

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

KELLYN ARETHA ZOTTI BARON

**ESTIMATIVA DE SUÍNOS DISPONÍVEIS PARA A VENDA EM UMA
UNIDADE PRODUTORA DE LEITÕES NO OESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2018

KELLYN ARETHA ZOTTI BARON

**ESTIMATIVA DE SUÍNOS DISPONÍVEIS PARA A VENDA EM UMA
UNIDADE PRODUTORA DE LEITÕES NO OESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Prof. Me. Edson Hermenegildo Pereira Junior

Coorientador: Prof. Dr. Samuel Bellido Rodrigues

Medianeira

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ**
CAMPUS MEDIANEIRA



Diretoria de Graduação
Nome da Coordenação de Engenharia de Produção
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

TERMO DE APROVAÇÃO

ESTIMATIVA DE SUÍNOS DISPONÍVEIS PARA A VENDA EM UMA UNIDADE PRODUTORA DE LEITÕES NO OESTE DO PARANÁ

Por

KELLYN ARETHA ZOTTI BARON

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 13:50 h do dia 08 de junho de 2018 como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Edson H. Pereira Júnior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
ORIENTADOR

Prof. Dr. Samuel Bellido Rodrigues
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
COORIENTADOR

Prof. Me. Peterson Diego Kuhn
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dra. Tásia Hickmann
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Sérgio Adelar Brum
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
COORDENADOR DO CURSO

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

A Deus, à minha mãe e ao meu esposo...

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, sem ele nada seria.

Ao Prof. Edson e Prof. Samuel, por todos ensinamentos e ajuda em todas as etapas do trabalho.

À minha mãe Nelise, pelo amor e esforço que dedicou a mim para me tornar o que hoje sou.

Ao meu esposo Rodrigo, pelas palavras de apoio e pelo ombro amigo em todas as fases desta etapa da minha vida.

Aos meus tios Dirceu e Joelmir, por todos os ensinamentos que me proporcionaram ao longo deste percurso.

Aos professores e colegas de curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

"Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez tão importante. "

Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

BARON, Kellyn Aretha Zotti. **Estimativa de suínos disponíveis para a venda em unidade produtora de leitões no oeste do Paraná.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

É notável o crescimento da suinocultura no Brasil e no mundo nos últimos anos. Para sobreviver ao mundo competitivo, é fundamental investir no gerenciamento da produção dos suínos para possibilitar maior êxito na atividade. Deste modo, torna-se importante a análise de dados e previsão de informações futuras para que possam auxiliar principalmente no planejamento e gestão financeira da empresa. Sendo assim, este trabalho teve como intuito utilizar ferramentas matemáticas para melhorar a estimativa de leitões disponíveis para a venda em uma unidade produtora de leitões localizada no oeste do Paraná. Para isto, foram analisados os indicadores de controle de processo da empresa individualmente e aplicados modelos estatístico-matemáticos de regressão linear e *Holt Winters* para estimar a quantidade de leitões disponíveis para a venda. O melhor método foi aquele que previu cada variável separadamente e compôs a equação final, porém devido a aplicabilidade na empresa resolveu-se realizar testes utilizando o método de regressão linear múltipla, que apresentou bons resultados. Por fim, gerou-se uma planilha visando facilitar a utilização da equação para auxiliar o gestor da empresa na análise dos dados resultantes da previsão e na gestão financeira da empresa.

Palavras-chave: indicadores de desempenho; previsão de demanda; suinocultura.

ABSTRACT

BARON, Kellyn Aretha Zotti. **Sale estimation of available pigs on a swine production unit in the west Paraná: 2018.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

It's remarkable the growing at swine production in Brazil and in all world in the last years. To be more competitive is important to invest on swine production management. In this way, becomes important the study of data and the prediction of futures informations to help on the planning and financial management. This study has the objective to apply statistical-mathematical tools to improve the sale estimation of available pigs in a swine production unit in the west Paraná. For this, the company process control's were used and statistical-mathematical tools were apply to estimate the quantity of available pigs for sale. The best method was the one that predicted each variable e compouse the final equation, however due its applicability at the company it was decided to perform tests using the multiple linear regression method, which also presents good results. Finally, a spreadsheet has been made to show the results and help the manager to analysis the resulting data.

Key-words: performance indicators; demand forecast; swine breeding.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|--------------------------------------|
| Figura 1 - Elementos de um sistema de produção | 15 |
| Figura 2 - Mecanismos de influência na produtividade | 18 |
| Figura 3 - Produção de carne suína no mundo em 2017 (mil ton) | 20 |
| Figura 4 - Produção de carne suína no Brasil em 2016 (mil ton) | 21 |
| Figura 5 - Evolução da produção de carne suína no Brasil (mil ton) | 22 |
| Figura 6 - Sistema produtivo de suínos | 26 |
| Figura 7 - Perspectivas do BSC | 34 |
| Figura 8 - Sistema genérico de passos para o processo de previsão | 37 |
| Figura 9 - Processo interativo de pesquisa | 39 |
| Figura 10 - Métodos de previsão de demanda | 44 |
| Figura 11 - Classificação da pesquisa | 54 |
| Figura 12 - Etapas da pesquisa | 56 |
| Figura 13 - Fluxo de produção | 57 |
| Figura 14 - Resumo das variáveis para o cenário 1 | 60 |
| Figura 15 - Resumo das variáveis para o segundo cenário | 61 |
| Figura 16 - Resumo das variáveis para o terceiro cenário | 62 |
| Figura 18 – Fluxo de produção para a semana 13..... | Erro! Indicador não definido. |
| Figura 19 - Modelo para planilha Excel® | 96 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Demanda com padrão de tendência..... | 42 |
| Gráfico 2 - Demanda com padrão sazonal..... | 43 |
| Gráfico 3 - Real <i>versus</i> Previsto variável x_3 para a semana 13..... | 68 |
| Gráfico 4 – Real <i>versus</i> Previsto – Total de nascidos vivos para a semana teste | 71 |
| Gráfico 5 - Dados reais para x_4 e x_7 | 72 |
| Gráfico 6 - Previsão de valores dentro da amostra para a variável x_6 | 75 |
| Gráfico 7 - Dados para desmame e venda..... | 76 |
| Gráfico 8 - Previsão de valores dentro da amostra para a variável x_8 | 80 |
| Gráfico 9 - Comparação de métodos para a variável x_3 | 81 |
| Gráfico 10 - Comparação de métodos para a variável x_4 | 82 |
| Gráfico 11 – Comparação real <i>versus</i> previsto e erro dados totais cenário 3 | 93 |
| Gráfico 12 - Comparação real <i>versus</i> previsto e erro semanas 13 à 26 | 95 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Dados agrupados para quantidade de coberturas e estimativa de partos | 65 |
| Tabela 2 - Correlação de <i>Pearson</i> entre x_1 e x_3 | 66 |
| Tabela 3 – Resultados da regressão teste entre x_1 e x_3 | 67 |
| Tabela 4 - Dados agrupados para a x_3 e x_4 | 69 |
| Tabela 5 - Correlação de <i>Pearson</i> entre as variáveis x_3 e x_4 | 69 |
| Tabela 6 - Resultados regressão teste entre as variáveis x_3 e x_4 | 70 |
| Tabela 7 - Correlação de <i>Pearson</i> entre as variáveis x_4 e x_7 | 71 |
| Tabela 8 - Correlação de <i>Pearson</i> entre as variáveis x_4 e x_6 | 73 |
| Tabela 9 - Resumo dos resultados regressão múltipla entre x_4 , x_6 e x_7 | 73 |
| Tabela 10 – Erros quadráticos médios para a variável x_7 | 74 |
| Tabela 11 - Erro quadrático médio para a variável x_6 | 74 |
| Tabela 12 - Correlação de <i>Pearson</i> entre a variáveis x_7 e x_9 | 77 |
| Tabela 13 – Resumo dos resultados da regressão múltipla entre x_9 , x_7 e x_8 | 77 |
| Tabela 14 - Erro quadrático médio para a variável x_9 | 78 |
| Tabela 15 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 1 | 78 |
| Tabela 16 - Erro quadrático médio para a variável x_6 | 83 |
| Tabela 17 - Valores das constantes para a variável x_6 cenário 2 | 83 |
| Tabela 18 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 2 | 84 |
| Tabela 19 - Valores das constantes para a variável x_8 cenário 2 | 85 |
| Tabela 20 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 3 | 85 |
| Tabela 21 - Valores das constantes para a variável x_8 cenário 3 | 86 |
| Tabela 22 - Correlação de <i>Pearson</i> entre as variáveis x_1 e x_3 | 87 |
| Tabela 23 – Resultados da regressão simples entre as variáveis x_1 e x_3 | 88 |
| Tabela 24 – Correlação de <i>Pearson</i> entre as variáveis x_3 e x_4 | 89 |
| Tabela 25 - Resultados da regressão simples entre as variáveis x_3 e x_4 | 90 |
| Tabela 26 - Regressão múltipla todas as variáveis reais até o cenário 3 | 92 |
| Tabela 27 - Métodos de Holt Winters variável x_9 | 93 |
| Tabela 28 - Resultados para a semana 13 | 94 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|--|
| ABCS | Associação Brasileira de Criadores de Suínos |
| BNDES | Banco Nacional do Desenvolvimento |
| BSC | <i>Balanced Scorecard</i> |
| CEPEA | Centro de estudos avançados em economia aplicada |
| CNA | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| MSE | <i>Mean Square Error</i> |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| UPL | Unidade Produtora de Leitões |
| USDA | <i>United States Department of Agriculture</i> |
| UT | Unidade de Terminação |

