem passado cada vez mais a ser feito por sensores, que além de só coletar, irão controlar todos os processos dentro da granja. Toda essa revolução que a suinocultura tem passado foi definida como “suinocultura 4.0” (SILVA; LIMA; DELAGRACIA, 2020).

A consequência dessa revolução tem sido a geração de muita informação. Mas, muito mais importante do que simplesmente tê-la, é saber utilizá-la (BITTENCOURT; GUBERT, 2014). A informática não colabora somente com a coleta das informações, mas ajuda a processá-la, de modo a facilitar a nossa compreensão. Técnicas e abordagens como modelagem, meta-análise, *machine learning*, árvores de decisão, dentre outras auxiliam no processo de tomada de decisão, por gerarem novos dados e informações relevantes para a produção.

Partindo deste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar os efeitos mais importantes sobre o desempenho e longevidade de fêmeas suínas, a importância da gestão e coleta dos dados produtivos e como estas informações têm sido utilizadas através da modelagem e das árvores de decisão para melhorar toda a cadeia produtiva de suínos. Além

disso, apresentar metodologias práticas e de simples interpretação para auxiliar na tomada de decisão dentro das granjas.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Produzindo informações na granja

Dentro da granja, existem muitas informações sendo geradas a cada instante. Sendo o grande foco reduzir custos e aumentar a eficiência produtiva. Portanto, de forma prática, os olhos sempre estão voltados para a produtividade das porcas e quanto tempo permanecem no plantel, para assim pagar os seus custos de manutenção e investimento.

Mesmo com o advento das novas tecnologias e sua gradual inserção nas granjas, há muitas informações que ainda precisam ser coletadas manualmente em planilhas de anotações, que posteriormente irão alimentar os softwares de gestão de dados (JÚNIOR, 2009). Neste sentido, o papel do funcionário é extremamente importante, sendo o responsável por coletar e organizar essas informações. É muito comum encontrarmos fichas de anotações em diferentes setores de produção. Por exemplo, na maternidade, são utilizadas fichas individuais das porcas, onde estão contidas todo o seu histórico (informações dos partos anteriores, leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados, duração da gestação e do parto, tipo de parto, uso de medicamentos (SILVEIRA; ZANELLA, 2014). Na reprodução e gestação são comuns as anotações para acompanhamento das leitoas de reposição, controle de coberturas e inseminação artificial, programa de vacinações, dentre outros através das fichas de controle (MACHADO, 2014; PODDA, 2014; SANTOS; SANTOS; COSTA, 2014).

Como o fator humano é extremamente variável, erros na coleta e organização dos dados acontecem. Esses erros podem ser causados por falhas na identificação e interpretação, desconhecimento da importância da informação ou até mesmo intencionais, na tentativa de alcançar as metas pré-estabelecidas. No entanto isso compromete a interpretação dos índices zootécnicos da granja (SCHNEIDER et al., 2004). O sucesso da atividade suinícola também depende dos funcionários e, assim aperfeiçoamentos e treinamentos passaram a ter um grau de importância cada vez maior nos últimos tempos. Funcionários bem treinados, devidamente incentivados e valorizados conseguem melhorar o desempenho pessoal e da granja, comprometem-se com todo o processo, promovem a organização do ambiente de trabalho e sugerem novas ideias para aperfeiçoamento (ALMEIDA, 2008). Nesta revisão incluímos postos-chave na coleta de informações em granjas que podem nortear avanços através da

modelagem matemática em áreas como ambiência, melhoramento genético, reprodução e nutrição.

1.2.2 Alojamento, hierarquia social e lesões

As instalações têm um papel importante em proporcionar o bem-estar as porcas e leitões. Atualmente, dois sistemas de alojamento na gestação são utilizados: gaiolas individuais ou baias coletivas. As baias coletivas buscam atender as exigências do mercado e do bem-estar animal. Neste sistema, o que há de mais moderno, são as estações eletrônicas de alimentação, onde um software previamente ajustado por um operador, via sensores, presentes tanto na estação quanto nas porcas, fornece alimento na quantidade estipulada para cada porca (SENS; NEVES; RIBAS, 2020).

Desde 2013, a União Europeia adotou como regra, a utilização de baias coletivas para porcas em gestação, proibindo a utilização das gaiolas (MAES; PLUYM; PELTONIEMI, 2016). Além da União Europeia, diversos outros países já vêm restringindo a utilização das gaiolas na suinocultura (PELTONIEMI; BJÖRKMAN; MAES, 2016). Entretanto, a legislação europeia, ainda permite que as porcas sejam alojadas individualmente após a cobertura, por até 4 semanas, considerado um período crítico para a proteção dos embriões e confirmação da prenhez, não sendo adequado a formação de grupos (KOKETSU; IIDA, 2017). O Brasil vem adotando uma legislação similar à da União Europeia. Todo o alojamento de matrizes e cachacos devem ser em baias. A única exceção é o alojamento de porcas em gaiolas logo após a cobertura por um período máximo de 35 dias. Para projetos de reforma, ampliação ou construção de instalações ficam estabelecidos um prazo de até o ano de 2045 para adaptação das granjas ao novo sistema de alojamento (BRASIL, 2020)

Independentemente do tipo de grupo, brigas são comuns em alojamentos coletivos de porcas. Brigas relacionadas a competição por recursos geralmente são de alta frequência e curta duração, já brigas para estabelecer a hierarquia são de baixa frequência, embora muito intensas (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014). Normalmente a hierarquia é estabelecida entre 2 a 10 dias após o fechamento do grupo, entretanto, estima-se que leva entre 3 a 4 semanas para que novas porcas estejam totalmente integradas em grandes grupos dinâmicos (MAES; PLUYM; PELTONIEMI, 2016). O resultado das brigas acaba levando a severas lesões de pele, de casco, mordeduras de vulva e retorno ao cio (KOKETSU; IIDA, 2017; MIN et al., 2020; MUNSTERHJELM et al., 2008). Há ainda possibilidade de perseguição de fêmeas que não

simpatizaram e entraram nos grupos, e isso, além de comprometer o bem-estar, pode levar à morte ou descarte da porca (SENS; NEVES; RIBAS, 2020).

O aumento do número brigas resulta em aumento das lesões, que conseqüentemente contribui para a redução da longevidade das porcas. Em sistemas de alojamento coletivo, porcas apresentam mais lesões de casco, claudicação e mordeduras de vulva do que em gaiolas ou baias individuais (KOKETSU; IIDA, 2017). As lesões no sistema locomotor e claudicação são considerados a segunda maior causa de descarte precoce de porcas (BOS et al., 2016). Tais injúrias acarretam grandes e graves problemas de saúde e bem-estar animal, podendo representar até 10% dos descartes, reduzindo o desempenho produtivo e longevidade das porcas (IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2020). Já as mordeduras de vulva, também são considerados um grande problema de bem-estar, especialmente na gestação, podendo variar de pequenas lesões a remoção completa, sendo frequentemente associadas a tamanho do grupo, alimentação e quantidade de fêmeas por bebedouro (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014). Entretanto, o enriquecimento ambiental é uma alternativa que busca minimizar as interações agonísticas e maximizar o bem-estar das porcas.

As gaiolas individuais podem ser perfeitamente substituídas por baias coletivas, pois não existem diferenças entre os dois tipos de alojamento na produtividade, qualidade do leite, mobilização de reservas corporais das porcas (KOKETSU; TANI; IIDA, 2017; MIN et al., 2020; MUNSTERHJELM et al., 2008). Além do mais, através da modelagem é possível considerar a atividade física das porcas e realizar ajustes nutricionais (DOURMAD et al., 2008). Cabe aos produtores adaptarem-se o sistema e tomar os devidos cuidados, buscando técnicas de manejo que permitam mitigar os efeitos e danos causados pelas brigas, atentando-se especialmente nas disputas por alimento e água, visto que a hierarquia da baia logo é estabelecida.

1.2.3 Temperatura e sazonalidade

A ordem de parto interfere diretamente na produtividade das porcas. Portanto é um fator a ser levado em consideração em todo o manejo. Porcas primíparas encontram-se na fase de desenvolvimento corporal ainda durante os dois primeiros partos, logo, o ganho de peso materno destas porcas é maior do que das porcas mais velhas (PIÑEIRO *et al.*, 2019; YOUNG *et al.*, 1991). No entanto, porcas primíparas possuem pequena capacidade de consumo de ração e baixo apetite, o que chega a representar até 20% menos do que em porcas pluríparas (YOUNG *et al.*, 2004).

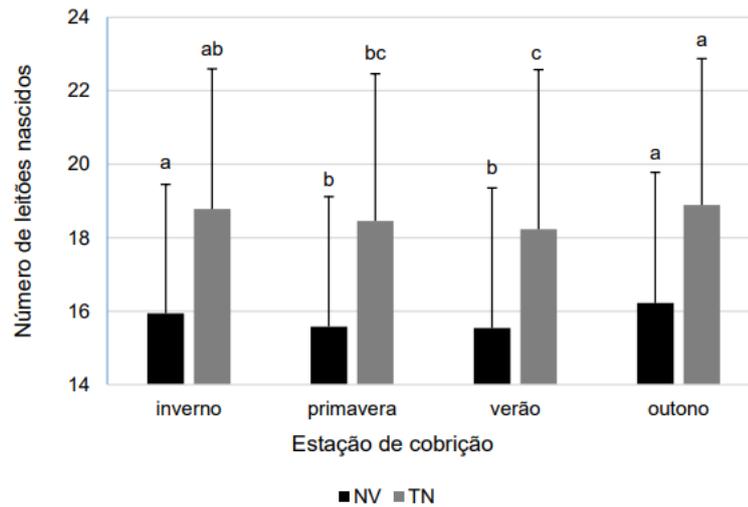
Porcas primíparas apresentam um menor número de leitões nascidos vivos, com peso ao nascimento e desempenho até o desmame menor do que porcas pluríparas (PIÑEIRO *et al.*, 2019). O menor número de leitões nascidos pode ser explicado pelo maior desenvolvimento corporal e da glândula mamária, além de diferenças na produção e composição do leite entre primíparas e pluríparas, especialmente imunoglobulinas (CARNEY-HINKLE *et al.*, 2013; DECLERCK *et al.*, 2015; PIÑEIRO *et al.*, 2019). Outra possível explicação pode estar associada a menor quantidade de fibras musculares esqueléticas de leitões nascidos de porcas primíparas, na qual possui um número definido até o nascimento, não podendo aumentar durante o crescimento pós natal (PIÑEIRO *et al.*, 2019). Portanto o pico de leitões nascidos vivos varia entre o terceiro ao quinto parto, a partir de então ocorre uma redução no tamanho da leitegada (HOVING *et al.*, 2011).

No entanto, frequentemente é observado um baixo desempenho produtivo ao segundo parto, também conhecido por Síndrome do Segundo Parto, causado justamente pela alta exigência nutricional na lactação, alto catabolismo, perda de peso excessiva e alto WSI (HOVING *et al.*, 2011; MELLAGI *et al.*, 2013; SCHENKEL *et al.*, 2010),

As condições ambientais, especialmente a temperatura, umidade e velocidade do ar, afetam direta ou indiretamente os suínos, e, portanto, interferem na produtividade das porcas. Levando isso em consideração e conhecendo as particularidades fisiológicas das porcas, é extremamente importante colocar em prática estratégias que controlem os efeitos ambientais, visando otimizar o desempenho produtivo (NÄÄS; TOLON; BARRACHO, 2014).

Os efeitos da temperatura fora da zona de conforto térmico, sobre o desempenho das porcas, dependem da intensidade e duração (VIEIRA *et al.*, 2014). No Brasil, é comum encontrar temperaturas acima do conforto térmico das porcas. Os períodos mais críticos, correspondem ao verão e outono. Nestes períodos as porcas podem ser acometidas pela chamada “infertilidade sazonal” ou “infertilidade de verão”. A figura 2 demonstra o efeito da sazonalidade, especialmente no verão, sobre o número total de leitões nascidos e nascidos vivos. Problema que pode ser temporário e é comum em regiões de clima tropical e subtropical, sendo conhecido por reduzir o consumo voluntário de ração, alterar a secreção hormonal e causar abortos. (BORTOLETTO *et al.*, 2014). Tais condições diminuem a fertilidade, aumentam a taxa de retorno de cio, o intervalo desmame-estro, a morte embrionária e a mobilização de gordura corporal na lactação (PANDORFI; SILVA; PIEDADE, 2008; VIEIRA *et al.*, 2014). No entanto, o principal e mais proeminente efeito que pode ser observado nos períodos de verão e outono é a redução nas taxas de parto e diagnóstico positivo da gestação nos rebanhos (SILVEIRA, 2007).

Figura 1. Efeito das estações do ano sobre o desempenho produtivo de porcas.



Fonte: CARVALHO (2020).

NV: Total de leitões nascidos vivos; TN: Total de leitões nascidos. Barras com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

A coleta das informações nas granjas permite a análise gráfica por meio de relatórios em softwares de gestão de unidades de produção. Assim, gerentes de produção podem tomar decisões quanto aos impactos da sazonalidade e propor mecanismos para minimizar estes danos. Como as condições ambientais exercem forte influência sobre o desempenho animal, há uma grande preocupação em descobrir e implementar ferramentas que auxiliem no controle ambiental e redução do estresse. Hoje, já existem metodologias e tecnologias capazes de analisar o bem-estar animal através de sinais sonoros (TOLON et al., 2013), controle eletrônico de temperatura por placas evaporativas (FIELD et al., 2019), além de monitoramento em tempo real de temperatura, humidade e gases através de uma rede de sensores wireless (ZENG et al., 2021).

Entretanto, essa ainda não é a realidade da suinocultura brasileira. A maior parte das granjas adota técnicas e tecnologias mais baratas e acessíveis, como por exemplo, ventiladores, nebulizadores, resfriamento axial, manejo de cortinas, plantio de grama e árvores nas proximidades da granja, forro de lona, sombrites, pintura de paredes e telhados na cor branca, telhas térmicas, etc. (DIAS et al., 2011). Já o monitoramento das variáveis ambientais, normalmente limita-se ao uso de termômetros de máxima e mínima, controladores e termostatos (PINHEIRO, 2014; SARUBBI, 2014).

1.2.4 Parto e ordem de parição

Nem sempre a porca realiza um parto dentro da normalidade. Muitas vezes é necessário uma atenção e cuidado maior, evitando que prejuízos tanto para a porca, quanto para os leitões no momento do parto. No entanto, conhecer essas realidades particulares das porcas também se torna uma informação valiosa, ajudando na previsão e organização dos trabalhos na maternidade. Todas as informações referentes ao parto devem ser anotadas em fichas para que seja possível ter um histórico completo da porca (SILVEIRA; ZANELLA, 2014). As principais informações que devem ser anotadas são: data, hora de início e fim do parto, tipo de parto, tempo de intervalo entre os nascimentos, número de leitões nascidos vivos, natimortos, mumificados, peso da leitegada e ao nascimento, sexo dos leitões e uso de medicamentos (DIAS et al., 2011).

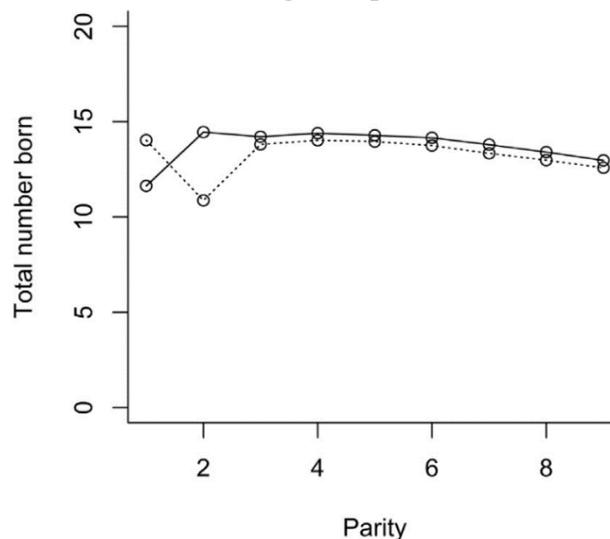
Em um sistema de gestão de informações, os partos podem ser classificados como normal, induzido, prematuro e distócico. Os partos induzidos são aqueles em que as porcas recebem doses de PGF2alfa ou análogos visando a sincronização e acompanhamento dos partos, organização das tarefas dos funcionários e manejo das matrizes e salas de maternidade (BIERHALS; MAGNABOSCO, 2014). Partos prematuros são aqueles que ocorrem antes dos 114 dias de gestação, e partos anteriores a 110 dias podem ser classificados como abortos (MELLAGI et al., 2006; VANDERHAEGHE et al., 2011).

Partos distócicos são partos que não seguem os eventos fisiológicos normais, podendo ser de origem materna (ex: inercia uterina, obstrução das vias fetais e desvio do útero) ou fetais (ex: anomalias ou fetos grandes). Entretanto as distocias não são tão comuns nos suínos como em outras espécies, podendo chegar a menos de 3% a 5% dos partos com intervenção (SILVEIRA; ZANELLA, 2014). No entanto, em muitos partos ocorrem palpações uterinas, chegando a 20 a 23%, desta forma é possível que a maioria destas palpações não sejam realmente necessárias (MELLAGI et al., 2007). A maior parte das palpações são realizadas em porcas mais velhas, consequência de partos longos e hipertermia que aumentam a quantidade de leitões natimortos, sendo este grupo removido do plantel comumente por baixa performance, idade e até mesmo morte (MELLAGI et al., 2007; STALDER et al., 2004).

Portanto, visando reduzir as perdas e garantir a viabilidade dos leitões, é importante realizar o acompanhamento prévio das porcas e no momento do parto. Informações e o histórico das porcas podem ajudar na tomada de decisões. Assim como a duração da gestação anterior pode ser levada em consideração, pois a probabilidade de uma porca que teve um parto prematuro apresentar outros posteriormente, é maior do que uma que teve a duração da gestação

≥ 114 dias (VANDERHAEGHE et al., 2011). Uma das consequências da seleção genética para aumentar o tamanho de leitegadas foi de aumentar também o número de natimortos, fato também associado aos partos prolongados (BJÖRKMAN et al., 2017; UDOMCHANYA et al., 2019). A maioria dos casos de leitões natimortos, é no período intraparto, causado principalmente pela anoxia (ausência de oxigenação cerebral). Os principais fatores ligados a este tipo de natimortalidade são a ordem de parto, grandes leitegadas, duração do parto e ausência de contração uterina (SOUZA et al., 2012). A ordem de parto interfere diretamente na produtividade das porcas, sendo um fator levado em consideração em todo o manejo. Neste quesito, o pico de produção de leitões nascidos vivos varia entre o terceiro ao quinto parto, e à medida que a porca envelhece, o tamanho da leitegada diminui (HOVING et al., 2011). Porcas primíparas apresentam um menor número de leitões nascidos vivos, com peso ao nascimento e desempenho até o desmame menor do que porcas pluríparas (PIÑEIRO et al., 2019). Quando as porcas passam para a segunda gestação, podem ser acometidas de uma síndrome produtiva, também conhecida popularmente como “Síndrome do Segundo Parto”. Neste cenário, a principal característica é a grande queda no número de leitões nascidos vivos, em relação à média esperada para o segundo parto (figura 1) (SCHENKEL et al., 2007). As causas dessa síndrome podem ser associadas ao desenvolvimento corporal das porcas, alta exigência nutricional na lactação anterior, alto catabolismo, perda de peso excessiva e alto WSI (HOVING et al., 2011; MELLAGI et al., 2013; SCHENKEL et al., 2010).

Figura 2. Total de leitões nascidos vivos em relação a ordem de parto de porcas com (linha pontilhada) e sem síndrome do segundo parto (linha contínua).