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL | 14 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 3. | REVISÃO DE LITERATURA | 15 |
| 3.1 | SISTEMAS DE PRODUÇÃO | 15 |
| 3.1.1 | Classificação dos Sistemas de Produção | 16 |
| 3.2 | PRODUTIVIDADE | 17 |
| 3.3 | SUINOCULTURA..... | 19 |
| 3.3.1 | Evolução da Suinocultura | 19 |
| 3.3.2 | Sistema Produtivo de Suínos..... | 22 |
| 3.3.3 | Gerenciamento de Informações em Granjas Suínas | 25 |
| 3.3.4 | Etapas do Processo Produtivo | 26 |
| 3.3.4.1 | Recria..... | 26 |
| 3.3.4.2 | Gestação..... | 27 |
| 3.3.4.3 | Maternidade | 28 |
| 3.3.4.4 | Creche | 30 |
| 3.3.4.5 | Terminação | 31 |
| 3.3.5 | Indicadores Produtivos em Granjas Suínas..... | 31 |
| 3.4 | MEDIDAS DE DESEMPENHO | 33 |
| 3.4.1 | <i>Balanced Scorecard</i> | 34 |
| 3.5 | PREVISÃO DA DEMANDA..... | 35 |
| 3.6 | ESTATÍSTICA..... | 38 |
| 3.6.1 | Coleta e Organização de Dados | 38 |
| 3.6.2 | Estatística Descritiva..... | 39 |
| 3.6.2.1 | Medidas de posição | 39 |
| 3.6.3 | Correlação de Variáveis..... | 40 |
| 3.6.3.1 | Correlação de <i>Pearson</i> | 40 |
| 3.6.4 | Séries Temporais..... | 41 |
| 3.6.5 | Tendência e Sazonalidade..... | 41 |
| 3.6.6 | Métodos de Previsão | 43 |
| 3.6.6.1 | Regressão linear simples..... | 45 |
| 3.6.6.2 | Regressão linear múltipla..... | 46 |
| 3.6.6.3 | Suavização exponencial simples | 47 |
| 3.6.6.4 | Suavização exponencial dupla..... | 47 |
| 3.6.6.5 | Método de Holt Winters..... | 49 |
| 3.6.7 | Erros de previsão..... | 51 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS | 53 |
| 4.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA | 53 |
| 4.2 | METODOLOGIA DA PESQUISA | 53 |
| 4.3 | ETAPAS DA PESQUISA..... | 55 |
| 4.4 | MÉTODO ATUAL DE PREVISÃO UTILIZADO PELA EMPRESA | 57 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 63 |
| 5.1 | DADOS | 63 |
| 5.1.1 | Análise dos dados da semana 13 para validação dos modelos..... | 63 |
| 5.1.2 | Dados totais..... | 86 |
| 5.1.3 | Métodos de Previsão Direta Para a Quantidade de Leitões Descrechados | |

| | | |
|---------------------|--|------------|
| 5.1.4 | Comparação de Resultados Para a Semana 13..... | 94 |
| 5.1 | PLANILHA PARA GERAR RESULTADOS | 95 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 98 |
| APÊNDICE (A) | | 109 |
| APÊNDICE (B) | | 110 |
| APÊNDICE (C) | | 111 |
| APÊNDICE (D) | | 112 |
| APÊNDICE (E) | | 113 |
| APÊNDICE (F) | | 114 |
| APÊNDICE (G) | | 115 |
| APÊNDICE (H) | | 116 |
| APÊNDICE (I) | | 117 |
| APÊNDICE (J) | | 118 |

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é a atividade pecuária que mais se desenvolveu no Brasil, atualmente o país é o quarto maior produtor e exportador mundial deste tipo de carne, porém o acelerado crescimento trouxe alta competitividade e margens lucrativas baixas aos produtores. Deste modo, torna-se impossível a sobrevivência de granjas suínas¹ com gestão ineficiente. Assim, é importante avaliar minuciosamente os dados da empresa a fim de propiciar uma gestão eficiente, permitindo um planejamento à longo prazo (DIAS et al, 2011; SOUZA et al, 2013; ROHR; COSTA; COSTA, 2016).

Partindo desta ideia, percebe-se a importância do uso de ferramentas matemáticas para análise de dados e previsão de demanda no processo produtivo de suínos. Conforme Crespo (2009), a estatística vem se tornando cada vez mais importante dentro das empresas, ela é composta de modelos que, segundo Flores (2009) ajudam a antever informações que auxiliam na tomada de decisão.

Com o objetivo de sobreviver ao mundo competitivo, as empresas têm buscado novas alternativas para o planejamento e controle de produção. De acordo com Jacobs (2011) e Werner e Ribeiro (2006), este processo é facilitado com a previsão de demanda, que torna viável a estimativa de consumo de matéria prima e também da lucratividade da organização. Outra ferramenta que auxilia na tomada de decisão são os indicadores de desempenho. Estes servem para medir o desempenho da produção, auxiliando na gestão da empresa tornando-a mais competitiva (KAPLAN; NORTON,1997).

Com a finalidade de crescer no mercado, percebe-se a necessidade de melhorar o controle do processo. Deste modo, torna-se importante o estudo dos indicadores de desempenho, para gerar a previsão de demanda.

A empresa na qual este trabalho foi realizado já possui um sistema de previsão de demanda, porém, objetivou-se melhorar este processo, a partir da aplicação de diversos métodos matemáticos que geram a estimativa da quantidade de suínos disponíveis para a venda. E, com estes resultados, possibilitar ao gestor da empresa a determinação de outros parâmetros fundamentais para o processo produtivo em questão.

¹ Granja suína é definida como o local que produz suínos (DIAS et al, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar um modelo estatístico-matemático para gerar a previsão de suínos disponíveis para a venda em uma unidade produtora de leitões no oeste do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Definir indicadores de desempenho que compõem os parâmetros de cálculo de produção.
- b) Aplicar ferramentas estatísticas para mensurar a previsão de suínos disponíveis para a venda.
- c) Desenvolver planilha de indicadores para auxiliar na gestão da granja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Os sistemas de produção evoluíram muito no decorrer dos anos. O primeiro a existir foi o antigo e era característico do povo Hebreu e Sumério, nesta época foram construídas as pirâmides e também, deu-se início ao registro de estoques. O segundo, foi conhecido como feudal, onde tudo era produzido domesticamente. O sistema de produção europeu caracterizou-se pela divisão e especialização do trabalho. E por último, o americano, onde introduziu-se as máquinas e ferramentas no processo produtivo, consolidou-se a linha de montagem e o processo passou a ser orientado para o produto (FERNANDES E GODINHO FILHO, 2010).

A Figura 1, mostra os principais elementos de um sistema produtivo, segundo Moreira (2004):



Figura 1 - Elementos de um sistema de produção
Fonte: Adaptado de Moreira (2004)

Conforme a Figura 1, para Moreira (2004) um sistema produtivo tem como objetivo principal, transformar insumos (*inputs*) em saídas (*outputs*), que podem ser na forma de bem ou serviço. Para isso, segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), o sistema produtivo utiliza-se de elementos humanos, físicos e procedimentos.

O insumo é o recurso utilizado para ser transformado em produto acabado. O processo de transformação altera a composição e a forma do insumo para obter um produto acabado. E produto é o resultado final obtido nesta transformação (MOREIRA, 2004).

Produtos são os bens fabricados classificados como tangíveis e geralmente tem a produção orientada para o produto, como por exemplo: carro ou bola. Serviço é um bem gerado pelo processo produtivo que é intangível e geralmente é orientado para a ação, como transporte de pessoas ou produção de filmes (TUBINO, 2007).

3.1.1 Classificação dos Sistemas de Produção

A classificação dos sistemas produtivos visa facilitar o entendimento dos mesmos e a complexidade de suas atividades. Os sistemas de produção geralmente são classificados pelo grau de padronização do produto e fluxo que o produto percorre até o final do processo (MOREIRA, 2004; TUBINO, 2007).

A primeira classificação é dos sistemas de produção contínuos, para Moreira (2004) caracterizam-se pela alta produção, baixa variabilidade de produtos, curto *lead time* e baixo custo de produção. Apresentam fluxo de produção contínuo e em linha. Conforme Tubino (2007) estes motivos levam a fácil ocorrência da automatização do processo. A mão de obra utilizada somente conduz a fábrica e realiza a manutenção das instalações. Exemplo: produção de energia elétrica, petróleo, entre outros.

Moreira (2004) ainda subdivide esta primeira classificação em dois tipos, o de produção em massa, onde se fabricam diversos tipos de produtos, e a produção contínua propriamente dita, onde os processos são automatizados e com alto grau de padronização, inviabilizando a produção de uma variedade de produtos.

O segundo é o sistema de produção em massa, que segundo Tubino (2007) assemelha-se muito aos sistemas contínuos, tem como características a produção em alta escala e de produtos altamente padronizados, porém, neste tipo, a produção não pode ser totalmente automatizada, ou seja, depende de mão de obra. Em geral, a demanda é estável, e isso possibilita a montagem de estrutura altamente especializada e pouco flexível. Exemplos: abate e beneficiamento de suínos, gado e aves, produção de eletrodomésticos, entre outros.

O sistema de produção em lotes, conforme Tubino (2007), caracteriza-se por um volume de produção médio de produtos padronizados por lotes. Este tipo de sistema produtivo deve ser flexível, visando atender flutuações de demanda. Para

Moreira (2004) este tipo de sistema de produção é chamado de intermitente, pois é flexível a troca de produto ao finalizar o processo de produção de um lote. Exemplos: fornecedores de empresas automobilísticas e eletrodomésticas, departamentos de usinagem, entre outros.

A última classificação para Moreira (2004) é a produção para grandes projetos, neste tipo de produção não há fluxo de produto e nem repetitividade de tarefas. Cada projeto é único e atende ao pedido específico de cada cliente. Exemplo: fabricação de prédios, navios, entre outros.

Moreira (2004) acrescenta outra divisão apresentada como classificação Cruzada de *Schroeder*, que subdivide os sistemas apenas pelo fluxo do produto. O sistema orientado para estoques é aquele que sempre tem produto disponível para o cliente. Este tipo de sistema tem um baixo custo para o produto e rápido atendimento ao pedido do cliente, porém, não há possibilidade de customização no produto. O outro tipo de classificação que Tubino (2004) também apresenta, é o processo orientado para encomenda, ou seja, a produção irá ocorrer conforme o pedido do cliente e com as características que o mesmo especificar. Neste caso, o grande problema enfrentado é o prazo de entrega, que geralmente é alto.

Hoje, com a exigência do mercado, a tendência é orientar a produção para o mercado, onde o cliente que direciona a produção, ou seja, produz-se aquilo que o cliente necessita (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

3.2 PRODUTIVIDADE

O conceito de produtividade vem se tornando cada vez mais comum dentre as empresas (MOREIRA, 2004). Segundo Corrêa e Corrêa (2012) e Martins e Laugeni (2013) este conceito mede a relação entre as entradas e as saídas. E, determinará o quanto é possível produzir com determinada quantidade de insumos (MOREIRA, 2004).

Para Martins e Laugeni (2013) a administração da produtividade é o processo formal de gestão, com o objetivo de reduzir os custos da produção. Envolve toda a organização desde os gerentes até os colaboradores. Em complemento,

Moreira (2004) comenta que ao administrar a produtividade é possível aumentar a lucratividade da empresa, e assim a mesma terá condições de investimento e melhorar a competitividade.

As medidas de produtividade, conforme Moreira (2004), geralmente são utilizados como ferramenta gerencial, como instrumento de motivação para os colaboradores e como comparação entre empresas do mesmo ramo em diferentes locais.

A Figura 2 mostra os benefícios do aumento da produtividade.



Figura 2 - Mecanismos de influência na produtividade
Fonte: Adaptado de Moreira (2004)

A Figura 2 mostra os mecanismos de influência da produtividade, ou seja, os fatores que irão sofrer influência no caso de mudança na produtividade. Se a empresa implementar projetos de melhoria de processo para aumentar a produção consequentemente irá diminuir os custos, melhorar a competitividade, aumentar os lucros e crescer no mercado. E o crescimento também gera aumento na competitividade (MOREIRA, 2004).

Em geral, o Brasil utiliza o índice de produção de mão de obra como indicador de desempenho. A melhoria na produtividade gera diversos benefícios como: aumento no lucro da empresa, maiores salários, menores preços, entre outros. Para medir a produtividade são utilizados indicadores propostos por cada tipo de organização (MARTINS; LAUGENI, 2013).

De acordo com Moreira (2004) a produtividade é calculada conforme Equação (1).

$$Prod = \frac{Q}{I} \quad (1)$$

Onde:

Prod = produtividade no período;

Q = produção no período;

I = insumos utilizados no período.

3.3 SUINOCULTURA

A suinocultura é uma das ramificações da Zootecnia e objetiva a criação, reprodução e seleção dos suínos. Com a evolução da atividade, hoje a produção de suínos e normalmente é voltada para o abate ou reprodução (EMBRAPA, 1998; BARRETO, 1987).

3.3.1 Evolução da Suinocultura

As primeiras histórias sobre domesticação de suínos ocorreram há cerca de nove mil anos atrás, na Ásia Menor, onde hoje é localizada a Turquia. Naquela época os animais eram chamados de javalis e evoluíram significativamente com o passar dos anos, sofrendo diversas mutações genéticas (ARAGÃO, 2016).

Conforme Dias, Silva e Manteca (2014), o suíno obteve grande dispersão mundial pelo fato de ter ciclos reprodutivos baixos, alta fecundidade e facilidade de resposta às mudanças genéticas. Barreto (1987) considera o suíno como a espécie mais prolífera dentre os animais de médio e grande porte.

Os primeiros suínos foram resultados de cruzamentos realizados em Portugal. Durante a colonização do Brasil os portugueses trouxeram os animais para o país, e aqui os produtores cruzaram raças e fizeram novas linhagens genéticas deste animal (NEVES et al, 2016).