Fonte: SELL-KUBIAK et al., (2021)

Outro ponto que deve ser considerado quando se fala de ordem de parição, é a uniformidade de distribuição das fêmeas no plantel. Na maioria das granjas, é adotado uma renovação média das fêmeas de 35 a 55% ao ano. Desta forma o ideal é que a distribuição seja decrescente onde, aproximadamente 17 a 21% do plantel seja de porcas primíparas, caindo para 4% de porcas acima do sexto parto (WENTZ et al., 2007). Procedendo desta maneira, as granjas mantem a maioria das porcas dentro da fase mais produtiva (terceiro a quinto parto), fazendo com que haja uma forte seleção para a permanência de porcas acima de seis partos (ANTUNES, 2007).

Do ponto de vista da modelagem, as informações referentes a ordem de parição são muito importantes. Através da modelagem é possível prever a produtividade das porcas no decorrer da vida, podendo assim auxiliar na seleção de porcas mais eficientes (GRUHOT et al., 2017; HOVING et al., 2011). Além disso, a própria produtividade já interfere nos modelos nutricionais das porcas, onde cada leitão a mais exige uma maior produção de leite, que conseqüentemente interfere no consumo de ração e mobilização de reservas. Sem ao menos considerarmos as grandes diferenças fisiológicas e metabólicas de porcas primíparas e pluríparas, que por si só já são importantes (DOURMAD et al., 2013).

1.2.5 Melhoramento genético

Características produtivas podem ser herdadas, ou seja, passada dos genitores para a prole. No entanto determinadas características são mais importantes do que outras, pois estão ligadas ao interesse econômico da atividade suinícola. O aprimoramento dessas características seria impossível sem realização da intensa e completa coleta de dados (ANRAIN, 2014). Por exemplo, o tamanho da leitegada aumentou nos últimos anos devido a coleta das informações relativas à reprodução (taxa ovulatória, taxa de fecundação, sobrevivência embrionária e fetal, capacidade uterina, eficiência placentária, localização dos fetos no útero, peso ao nascimento) (BORTOLOZZO et al., 2007). Entretanto, a grande maioria das granjas possuem rebanhos comerciais, mas isso não significa que não exista uma seleção de reprodutores melhores. Neste tipo de granja, as melhores e mais produtivas porcas permanecem no rebanho (ANTUNES, 2007).

A seleção genética apurada dos suínos levou-os a melhorar a eficiência alimentar e a depositar mais proteína e menos gordura na carcaça. Ao final da década de 1990, isso fez com que as linhagens maternas também se tornassem magras e com baixo apetite (ROZEBOOM, 2015). O resultado disso acabou gerando problemas para as porcas como longo intervalo

desmame-estro, consequência da redução da capacidade de consumo de ração e das reservas corporais, favorecendo os efeitos do catabolismo da lactação (CAMPOS et al., 2012; ROSSI et al., 2008). Sabendo disso, os pesquisadores têm buscado modelos e propostas que integrem informações para tentar contornar os problemas acima expostos. Um exemplo disso é o software InraPorc®, capaz de integrar informações como ordem de parto, atividade física, genética, condição corporal, temperatura, manejo alimentar, alimentos e dietas. A partir destas informações o software é capaz de simular situações, determinar os requerimentos nutricionais, prever a performance e analisar a utilização dos nutrientes (DOURMAD et al., 2008). Portanto, é um grande desafio para os programas de melhoramento genético de suínos atender as demandas nutricionais das porcas de hoje, otimizando o consumo de nutrientes, aumentando a capacidade de produção de leite e habilidade materna, buscando reduzir os efeitos do catabolismo na lactação.

As características reprodutivas das porcas são complexas, pois existem muitos atributos relacionados a uma única característica, e determinadas ações em quaisquer atributos podem afetar a longevidade e produtividade de maneira geral (ZAK et al., 2017). Nos últimos anos o tamanho da leitegada aumentou e, apesar de ser uma característica desejada e importante, aumentar o número de nascidos vivos trouxe suas consequências (CAMPOS et al., 2012; ROZEBOOM, 2015). Entretanto, devido à complexidade de se aumentar o número de leitões nascidos vivos, é importante que os programas de melhoramento adicionem características voltadas para a sobrevivência dos leitões na gestação, ao parto e consumo de colostro e leite adequados (ZAK et al., 2017). Além de buscar por leitões mais resistentes a doenças e aos desafios enfrentados ao longo da vida, reduzir os leitões de baixo peso e a desuniformidade das leitegadas (ANTUNES, 2014).

1.2.6 Nutrição *versus* condição corporal

Como o peso e a condição corporal das porcas varia muito durante toda a vida, é crucial realizar o seu monitoramento, pois podem acarretar em problemas produtivos, reprodutivos ou de desempenho da prole (CONDOUS; KIRKWOOD; VAN WETTERE, 2014). Desta forma, é ideal que a porca mantenha uma condição corporal correspondente ao ciclo de vida ao qual está, a fim de maximizar o seu desempenho (BARBOSA, 2015; ZOU *et al.*, 2017). E para isso existem ferramentas capazes de auxiliar nesse controle, assim como a avaliação do Escore de Condição Corporal (ECC), utilização de Ultrassom (MAES *et al.*, 2004) ou do Caliper (KNAUER; BAITINGER, 2015).

Frequentemente, dentre as porcas magras é possível observar altas taxas de mortalidade, aumento no descarte por baixos índices produtivos (alto WSI e retorno de cio, baixa taxa de parição e leitões desmamados/fêmea/ano) que conseqüentemente levam a uma menor longevidade das porcas no plantel (LEWIS; BUNTER, 2011; STALDER *et al.*, 2004; YOUNG *et al.*, 1991). Tal situação foi observada por Young *et al.*, (1991) onde 55% das porcas de PO2 e 44% de PO3 que apresentaram ET abaixo de 12 mm não chegaram o parto subsequente.

Por outro lado, quando as porcas se apresentam acima do peso e condição corporal ideal, problemas como número de leitões natimortos, distocia no parto e lesões nos membros locomotores aumentam (ROONGSITTHICHAJ; TUMMARUK, 2014; ROSSI *et al.*, 2008; STALDER *et al.*, 2004). Na lactação, porcas que possuem ET acima de 21 mm ao parto apresentam baixo consumo voluntário de ração (ROSSI *et al.*, 2008). Esta situação está muito ligada a seleção genética para eficiência alimentar (BORTOLI *et al.*, 2018), que por conseqüência, leva a uma maior perda de peso. E nestas condições observa-se redução da produção de leite e menor desempenho da leitegada, o que pode se estender sobre as gestações e partos subsequentes. Perdas de peso durante a lactação maiores que 10% prejudicam significativamente as taxas de parto e o total de leitões nascidos vivos dos partos subsequentes, sendo que as primíparas são mais sensíveis a esta variação (THAKER; BILKEI, 2005). Entretanto, até mesmo perdas de peso leves (1,1%) das porcas ao desmamar as leitegadas indicam quedas nas taxas de parição subsequente (MELLAGI *et al.*, 2013). Todas estas situações somadas, acabam levando a uma baixa produtividade, e por fim resultam na morte ou no descarte prematuro de porcas.

De posse dessas informações, é possível inseri-las e aplicá-las em softwares nutricionais como o InraPorc[®] e NRC (2012). O InraPorc[®] é um modelo proposto para avaliar os efeitos de diferentes estratégias nutricionais, através de fácil caracterização da população de animais da granja e permite estimar as exigências nutricionais deste rebanho e simular diferentes cenários de produção (DOURMAD *et al.*, 2008; LEHNEN, 2012). Já o NRC busca estimar as exigências nutricionais dos suínos, comumente apresentando os resultados em tabelas de recomendação (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014). Ambos os modelos são baseados em equações matemáticas, que buscam simular um animal ou população, seus fluxos de nutrientes, reservas corporais e excreção, além de conter as informações referentes aos alimentos e dietas. A combinação de todas essas informações permite observar a existência de excessos ou deficiências de nutrientes, mobilização ou recomposição de reservas corporais antes mesmo da aplicação prática (DOURMAD *et al.*, 2013). Portanto a utilização da modelagem nutricional é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisões, permite aumentar a eficiência na utilização

dos nutrientes e que, conseqüentemente colabora para a manutenção e longevidade das porcas no plantel.

1.2.7 Uso da modelagem na suinocultura

A suinocultura atual, é uma atividade altamente tecnificada e com baixa margem de lucro, o que torna a produtividade o principal fator para determinar a sustentabilidade do empreendimento (MACHADO, 2014). Numa era informatizada, onde se tem as informações na palma da mão, a coleta de dados deixou de ser algo que somente as grandes empresas e centros de pesquisa realizavam, passando a ser rotina primordial nas granjas. Somente através de uma coleta de dados eficiente é que podemos medir com precisão a produtividade e assim tomar decisões (MACHADO, 2014). Isso permite um desenvolvimento de estratégias para obter uma vantagem competitiva sustentável (TOIGO; WRUBEL; HEIN, 2014).

Os primeiros registros de dados na suinocultura começaram por volta da década de 1980, ainda manuais e em fichas de papel. Com o advento da informática e sua gradativa inserção no processo produtivo, na década de 1990 surgiram os primeiros softwares de registro de informações, permitindo até mesmo a criação de gráficos e associações (JÚNIOR, 2009). No entanto, mesmo com a informática cada vez mais acessível a todos e inserida nas granjas, muitas delas não possuem coleta e armazenamento de dados ou o fazem de maneira precária e desorganizada. Entretanto, a suinocultura atual não tem mais espaço para este tipo de gestão ineficaz e amadora (MACHADO, 2014).

O desenvolvimento da suinocultura atual só foi possível graças a intensa coleta e armazenamento de dados. E para isso diversas tecnologias foram inseridas nas granjas para obtenção de diversos tipos de dados, otimizando a produção e buscando cada vez mais a alta eficiência animal. Hoje, tecnologias como transmissão de dados sem fio via bluetooth (SANTOS et al., 2016), sensores (RODRIGUEZ; CHAVES; QUIROGA, 2020), controle eletrônico da temperatura e umidade (através de sensores, ventiladores e placas evaporativas) (MOLANO-JIMENEZ; ORJUELA-CANON; ACOSTA-BURBANO, 2018), alimentadores automáticos (MIN et al., 2020) já são realidade em muitas granjas. Isso promoveu a geração de muita informação, que muito mais importante do que simplesmente tê-la, é saber utilizá-la (BITTENCOURT; GUBERT, 2014). Abrindo espaço para a utilização de técnicas de inteligência computacional que promovem e desenvolvem diversos tipos de modelos de predição, permitindo a obtenção de informações para a tomada de decisão (MOLANO-JIMENEZ; ORJUELA-CANON; ACOSTA-BURBANO, 2018). Dentre estas técnicas, temos

a meta-análise (LOVATTO et al., 2007), modelagem matemática (LOVATTO; LEHNEN; ANDRETTA, 2010), redes neurais (SANTOS et al., 2016), lógica *fuzzy*, *machine learning*, árvores de decisão, *meta-learning* (PERES, 2018).

1.2.8 Modelagem

A modelagem matemática ajuda a entender e quantificar melhor os fenômenos biológicos complexos, pois conhecendo os fatores e variáveis é possível transformá-los em equações matemáticas capazes de serem simuladas em computador. Já os resultados apresentados pela modelagem permitem a tomada de decisões tanto em ambiente comercial quanto no de pesquisa (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014).

Oviedo-Rondón (2007) descreve os principais objetivos da pesquisa baseada em modelagem matemática: a) integrar os conceitos existentes e dados em um formato compatível com as análises quantitativas e dinâmicas, para em seguida estimar sua validade b) reduzir as dificuldades conceituais em análises de interações entre elementos de sistemas complexos, c) pré-avaliar hipóteses alternativas quando os conceitos são inadequados e indicar necessidade de experimentação, d) estimar os valores dos parâmetros que não podem ser medidos diretamente e/ou ajudarem na interpretação de novos dados.

A modelagem possui ao menos seis abordagens diferentes: empírica, mecanicista, estática, dinâmica, determinística e estocástica. A modelagem empírica consiste em calcular as relações quantitativas por ajuste estatístico dos dados (MAES et al., 2004) por uma ou mais equações de regressão (SAUVANT, 1992). Também é conhecido como “caixa preta”, pois seu funcionamento matemático não é transparente, não levando em consideração os mecanismos que controlam os fenômenos (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014; ROUSH, 2006). Podemos considerar como modelos que utilizam a abordagem empírica as tabelas de recomendação nutricional, assim como as Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al., 2017). Modelos mecanicistas podem ser entendidos como “a compreensão do que acontece no interior da caixa preta” (MAES et al., 2004). Modelos mecanicistas são construídos olhando para a estrutura de todo o sistema, dividindo-o em seus componentes principais e analisando o comportamento de todo o sistema, de seus componentes individuais e suas interações entre si, assim como as etapas da digestão e metabolismo dos nutrientes dentro do organismo animal (MAES et al., 2004; ROUSH, 2006).

Modelos estáticos podem descrever um fenômeno, sem considerar a variação do tempo (ex: determinação de uma exigência nutricional em uma idade específica), diferentemente de

modelos dinâmicos, que a consideram (ex: curvas de crescimento). Modelos determinísticos possuem uma única resposta (ex: em uma curva de crescimento de um animal é obtido determinada idade e conseqüentemente um peso médio), entretanto os estocásticos dependem das probabilidades (ex: curvas de distribuição de probabilidades, assim como a curva normal, entre outras) (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014). Apesar da diversidade dos tipos de modelos, existe uma grande dificuldade em definir os mecanismos envolvidos nos fenômenos biológicos, fazendo que os modelos empíricos sejam mais utilizados. Entretanto, os modelos mecanicistas são muito úteis para avaliação e adequação dos conhecimentos atuais e estudo dos processos biológicos (OVIEDO-RONDÓN; POMAR; CONCEIÇÃO, 2014; ROUSH, 2006). Quando comparados com modelos mecanicistas, os modelos empíricos apresentam uma menor precisão.

De forma prática, a aplicação da modelagem pode utilizar mais de uma abordagem para demonstrar o seu potencial. Por exemplo o InraPorc é um modelo dinâmico, determinista e mecanicista por representar os fenômenos relacionados à nutrição, alimentação, genética e a utilização dos nutrientes (FRAGA et al., 2015). Ou ainda o AIPF (*Automatic and Intelligent Precision Feeder*) que utiliza componentes empíricos e mecanicistas para estimar e atender em tempo real exigência de aminoácidos (POMAR et al., 2013).

1.2.9 *Machine Learning* e Árvore de decisão

O pensamento humano e as suas decisões partem de um complexo sistema, influenciado pelo ambiente externo, emoções, pressões e vontades, inerentes da própria humanidade. Entretanto, hoje temos os computadores e toda a sua lógica diferente da nossa. A informática contribuiu para o aprimoramento e desenvolvimento de diversos modelos estatísticos, melhorando a predição dos conjuntos de dados. No entanto, muitas vezes ignoram a dependência de variáveis explicativas (JOAQUIM, 2019). Mas então, como fazer com que os computadores possam ao menos se assemelhar com o nosso pensamento ou com as decisões que tomaríamos?

A partir disso, foi criada a inteligência artificial, que passou a ser conhecida também como inteligência computacional. Pode-se defini-la como “inteligência que envolve o uso de métodos baseados no comportamento inteligente de humanos e outros animais para resolver problemas complexos” (COPPIN, 2004) ou ainda como “ciência multidisciplinar que busca desenvolver e aplicar técnicas computacionais que simulem o comportamento humano em atividades específicas” (GOLDSCHMIDT, 2010).

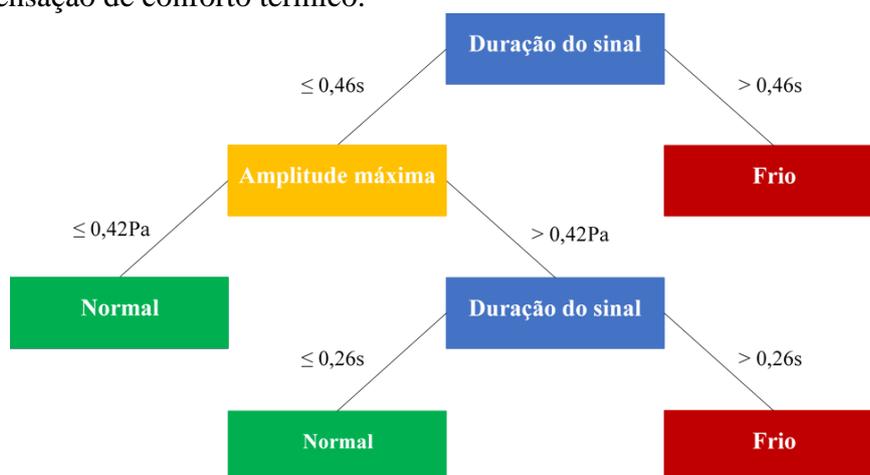
Dentro da inteligência computacional encontramos as técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), que busca explicar diversas situações pela geração de algoritmos e equações matemáticas (PERES, 2018). O aprendizado de máquina subdivide-se em modelos preditivos e descritivos. Nos modelos descritivos os dados são classificados e agrupados por similaridade. Já os modelos preditivos trabalham com as variáveis resposta, buscando a predição pelos dados pré-existentes (DUDA; HART; STORK, 2001; KOTSIANTIS; ZAHARAKIS; PINTELAS, 2007). Dentre os principais algoritmos de modelos preditivos, destacam-se as árvores de decisão, redes neurais, *Support Vector Machines* e *Random Forest* (PERES, 2018)

As árvores de decisão são modelos preditivos simples e intuitivos. Por exemplo, o status da atividade de um animal pode ser classificado fazendo uma série de perguntas simples de sim ou não. Uma árvore de decisão é construída da seguinte maneira: o conjunto de dados é separado em um grupo de treinamento e outro de validação. Em seguida, utilizando o grupo de treinamento, encontra-se a melhor divisão dos dados em relação a variável a ser estudada, através de perguntas de sim e não. Então, confronta-se as informações com o grupo de validação, pois a melhor divisão é aquela que produzirá os grupos mais homogêneos. A árvore será produzida quando todos os dados forem classificados corretamente (PERES, 2018).

As árvores de decisão são usadas diretamente para gerar regras e são computacionalmente baratas para treinar, avaliar e armazenar. Eles podem lidar com dados categóricos e contínuos e são bastante robustos para outliers. No entanto, elas são propensas a variações, pois pequenas mudanças no conjunto de dados de treinamento podem levar a árvores significativamente diferentes, e seu desempenho preditivo pode ser pobre em comparação com outros algoritmos (VALLETTA et al., 2017).

A fim de se estabelecer comparações justas e precisas entre as diferentes classificações dos valores são utilizadas medidas avaliativas da performance do método. Dentre elas destacam-se a sensibilidade, especificidade e precisão. O resultado de todas essas análises além de expresso pelas medidas avaliativas é demonstrado graficamente. A grande vantagem da árvore de decisão é a simplicidade de apresentação. A árvore é construída a partir de perguntas, gerando ramificações, só terminando quando uma classe é prevista (PERES, 2018). Na figura 3 observa-se como a árvore de decisão de estabelece. No exemplo em questão, o conforto térmico de leitões foi estudado e estabelecido através da vocalização: sensação de frio quando for acima de 0,46 segundos ou quando a amplitude do sinal for acima de 0,42 Pa e duração entre 0,26 a 0,46 segundos.

Figura 3. Exemplo de árvore de decisão baseado na vocalização de leitões para identificar a sensação de conforto térmico.



Fonte: NÄÄS; CALDARA; CORDEIRO (2014).