Primeiramente a banha foi o principal foco de consumo para a produção do suíno e aos poucos, foi se introduzindo o consumo deste tipo de proteína animal na mesa da população brasileira (NEVES et al, 2016; ATIVOS SUINOCULTURA, 2015).

Segundo Souza et al (2013), a suinocultura é um dos segmentos mais importantes para a economia brasileira. Em menos de quarenta anos ela passou de uma atividade complementar à uma atividade empreendedora e econômica para os produtores rurais (VIDAL, 2017).

Segundo Aragão (2016) a suinocultura é considerada uma das atividades que mais cresceu e se aperfeiçoou ao longo dos anos no agronegócio brasileiro. Percebe-se isto pelo aumento na exportação de carne suína, aumento do consumo da carne pela população brasileira e também pela alta quantidade de empregos que a suinocultura vêm trazendo ao país. Isso se deve pelo fato da carne suína ter conquistado alto padrão de qualidade à nível mundial (DIAS; SILVA; MANTECA, 2014).

A Figura 3 mostra a posição do Brasil na produção de carne suína no mundo em 2017, com dados da USDA (*United States Department of Agriculture*).

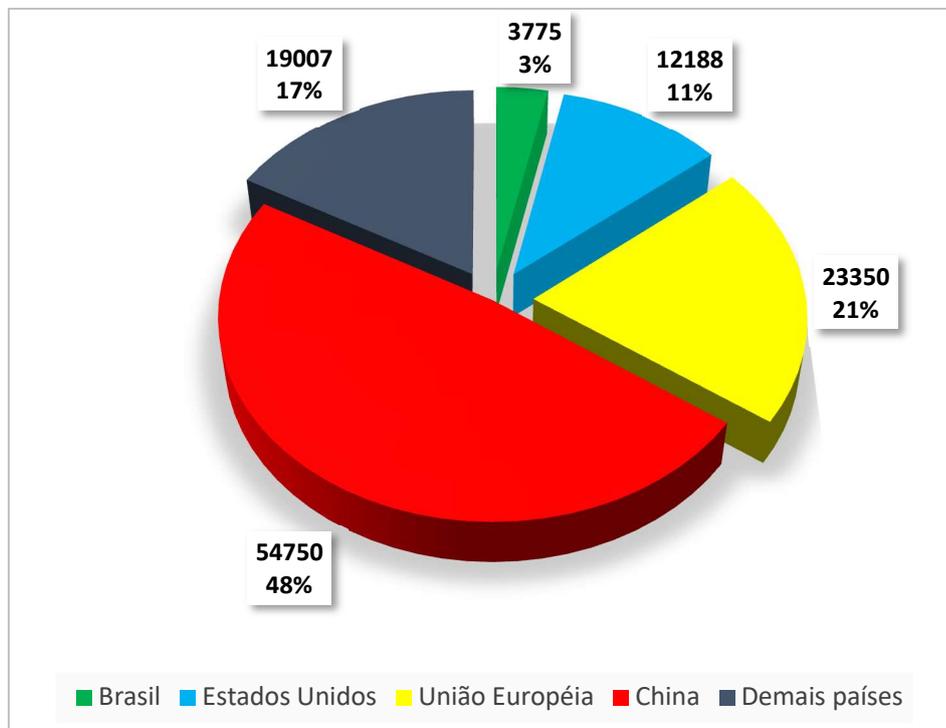


Figura 3 - Produção de carne suína no mundo em 2017 (mil ton)
Fonte: Autoria própria com dados da USDA

Por meio da Figura 3 percebe-se que a China é o maior produtor de carne suína no mundo, detendo quase metade da produção mundial, seguido da União Europeia e Estados Unidos. O Brasil ocupa a quarta posição neste *ranking*, sendo responsável por aproximadamente 3% da produção mundial (GERVÁSIO, 2017).

A suinocultura se desenvolveu muito, principalmente na região sul do país, devido à grande disponibilidade de grãos, que são insumos base para a alimentação deste animal, pela alta disponibilidade de mão de obra e também, pela ajuda financeira que o Estado concede aos criadores. A Figura 4 mostra a produção de suínos de estado brasileiro (SOUZA et al, 2013).

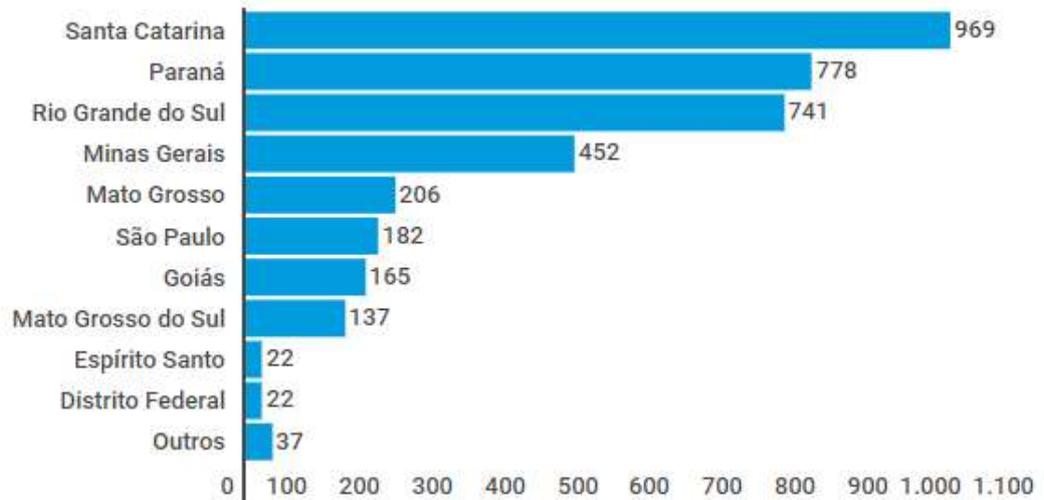


Figura 4 - Produção de carne suína no Brasil em 2016 (mil ton)
Fonte: EMBRAPA (2017)

Pela análise da Figura 4 é notável que o estado de Santa Catarina é o líder na produção de suínos no Brasil com cerca de 26% do total produzido no país, seguido do Paraná com cerca de 21% e Rio Grande do Sul com aproximadamente 20%. Somente a região sul do país detém cerca de 67% da produção de suínos de todo o país. Percebe-se também que os estados do norte e nordeste não têm nenhuma participação neste *ranking* (GERVÁSIO, 2017; EMBRAPA, 2017).

Segundo Saab e Cláudio (2010), a suinocultura vem evoluindo significativamente nas áreas de inseminação, melhoramento genético, biossegurança

e sanidade. Em complemento Vidal (2017), comenta sobre evolução em treinamentos, estudo de viabilidade de mercado e automatização do sistema produtivo.

Conforme Aragão (2016) todos estes fatores ajudaram a transformar o Brasil em uma das maiores potências mundiais do ramo. A Figura 5 apresenta a evolução da produção de carne suína no Brasil entre os anos de 2000 e 2016.

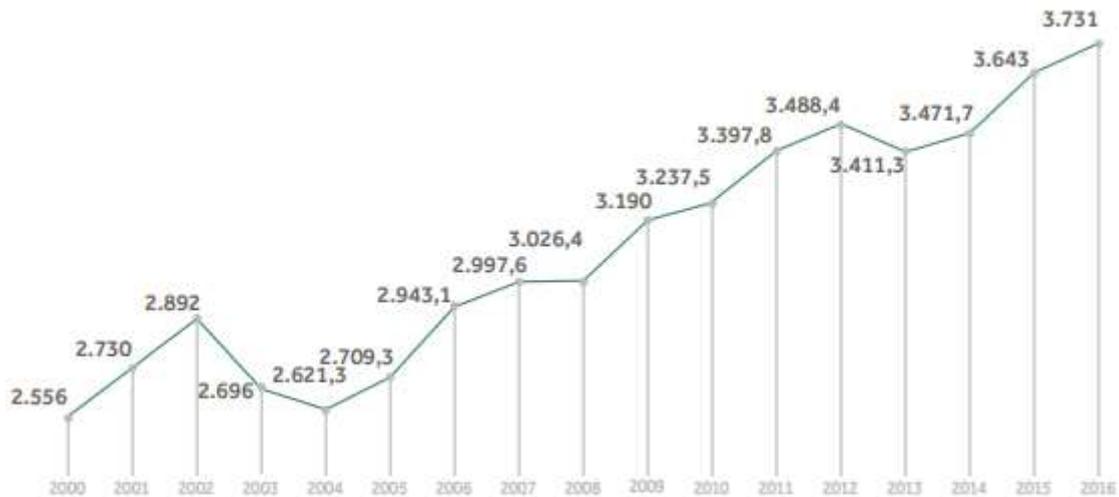


Figura 5 - Evolução da produção de carne suína no Brasil (mil ton)
Fonte: Associação brasileira de proteína animal (2017) p. 24

A Figura 5 evidencia a evolução da produção da carne suína no Brasil entre os anos de 2000 e 2016. Houve um aumento de cerca de 68% na produção de carne suína nestes 16 anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2017).

O consumo de carne suína no Brasil também evoluiu significativamente nos últimos anos. Porém, apesar da evolução, ainda ocupa a terceira posição no *ranking* de consumo, atrás da carne bovina e de frango. O principal fator que levou a este aumento foi o elevado crescimento no consumo de produtos processados, como por exemplo presunto, salsicha, salame, entre outros (SOUZA et al, 2013).

3.3.2 Sistema Produtivo de Suínos

O sistema produtivo de suínos se subdivide em diversas etapas correlacionadas com um objetivo comum, que é a produção de leitões. Os

componentes básicos deste sistema são: produtor, animais, alimentação, manejo, instalações, equipamentos e sanidade (EMBRAPA, 1998; INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO, 2004).

Antigamente, o processo produtivo de suínos envolvia etapas desde a criação, abate até a comercialização dos animais. Com o desenvolvimento da suinocultura, ocorreu o avanço da cadeia produtiva que ficou conhecido como especialização e setorização. Neste tipo de cadeia produtiva, o processo é altamente especializado e formado por diversas etapas separadas (ARAGÃO, 2016).

Segundo Amaral et al (2017) e Upnmoor (2000), um dos avanços ocorridos neste âmbito de especialização e setorização foi a fragmentação da cadeia produtiva de suínos, classificando-se em: UPL (unidade produtora de leitões) e UT (unidade de terminação). Conforme Souza et al (2013), este tipo de divisão é comum entre as integradoras do sul do país e está avançando para os demais estados brasileiros.

Amaral et al (2017) define UPL como o local que produz os leitões até a saída da creche e UT como o setor que recebe leitões da UPL que responsável pelo crescimento e terminação do leitão até o abate. Apesar de todo este avanço de especialização e setorização, ainda existem os produtores de ciclo completo, que são aqueles que abrigam todas as fases da cadeia produtiva de suínos desde a UPL até UT (OSTROSKI; PETRY; GALINA, 2006).

Segundo Neves et al (2016), a cadeia produtiva de suínos desde produção até a venda, se subdivide em três fases. A primeira delas é a etapa antes da granja, que inclui todos os insumos necessários para criação do animal. A etapa dentro da granja, onde ocorrem as atividades da criação dos suínos. E a etapa pós granja, que inclui o processamento e a comercialização do produto.

O fluxo produtivo de suínos pode ser manejado por bandas semanais, onde separa-se as fêmeas de acordo com a fase reprodutiva em que se encontram, permitindo assim formar grupos que serão inseminados, terão partos e desmame sincronizados na mesma semana dentro do grupo e diferentes semanas entre os grupos (FONTANA et al, 2014).

Para Correa et al (2001), o manejo por semanas é o mais indicado, pois gera o melhor aproveitamento das instalações. Também facilita o controle de doenças, pois permite a realização de limpeza e desinfecção de toda a instalação no período entre entrada e saída de um grupo de animais. Em complemento Fontana et al (2014) afirma que este manejo permite o vazio sanitário, que é considerado primordial para

a sanidade do rebanho. Segundo Ferreira et al (2014), este tipo de manejo ainda possibilita o melhor controle da reprodução, visto que facilita o controle de cio e o planejamento das coberturas.

Para Ferreira et al (2014) e Souza et al (2013), existe uma classificação quanto ao tipo de sistema produtivo da suinocultura, onde é dividida em intensiva ou extensiva. A última é definida como sendo a suinocultura de subsistência, onde não há controle de produção e de dados. Já a intensiva é aquela onde existe preocupação com a produtividade e viabilidade do negócio, chama-se de suinocultura tecnificada. A tendência é que a suinocultura intensiva desapareça e dê lugar à suinocultura extensiva.

Outra classificação, do ponto de vista da cadeia produtiva, divide os produtores em integrados e independentes. Produtores integrados são aqueles que possuem vínculo em forma de contrato com alguma empresa que é chamada de agente facilitador. O agente facilitador é na maioria das vezes uma agroindústria que se encarrega de fornecer serviços como ração, genética, logística e assistência técnica e depois compra o animal ou repassa-o para o abate. Este tipo de integração é predominante na região sul do país e crescente nos demais estados. Os produtores independentes não possuem este vínculo e são responsáveis por todas as etapas da cadeia produtiva (SAAB; CLÁUDIO, 2010; GUIMARÃES et al, 2017; MIELE; WAQUIL, 2012; SOUZA et al, 2013).

Para Neves et al (2016) todas as fases da cadeia produtiva de suínos interagem diretamente com o agente facilitador, que contribui para o bom andamento e desempenho da cadeia produtiva. Fatores como a procedência de animais disponíveis e capacitação do produtor, são fundamentais para o bom andamento do processo e envolvem diretamente o agente facilitador da cadeia produtiva (INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO, 2004).

Graças ao exigente controle de biossegurança, sanidade animal e transporte, o Brasil é praticante de um dos mais rigorosos controles sanitários animais à nível de padrão internacional (ARAGÃO, 2016).

3.3.3 Gerenciamento de Informações em Granjas Suínas

No cenário atual da agroindústria não há espaço para gestão amadora no processo suinícola, somente empresas com gestão eficiente serão capazes de sobreviver ao mercado competitivo (FERREIRA et al, 2014).

Alta produtividade e baixo custo aliados à qualidade no produto final são fundamentais para o processo produtivo de suínos. Com isso, torna-se fundamental medir o desempenho do rebanho (FERREIRA et al, 2014; EMBRAPA, 1999).

Conforme Oliveira (2012), a coleta e organização de dados de processo são fundamentais para uma boa gestão. Estes dados devem ser coletados para cada matriz individualmente e, alimentar planilhas de preferência informatizadas para que possam emitir relatórios e com exatidão saber onde estão ocorrendo problemas dentro do processo produtivo (ALFIERI et al, 2010).

As vantagens da utilização de um sistema informatizado em granjas suínas são inúmeras. A utilização deste tipo de tecnologia permite relatórios precisos, que auxiliarão na tomada de decisão, produzindo informações completas, além de possuírem vasta possibilidade de relatórios e também, poderem ser utilizados em conjunto com outros programas compatíveis (EMBRAPA, 1998).

Para Souza et al (2013), é necessário o controle minucioso de tudo que acontece dentro da granja. Para isso, é imprescindível a utilização de formulários para coletar as informações. Segundo Ferreira et al (2014), a coleta dos dados para alimentação do sistema deve ser de responsabilidade dos funcionários da empresa e o gerenciamento e alimentação destes dados no sistema é de responsabilidade do gerente.

Para o bom andamento da granja é importante estabelecer metas que servirão para acompanhar o andamento da produção e gerenciar o alcance de resultados. Por meio destes resultados pode-se fazer planos de ação para melhorar o desempenho das atividades (DIAS et al, 2011).