Como as árvores de decisão possuem essa capacidade de tornar grandes conjuntos de dados em informações de fácil compreensão, é perfeitamente possível utilizar esta ferramenta na suinocultura. Ela permite a identificação dos pontos forte e fracos do sistema produtivo. Ter o conhecimento destas informações, contribui para aprimorar a produção de suínos (KIRCHNER; TÖLLE; KRIETER, 2004). As árvores de decisão podem ser aplicadas em diversas áreas dentro da suinocultura como por exemplo a identificação etária e sexual pela vocalização de leitões, parâmetros de bem-estar animal (CORDEIRO et al., 2018), avaliação do desempenho do rebanho e estratégia de descarte de porcas (KIRCHNER; TÖLLE; KRIETER, 2004), avaliação do ganho de peso diário de leitões (LEE et al., 2019), predição do uso de água em granjas (LEE et al., 2017), prevenção e controle de doenças (LIANG et al., 2020), classificação de carcaças e produtos cárneos (MASFERRER et al., 2018), qualidade do sêmen suíno (LEMOINE, 2013), predição do preço da carne suína e fatores de risco (DING; MENG; YANG, 2010). Desta forma as árvores de decisão podem ser aplicadas aos diferentes seguimentos da cadeia produtiva, desde a granja e manejo até na gestão e administração. Elas podem facilitar a tomada de decisões, antecipando e prevendo as possibilidades do que pode acontecer. Ter essas informações em mãos permitirá um melhor controle da produção, além da economia de tempo e dinheiro.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. DE. **Gestão em agronegócios: um estudo sobre a aplicação de ferramentas de gestão em empreendimentos de suinocultura**. 2008. Monografia (Graduação em Administração). Centro Universitário Univates. Lajeado. 2008.
- ANRAIN, M. Conceitos de melhoramento genético aplicados à produção de suínos. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 63–71.
- ANTUNES, R. C. Planejando a reposição de reprodutores (macho e fêmea) e impacto sobre a eficiência reprodutiva da granja. **Revista Brasileira de Reprodução Animal.**, v. 31, n. 1, p. 41–46, 2007.
- ANTUNES, R. C. O futuro do melhoramento genético em suínos. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 84–92.
- BARBOSA, A. F. C. **Influência da estratégia alimentar na espessura de gordura dorsal e nos parâmetros reprodutivos em suínos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica). Universidade do Porto. Porto. 2015.
- BITTENCOURT, C. G.; GUBERT, E. Gestão da informação e aplicação prática na tomada de decisões. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. p. 188–198.
- BORTOLOZZO, F. P. et al. **A fêmea suína gestante**. Porto Alegre: Pallottí, 2007.
- BOS, E.-J. et al. Locomotion disorders and skin and claw lesions in gestating sows housed in dynamic versus static groups. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, p. 163625, 2016.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 113, de 16 de dezembro 2020. Estabelecer as boas práticas de manejo e bem-estar animal nas granjas de suínos de criação comercial**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Diário Oficial da União. ed. 242, Seção 1, p. 5.
- CAMPOS, P. H. R. F. et al. Effects of sow nutrition during gestation on within-litter birth weight variation: a review. **Animal**, v. 6, n. 05, p. 797–806.
- CARVALHO, D. F. P. **Variação dos parâmetros reprodutivos das porcas em função do ciclo produtivo e da estação do ano: Um caso de estudo**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Zootécnica). Instituto Superior de Agronomia. Faculdade de Medicina Veterinária. Universidade de Lisboa. Lisboa. 2020.
- CASTRO, L. T. S. DE; BARBOSA, L. M. DOS R.; VASCONCELOS, B. DA S. DE. Gestão na suinocultura: um conceito holístico. **Pubvet**, v. 14, n. 5, p. 1–13, 2020.

CONDOUS, P. C.; KIRKWOOD, R. N.; VAN WETTERE, W. H. E. J. The effect of pre- and post-mating dietary restriction on embryonic survival in gilts. **Animal Reproduction Science**, v. 148, n. 3–4, p. 130–136.

COPPIN, B. **Artificial intelligence illuminated**. Sudbury, MA. EUA. Jones and Bartlett Publishers, 2004.

CORDEIRO, A. F. D. S. et al. Use of vocalisation to identify sex, age, and distress in pig production. **Biosystems Engineering**, v. 173, p. 57–63, 1 set. 2018.

DIAS, A. C. et al. **Manual Brasileiro de Boas Práticas na Produção de Suínos**. 1ª ed. Concórdia, SC: ABCS; MAPA, 2011.

DIAS, C. P.; SILVA, C. A. DA; MANTECA, X. **Bem-estar dos suínos**. 1ª ed. Londrina, PR, 2014: [s.n.].

DING, L.; MENG, J.; YANG, Z. **An early warning system of pork price in China based on decision tree**. 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, ICEEE2010. **Anais...2010**

DOURMAD, J.-Y. et al. InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of sows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 143, n. 1–4, p. 372–386.

DOURMAD, J. Y. et al. Modelling nutrient utilization in sows: a way towards the optimization of nutritional supplies. In: **Nutritional Modelling for Pigs and Poultry**. 1 ed ed. São Paulo: CABI International, 2013. p. 50–61.

DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. Unsupervised learning and clustering. In: **Pattern Classification**. 2 ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2001.

FIELD, T. C. et al. **Electronic control for hog cooling pads**. 2019 Boston, Massachusetts July 7- July 10, 2019. **Anais...St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2019.

FRAGA, B. N. et al. Modeling performance and nutritional requirements of pigs lots during growth and finishing. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1841–1847, 1 out. 2015.

GOLDSCHMIDT, R. R. **Uma introdução à inteligência computacional: fundamentos, ferramentas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: IST-Rio, 2010.

GRUHOT, T. R. et al. Using first and second parity number born alive information to estimate later reproductive performance in sows. **Livestock Science**, v. 196, p. 22–27, 1 fev. 2017.

HOVING, L. L. et al. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. **Livestock Science**, v. 140, n. 1–3, p. 124–130, 1 set. 2011.

IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. Removal of sows in Spanish breeding herds due to lameness: Incidence, related factors and reproductive performance of removed sows. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 179, 2020.

- JOAQUIM, L. B. **Métodos paramétricos e não paramétricos para a predição de valores genéticos genômicos de características de importância econômica em suínos**. 2019. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. 2019.
- JÚNIOR, E. M. Como registrar e usar dados para monitoria de suínos nas fases de recria e terminação. **Acta Scientiae Veterinariae**, p. 129–131, 2009.
- KIRCHNER, K.; TÖLLE, K. H.; KRIETER, J. Decision tree technique applied to pig farming datasets. **Livestock Production Science**, v. 90, n. 2–3, p. 191–200. 2004.
- KNAUER, M. T.; BAITINGER, D. J. The sow body condition caliper. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 31, n. 2, p. 175–178. 2015.
- KOKETSU, Y.; IIDA, R. Sow housing associated with reproductive performance in breeding herds. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 979–986. 2017.
- KOKETSU, Y.; TANI, S.; IIDA, R. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. **Porcine Health Management**, v. 3, n. 1, p. 1, 2017.
- KOTSIANTIS, S. B.; ZAHARAKIS, I.; PINTELAS, P. Supervised machine learning: A review of classification techniques. In: IOS PRESS (Ed.). **Emerging artificial intelligence applications in computer engineering**. 1. ed. Amsterdam, Netherlands: [s.n.]. p. 3–24.
- LEE, W. et al. Prediction of water usage in pig farm based on machine learning. **Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering**. v. 21, n. 8, p. 1560–1566, 2017.
- LEE, W. et al. Analysis of growth performance in swine based on machine learning. **IEEE Access**, v. 7, p. 161716–161724, 2019.
- LEHNEN, C. R. **Programas alimentares de porcas gestantes e lactantes utilizando o modelo InraPorc®**. 2012. Tese (Doutorado em Zootecnia): Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2012.
- LEMOINE, A. **Meteorological effects on seasonal infertility in pigs**. Leeds, UK: Faculty of Biological Sciences School of Biology, University of Leeds, 2013.
- LEWIS, C. R. G.; BUNTER, K. L. Body development in sows, feed intake and maternal capacity. Part 2: gilt body condition before and after lactation, reproductive performance and correlations with lactation feed intake. **Animal**, v. 5, n. 12, p. 1855–1867, 2011.
- LIANG, R. et al. Prediction for global African swine fever outbreaks based on a combination of random forest algorithms and meteorological data. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 67, n. 2, p. 935–946, 2020.
- LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285–294, 2007.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I. Modeling as a tool to optimize feeding programs of gestating and lactating sows. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 38, n. 1, p. 211–220, 2010.

MACHADO, I. P. Índices zootécnicos e sistemas de gerenciamento na produção de suínos. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 169–177.

MAES, D. G. D. et al. Back fat measurements in sows from three commercial pig herds: Relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores. **Livestock Production Science**, v. 91, n. 1–2, p. 57–67, ago. 2004.

MAES, D.; PLUYM, L.; PELTONIEMI, O. Impact of group housing of pregnant sows on health. **Porcine Health Management**, v. 2, n. 1, p. 17, 1 jul. 2016.

MASFERRER, G. et al. **Sorting hams using bagged decision trees in a commercial pig slaughterhouse**. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications. **Anais...IOS Press**, 2018.

MELLAGI, A. P. G. et al. Efeito da ordem de parto e da perda de peso durante a lactação no desempenho reprodutivo subsequente de matrizes suínas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 3, p. 819–825, 2013.

MIN, Y. et al. Comparison of the Productivity of Primiparous Sows Housed in Individual Stalls and Group Housing Systems. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1940, 22 out. 2020.

MOLANO-JIMENEZ, A.; ORJUELA-CANON, A. D.; ACOSTA-BURBANO, W. **Temperature and Relative Humidity Prediction in Swine Livestock Buildings**. IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence. **Anais...Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.**, 23 jan. 2018

MUNSTERHJELM, C. et al. Housing During Early Pregnancy Affects Fertility and Behaviour of Sows. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, n. 5, p. 584–591, 1 out. 2008.

NÄÄS, I. DE A.; CALDARA, F. R.; CORDEIRO, A. F. DA S. Conceitos de ambiência na definição de instalações em suinocultura. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 877–884.

OVIDO-RONDÓN, E. O. Modelagem por compartimentos para integrar e comunicar conhecimento em nutrição. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. suppl, p. 305–313, jul. 2007.

OVIDO-RONDÓN, E. O.; POMAR, C.; CONCEIÇÃO, L. E. C. Modelagem na nutrição de monogátricos. In: SAKOMURA, N. K. et al. (Eds.). **Nutrição de não ruminantes**. 1ª edição ed. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 594–620.

PANDORFI, H.; SILVA, I. J. O. DA; PIEDADE, S. M. S. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 326–332, jun. 2008.

PELTONIEMI, O.; BJÖRKMAN, S.; MAES, D. Reproduction of group-housed sows. **Porcine Health Management**, v. 2, 1 jul. 2016.

PERES, L. M. **Inteligência computacional e lógica fuzzy na classificação da qualidade da carne suína**. 2018. Tese (Doutorado em Produção Animal): Universidade Estadual de Londrina, Londrina., 2018.

PIÑEIRO, C. et al. Influence of sows' parity on performance and humoral immune response of the offspring. **Porcine Health Management**, v. 5, n. 1, 2019.

PINHEIRO, R. Primeira semana pós-desmame: desafios e relevância. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 628–632.

PODDA, M. C. Introdução e adaptação das leitoas de reposição. In: Associação Brasileira De Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos: Teoria e prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. p. 249–252.

POMAR, C. et al. Estimating Real-time Individual Amino Acid Requirements in Growing-finishing Pigs: Towards a New Definition of Nutrient Requirements in Growing-finishing Pigs? In: SAKOMURA, N. K. et al. (Eds.). **Nutritional Modelling for Pigs and Poultry**. 1ª ed. São Paulo, Brazil: CABI International, 2013. p. 157–174.

RODRIGUEZ, S.; CHAVES, C.; QUIROGA, A. Development of a swine health monitoring system based on bio-metric sensors. In: TOBAR, D. F. C.; DUY, V. H.; DAO, T. T. (Eds.). **AETA 2019 - Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences: Theory and Application. Lecture Notes in Electrical Engineering**. [s.l.] Springer, 2020. v. 685p. 244–251.

ROONGSITTHICHAI, A.; TUMMARUK, P. Importance of Backfat Thickness to Reproductive Performance in Female Pigs. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, v. 44, n. 2, p. 171–178, 2014.

ROSSI, C. A. R. et al. Meta-análise da relação entre espessura de tocinho e variáveis corporais e reprodutivas de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 206–212, 2008.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos**. 4ª edição ed. Viçosa: UFV, 2017.

ROUSH, W. B. Advancements in Empirical Models for Prediction and Prescription. In: GOUS, R.; MORRIS, T.; FISHER, C. (Eds.). **Mechanistic Modelling in Pig and Poultry Production**. [s.l.] CABI Publishing, 2006. p. 1–331.

ROZEBOOM, D. W. Conditioning of the gilt for optimal reproductive performance. In: FARMER, C. (Ed.). **The gestating e lactating sows**. 1ª ed. Wageningen, NL: Wageningen Academic Publishers, 2015. p. 13–26.

SANTOS, D. S. et al. Redes bluetooth associadas a redes neurais artificiais para monitoramento de suínos Archivos de Zootecnia. **Archivos de Zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 557–563, 2016.

SANTOS, J. L. DOS; SANTOS, L. F. DOS; COSTA, W. M. T. Monitoria sanitária. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos: Teoria e prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos, 2014. p. 226–236.

SARUBBI, J. Técnicas de manejo voltadas para o BEA em suínos. In: Associação Brasileira Dos Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1ª ed. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS), 2014. p. 146–155.

SAUVANT, D. La modélisation systémique en nutrition. **Reproduction Nutrition Development**, v. 32, n. 3, p. 217–230, 1992.

SCHENKEL, A. C. et al. Quais as principais características das fêmeas que manifestam a síndrome do segundo parto? **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 35, p. 63–72, 2007.

SCHENKEL, A. C. et al. Body reserve mobilization during lactation in first parity sows and its effect on second litter size. **Livestock Science**, v. 132, n. 1–3, p. 165–172, 2010.

SCHNEIDER, L. et al. Erros de anotações na elaboração de índices de produção em granjas industriais de suínos no Sul do Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 56, n. 1, p. 81–85, 2004.

SELL-KUBIAK, E. et al. Unraveling the actual background of second litter syndrome in pigs: based on Large White data. **Animal**, v. 15, n. 2, p. 100033, 2021.

SENS, V.; NEVES, J. E. G.; RIBAS, J. C. R. Sistema de alojamento de fêmeas suínas adaptadas para a gestação coletiva. In: RIBAS, J. C. R. et al. (Eds.). **Suinocultura: Uma saúde e um bem-estar**. 1 ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. p. 247–269.

SILVA, I. J. O.; LIMA, G. F. R.; DELAGRACIA, F. Ambiência na produção de suínos. In: RIBAS, J. C. R. et al. (Eds.). **Suinocultura: Uma saúde e um bem-estar**. 1 ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. p. 205–225.

SILVEIRA, P. R. S. DA. Fatores que interferem na taxa de parição em rebanhos suínos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 31, n. 1, p. 32–37, 2007.

SILVEIRA, P. R. S. DA; ZANELLA, E. Assistência ao parto: técnicas e princípios. In: Associação Brasileira De Criadores De Suínos (Ed.). **Produção de Suínos - Teoria e Prática**. 1. ed. Brasília, DF: Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2014. p. 468–475.

STALDER, K. J. et al. Sow longevity. **Pig News and information**, v. 25, n. 2, p. 53–74, 2004.

THAKER, M. Y. C.; BILKEI, G. Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. **Animal Reproduction Science**, v. 88, n. 3–4, p. 309–318, 2005.

TOIGO, L. A.; WRUBEL, F.; HEIN, N. Influências contingenciais no custo de produção de suínos em ciclo completo no Estado de Santa Catarina. **Custos e agronegócio**, v. 10, n. 4, p. 198–221, 2014.

TOLON, Y. B. et al. Evaluating farrowing rearing ambient using sows' vocalization. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 7, n. 3, p. 124–133, 2013.

VALLETTA, J. J. et al. **Applications of machine learning in animal behaviour studies. Animal Behaviour**. Academic Press, 2017.

VIEIRA, P. B. et al. Características termorreguladoras no início da gestação e índices reprodutivos de matrizes suínas de diferentes ordens de parto. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1183–1191, 2014.

WENTZ, I. et al. Cuidados com a leitoa entre a entrada na granja e a cobertura: procedimentos com vistas à produtividade e longevidade da matriz. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 35, p. 17–27, 2007.

YOUNG, L. G. et al. Interrelationships among age, body weight, backfat and lactation feed intake with reproductive performance and longevity of sows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, p. 567–575, 1991.

ZAK, L. J. et al. Genetic control of complex traits, with a focus on reproduction in pigs. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 1004–1011, 2017.

ZENG, Z. et al. Real-Time Monitoring of Environmental Parameters in a Commercial Gestating Sow House Using a ZigBee-Based Wireless Sensor Network. 2021.

ZOU, T. et al. Moderate maternal energy restriction during gestation in pigs attenuates fetal skeletal muscle development through changing myogenic gene expression and myofiber characteristics. **Reproductive Sciences**, v. 24, n. 1, p. 156–167, 2017.

2 SELEÇÃO PRECOCE DE PORCAS UTILIZANDO CLASSIFICADORES BASEADOS NO TOTAL DE LEITÕES NASCIDOS VIVOS

2.1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos na produção de suínos nos últimos anos é aumentar o número de leitões nascidos em cada leitegada, além de melhorar a eficiência do sistema (ANDERSSON et al., 2016). A seleção de porcas altamente produtivas trouxe um substancial aumento na produção de leitões (BAXTER; SCHMITT; PEDERSEN, 2020). No entanto, à medida que a porca envelhece, ela fica mais susceptível as variações ambientais que influenciam no seu desempenho, diferentemente de porcas mais jovens que podem expressar melhor o seu potencial (GRUHOT et al., 2017b; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2015).

Neste sentido, diversos autores têm mostrado que é possível associar o resultado produtivo de porcas jovens com a longevidade. Sasaki; Koketsu (2008) notaram uma relação entre altas produtividades e retenção de porcas no plantel. Engblom et al. (2016) verificaram através de correlações genéticas e fenotípicas que é possível utilizar o número de leitões nascidos como indicador de longevidade. Outros autores, utilizaram classificações baseando-se no total de leitões nascidos vivos dos dois primeiros partos como indicadores (GRUHOT et al., 2017b; HOVING et al., 2011; IIDA; KOKETSU, 2015; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2015). Sobretudo, há fortes evidências de que as porcas mantem os mesmos níveis de produção de leitões, durante a vida (KOKETSU; IIDA, 2020). Ou seja, porcas com alto potencial produtivo podem manter-se altamente produtivas até o fim da vida, bem como porcas de baixo potencial podem ser pouco produtivas. No entanto, tais autores utilizaram um grande número de porcas e de granjas, o que pode inviabilizar a aplicação dos resultados e da metodologia utilizada de maneira prática nas granjas. Uma vez que, existem diferenças geográficas, funcionários, genética, gestão e administração, dentre outros.

Desta forma, utilizar o total de leitões nascidos vivos como uma ferramenta para antecipar a seleção de porcas visando a permanência ou descarte pode trazer benefícios, sobretudo econômicos à granja. Portanto, os objetivos deste trabalho foram estabelecer classificações para as porcas baseando-se no número de leitões nascidos vivos dos dois primeiros partos e verificar a relação entre a produtividade das classes com a longevidade das porcas em uma granja comercial.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da granja

As informações foram obtidas de uma unidade produtora de leitões (UPL), no estado do Paraná, Brasil. A UPL possui plantel estável com capacidade de alojamento de 5500 porcas, sistema de biosseguridade, controle eletrônico de temperatura e ventilação (placas evaporativas e exaustores) em todos os galpões, maternidade equipada com piso aquecido para os leitões, além de produção própria das porcas de reposição. A linhagem genética utilizada é Camborough e AG 1020 (Agroceres PIC[®]).