Para Ferreira et al (2014), as metas devem visar um desempenho maior do que o alcançado anteriormente e devem sempre ser discutidas e modificadas

conforme a necessidade. Neste contexto, o conceito de *Benchmarking*² torna-se fundamental no estabelecimento das metas, utilizando do *Benchmarking* é possível estabelecer metas comparando o processo produtivo da empresa com outras que tenham o processo similar.

3.3.4 Etapas do Processo Produtivo

A Figura 6 mostra as quatro etapas do processo produtivo de suínos.



Figura 6 - Sistema produtivo de suínos
 Fonte: Adaptado de Rodrigues e Oliveira (2017)

O processo produtivo de uma unidade produtora de leitões conforme a Figura 6, classifica-se em cinco etapas: recria, gestação, maternidade, creche e terminação, e as seções seguintes explicarão detalhadamente cada uma destas etapas (INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO, 2004; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2017).

3.3.4.1 Recria

O setor recria é responsável pelo recebimento e acompanhamento de marrãs³ até a puberdade, onde as fêmeas serão levadas para inseminação

² *Benchmarking*: é o processo de comparação entre o produto da empresa diante dos líderes do mercado naquele segmento (MARTINS e LAUGENI, 2013).

³ Fêmea suína jovem, que ainda não foi inseminada (DICIONÁRIO, 2017).

(FERREIRA et al, 2014). Conforme Dias et al (2011), o setor recria abriga os animais desde a saída da creche até aproximadamente os 110 dias de vida.

Conforme Souza et al (2013), as leitoas de reposição são as fêmeas que serão as próximas reprodutoras da granja. Por este motivo, a preocupação com a qualidade da origem das fêmeas de reposição é cada vez maior, visto que, este fator é crucial na produtividade do animal ao longo da vida. É fundamental garantir o ótimo estado físico das fêmeas que chegam na puberdade. O manejo correto das fêmeas nesta fase é fundamental para a obtenção do maior número de leitões nascidos vivos e para o maior número de partos da fêmea. Por este motivo, a seleção de fêmeas de reposição é feita logo após o nascimento, e desde este momento, os animais recebem um acompanhamento diferenciado (FERREIRA et al, 2014).

3.3.4.2 Gestação

A gestação é definida como o período compreendido entre a fecundação e o parto, e, no caso de leitões, dura em média 114 dias (MAGNABOSCO et al, 2017).

Este setor é responsável pela inseminação das fêmeas. Neste setor são alojadas todas as fêmeas de reposição, que vem do setor recria, e também, as fêmeas que vieram da maternidade recém desmamadas (CORREA et al, 2001).

Segundo a Embrater (1982) as fêmeas devem ficar em baias intercaladas com machos, para estímulo sexual e quando estas entram no cio é realizada a inseminação, que ocorre em média de 3 a 4 doses para garantir o sucesso da inseminação. As fêmeas ficam na gestação até a proximidade dos dias do parto, e após, são levadas à maternidade.

Segundo Correa et al (2001), a inseminação artificial aumentou significativamente nos últimos anos no Brasil. As principais razões por ela estar sendo utilizada são: maior higienização, conhecimento da qualidade do sêmen, aceleração do melhoramento genético e constituição de barreira sanitária. Para o perfeito sucesso da inseminação o funcionário deve estar bem preparado, ter amplo conhecimento sobre a atividade, deve-se ter um acondicionamento adequado para o sêmen, a granja deve trabalhar relacionando-se com o laboratório e também saber exatamente o momento certo para a inseminação. Se o procedimento de inseminação for mal

executado pode causar problemas como: retorno ao cio, problemas no parto, sequelas na vulva da fêmea, entre outros.

O peso do leitão no nascimento é diretamente ligado à taxa de sobrevivência e capacidade de desenvolvimento ao longo de sua vida. O fornecimento adequado de nutrientes na ração em cada etapa de gestação da matriz pode melhorar a qualidade da lactação e conseqüentemente a possibilidade de desenvolvimento de um leitão mais sadio e uniforme. Por estes motivos o manejo das fêmeas no setor gestação é fundamental para o bom desempenho das matrizes e dos leitões na maternidade (ALFIERI, et al, 2010).

3.3.4.3 Maternidade

A maternidade é o setor que recebe as matrizes cerca de três a sete dias antes da data prevista para o parto, que geralmente ocorre por volta do 114º dia após a inseminação. Dentre os principais objetivos da maternidade estão o desmame da maior quantidade de leitões sadios, com bom peso e também, desmamar matrizes saudáveis para atingir o melhor desempenho em sua próxima gestação (CORREA et al, 2001; CASTRO; MURGAS, [199-]; ALFIERI et al, 2010).

É considerado o setor mais complexo em uma granja de suínos, pois, em seu ambiente há duas classes de suínos com exigências ambientais bem diferentes. A manipulação correta da leitegada⁴ é um fator decisivo para o sucesso do leitão em suas fases posteriores e o cuidado com a fêmea irá influenciar diretamente em sua próxima gestação (ALFIERI et al, 2010).

Segundo Castro e Murgas [199-] e Magnabosco et al (2017) a preparação das fêmeas para o parto inicia-se na transferência para a maternidade, que já deve estar limpa, desinfetada e em vazio sanitário. O transporte para a maternidade deve ocorrer cerca de três a cinco dias antes da data prevista para o parto, é necessário conduzi-las com calma, sem estresse e de preferência individualmente ou em pequenos grupos.

⁴ Conjunto de leitões que nasceram no parto (DICIONÁRIO, 2017).

Para Alfieri et al (2010), na maternidade todas as ações devem estar voltadas para o atendimento ao parto, visando o maior número de leitões nascidos vivos e deve-se prestar assistência os mesmos durante suas primeiras mamadas até que eles se tornem independentes. Dias et al (2011) e Magnabosco et al, (2017) comentam que o atendimento aos partos e leitões logo após o nascimento é fundamental para garantir a sobrevivência do maior número de animais, auxiliando o mesmo a mamar, ajudando a controlar o frio que o leitão sente e também intervindo sobre partos problemáticos. Em complemento Correa et al (2001) diz que o atendimento aos leitões recém-nascidos reduz significativamente as perdas, que ocorrem em maior quantidade na primeira semana de vida.

Segundo Dias et al. (2011), a placenta suína não permite a passagem de anticorpos da fêmea para os filhotes. Assim, o leitão nasce com baixa imunidade. Deste modo, conforme Correa et al (2001), é essencial a ingestão do colostro no filhote recém-nascido, pois ele fornecerá anticorpos da fêmea para o filhote, e isso, é um fator crucial para o bom desenvolvimento do leitão ao longo de sua vida.

Alguns manejos devem ser efetuados no leitão em sua primeira semana de vida, como por exemplo, treinamento do leitão para uso do escamoteador, que reduzirá o risco de morte por esmagamento e também o manterá aquecido, corte de cauda para evitar o canibalismo durante o crescimento, desgaste do dente para evitar machucar o aparelho mamário da fêmea e machucar os demais leitões, aplicação de ferro para melhorar a saúde do animal, aplicação de vacinas antimicrobianas de forma preventiva e castração para evitar odor e sabor desagradável na carne (ALFIERI, et al, 2010).

Conforme Correa et al (2001), é comum ocorrência de transferência de leitões de uma fêmea para outra, que acontece quando a fêmea tem muitos filhotes, ou então, para uniformizar a leitegada por peso ou tamanho.

A transferência dos leitões para a creche deve ser efetuada com cuidado, sem causar estresse aos animais e não os expondo a intempéries. Eles devem ser levados em pequenos grupos, de no máximo quarenta animais por vez e separados por sexo. É importante separar os animais homogeneamente por tamanho e uniformidade para que eles possam se desenvolver de forma melhor (ROHR; COSTA; COSTA, 2016).