As porcas, logo após o desmame das leitegadas ou quando são inseridas no plantel são direcionadas ao setor de reprodução. Neste local as porcas são alojadas em gaiolas contendo bebedouro e comedouro individual. Logo após a inseminação artificial (AI), um lote é formado e encaminhado ao setor de gestação. A gestação é dividida em baias de sistema estático, de forma que nenhuma porca é inserida na baia após a formação do lote. Todas as baias de gestação são equipadas com bebedouros e alimentadores eletrônicos (Electronic Sow Feeding - ESF). Uma semana antes da data prevista do parto, as porcas são transferidas para as salas de maternidade. Todas as salas de maternidade são equipadas com celas parideiras metálicas ajustáveis, piso ripado, bebedouro e comedouro manual, além de sistema de aquecimento, bebedouros e comedouros para os leitões. A porca permanece nas salas de maternidade até o desmame, realizado em média aos 21 dias após o parto, e em seguida são transferidas para o setor de reprodução, para serem inseminadas novamente.

Gestão das informações

As informações coletadas no setor de reprodução são: número de inseminações artificiais (AI), identificação das porcas, funcionário responsável, condição corporal da porca, bem como hora e data. Já no setor de gestação, são coletados: dias de retorno de cio, eventuais abortos e transferências de baias. No setor de maternidade são coletadas: identificação da porca, dias de gestação, data e hora do parto, tipo de parto (distócico, induzido, normal, prematuro ou prematuro e distócico), duração do parto, número de leitões nascidos vivos, natimortos e mumificados, total de leitões desmamados e mortos ao desmame, peso médio dos leitões ao nascimento e ao desmame. Em todos os setores

são coletadas as informações referentes ao descarte e morte de porcas. Todas as informações pertinentes a produção, são anotadas em planilhas de papel pelos funcionários e transcritas no software de gestão de granja Agriness S2[®]. Com o banco de dados alimentado diariamente, o software é capaz de gerar informações, planilhas, gráficos e outros relatórios importantes para o sistema produtivo.

Definições

A base de dados utilizada neste trabalho contemplou dados de janeiro de 2017 até março de 2020, totalizando 8.869 porcas. As informações foram exportadas do Agriness S2[®] para planilhas eletrônicas e em seguida inseridas no pacote agricolae no R, para as análises estatísticas. A base de dados foi organizada de forma que cada porca representou uma linha e as informações/variáveis resposta organizadas em colunas.

O banco de dados coletado foi tratado previamente as análises. Nesta etapa, algumas condições foram verificadas. As porcas que, após inseminadas e encaminhadas para os galpões de gestação, voltaram a ser inseminadas em um período de tempo menor que a duração da gestação, foram consideradas como retornos de cio (Hoving et al., 2011).

Neste caso, para as análises, foram consideradas somente as informações de inseminações que resultaram em um parto. A UPL, devido a sua capacidade e necessidade, utiliza as chamadas mães de leite. As mães de leite são porcas que desmamaram os seus próprios leitões, mas que continuaram na sala de maternidade a fim de amamentar leitões de outras leitegadas. Os dados provenientes de leitegadas de mães de leite não foram considerados no banco de dados e nas análises.

Variáveis adicionais foram geradas a partir dos dados coletados. O intervalo desmame cobertura (WSI) foi definido como o número de dias após o desmame até a primeira inseminação. O número de dias não produtivos (DNP) foi definido como os dias em que as porcas não estavam gestando ou amamentando (Iida & Koketsu, 2015). O número de leitões mortos ao parto (DF) ou até o desmame (DW) foi calculado através de proporção ($Mortos = n^{\circ} \text{ de mortos} / n^{\circ} \text{ de vivos ou desmamados} + n^{\circ} \text{ de mortos}$).

Análise estatística

A coerência das informações foi inicialmente verificada através de estatísticas descritivas e gráficos. Foram utilizados critérios com o objetivo de utilizar apenas as

informações que resultaram em partos e lactações da própria porca. Desta forma, foram consideradas as informações de porcas com duração da gestação entre 100 e 122 dias, pelo menos 1 leitão nascido vivo, lactação entre 10 e 41 dias. Além disso, foi identificada uma grande quantidade de porcas que não possuíam informações dos dois primeiros partos, mas possuíam nos demais. Isso impossibilitou que estas porcas fossem classificadas e entrassem para esta análise. Informações divergentes ou fora destes critérios, bem como erros evidentes de digitação foram desconsiderados da base de dados.

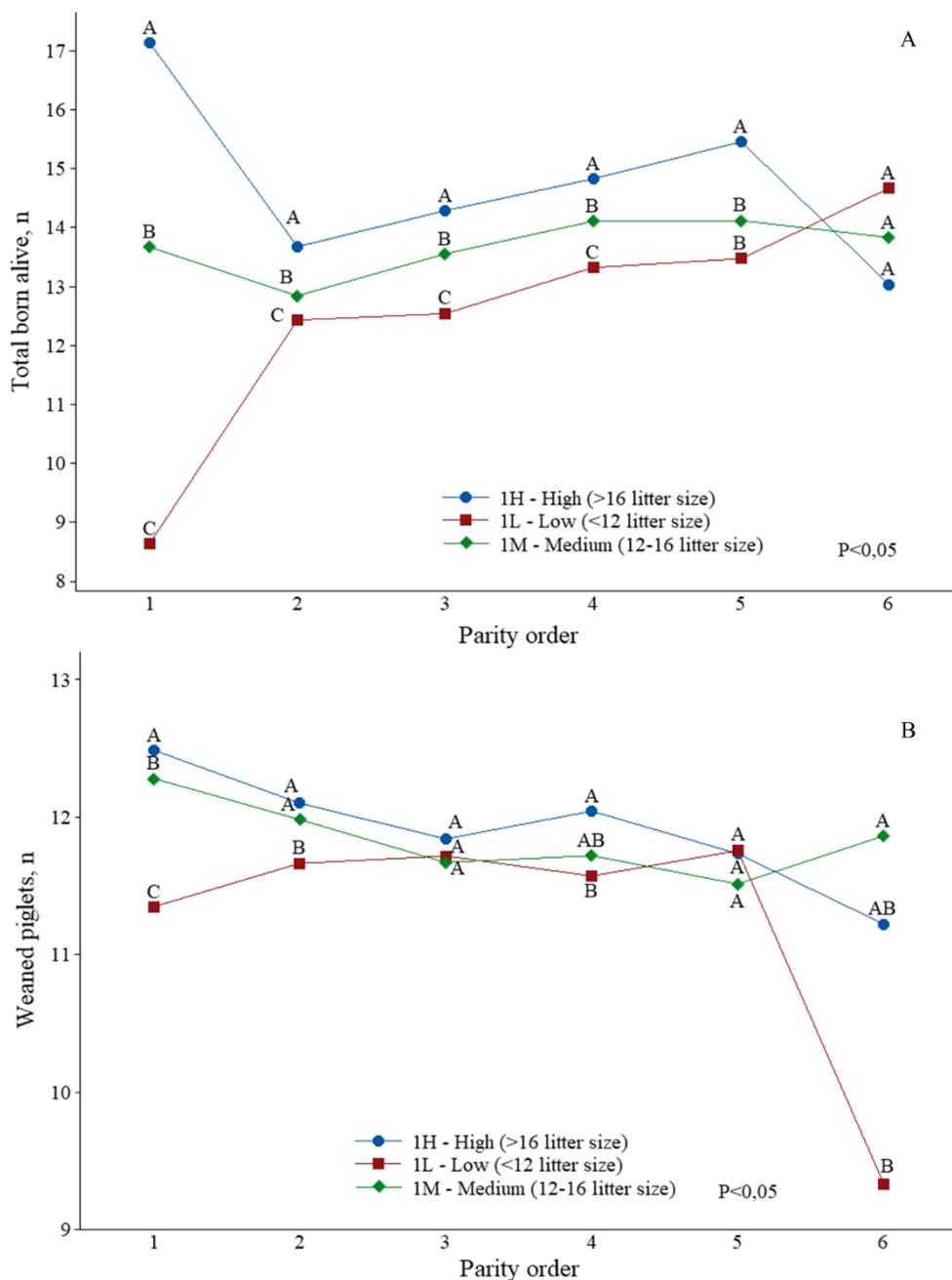
A fim de testar a possibilidade de classificar as porcas mais produtivas a partir dos dois primeiros partos, foram criados três grupos (high - H, medium - M, low - L). Foram utilizados o 1º quartil e 3º quartil do número de leitões nascidos vivos dos dois primeiros partos, assim como descrito por (GRUHOT et al., 2017b; IIDA; KOKETSU, 2015). A classificação das porcas foi: L (>12 leitões), M (entre 12 e 16) e H (<16 leitões) para ambas as ordens de parto. Considerando a PO1, a média de leitões nascidos vivos foi de 1H: 17,13; 1M: 13,66 e 1L: 8,63 e a porcentagem de porcas em cada grupo foi 1H: 29,0%; 1M: 36,31% e 1L: 50,0%. Considerando a PO2 a média de leitões nascidos vivos foi 2H: 17,24; 2M: 13,62 e 2L: 8,11 e a porcentagem de porcas em cada grupo foi 2H: 26,5%; 2M: 44,5% e 2L: 28,8%. Devido à alta taxa de renovação (próximo de 45% do plantel de matrizes ao ano) foram consideradas fêmeas até a PO6 para a análise dos dados. No entanto, é importante destacar que à medida que aumentam as ordens de parto há uma menor quantidade de informação, fazendo com que a variância dos resultados aumente. A partir disso, os grupos foram testados através da ANOVA de modelo fixo sofrendo comparações múltiplas pelo teste LSD, a 5 % de significância. As análises foram realizadas pelo pacote R 3.3.0 (RStudio Team, 2020).

2.3 RESULTADOS

Os resultados da classificação das porcas (HML) de acordo com o total de leitões nascidos vivos e total de leitões desmamados, na primeira ordem de parto são apresentados na Figura 4. O pico de leitões nascidos vivos ocorreu na quinta ordem de parto (Figura 4A). O grupo 1H (> 16 leitões) foi superior ($p < 0,05$) aos demais até o quinto parto, quando então as médias tornaram-se iguais na PO6. O número de leitões desmamados não diferiu ($P > 0,05$) na classificação HML entre porcas nas PO3 e PO5 (figura 4B). Ao primeiro parto, as porcas classificadas como 1H (> 16 leitões) foram superiores ($p < 0,05$) as demais. Na PO6, o grupo 1L (<12 leitões) apresentou o menor

número de leitões desmamados ($p < 0,05$), enquanto os grupos 1H e 1M foram semelhantes ($p < 0,05$). No entanto, é importante destacar que, mesmo não considerando as leitegadas provenientes de “mães de leite” nestas análises, a granja realiza a uniformização de leitegadas, visando alcançar melhores resultados produtivos. Uma vez que, torna-se difícil rastrear a origem e destino de cada leitão, esta técnica pode interferir nos resultados apresentados quanto a número de desmamados.

Figura 4. Número de leitões nascidos vivos (TBA) e leitões desmamados em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto.

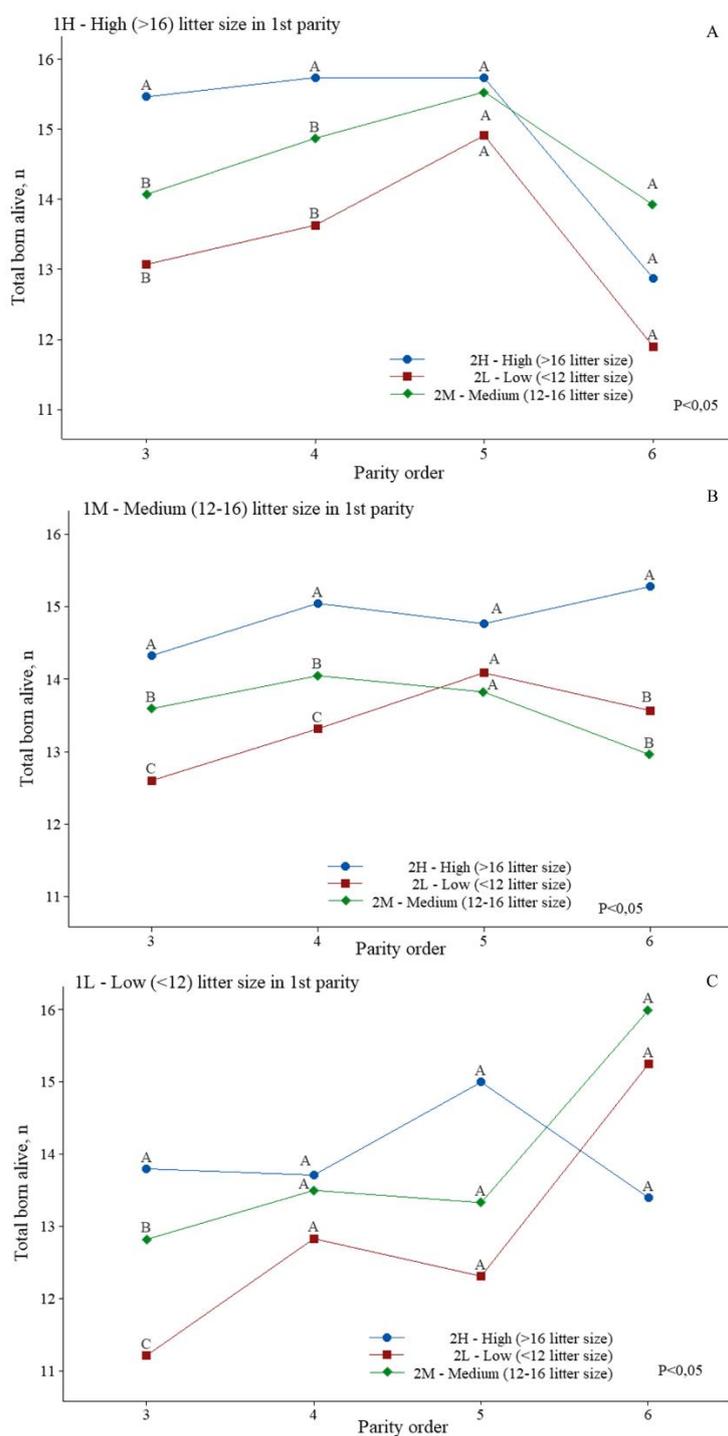


Fonte: Do autor.

A) Número de leitões nascidos vivos em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto (1L: >12 leitões, 1M: entre 12 e 16 e 1H: <16 leitões). B) Número de leitões desmamados em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto (1L: >12 leitões, 1M: entre 12 e 16 e 1H: <16 leitões). Letras diferentes, diferença significativa pelo teste LSD ($P < 0,05$).

A adição das fêmeas de segundo parto na classificação HML das porcas indicam que porcas mais produtivas foram classificadas como 1H2H e 1M2H (figura 5 A-C). Porcas que obtiveram altas produtividades logo nos dois primeiros partos, tenderam a manter-se altamente produtivas até o sexto parto. Entretanto, quando as porcas foram classificadas como 1L2M e 1L2L, obtiveram uma produtividade crescente entre o terceiro e sexto parto e alcançaram médias maiores que porcas classificadas como 1L2H.

Figura 5. Número de leitões nascidos vivos (TBA) em relação ao número de partos de porcas, baseado na classificação do tamanho da leitegada do primeiro parto e do segundo parto.

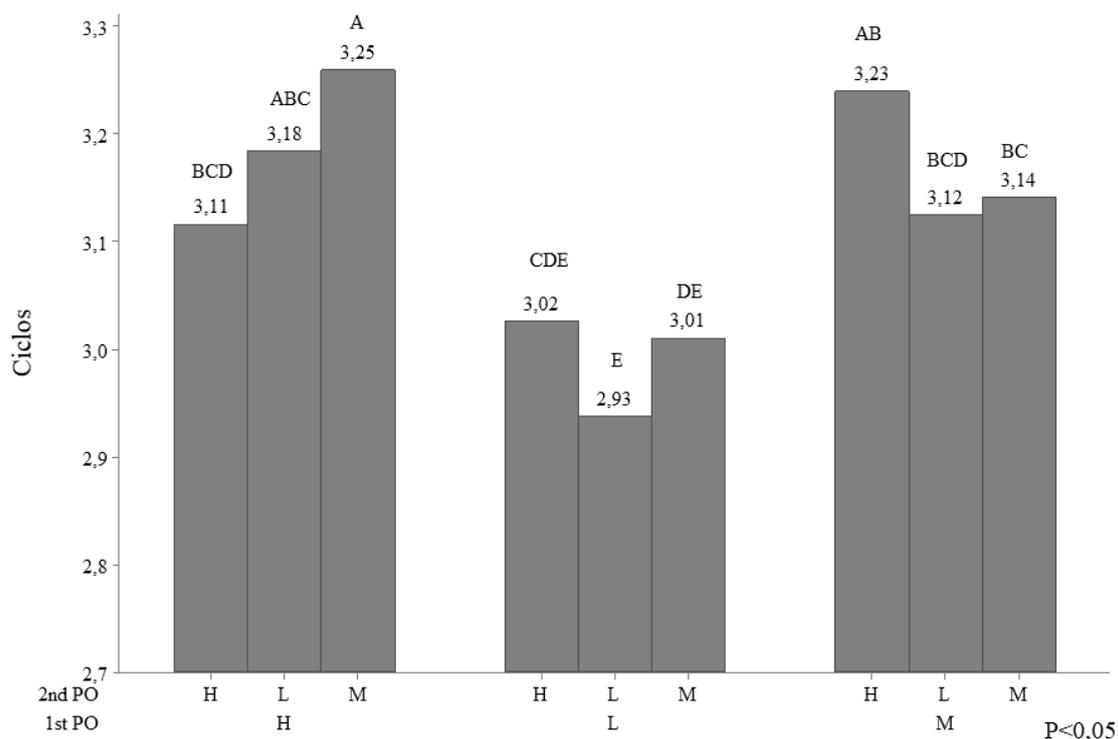


Fonte: Do autor.

a) Representa porcas classificadas como H no parto 1 (> 16 leitões nascidos vivos), seguido de suas interações com as classes de parto 2 (2L: >12 leitões, 2M: entre 12 e 16 e 2H: <16 leitões). b) Representa porcas classificadas como M no parto 1 (> 16 leitões nascidos vivos), seguido de suas interações com as classes de parto 2 (2L: >12 leitões, 2M: entre 12 e 16 e 2H: <16 leitões). c) Representa porcas classificadas como L no parto 1 (> 16 leitões nascidos vivos), seguido de suas interações com as classes de parto 2 (2L: >12 leitões, 2M: entre 12 e 16 e 2H: <16 leitões). Letras diferentes, diferença significativa pelo teste LSD ($P < 0,05$).

A média de partos de acordo com cada classificação é demonstrada na figura 6. A média de permanência das porcas no rebanho foi de 2,74 partos. As porcas classificadas como 1H2M permaneceram em média 3,25 partos, sendo superior ($p<0,05$) aos demais grupos. A menor longevidade observada foi de porcas classificadas como 1L2L (2,93 partos).

Figura 6. Efeito da interação entre o desempenho produtivo dos dois primeiros partos em relação a longevidade de porcas.



Fonte: Do autor.

Classificação HML – Parto 1 (1L: >12 leitões, 1M: entre 12 e 16 e 1H: <16 leitões) e Parto 2 (2L: >12 leitões, 2M: entre 12 e 16 e 2H: <16 leitões). Letras diferentes, diferença significativa pelo teste LSD ($P<0,05$).