3.3.4.4 Creche

O setor creche é responsável pelo crescimento e engorda do leitão. O desmame é considerado o momento mais crítico da vida do leitão já que o animal irá perder a mãe e ficará reagrupado com outros animais. O leitão ainda não tem o aparelho digestivo adaptado à nova alimentação, que agora é composta por ração e água, e este fato pode causar problemas de saúde do animal. A primeira semana após o desmame é considerada a mais crítica para a vida leitão, nesta fase o maior desafio enfrentado pela granja é fazer com que o animal tenha a maior conversão alimentar em massa muscular (ALFIERI et al, 2010; LIMA; MANZKE; MORÉS, 2014).

Segundo Correa et al (2001) o bom desenvolvimento do leitão depende de fatores como:

- a) Condição de desmame do leitão: desmamar leitões com pouco peso significa que há problemas de manejo na maternidade e conseqüentemente trará problemas no desenvolvimento do leitão na creche;
- b) Idade de desmame: o desmame precoce é praticado na maioria das granjas suínas para atingir o máximo de produtividade, porém, quanto mais tempo o filhote ficar com sua mãe melhor será seu desenvolvimento;
- c) Preparação das salas da creche: deve-se preparar as salas da creche para receber os leitões correspondentes ao desmame semanal, com um vazio sanitário de pelo menos 48 horas para limpeza e desinfecção. Este tipo de prática é extremamente importante para prevenir doenças;
- d) Transferência de leitões da maternidade para creche: deve ser programada, para assim, produzir o menor estresse possível para o animal.

Segundo Alfieri et al (2010) e Tsé (2012), as maiores preocupações com o leitão após o desmame são com alimentação e fornecimento de água. Antes ele consumia apenas um alimento para satisfazer a necessidade de fome e sede, e agora ele precisa se acostumar à comer e beber. Este, se torna um dos maiores limitantes ao desenvolvimento do leitão.

3.3.4.5 Terminação

O setor terminação recebe os leitões com o objetivo de ganho de peso requerido para o abate (INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO, 2004).

Tem como produto final o suíno terminado. Geralmente o produtor recebe o leitão com vinte a trinta quilogramas e os cria até o peso do abate (EMBRAPA, 1998).

3.3.5 Indicadores Produtivos em Granjas Suínas

Com a crescente competitividade é fundamental a melhoria da produtividade das granjas por meio do controle do processo. A utilização de indicadores de desempenho em granjas suínas possibilita o crescimento na produção de suínos não pelo aumento no número de animais do rebanho, mas sim pelo aumento na produtividade das granjas já existentes (UPNMOOR, 2000).

Conforme Oliveira (2012), o plano de metas é fundamental para levar a granja ao alcance dos resultados esperados. As metas de granjas suínas devem estar relacionadas aos índices cruciais na produtividade. Segundo Alfieri et al (2010), os indicadores mais importantes dentro da granja são:

- a) Mortalidade na creche: é um indicador da saúde dos leitões e indica quantos animais morreram no setor creche;
- b) Taxa de descarte e refugo: tanto na maternidade como na creche os leitões inviáveis devem ser descartados. O refugo pode estar ligado a doenças, má-formações ou então ao baixo desempenho do leitão durante o processo;
- c) Conversão alimentar: é dado pela quantidade de ração que o leitão consome para atingir o peso de saída da creche, tirando-se o peso de desmame;
- d) Custo médio de ração consumida: creche é o setor que possui o maior custo com ração dentro do processo, assim, é necessário estimar o custo médio de ração por leitão;
- e) Ganho de peso diário: estima a quantidade de peso que o leitão ganha por dia, desde o desmame até a saída da creche;

- f) Peso e idade médio de saída: estes são indicadores de qualidade, que refletem a eficiência do setor;
- g) Nascidos vivos: indica quantos leitões nasceram vivos por fêmea e é considerado um dos indicadores mais importantes em uma granja de suínos. Tem grande dependência com o atendimento ao parto, e com o trabalho desenvolvido na gestação para com a fêmea;
- h) Porcentagem de natimortos e mumificados: indica quantos leitões nasceram mortos e quantos nasceram mumificados. Não é aconselhável utilizá-lo como meta, e sim, apenas anota-los para efetuar o controle e posteriormente encontrar medidas para solucionar o problema. Outro dado importante para levar em consideração é a diferenciação entre leitões morto antes do parto (pré-parto), durante o parto (intraparto) e mumificados;
- i) Peso ao nascer: indica qual o peso do leitão no nascimento, sofre grande influência da alimentação da fêmea durante a gestação. Este, irá definir como será o desempenho do suíno até o seu abate. E pode indicar a necessidade de mudança na alimentação durante a gestação;
- j) Mortalidade de leitões na lactação: é quantidade de mortes que ocorrem desde o nascimento do leitão até o desmame. Estima-se que as mortes na lactação ocorram em maior número até o terceiro dia de vida, por este motivo, deve-se zelar pela sobrevivência e assistência do leitão principalmente durante este período. É recomendado que o horário, dia e causa da morte sejam anotados para posteriormente poder intervir sobre o problema. Em geral, a principal causa de morte nesta fase é o esmagamento;
- k) Peso e idade médios de desmame: este é tido como um indicador de qualidade do processo produtivo, visto que irá refletir o desempenho da produção no produto final. Visa avaliar a quantidade e qualidade do leitão enviado ao próximo setor (creche);
- l) Saúde da fêmea na desmama: indica o cuidado que foi dado à matriz durante a amamentação. Deve-se respeitar as condições de cada fêmea;
- m) Desmamados/ parto: é o principal indicador na maternidade, irá indicar quantos leitões foram desmamados para cada parto que ocorreu.

Outro indicador importante é o número de leitões desmamados por fêmea por ano. Este, depende fortemente da data de desmame da leitegada. A idade de

desmame tida como ideal tanto para a fêmea como para os leitões é em torno do vigésimo terceiro dia após o parto (FERREIRA et al, 2014).

Um indicador fundamental para o setor creche, citado por Souza et al (2013), é a quantidade de animais vendidos na creche. Este indicador mensura quantos animais obterão êxito no setor creche e foram vendidos para os terminadores.

O livro Embrapa (1998) mostra alguns indicadores a mais que devem ser considerados: taxa de fertilidade, taxa de repetição de cio, número de partos por fêmea por ano, número de leitões nascidos totais, duração da lactação, intervalo desmama cio, reposição de fêmeas e taxa de abortos.

3.4 MEDIDAS DE DESEMPENHO

Com o passar dos anos os clientes tornaram-se mais exigentes e os mercados mais competitivos. Assim, a medida de desempenho passou a ser fundamental para controlar o processo produtivo (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

O conceito de medida de desempenho surgiu na área contábil, quando donos de empresas decidiram avaliar o desempenho dos gestores. Desde então, estes indicadores passaram a ser usados principalmente para a área de finanças (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Segundo Davis, Aquilano e Chase (2001), medir o desempenho significa mensurar a ação que leva ao desempenho e consiste em uma ação primordial para o sucesso de toda empresa. Segundo Takashima e Flores (1997), o indicador de desempenho é essencial para o planejamento e controle da empresa, e também para o processo de planejamento, possibilitando o estabelecimento de metas e análise crítica do processo.

Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001), devido a vasta gama de indicadores disponíveis, o gerente deve ser seletivo na escolha dos quais serão importantes para o tipo de empresa em questão. Também é importante o gerenciamento destas informações, que contemplarão fases como: definir produto ou processo, estabelecer metas e indicadores, medir o processo e verificar a eficácia do mesmo, traçando a relação entre valor obtido e a meta (TAKASHIMA; FLORES, 1997).

3.4.1 *Balanced Scorecard*

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), *balanced scorecard* (BSC) surgiu com o objetivo de interligar a contabilidade financeira com a capacidade produtiva. Para Takashima e Flores (1997), o indicador de desempenho é uma forma de representar quantitativamente o desempenho dos produtos ou processos. Conforme Herrero Filho (2006) o BSC é uma ferramenta de gestão, que segundo Kaplan e Norton (1997), capta as atividades críticas no processo de geração de valor para a empresa e cria maneiras de mensurá-los, e, deste modo, auxilia o alcance dos objetivos da empresa.