As principais causas de descarte de porcas são apresentadas na Tabela 1. Descartes não planejados foram as principais causas indicadas de descarte. Cistite foi a causa de descarte que mais acometeu porcas classificadas como 1H ao primeiro parto (20,1%), seguida de baixo índice genético (informações da genealogia - mãe e avó, índices produtivos e WSI) (14,8%) e prolapso de útero (14,4%). Descarte por problemas no sistema locomotor (aprumos e casco), além da condição física, foram as principais causas de descarte de porcas classificadas como 1M. Para o grupo de porcas da classificação 1L, as principais causas foram cascos (30%), condição física (16,2%) e retorno ao cio (11,6%). Idade avançada não representou mais que 1% das causas de descarte por grupo.

Tabela 1. Causa de descarte de porcas (em porcentagem) de acordo com a classificação HML ao primeiro parto.

Causas de remoção%	Grupos		
	1H	1M	1L
N	507	1109	580
Aborto	4,3	3,6	2,8
Anestro	13,8	0,1	10,7
Aprumos	6,5	13,3	4,8
Baixa produtividade	4,7	4,8	5,5
Baixo índice genético*	14,8	4,9	0,2
Cascos	0,4	20,5	30,0
Cistite	20,1	0,4	0,3
Condição física	0,2	16,7	16,2
Depopulação	11,4	0,2	0,5
Falsa prenhez	0,2	13,5	8,8
Idade avançada	0,2	1,0	0,7
Ileíte	0,2	0,2	0,2
Metrite	4,5	4,8	0,2
MMA	0,4	0,6	3,8
Problemas de parto	3,0	2,4	1,2
Prolapso retal	0,8	2,4	1,9
Prolapso útero	14,4	10,6	0,3
Retorno de cio	-	0,2	11,6
Úlcera/anêmica	-	-	0,3

Fonte: Do autor.

Classificação HML – Parto 1 (1L: >12 leitões, 1M: entre 12 e 16 e 1H: <16 leitões) e Parto 2 (2L: >12 leitões, 2M: entre 12 e 16 e 2H: <16 leitões). *Índice genético: formado a partir de informações da genealogia (mãe e avó), índices produtivos e WSI.

2.4 DISCUSSÃO

O total de leitões nascidos vivos (TBA) é um dos principais indicadores de qualidade e desempenho da porca. Sabendo disso, o objetivo deste trabalho foi relacionar o desempenho reprodutivo dos dois primeiros partos com a longevidade das porcas no plantel. Nossos resultados mostram que é possível prever o desempenho produtivo das porcas utilizando as informações do total de leitões nascidos vivos dos dois primeiros partos, quando atribuídas classificações de acordo com o tamanho da produtividade.

Nossos dados mostram que porcas com alto TBA ao primeiro e segundo parto, tendem a manter-se altamente produtivas até o sexto parto. Isso está em conformidade com outros resultados encontrados previamente (GRUHOT et al., 2017b; HOVING et al., 2011; IIDA; KOKETSU, 2015; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2015; SASAKI; KOKETSU, 2008). Hoving et al., (2011) reportam que como o tamanho da leitegada é determinado pelo potencial genético da porca é esperado que porcas com grandes leitegadas ao primeiro e segundo parto, tenham grandes leitegadas subsequentes. O mesmo é válido para porcas com pequenas leitegadas. Uma prova disso são as correlações genéticas entre o tamanho da leitegada ao primeiro parto com o dos outros partos, por exemplo: $r=0,84$ (HANENBERG; KNOL; MERKS, 2001) e $r=0,88$ (OH; LEE; SEE, 2006). Entretanto, estes autores ressaltam que apesar de existirem altas correlações genéticas, as correlações fenotípicas entre partos são baixas, o que demonstra que há um grande efeito ambiental sobre a variável tamanho de leitegadas.

Além disso, é possível verificar uma diferença entre as porcas classificadas como 1L2L e 1H2H. Em média, as porcas 1L2L produziram -2,05 leitões por parto do que porcas 1H2H. Ou seja, se considerarmos duas porcas, uma de alta e outra de baixa produção, e que ambas cheguem ao sexto parto, isso significa uma diferença de 12,3 leitões a menos. No entanto, essa diferença pode chegar a 21 leitões a menos por fêmea no plantel (GRUHOT et al., 2017b). Não observamos uma dependência entre as classificações HML para os dois primeiros partos. Gruhot et al (2017b) observa que a diferença entre porcas classificadas como 1L2L e 1L2H (0,73 leitões nascidos vivos) comparada com a diferença entre 1H2L e 1H2H (0,35 leitões nascidos vivos), é menor à medida que o tamanho de leitegada aumenta. Neste caso há uma dependência entre a classificação de segundo com o primeiro parto, ou seja, se o tamanho da leitegada for grande ao primeiro parto, os efeitos da classificação do segundo parto são menos pronunciados (HOVING et al., 2011).

Em suporte a estes resultados, observamos que as porcas pouco produtivas permanecem menos tempo no rebanho. O principal fator considerado nesta questão é o baixo retorno

econômico de porcas pouco produtivas, o que leva ao descarte precoce. Nossos resultados mostram que as porcas com classificação 1H2M e 1M2H permaneceram mais tempo no rebanho, em média 3,25 e 3,23 partos, respectivamente. Além disso, porcas 1H2H permaneceram, em média, 0,14 partos a menos que porcas 1H2M ($p < 0,05$). Previamente, Andersson et al. (2016) demonstrou que porcas com leitegadas médias, entre 12 e 14 leitões, permanecem mais tempo no plantel e apresentam menos chances de serem descartadas por razões não planejadas. Por mais que grandes leitegadas sejam desejadas, isso pode trazer consequências a vida produtiva das porcas. Grandes leitegadas podem diminuir a vida útil das porcas, aumentar as chances de descartes não planejados, riscos de lesões corporais e impactar negativamente no bem-estar da porca na gestação, parto e lactação (ANDERSSON et al., 2016; RUTHERFORD et al., 2013). Além disso, o aumento do tamanho das leitegadas, proporciona leitões com peso mais desuniforme, pois reduz o peso médio do total de leitões nascidos e nascidos vivos (MOREIRA et al., 2020). Com isso, aumenta a necessidade de manejo e cuidados com os leitões, especialmente quando o número de tetos funcionais é menor do que o total de leitões nascidos (BAXTER; SCHMITT; PEDERSEN, 2020). E, grandes leitegadas podem proporcionar o aumento da duração do parto e conseqüentemente da quantidade de leitões natimortos (HOAI NAM; SUKON, 2020). Por fim, sob o ponto de vista econômico, uma porca leva 3 partos para recuperar os investimentos. Portanto, quanto mais tempo a porca permanecer no rebanho maiores as chances de ela recuperar todo o investimento financeiro (SASAKI; MCTAGGART; KOKETSU, 2012). Desta forma, torna-se importante identificar precocemente porcas de alto potencial e mantê-las no plantel, pois o retorno financeiro ocorre mais cedo, melhorando as margens de lucratividade da suinocultura (GRUHOT et al., 2017a).

No entanto, cabe ressaltar que a longevidade média encontrada no plantel foi de 2,7 partos. Ulguim et al. (2013), relata que, em geral a média de partos é relativamente baixa em granjas comerciais, variando em torno de 3 a 4 partos. Entretanto, a granja deste estudo dispõe de um setor de produção de porcas de reposição em anexo. Isso pode ter influenciado a seleção e o descarte, devido à alta disponibilidade e baixo custo na reposição de porcas, uma vez que o descarte de porcas por idade avançada, não representou mais que 1% dos descartes em cada classe HML (tabela 1). Ao observarmos as causas de descarte praticadas pela granja, vemos que as maiores causas foram remoções não planejadas. Falhas reprodutivas foram as principais causas de descarte de porcas. Dentre elas destacam-se cistite, prolapso de útero e anestro. Infecções no aparelho geniturinário levam a prejuízos reprodutivos pois há uma clara associação entre porcas em anestro, endometrite e alto grau de cistite (RITTERBUSCH et al., 2014). Já as causas de prolapso de útero são diversas. Dentre elas destacam-se o parto

propriamente dito, grande número de partos, duração da gestação, estação do parto, alto número de natimortos e total de nascidos (ALONSO; PELGER; BARGEN, 2017; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2019).

Problemas de casco e condição física foram as principais causas de descarte de porcas classificadas como média e baixa produtividade. Os descartes por condição física ocorrem devido a lesões corporais (mordeduras, hematomas, lesões de pele, etc) causadas pelas interações sociais ou baixo escore de condição corporal. Quando as porcas apresentam uma queda na condição corporal, ficam mais susceptíveis a menores desempenhos produtivos (menor taxa de parto e tamanho de leitegada), causadas especialmente pelo elevado catabolismo lactacional do parto anterior (BORTOLI et al., 2018). Desta forma, o descarte ocorre quando a porca não consegue recuperar as reservas corporais mobilizadas.

Problemas de casco são decorrentes de lesões, infecções ou má formações, podendo levar a claudicação ou não. No entanto, com o aumento da gravidade das lesões, o quadro pode evoluir, levando a claudicação e a comprometer o bem-estar animal (ANIL et al., 2007; TINKLE et al., 2017). Tanto a claudicação quanto as lesões (casco e pele) estão associadas a redução da atividade física e do comportamento social, que conseqüentemente afeta o consumo de água e alimento, que acaba por comprometer ainda mais a condição das porcas (BOS et al., 2016). O resultado disso leva ao impacto direto e indireto sobre aspectos econômicos, performance produtiva e reprodutiva, podendo prejudicar o desempenho da leitegada e levar a aumento na mortalidade e descarte precoce de porcas (HEINONEN; PELTONIEMI; VALROS, 2013).

A UPL é provida de baias coletivas em sistema estático, alimentadores ESF, controle eletrônico de temperatura e ventilação, uma granja construída buscando melhorar o bem-estar animal e promover os comportamentos naturais das porcas, entre elas a interação social. No entanto, brigas e interações agonísticas são inevitáveis, especialmente sobre a formação da hierarquia e disputa por alimento, resultando em lesões de pele, de casco, claudicação, mordeduras de vulva e retorno de cio (KOKETSU; IIDA, 2017; MIN et al., 2020).

É importante destacar que existem limitações nas análises e interpretações dos resultados deste estudo. As informações foram obtidas de uma única granja comercial. Bem como não foram incluídas nas análises informações nutricionais, genéticas e ambientais. Entretanto, esta pesquisa demonstra que é possível prever a produtividade de porcas atribuído classes, baseado no total de leitões nascidos vivos dos dois primeiros partos. Uma vez que, porcas altamente produtivas tendem a manter a alta produtividade, da mesma forma que uma porca de baixa produtividade, mantem-se pouco produtivas no decorrer dos partos. Com isso,

é possível selecionar porcas mais produtivas ou que tem uma chance maior de permanecer na granja. Sobretudo, ganha-se tempo com a seleção, acelerando o crescimento produtivo da granja. Do ponto de vista econômico, isso também se torna vantajoso, pois há uma diluição dos custos da porca à medida que aumentam os partos. Além de destinar os investimentos em porcas que realmente retornam financeiramente, por consequência do aumento do número de leitões produzidos.

2.5 CONCLUSÃO

A combinação das informações produtivas dos dois primeiros partos podem ser um eficiente preditor de longevidade e produtividade de porcas. O método é capaz de identificar as performances produtivas de porcas superiores e inferiores, auxiliando na tomada de decisão para seleção ou descarte.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, C.; PELGER, G.; BARGEN, J. **Uterine prolapses trend in production sow herds**. Disponível em: <https://www.vetmed.umn.edu/sites/vetmed.umn.edu/files/shmp_2017118.16_uterine_prolapse_trend-science_page.pdf>. Acesso em: 16 out. 2021.
- ANDERSSON, E. et al. Impact of litter size on sow stayability in Swedish commercial piglet producing herds. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 31, 2016.
- ANIL, S. S. et al. Factors associated with claw lesions in gestating sows Sukumarannair. **Journal of Swine Health and Production**, v. 15, n. 2, p. 78–83, 2007.
- BAXTER, E. M.; SCHMITT, O.; PEDERSEN, L. J. Managing the litter from hyperprolific sows. In: **The suckling and weaned piglet**. 1^a ed. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2020. p. 71–106.
- BORTOLI, R. C. DE et al. Influência da condição corporal ao desmame no primeiro parto sobre o desempenho subsequente de fêmeas suínas. **Ciência Animal**, v. 28, n. 2, p. 41–49, 2018.
- BOS, E.-J. et al. Locomotion disorders and skin and claw lesions in gestating sows housed in dynamic versus static groups. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, p. 163625, 2016.
- ENGBLOM, L. et al. Genetic analysis of sow longevity and sow lifetime reproductive traits using censored data. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 133, n. 2, p. 138–144, 2016.
- GRUHOT, T. R. et al. An economic analysis of sow retention in a United States breed-to-

wean system. **Journal of Swine Health and Production**, v. 25, n. 5, p. 238–246, 2017a.

GRUHOT, T. R. et al. Using first and second parity number born alive information to estimate later reproductive performance in sows. **Livestock Science**, v. 196, p. 22–27, 2017b.

HANENBERG, E. H. A. T.; KNOL, E. F.; MERKS, J. W. M. Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. **Livestock Production Science**, v. 69, n. 2, p. 179–186, 2001.

HEINONEN, M.; PELTONIEMI, O.; VALROS, A. Impact of lameness and claw lesions in sows on welfare, health and production. **Livestock Science**, v. 156, n. 1–3, p. 2–9, 2013.

HOAI NAM, N.; SUKON, P. Risk factors associated with stillbirth in swine farms in vietnam. **World Veterinary Journal**, v. 10, n. 1, 2020.

HOVING, L. L. et al. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. **Livestock Science**, v. 140, n. 1–3, p. 124–130, 2011.

IIDA, R.; KOKETSU, Y. Number of pigs born alive in parity 1 sows associated with lifetime performance and removal hazard in high- or low-performing herds in Japan. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 121, n. 1–2, p. 108–114, 2015.

IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. High lifetime and reproductive performance of sows on southern European Union commercial farms can be predicted by high numbers of pigs born alive in parity one. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2501–2508, 2015.

IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. Incidences and risk factors for prolapse removal in Spanish sow herds. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 163, p. 79–86, 2019.

KOKETSU, Y.; IIDA, R. Sow housing associated with reproductive performance in breeding herds. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 979–986, 2017.

KOKETSU, Y.; IIDA, R. Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. **Porcine Health Management**, v. 6, n. 1, p. 24, 2020.

MIN, Y. et al. Comparison of the productivity of primiparous sows housed in individual stalls and group housing systems. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 1940, 2020.

MOREIRA, R. H. R. et al. Variability of piglet birth weights: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 2, p. 657–666, 2020.

OH, S. H. .; LEE, D. H. .; SEE, M. T. Estimation of genetic parameters for reproductive traits between first and later parities in pig. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 19, n. 1, p. 7–12, 2006.

RITTERBUSCH, G. A. et al. Avaliação histopatológica de órgãos reprodutivos e bexiga de fêmeas suínas descartadas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 1, p. 34–38, 2014.

RUTHERFORD, K. M. D. et al. The welfare implications of large litter size in the domestic pig I: Biological factors. **Animal Welfare**, v. 22, n. 2, p. 199–218, 2013.

SASAKI, Y.; KOKETSU, Y. Sows having high lifetime efficiency and high longevity associated with herd productivity in commercial herds. **Livestock Science**, v. 118, n. 1–2, p. 140–146, 2008.

SASAKI, Y.; MCTAGGART, I.; KOKETSU, Y. Assessment of lifetime economic returns of sows by parity of culled sows in commercial breeding herds. **Journal of Veterinary Epidemiology**, v. 16, n. 1, p. 37–45, 2012.

TINKLE, A. K. et al. Functional claw trimming improves the gait and locomotion of sows. **Livestock Science**, v. 195, p. 53–57, 2017.

ULGUIM, R. R.; BIANCHI, I.; LUCIA, T. Fatores associados ao descarte e à longevidade produtiva de fêmeas suínas Factors associated with culling and lifetime productivity of swine females. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 4, p. 339–343, 2013.

3 ÁRVORES DE DECISÃO COMO FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE PORCAS EM REBANHOS COMERCIAIS

3.1 INTRODUÇÃO

O desempenho produtivo é considerado um dos principais critérios de seleção dos animais em sistemas intensivos. Embora, nos últimos anos, graças aos avanços do melhoramento genético, o desempenho produtivo das porcas tenha melhorado consideravelmente, ainda existe uma grande variação na performance (BAXTER; SCHMITT; PEDERSEN, 2020). Existem diversos fatores que podem estar associados a baixa produtividade e ao descarte de porcas. Alta perda de peso na lactação, restrição alimentar, altas temperaturas, lactações e intervalo desmame cobertura longos, doenças, lesões, falhas reprodutivas e retorno ao cio são alguns fatores que podem reduzir a produtividade e levar a um descarte precoce de porcas (KOKETSU; TANI; IIDA, 2017).

Destá maneira, seria muito útil que os produtores pudessem prever quais porcas terão alto desempenho reprodutivo e alta longevidade, facilitando assim a tomada de decisões sobre a manutenção ou descarte das porcas (IIDA; KOKETSU, 2015). Isso aumentaria a produtividade e reduziria os custos de produção. Neste sentido, alguns estudos já têm demonstrado que é possível prever a produção de leitões considerando apenas as informações dos primeiros partos (GRUHOT et al., 2017; HOVING et al., 2011; IIDA; KOKETSU, 2015; IIDA; PIÑEIRO; KOKETSU, 2015)

Uma metodologia capaz de integrar a grande quantidade de informação gerada no processo produtivo e demonstrar de maneira simples e objetiva os resultados, auxiliando na tomada de decisão dentro das granjas, são as árvores de decisão. Trata-se de uma ferramenta capaz de representar o conhecimento através da construção de classificadores baseados em uma sequência ordenada de perguntas, em que as perguntas subsequentes dependem das respostas anteriores e a classificação é dada pela resposta para a última pergunta (KINGSFORD; SALZBERG, 2008). Esta metodologia já vem sendo aplicada em diferentes sistemas produtivos. Dentro da suinocultura já existem aplicações de árvores decisórias nos campos do bem-estar animal (CORDEIRO et al., 2018), desempenho de leitões (LEE et al., 2019), uso de água (LEE et al., 2017), prevenção e controle de doenças (LIANG et al., 2020), classificação de carcaças e produtos cárneos (MASFERRER et al., 2018), qualidade do sêmen suíno (LEMOINE, 2013) e precificação da carne (DING; MENG; YANG, 2010). A partir disso, o

objetivo deste estudo foi aplicar abordagens de árvores de decisão sobre parâmetros produtivos de fêmeas suínas primíparas de um rebanho comercial como indicador de seleção de fêmeas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da granja

As informações foram obtidas de uma unidade produtora de leitões (UPL), localizada na cidade de Carambeí, Paraná. A UPL possui plantel estável com capacidade de alojamento de 5500 porcas, sistema de biossegurança, controle eletrônico de temperatura e ventilação (placas evaporativas e exaustores) em todos os galpões, maternidade equipada com piso aquecido para os leitões, além de produção própria das porcas de reposição. A linhagem genética utilizada é Camborough e AG 1020 (Agroceres PIC®).

As porcas, logo após o desmame ou quando são inseridas no plantel, passam pelo setor de reprodução para realização da inseminação artificial (AI). Neste local as porcas são alojadas em gaiolas contendo bebedouro e comedouro individual. Logo após a cobertura, um lote é formado e encaminhado ao setor de gestação. A gestação é dividida em baias de sistema estático, ou seja, desta forma nenhuma fêmea é inserida na baia após a formação do lote. Todas as baias de gestação são equipadas com bebedouros e alimentadores eletrônicos (*Electronic Sow Feeding*). Uma semana antes da data prevista do parto, as porcas são transferidas para as salas de maternidade. Todas as salas de maternidade são equipadas com celas parideiras metálicas de piso ripado, bebedouro e comedouro manual, além de sistema de aquecimento, bebedouros e comedouros para os leitões. A porca permanece nas salas de maternidade até o desmame, realizado em média aos 21 dias após o parto, e em seguida transferidas para o setor de reprodução, para serem inseminadas novamente. Em todos os setores produtivos, é realizada a coleta de dados pelos funcionários em planilhas de papel. Em seguida, todas essas informações são encaminhadas para o escritório e transcritas no software de gestão de granja Agriness S2®.

Coleta de dados

As informações do plantel foram obtidas do software Agriness S2®. O espaço temporal analisado foi entre janeiro de 2017 até março de 2020. As informações foram exportadas para planilhas eletrônicas, onde cada porca representou uma linha e as variáveis

organizadas em colunas. As variáveis descritivas foram agrupadas em ambientais, mão de obra, data (mês e horário), animal (número de identificação, linhagem genética, ordem de parto - PO, intervalo desmame cobertura – WSI, descarte, tipo de parto duração da gestação – GL e do parto – FD), produtivos (dias não produtivos – DNP, total de leitões nascidos vivos – TBA, número de leitões mumificados - NM, número de leitões natimortos – NN, número de leitões desmamados – Weaned, leitões desmamados/fêmea/ano - DFA e taxa de mortalidade).

Os tipos de parto (PART) foram estabelecidos de acordo com as informações contidas no software Agriness S2[®]: distócico, induzido, normal, prematuro ou prematuro e distócico. O mesmo foi utilizado para os tipos de descarte: condição física; cascos; retorno ao cio; falsa prenhez; anestro; baixa produtividade; aprumos; MMA - metrite, mastite, agalaxia; aborto e prolapso de útero.

Definições

Para a classificação das porcas com retorno ao cio foi estabelecido que: as porcas que após inseminadas e encaminhadas a gestação, voltaram a manifestar cio e em seguida transferidas para o setor de reprodução, para a nova inseminação (HOVING et al., 2011). Neste caso, para as análises, foram consideradas somente as informações da inseminação que resultou em um parto. Intervalo desmame cobertura (WSI) foi definido como o número de dias após o desmame até a primeira inseminação. O número de dias não produtivos (DNP) foi definido como os dias em que as porcas não estavam gestando ou amamentando (IIDA; KOKETSU, 2015). O número de leitões mortos ao parto ou até o desmame foi calculado através de proporção ($Mortos = n^{\circ} \text{ de mortos} / n^{\circ} \text{ de vivos ou desmamados} + n^{\circ} \text{ de mortos}$).

Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados pelo R 3.3.0 (RStudio Team, 2020). O primeiro passo para a análise foi o controle de qualidade, verificação da coerência biológica ou possíveis erros de digitação dos dados tabulados, utilizando a estatística descritiva (mínimo, máximo, média e desvio padrão) e análise gráfica. Os resultados descritivos da base encontram-se na tabela 1. Os critérios para remoção dos dados das análises foram: informações consideradas fora do padrão normal na UPL, dados com incoerência biológica e informações de leitegadas resultantes de porcas “mães de leite” (por não se tratarem dos resultados produtivos da própria porca, mas sim da doadora). Após o controle de qualidade e verificação, foram calculadas as

correlações entre TBA, WSI, DW, DPart, AI, GL, FD, Weaned para as porcas PO1 e PO2, a fim de verificar a interação entre essas variáveis com o descarte. Para verificar a diferença entre TBA e Weaned de porcas descartadas e não descartadas, foi utilizado a análise de variância com um nível de significância de 5% ($p < 0,05$), considerando individualmente a PO1 e PO2.

Para a construção das árvores de decisão, foi utilizada a metodologia descrita por Kirchner et al. (2004) com o algoritmo C4.5. Os dados foram divididos em dois grupos aleatórios onde um dos grupos serviu de treinamento para os modelos, e que posteriormente foi comparado com o outro grupo, montando a matriz de confusão. A organização da matriz de confusão é realizada da seguinte maneira: verdadeiros positivos (VP) quando o classificador prediz ser positivos e acerta; falsos positivos (FP) quando o classificador prediz ser positivo e erra; verdadeiros negativos (VN) quando o classificador prediz ser negativo e acerta e os falsos negativos (FN) quando o classificador prediz ser negativo e erra (Cordeiro, 2012). Baseada na matriz de confusão para a verificação da capacidade analítica e precisão da classificação da árvore de decisão foram consideradas as métricas de acurácia, sensibilidade e especificidade, calculadas de acordo com as fórmulas descritas por Kirchner et al, (2004):

$$\text{Sensibilidade} = \frac{VP}{VP + FN} \quad \text{Especificidade} = \frac{VN}{FP + VN}$$

$$\text{Acurácia} = \frac{VP + VN}{VP + FP + VN + FN}$$

Produtividade

Na primeira investigação (Modelo 1), utilizamos as árvores de decisão para classificar as porcas de acordo com a produtividade do primeiro parto. Ao total foram utilizadas 6441 porcas primíparas. As variáveis utilizadas foram TBA, WSI, DW, DPart, AI, GL, FD, Weaned e PART. A população de porcas foi previamente classificada em dois grupos com base na produtividade do primeiro parto para então utilizar a metodologia de classificação. O algoritmo de árvores de decisão foi treinado em dois cenários distintos, no primeiro para encontrar as 25% mais produtivas (denominadas como ótimas) e no segundo para encontrar as 50% mais produtivas (denominadas como boas) utilizando as variáveis citadas acima.

Descarte de porcas

Na segunda investigação (Modelo 2), procuramos estudar os efeitos e entender o comportamento dos critérios de descarte adotados pela granja e que de alguma forma possam

estar presentes no banco de dados. Neste modelo consideramos tanto porcas de primeiro quanto de segundo parto. Ao total, foram utilizadas 5717 porcas. As variáveis utilizadas na construção da árvore de decisão foram TBA, WSI, DW, DPart, AI, GL, FD, Weaned e PART.

3.3 RESULTADOS

A estatística descritiva da base completa, organizada por ordem de parto de porcas encontra-se na Tabela 1. Limitamos as análises até a PO8 devido a carência de informações dos partos acima do oitavo parto. Sendo assim, não consideramos o WSI para PO8.

Tabela 2. Valores médios das variáveis estudadas para cada ordem de parto.

	Parto 1	Parto 2	Parto 3	Parto 4	Parto 5	Parto 6	Parto 7	Parto 8
Porcas, n	8869	6213	4105	2612	1420	706	313	76
AI, n	2,1 (1 - 3)	2,17 (1 - 3)	2,24 (1 - 3)	2,29 (1 - 3)	2,28 (1 - 3)	2,28 (1 - 3)	2,38 (1 - 3)	2,3 (1 - 3)
Gestação, dias	115,1 (108 - 122)	115,2 (108 - 122)	115,3 (108 - 122)	115,2 (108 - 120)	115,2 (108 - 121)	115,3 (109 - 120)	115,5 (108 - 119)	115,8 (113 - 119)
Parto, min	201,5 (10 - 1385)	227,4 (10 - 1415)	233,6 (10 - 1390)	248,8 (15 - 1411)	258,5 (10 - 1380)	256,1 (10 - 1010)	255,4 (20 - 1171)	254,1 (60 - 610)
WSI, dias	6,1 (0 - 76)	4,9 (0 - 43)	5,09 (0 - 46)	4,96 (0 - 50)	5,38 (1 - 46)	5,12 (2 - 28)	4,45 (0 - 22)	-
Leitões								
Vivos, n	13,62 (0 - 23)	13 (0 - 24)	13,56 (0 - 25)	13,98 (0 - 24)	14,12 (0 - 25)	14,06 (0 - 23)	13,77 (2 - 21)	12,87 (1 - 21)
Mortos ¹	0,09 (0 - 1)	0,08 (0 - 1)	0,08 (0 - 1)	0,1 (0 - 1)	0,1 (0 - 1)	0,12 (0 - 1)	0,13 (0 - 0,75)	0,11 (0 - 0,9)
Desmamados, n	12,13 (0 - 20)	11,9 (0 - 20)	11,7 (0 - 20)	11,59 (0 - 20)	11,33 (0 - 20)	11,31 (0 - 19)	11,37 (0 - 20)	10,29 (0 - 15)
Mortos ²	0,1 (0 - 1)	0,11 (0 - 1)	0,11 (0 - 1)	0,12 (0 - 1)	0,13 (0 - 1)	0,12 (0 - 1)	0,12 (0 - 1)	0,15 (0 - 1)

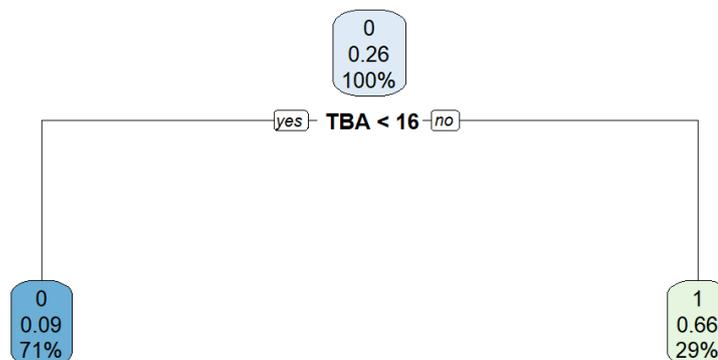
Fonte: Do autor.

1: proporção de leitões mortos ao nascimento, 2: proporção de leitões mortos ao desmame. AI: Inseminação artificial. WSI: intervalo desmame cobertura. Valores entre parênteses: mínimo – máximo.

Os gráficos de médias de TBA, desmamados e WSI para PO1 e PO2, bem como as correlações estudadas estão apresentadas no material suplementar deste artigo. Para entender melhor o comportamento dos dados, a população foi separada em dois grupos: porcas descartadas e não descartadas. Considerando porcas PO1, a média de leitões desmamados no grupo de não descartadas foi $12,14 \pm 3,15$ e descartadas $7,67 \pm 6,66$ ($p=0,014$) e a média de leitões nascidos vivos de porcas não descartadas foi $13,62 \pm 3,36$ e porcas descartadas $11,67 \pm 5,03$ ($p=0,315$). Considerando PO2, a média de leitões desmamados no grupo das porcas não descartadas foi $11,9 \pm 3,24$ e $12,6 \pm 2,88$ no grupo de descartadas ($p=0,628$). A média de leitões nascidos vivos no grupo de porcas não descartadas foi $13,0 \pm 3,87$ e $16,2 \pm 2,77$ no grupo de descartadas ($p=0,064$). A média de WSI de porcas não descartadas e descartadas foi de $6,10 \pm 6,03$ e $4,75 \pm 0,5$, respectivamente ($p=0,654$).

Para medir a produtividade das matrizes a partir da PO1, o classificador partiu da variável leitões vivos por parto, utilizando dois grupos de porcas a partir da produtividade: ótimo (igual ou superior a 16 TBA) e bom (igual ou superior a 14). O resultado é apresentado nas figuras 1 e 2. Tanto o método para o grupo ótimo quanto para o grupo bom, selecionam apenas a variável TBA, a partir das informações de porcas PO1, para a classificação, o que mostra que essa variável é a que melhor explica a média de TBA por parto. O modelo para as porcas ótimas (TPO25%) provou ser capaz de classificar de maneira assertiva, apresentando 86% de sensibilidade, 74% de especificidade, 86% de acurácia, 74% de prevalência e índice Kappa de 58% (figura 7). E o modelo para porcas boas, provou ser capaz de classificar de maneira assertiva apresentando 73% de sensibilidade, 88% de especificidade, 80% de acurácia, 49% de prevalência e índice Kappa de 61% (figura 8).

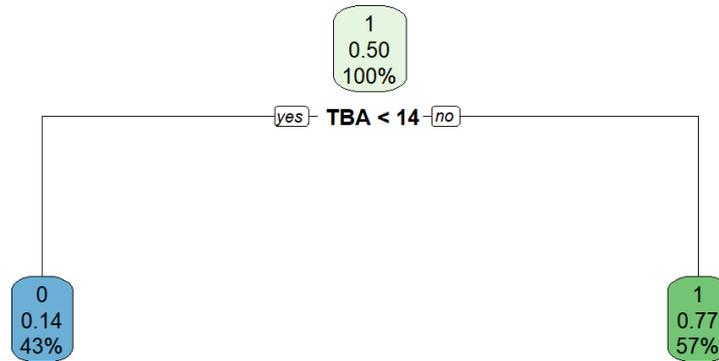
Figura 7. Árvore de decisão para classificar, através do Total de Nascidos Vivos (TBA), as porcas como ótimas, considerando porcas de PO1.



Fonte: Do autor.

Acurácia: 0,83. Kappa: 0,58. Sensibilidade: 0,86. Especificidade: 0,74. Prevalência: 0,74.

Figura 8. Árvore de decisão para classificar, através do Total de Nascidos Vivos (TBA), as porcas como boas, considerando porcas de PO1.

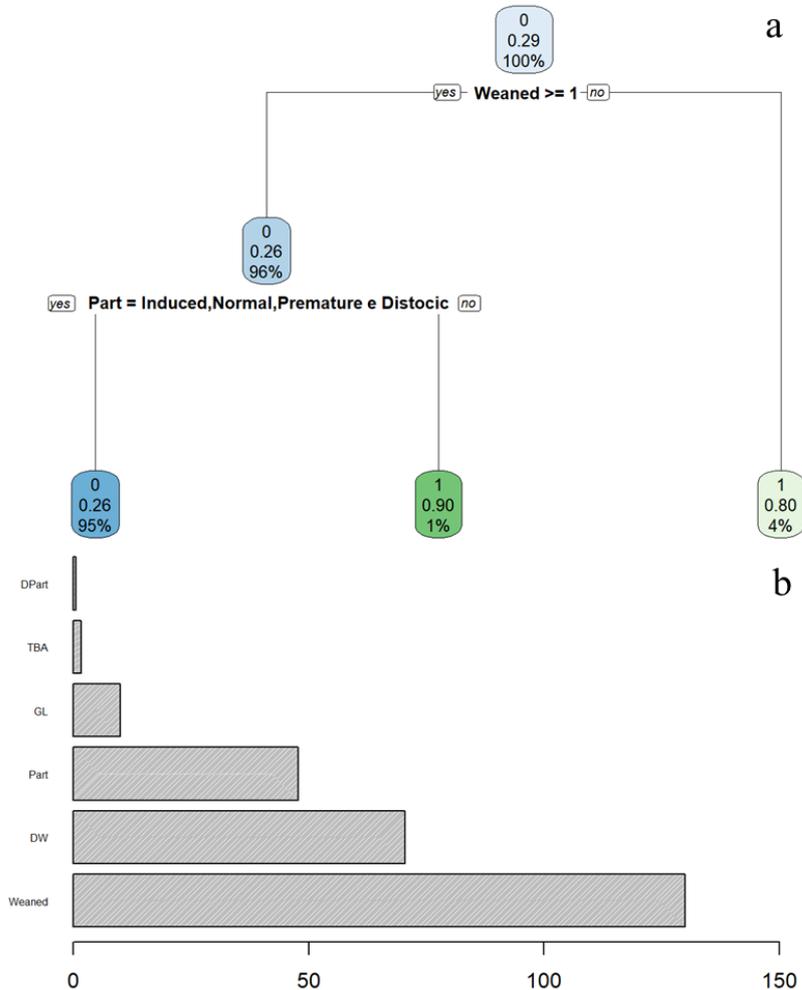


Fonte: Do autor.

Acurácia: 0,80. Kappa: 0,61. Sensitividade: 0,73. Especificidade: 0,88. Prevalência: 0,49.

Na tentativa de prever o critério de descarte das porcas, utilizamos as variáveis (TBA, PART, WSI, DW, DF, AI, GL, FD e Weaned) como variáveis explicativas. Foi utilizado como variável dependente o descarte total, pois desta forma o modelo foi mais explicativo do que quando considerado o descarte por ordem de parto. Na figura 9 encontra-se a árvore de decisão considerando as variáveis das porcas PO1. Verificamos que a característica mais importante para determinar o descarte de uma porca foi o número de leitões desmamados. De acordo com o algoritmo, só foram descartadas as porcas que não desmamaram nenhum leitão ou cujo tipo de parto fosse distócico ou prematuro. Na matriz de confusão, observa-se que o método foi muito bom para classificar as porcas que não foram descartadas corretamente (98% de precisão), mas foi ruim ao classificar as que foram descartadas (14% de precisão), apresentando baixa confiança do classificador (Kappa = 17%).

Figura 9. a) Árvore de decisão para classificar o descarte de porcas considerando os dados de PO1. b) Ordem de influência das variáveis sobre a construção da árvore de decisão.

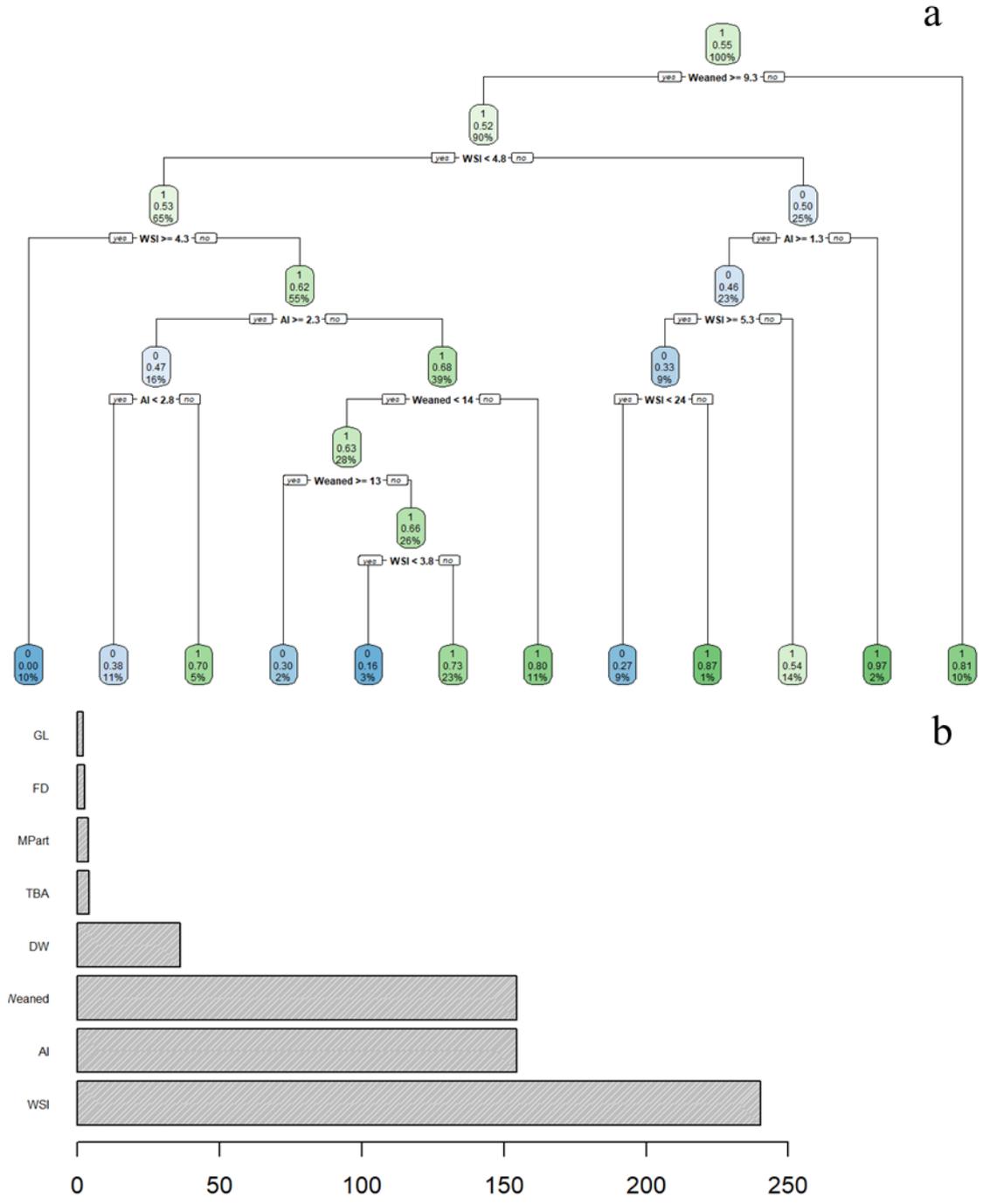


Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. WSI: intervalo desmame cobertura. DW: proporção de mortos ao desmame. DPart: proporção de mortos ao parto. PART: tipos de parto (distócico, induzido, normal, prematuro ou prematuro e distócico). TBA: total de leitões nascidos vivos. Sensitividade = 0,98. Especificidade = 0,14. Prevalência = 0,71. Acurácia = 0,74. Kappa = 0,17. $P < 0,001$.

Na figura 10 encontra-se a árvore de decisão, agrupando as informações das variáveis de PO1 e PO2. Ao adicionarmos as informações da PO2 a árvore aumentou suas ramificações, tornando-se mais complexa. Sendo assim, as variáveis WSI, AI, e Weaned foram as que mais influenciaram a formação da árvore. Porcas que desmamaram menos que 9,3 leitões em média, foram descartadas. A partir desta classificação, porcas que apresentaram WSI entre 6 e 24 dias e que receberam mais que 2 AI, permaneceram no rebanho. Além disso, quando o WSI foi menor que 5 dias, a permanência da porca dependeu de uma combinação de resultados entre AI e Weaned. No entanto, porcas que desmamaram acima de 14 leitões foram descartadas. Para esta árvore, observamos um classificador mais balanceado (Kappa = 46%), capaz de classificar corretamente 59% das porcas não descartadas e 85% das descartadas.

Figura 10. a) Árvore de decisão para classificar o descarte de porcas considerando os dados de PO1 e PO2. b) Ordem de influência das variáveis sobre a construção da árvore de decisão.

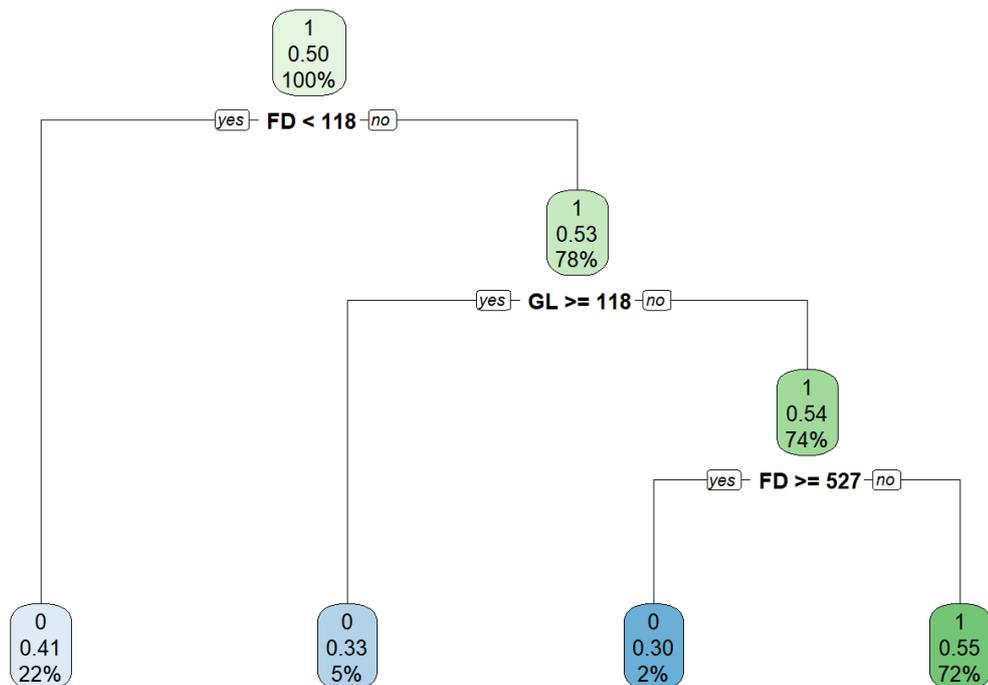


Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. WSI: intervalo desmame cobertura. DW: proporção de mortos ao desmame. MPart: proporção de mortos ao parto. PART: tipos de parto (distócico, induzido, normal, prematuro ou prematuro e distócico). TBA: total de leitões nascidos vivos. Sensitividade = 0,59. Especificidade = 0,85. Prevalência = 0,45. Kappa: 0,46. P<0,001

Para estudarmos o efeito das demais variáveis sobre os grupos de porcas boas (top 50%) e ótimas (top 10%), foi removido o TBA do modelo, pois esta foi a variável mais utilizada nos modelos anteriores. O resultado é apresentado na Figura 11. Não foi possível utilizar a classificação das porcas ótimas, porém foi possível prever as porcas boas. Este método não foi preciso ao classificar as porcas como boas. No entanto, podemos perceber que tanto partos longos (entre de 118 e 527 minutos) quanto gestações longas (118 dias) são prejudiciais para a quantidade de leitões nascidos vivos. O modelo limitou-se a uma precisão de 34% para as porcas não consideradas boas e 78% para as boas (Kappa=0,12), ao contrário das classificações anteriores.

Figura 11. Árvore de decisão para classificar as porcas como boas (top 50%) quanto ao total de nascidos vivos a partir da PO1, considerando a duração do parto (FD) e da gestação (GL).



Fonte: Do autor.

Acurácia: 0,56. Sensitividade = 0,34. Especificidade = 0,78. Prevalência = 0,49. Kappa: 0,12. $P < 0,001$.

3.4 DISCUSSÃO

A árvore de decisão é uma técnica de aprendizado de máquina capaz de classificar dados a partir de informações de treinamento. Em cada nó da árvore, são geradas uma série de perguntas com respostas simples (sim ou não), e à medida que são respondidas geram outros

nós filhos, formando assim uma árvore invertida (KINGSFORD; SALZBERG, 2008). Devido a característica gráfica das árvores de decisão, os resultados são facilmente interpretados e do ponto de vista econômico, são computacionalmente baratos para treinar, avaliar e armazenar. No entanto, as árvores são propensas a sobre ajuste, pois pequenas mudanças no conjunto de dados podem gerar árvores extremamente diferentes (VALLETTA et al., 2017).

O grande foco da atividade suinícola é a eficiência, aumentando a produtividade dos rebanhos e reduzindo os custos de produção. Neste sentido, o objetivo é encontrar porcas que produzem mais e permaneçam mais tempo no rebanho. Diante disso, buscamos através das árvores de decisão encontrar as variáveis que mais influenciam na permanência das porcas em um rebanho comercial. Ao considerarmos as informações de PO1, observamos que o TBA foi a variável mais importante, pois foi a única variável apresentada nas árvores, tanto para as porcas ótimas quanto para as boas. Na árvore das porcas ótimas (<16 TBA), 29% da população foi assim classificada e o modelo se mostrou satisfatório em termos de precisão. O modelo foi capaz de classificar corretamente 86% das porcas “não ótimas” e 74% das ótimas. Entretanto, quando o classificador foi menos exigente (<14 TBA), 57% da população foi classificada como uma porca boa e o modelo foi mais preciso, acertando 73% das porcas “não boas” e 88% das boas. Portanto, os modelos foram capazes de prever com certa precisão, a produtividade das porcas baseando-se nas informações de PO1. Era esperada uma grande participação de TBA sobre a classificação das porcas. O TBA é um dos principais critérios para seleção de porcas nas granjas, por ter uma forte ligação com a lucratividade da atividade. Sobretudo porque porcas mais prolíficas, permanecem mais tempo no rebanho (GRUHOT et al., 2017). Desta forma há uma diluição dos custos fixos, tornando a atividade mais rentável (ZAK et al., 2017). Por estas razões, a baixa produtividade é uma das principais causas de descarte de porcas de primeiro e segundo parto (ANDERSSON et al., 2016).

Apesar do TBA ser um critério crucial na tomada de decisão, neste trabalho também buscamos compreender como as diferentes variáveis influenciam no descarte de porcas. A partir dos resultados observados na figura 13 e 15 (material suplementar), verificamos que não existe diferença ($p=0,315$ e $0,064$, respectivamente) entre o TBA de porcas descartadas ou não. O que indica que o TBA não é a principal variável que influencia no descarte. Desta forma, é importante que existam critérios de decisão para descarte de porcas baseados em diferentes fatores e necessariamente não usar somente no TBA. Enfatizar na seleção das porcas com base somente na produtividade pode trazer consequências para o bem-estar das mesmas e seus leitões, além de afetar a eficiência econômica da atividade (BERGMAN et al., 2018).

Para isso, no modelo 2 (Figuras 9 e 10) podemos entender quais critérios estavam sendo influentes no descarte das porcas dentro da granja avaliada. Ao colocarmos somente as informações de PO1, a árvore apresentou somente duas variáveis: DESM e PART. Somente 5% das porcas foram descartadas com base nestes critérios: 4% quando as porcas desmamaram menos de 1 leitão e 1% quando o tipo de parto foi distócico ou prematuro. Entretanto os resultados nos mostram que o classificador acertou 98% das porcas não descartadas e somente 14% das porcas descartadas. Isso sugere que na dúvida, a porca não foi descartada, a fim de dar mais oportunidade para que ela pudesse expressar o seu potencial.

No entanto, quando adicionadas as informações do segundo parto, a árvore aumentou o número de ramificações, sendo composta pelo WSI, AI e Weaned. Tanto porcas que apresentaram baixas quanto altas produtividades, não permaneceram no rebanho. Porcas com baixa produtividade ($\leq 9,3$ leitões desmamados) foram descartadas, o que representa 10% da população. De acordo com Baxter et al, (2020), a baixa produtividade (leitegadas com ≤ 7 leitões) afeta a longevidade das porcas devido ao descarte por falhas reprodutivas. Entretanto, mesmo sendo desejada, grandes produtividades e grandes leitegadas podem comprometer a vida produtiva das porcas aumentando a duração do parto e o número de natimortos (BJÖRKMAN et al., 2017; UDOMCHANYA et al., 2019). Porcas que produzem em média 12 a 14 leitões, permanecem mais tempo no rebanho (ANDERSSON et al., 2016). Nossos resultados mostram porcas que desmamam entre 13 e 14 leitões, permaneceram no rebanho (2% da população), e acima de 14 leitões foram descartadas (11% da população). Neste sentido, é possível atribuir a estes resultados o fato de que o aumento do número de leitões nascidos, tende a aumentar a mortalidade, consequência principalmente do baixo peso ao nascimento, viabilidade e desempenho dos leitões (CAMPOS et al., 2012). Também é possível associar fatores como estresse por calor na lactação, grande mobilização e perda de reservas corporais, aumento de lesões nos ombros devido a limitação de mudança de postura, desgaste da capacidade materna resultando na baixa longevidade das porcas (ANDERSSON et al., 2016; BAXTER; SCHMITT; PEDERSEN, 2020).

Outro ponto observado a partir da árvore de decisão é que tanto porcas que receberam poucas inseminações ($\leq 1,3$) quanto muitas ($\geq 2,8$), além de porcas com alto WSI (> 24 dias), foram descartadas (8% da população). Porcas que apresentaram WSI entre 3,8 e 4,3 dias e desmamaram menos que <13 leitões foram descartadas (23% da população). É possível associar esses resultados com falhas reprodutivas, estro irregular, morte embrionária, falhas na detecção do estro, especialmente porque desordens reprodutivas representam a principal causa de descarte de porcas mais jovens (DE HOLLANDER et al., 2015). No entanto, as porcas que

obtiveram mais que 9,3 leitões desmamados e apresentaram WSI entre 5 e 24 dias, permaneceram no rebanho (9% da população). O ideal é que o WSI seja mantido entre 3 a 7 dias, visando maximizar a produção, reduzir o DNP das porcas e os custos de produção (ROSA et al., 2014). Da mesma forma, as porcas que receberam entre 2,3 e 2,8 AI apresentaram mais chances de permanecer no rebanho (11%). Protocolos de AI que utilizam duas doses em um período de 24h são seguros, pois conseguem contemplar porcas de ovulação precoce ou com problemas de diagnóstico (estro tardio) (BENNEMANN, 2008).

As árvores de decisão foram capazes de classificar as porcas, com precisão, de acordo com a produtividade utilizando somente as informações do primeiro parto. A metodologia também foi capaz de apresentar as principais variáveis e de demonstrar as suas relações e padrões, que influenciaram no descarte de porcas do presente banco de dados. Isso mostra que a metodologia pode ser aplicada em granjas, visando conhecer os pontos críticos e melhorar a produtividade. Entretanto, os resultados aqui apresentados limitam-se a base de dados da granja em questão, visto que pequenas alterações na composição dos dados podem alterar consideravelmente a apresentação das árvores de decisão. Além disso, é importante ressaltar que o foco principal do estudo foi verificar a aplicabilidade da metodologia dentro da granja ao invés de apresentar valores a serem utilizados. Desta forma, para uma análise mais profunda, é necessário que mais estudos sejam realizados utilizando um banco de dados mais amplo e envolvendo um maior número de unidades produtoras.

3.5 CONCLUSÃO

As árvores de decisão foram capazes de apresentar as relações e os padrões entre as variáveis produtivas e o descarte de maneira precisa. Sob o aspecto da produtividade, porcas que apresentaram TBA acima de 14 leitões foram classificadas como boas e acima de 16 classificadas como ótimas. Nos critérios de descarte, porcas com intervalo desmame cobertura 5,3 dias são descartadas mais cedo e porcas que desmamam entre 13 e 14 leitões permanecem mais tempo no rebanho.

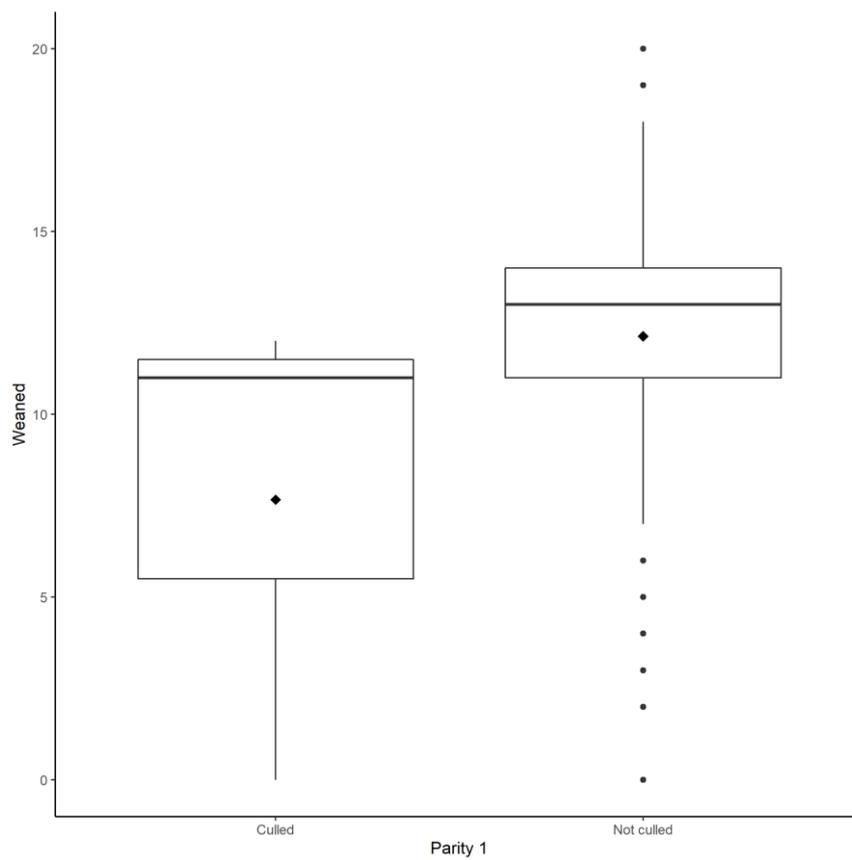
REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, E. et al. Impact of litter size on sow stayability in Swedish commercial piglet producing herds. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 31, 2016.
- BAXTER, E. M.; SCHMITT, O.; PEDERSEN, L. J. Managing the litter from hyperprolific sows. In: **The suckling and weaned piglet**. 1^a ed. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2020. p. 71–106.
- BENNEMANN, P. E. Protocolos emergenciais para programas de inseminação artificial em suínos Protocols for emergency programs of artificial insemination in pigs. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 36, p. 27–32, 2008.
- BERGMAN, P. et al. Sow removal in commercial herds: Patterns and animal level factors in Finland. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 159, p. 30–39, 2018.
- BJÖRKMAN, S. et al. The effect of litter size, parity and farrowing duration on placenta expulsion and retention in sows. **Theriogenology**, v. 92, p. 36–44, 2017.
- CAMPOS, P. H. R. F. et al. Effects of sow nutrition during gestation on within-litter birth weight variation: a review. **Animal**, v. 6, n. 05, p. 797–806, 2012.
- CORDEIRO, A. F. S. et al. Use of vocalisation to identify sex, age, and distress in pig production. **Biosystems Engineering**, v. 173, p. 57–63, 2018.
- DE HOLLANDER, C. A. et al. Interval from last insemination to culling: II: Culling reasons from practise and the correlation with longevity. **Livestock Science**, v. 181, p. 25–30, 2015.
- DING, L.; MENG, J.; YANG, Z. **An early warning system of pork price in China based on decision tree**. 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, ICEEE2010. **Anais...2010**
- GRUHOT, T. R. et al. Using first and second parity number born alive information to estimate later reproductive performance in sows. **Livestock Science**, v. 196, p. 22–27, 2017.
- HOVING, L. L. et al. Reproductive performance of second parity sows: Relations with subsequent reproduction. **Livestock Science**, v. 140, n. 1–3, p. 124–130, 2011.
- IIDA, R.; KOKETSU, Y. Number of pigs born alive in parity 1 sows associated with lifetime performance and removal hazard in high- or low-performing herds in Japan. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 121, n. 1–2, p. 108–114, 2015.
- IIDA, R.; PIÑEIRO, C.; KOKETSU, Y. High lifetime and reproductive performance of sows on southern European Union commercial farms can be predicted by high numbers of pigs born alive in parity one. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 5, p. 2501–2508, 2015.
- KINGSFORD, C.; SALZBERG, S. L. What are decision trees? **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 9, p. 1011–1013, 2008.
- KIRCHNER, K.; TÖLLE, K. H.; KRIETER, J. Decision tree technique applied to pig farming datasets. **Livestock Production Science**, v. 90, n. 2–3, p. 191–200, 2004.

- KOKETSU, Y.; TANI, S.; IIDA, R. Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. **Porcine Health Management**, v. 3, n. 1, p. 1, 2017.
- LEE, W. et al. Prediction of water usage in pig farm based on machine learning. **The Korea Institute of Information and Commucation Engineering**. v. 21, n. 8, p. 1560–1566, 2017.
- LEE, W. et al. Analysis of growth performance in swine based on machine learning. **IEEE Access**, v. 7, p. 161716–161724, 2019.
- LEMOINE, A. **Meteorological effects on seasonal infertility in pigs**. Leeds, UK: Faculty of Biological Sciences School of Biology, University of Leeds, 2013.
- LIANG, R. et al. Prediction for global african swine fever outbreaks based on a combination of random forest algorithms and meteorological data. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 67, n. 2, p. 935–946, 2020.
- MASFERRER, G. et al. **Sorting hams using bagged decision trees in a commercial pig slaughterhouse**. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications. **Anais...IOS Press**, 2018. Disponível em: <<https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/978-1-61499-918-8-84>>. Acesso em: 26 maio. 2021
- ROSA, L. S. et al. Fatores que afetam as características produtivas e reprodutivas de fêmeas suínas. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 4, p. 381–395, 2014.
- UDOMCHANYA, J. et al. Association between the incidence of stillbirths and expulsion interval, piglet birth weight, litter size and carbetocin administration in hyper-prolific sows. **Livestock Science**, v. 227, p. 128–134, 2019.
- VALLETTA, J. J. et al. Applications of machine learning in animal behavior studies. **Animal Behavior**. Academic Press. 2017.
- ZAK, L. J. et al. Genetic control of complex traits, with a focus on reproduction in pigs. **Molecular Reproduction and Development**, v. 84, n. 9, p. 1004–1011, 2017.

APENDICE A – MATERIAL SUPLEMENTAR

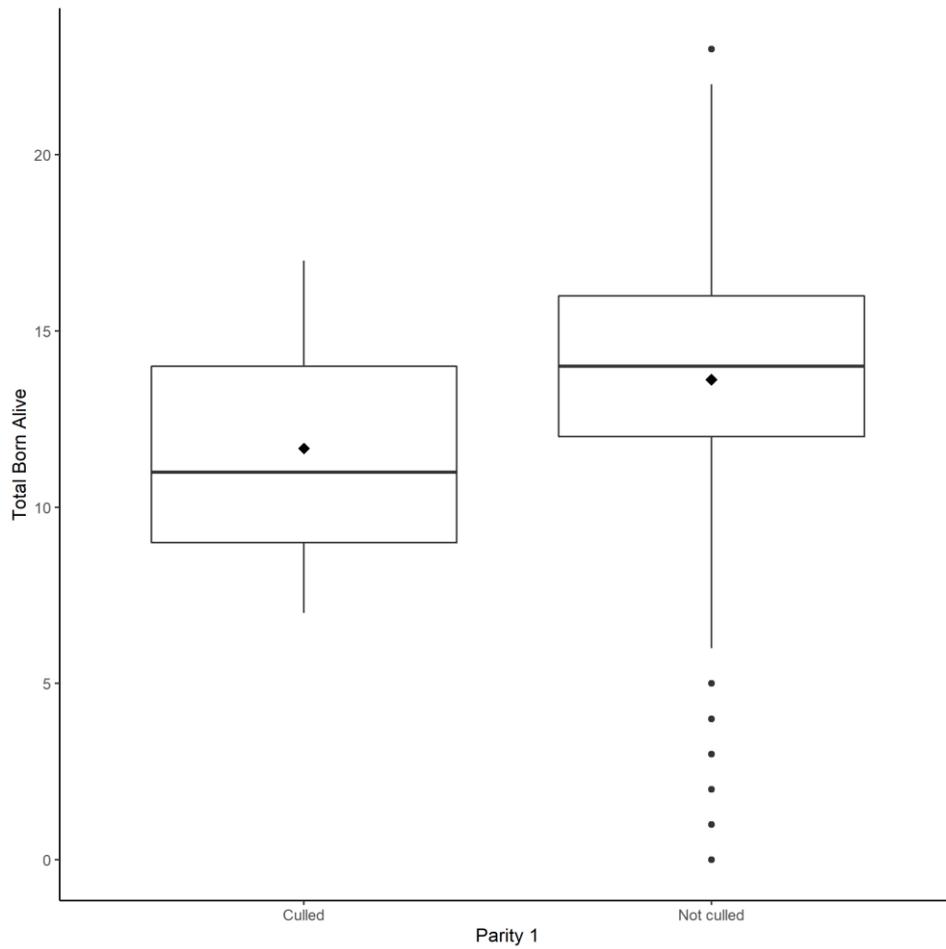
Figura 12. Total de leitões desmamados para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO1.



Fonte: Do autor.

Média de leitões desmamados de porcas não descartadas: $12,14 \pm 3,15$, de porcas descartadas: $7,67 \pm 6,66$.
P=0,014.

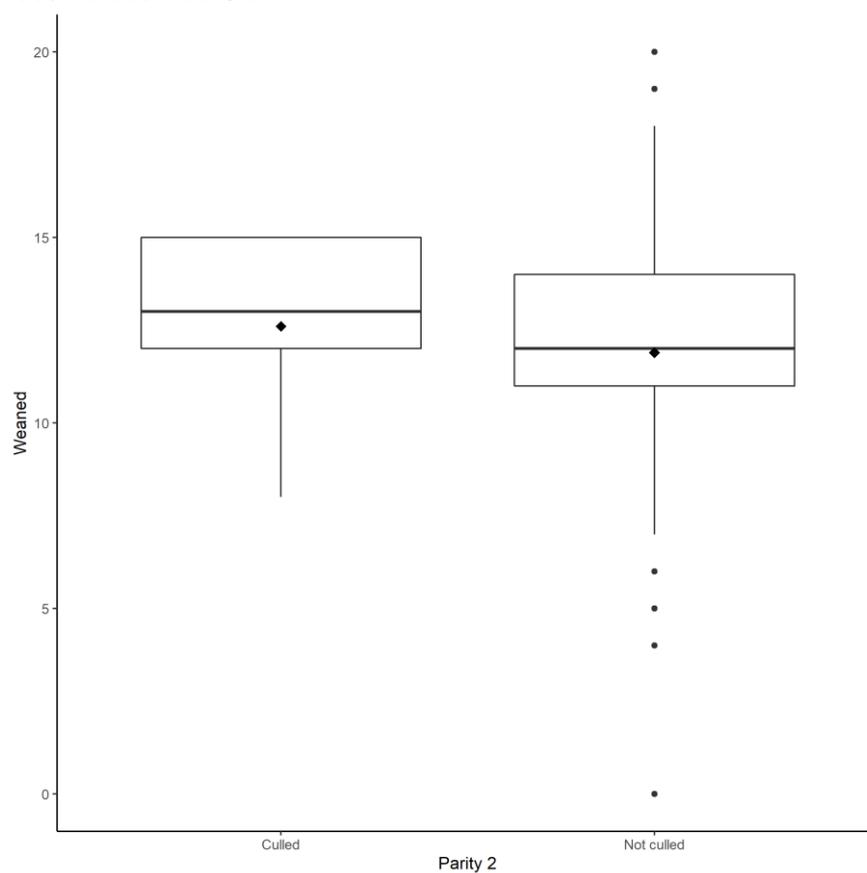
Figura 13. Média de leitões nascidos vivos para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO1.



Fonte: Do autor

Média de leitões nascidos vivos de porcas não descartadas: $13,62 \pm 3,36$, de porcas descartadas: $11,67 \pm 5,03$. $P=0,315$

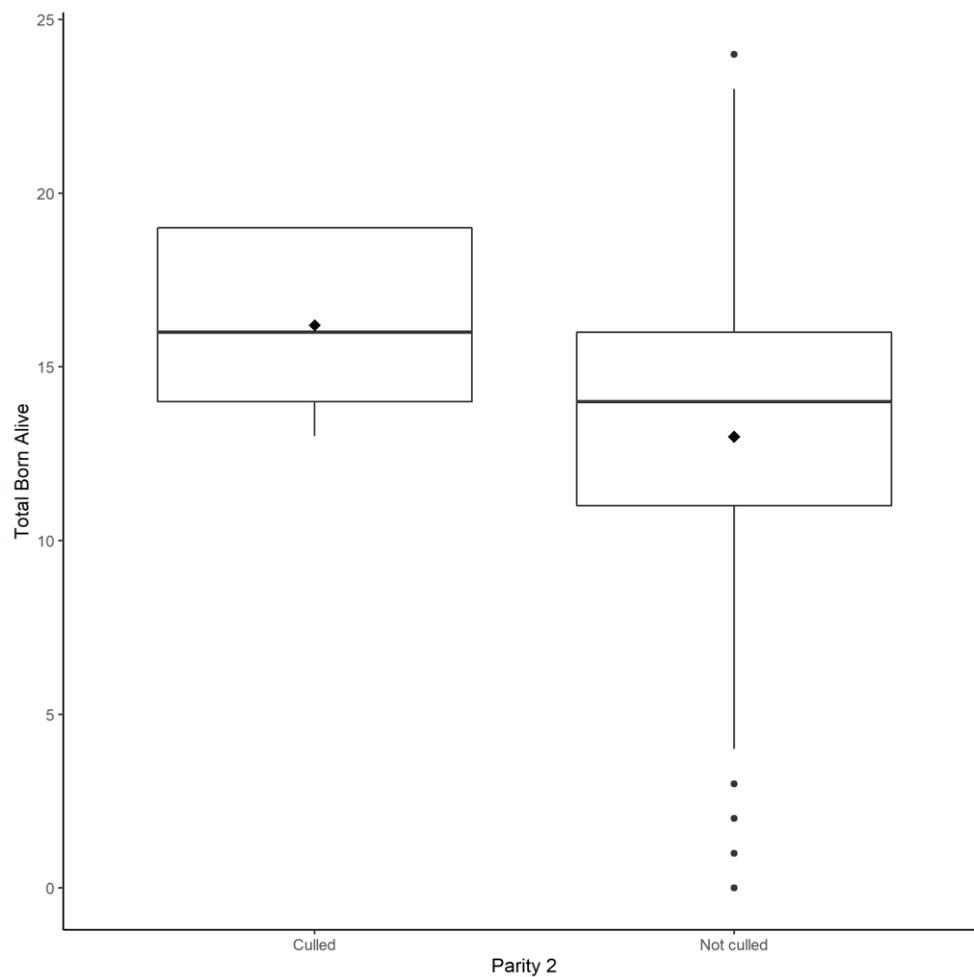
Figura 14. Média de leitões desmamados para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO2.



Média de leitões desmamados de porcas não descartadas: $11,9 \pm 3,24$, de porcas descartadas: $12,6 \pm 2,88$. $P=0,628$.

Fonte: Do autor.

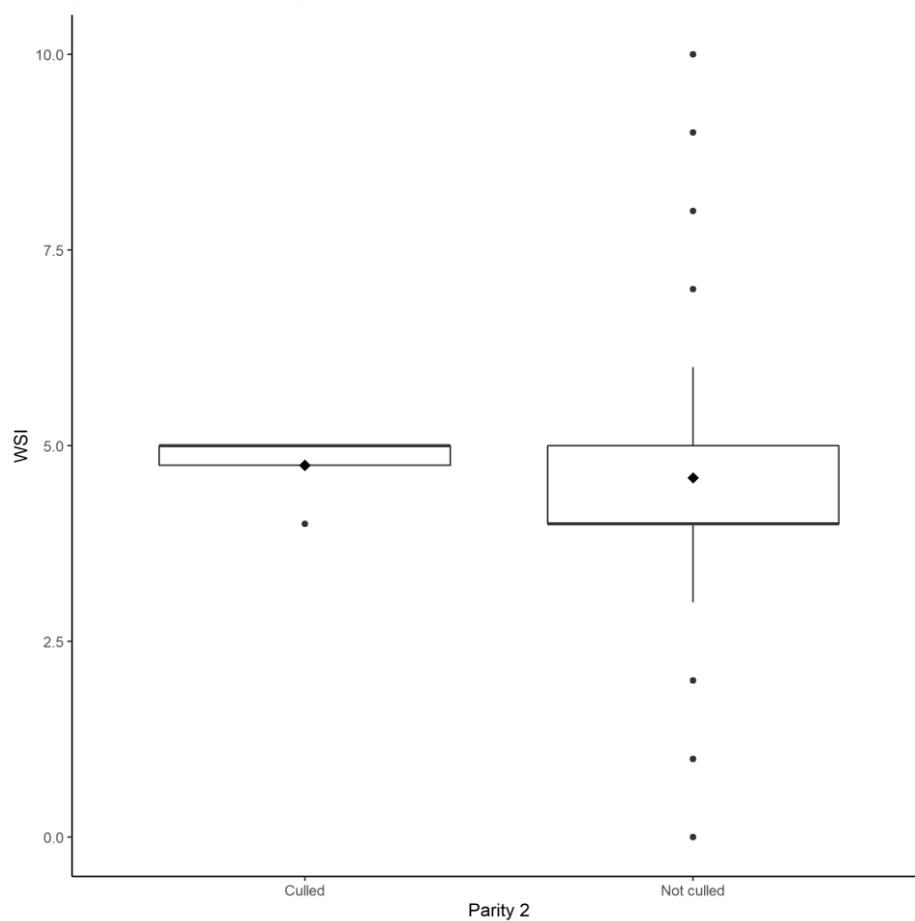
Figura 15. Média do total de leitões nascidos vivos para o grupo de porcas descartado e não descartado na PO2.



Fonte: Do autor.

Média do total de leitões nascidos vivos de porcas não descartadas: $13,0 \pm 3,87$, de porcas descartadas: $16,2 \pm 2,77$. $P=0,064$.

Figura 16. Média em dias do intervalo desmame cobertura (WSI) para o grupo de porcas descartado e não descartado.



Fonte: Do autor

Média do WSI de porcas não descartadas: $6,10 \pm 6,03$, de porcas descartadas: $4,75 \pm 0,5$. $P=0,654$.

Tabela 3. Correlações entre as variáveis (dados do primeiro parto) e descarte total.

	GL	FD	TBA	DF	WEANED	DW	WSI	CULLED
AI	0,12 ***	-0,02 ns	-0,01 ns	-0,01 ns	-0,02 *	0,01 ns	-0,04 **	-0,05 ***
GL		-0,01 ns	-0,15 ***	0,03 **	-0,01 ns	-0,02 *	-0,03 *	-0,06 ***
FD			0,02 ns	0,19 ***	-0,07 ***	0,1 ***	0,03 **	0,1 ***
TBA				-0,41 ***	0,18 ***	-0,01 ns	-0,01 ns	-0,05 ***
DF					-0,19 ***	0,09 ***	0,02 ns	0,09 ***
WEANED						-0,72 ***	0,02 ns	-0,15 ***
DW							0,03 **	0,15 ***
WSI								-

Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. WSI: intervalo desmame cobertura; GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. DW: proporção de mortos ao desmame. DF: proporção de mortos ao parto. Culled: descarte total de porcas. TBA: total de leitões nascidos vivos.

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01; ns: não significativo.

Tabela 4. Correlações entre as variáveis (dados do primeiro e segundo parto) e descarte total.

	GL	FD	TBA	DF	WEANED	DW	WSI	CULLED
AI	0,13 ***	-0,02 ns	-0,03 **	-0,03 **	-0,01 ns	0,0 ns	-0,08 ***	-0,09 ***
GL		-0,01 ns	-0,16 ***	-0,01 ns	0,02 ns	-0,04 ***	-0,05 ***	-0,02 *
FD			0,05 ***	0,19 ***	-0,10 ***	0,1 ***	0,03 *	0,09 *
TBA				-0,36 *	0,20 *	-0,01 ns	0,04 ***	-0,03 **
DF					-0,25 ***	0,11 ***	0,03 *	0,17 ***
WEANED						-0,73 ***	-0,02 *	-0,15 ***
DW							0,04 ***	0,14 ***
WSI								0,08 ***

Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. WSI: intervalo desmame cobertura; GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. DW: proporção de mortos ao desmame. DF: proporção de mortos ao parto. Culled: descarte total de porcas. TBA: total de leitões nascidos vivos.

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01; ns: não significativo.

Tabela 5. Correlações entre as variáveis e o descarte, considerando somente as informações do primeiro parto de porcas

	GL	FD	TBA	DF	WEANED	DW	WSI	CULLED
AI	0,12 ***	-0,01 ns	-0,01 ns	-0,01 ns	-0,02 *	0,02 ns	-0,04 ***	0,0 ns
GL		-0,01 ns	-0,14 ***	0,02 *	-0,01 ns	-0,01 ns	-0,03 *	-0,04 ns
FD			0,02 ns	0,18 ***	-0,08 ***	0,1 ***	0,03 **	0,01 ns
TBA				-0,41 ***	0,18 ***	-0,02 ns	-0,01 ns	0,01 *
DF					-0,2 ***	0,08 ***	0,02 ns	0,0 ns
WEANED						-0,73 ***	-0,02 ns	-0,04 *
DW							0,04 **	0,08 ***
WSI								-0,02 ns

Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. WSI: intervalo desmame cobertura; GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. DW: proporção de mortos ao desmame. DF: proporção de mortos ao parto. Culled: descarte total de porcas. TBA: total de leitões nascidos vivos.

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01; ns: não significativo.

Tabela 6. Correlações entre as variáveis e o descarte, considerando somente as informações do primeiro e segundo parto de porcas.

	GL	FD	TBA	DF	WEANED	DW	WSI	CULLED
AI	0,13 ***	-0,02 ns	-0,03 **	-0,03 **	-0,01 ns	0 ns	-0,08 ***	-0,09 ***
GL		-0,01 ns	-0,16 ***	-0,01 ns	0,02 ns	-0,04 ***	-0,05 ***	-0,05 ***
FD			0,05 ***	0,19 ***	-0,1 ***	0,1 ***	0,03 *	0,04 **
TBA				-0,36 ***	0,2 ***	-0,01 ns	0,04 ***	0,1 ***
DF					-0,25 ***	0,11 ***	0,03 *	0,08 ***
WEANED						-0,73 ***	-0,02 *	-0,07 ***
DW							0,04 ***	0,13 ***
WSI								0,04 ns

Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. WSI: intervalo desmame cobertura; GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. DW: proporção de mortos ao desmame. DF: proporção de mortos ao parto. Culled: descarte total de porcas. TBA: total de leitões nascidos vivos.

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01; ns: não significativo.

Tabela 7. Correlações entre as variáveis (dados do segundo parto) e o descarte (total e segundo parto).

	GL	FD	TBA	DF	WEANED	DW	WSI	CULLED PO2	CULLED
AI	0,14 ***	-0,02 *	-0,02 ns	-0,02 ns	0,01 ns	-0,02 *	-0,01 ns	0,0 ns	-0,04 ***
GL		-0,05 ***	-0,22 ***	-0,07 ***	0,07 ***	-0,1 ***	-0,02 ns	0,0 ns	-0,05 ***
FD			0,13 ***	0,16 ***	-0,08 ***	0,08 ***	0,0 ns	0,02 ns	-0,01 ns
TBA				-0,23 ***	0,13 ***	0,03 **	0,02 ns	0,03 *	-0,09 ***
DF					-0,2 ***	0,08 ***	-0,01 ns	-0,01 ns	0,07 ***
WEANED						-0,73 ***	-0,05 ***	0,01 ns	-0,09 ***
DW							0,06 ***	0,02 ns	0,03 **
WSI								-	0,05 ***
CULLED PO2									0,16 ***

Fonte: Do autor.

Weaned: número de leitões desmamados. WSI: intervalo desmame cobertura; GL: duração da gestação. FD: duração do parto. AI: número de inseminações artificiais. DW: proporção de mortos ao desmame. DF: proporção de mortos ao parto. Culled: descarte total de porcas. Culled PO2: descarte de porcas de segunda ordem de parto TBA: total de leitões nascidos vivos.

* p<0,10; ** p<0,05; *** p<0,01; ns: não significativo.

Tabela 8. Principais causas de descarte de porcas por ordem de parto.

Causas	Ordem de parto								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Condição física	169	182	100	59	55	25	21	6	617
Cascos	48	145	140	68	36	9	0	0	446
Retorno ao cio	4	174	123	62	35	15	14	7	434
Falsa prenhez	6	223	108	43	13	11	4	9	417
Anestro	220	47	28	18	16	6	0	0	335
Baixa produtividade	68	48	53	65	42	23	7	4	310
Aprumos	88	74	55	34	15	1	0	0	267
Metrite, Mastite, Agalaxia	41	38	47	28	24	23	24	17	242
Aborto	0	53	36	24	11	5	6	2	137
Prolapso de útero	9	30	27	8	4	0	0	0	78
Total	653	1014	717	409	251	118	76	45	3283

Fonte: Do autor