Conforme Herrero Filho (2006), o BSC traduz as estratégias e visão da empresa em maneiras de medir o desempenho do processo, através de indicadores de desempenho. Os objetivos e metas do BSC derivam da estratégia da empresa, devem ser de fácil entendimento e uso e referir-se a metas específicas, focando no melhoramento do processo (KAPLAN; NORTON, 1997; CORREA; CORREA, 2012).

Kaplan e Norton (1997), dividem o BSC em quatro perspectivas, conforme a Figura 7.

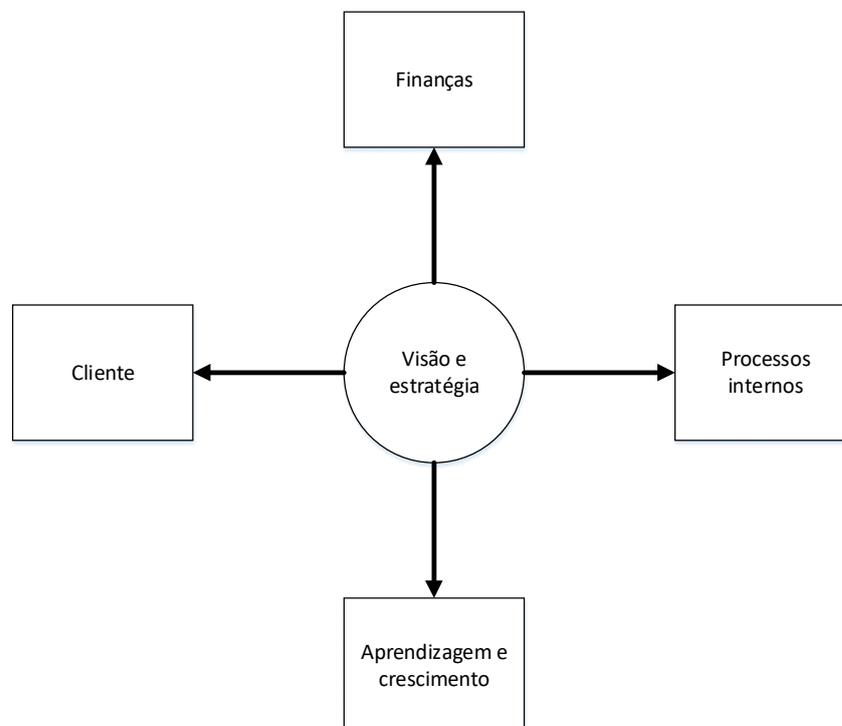


Figura 7 - Perspectivas do BSC
Fonte: Adaptado de Kaplan e Norton (1997)

A partir da Figura 7 percebe-se a ideia do BSC como um instrumento que converte estratégias e visões da empresa em medidas de desempenho para controle do processo. Sob a perspectiva financeira pretende-se sintetizar as consequências de ações imediatas na área financeira, ou seja, verificar se a adoção da estratégia está trazendo resultados financeiros para a empresa. Na perspectiva do cliente pretende-se mensurar fatos ligados à satisfação de clientes, aquisição de novos clientes, entre outros. Nos processos internos, pretende-se medir processos que estão diretamente ligados à satisfação do cliente, ou seja, aqueles que são mais críticos para o processo. Por último, a perspectiva de crescimento e aprendizado mensura os processos que devem gerar crescimento e melhoria a longo prazo (KAPLAN; NORTON, 1997; HERRERO FILHO, 2006).

Já Davis, Aquilano e Chase (2001), divide os indicadores em alguns grupos, como: produtividade, capacidade e qualidade. Os indicadores de produtividade medem a eficiência da transformação de insumos em produtos acabados. O indicador de capacidade determina o volume de saída de produtos no final do processo. Indicador de qualidade mede a taxa de defeitos que o processo gera.

3.5 PREVISÃO DA DEMANDA

O planejamento é uma atividade fundamental para toda empresa e são inúmeras as decisões baseadas nele. Neste contexto, a previsão da demanda é considerada uma das variáveis mais importante dentro do processo produtivo, pois serve como base para o planejamento estratégico da empresa, para o setor financeiro e de vendas. Por este motivo, mesmo que a previsão seja imperfeita ela tem sua relevância (TUBINO, 2007; FERNANDES; GODINHO FILHO, 2009; MONKS, 1987; MOREIRA, 2004).

A demanda consiste na disponibilidade do consumidor em adquirir os produtos ou serviços da empresa e sofre influência de diversos fatores, como por exemplo, a disponibilidade do produto e o preço de venda (LUSTOSA et al, 2008).

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2014), previsão da demanda é uma estimativa futura sobre o mercado. Seu principal objetivo, conforme Monks (1987), é possibilitar o uso de informações futuras para direcionar o processo ao alcance das metas estipuladas. Também, auxilia na tomada de decisão, possibilitando ao gestor uma visão mais clara sobre o futuro (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Tubino (2008), comenta que a previsão da demanda propicia duas funções relevantes no processo produtivo, que são: o planejamento e uso do processo produtivo. Além disso, Martins e Laugeni (2013) comentam que a previsão de vendas é fundamental para garantir o uso adequado de máquinas e para a compra de materiais na quantidade e no momento certo.

A fim de obter bons resultados no processo de previsão, deve-se desenvolver e dar continuidade à uma base de dados históricos para as vendas e também de informações que possam explicar as variações de mercado e os comportamentos passados. É fundamental conhecer a fundo as variáveis que possam afetar o comportamento da demanda. As vendas podem depender de fatores como: situação da economia e participação da empresa no mercado (CORREA; GIANESE; CAON, 2010; MOREIRA, 2004).

A previsão pode seguir um comportamento passado que continuará no futuro, porém, é necessário estar sempre atento às possíveis transformações no cenário que poderão acarretar em mudanças, de modo que o modelo deve ser adaptado a estas (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2009).

Para Tubino (2009) e Corrêa, Gianesi e Caon (2010) apesar de todos os avanços matemáticos e computacionais, a previsão raramente apresentará um valor exato, e sim, uma estimativa. Por este motivo, é fundamental o envolvimento do gestor da empresa para auxiliar na implantação do método e avaliação dos erros de previsão.

A Figura 8, mostra a configuração de um sistema de previsão para Corrêa, Gianesi e Caon (2010) e demonstra as etapas de elaboração de uma previsão.

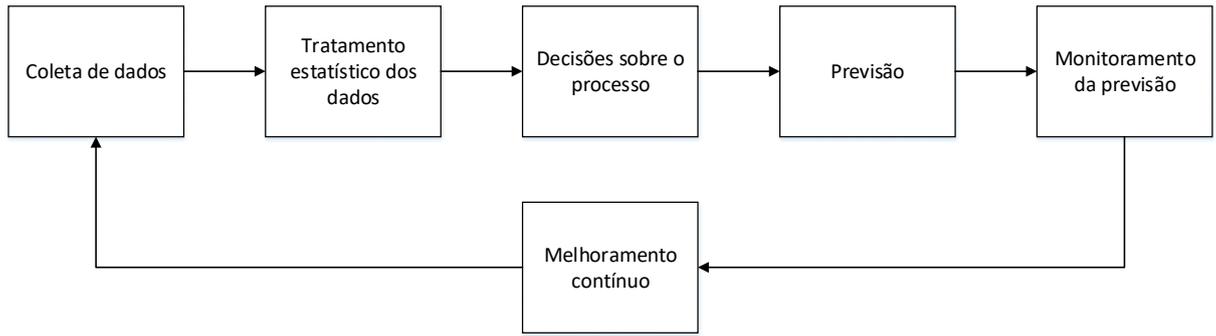


Figura 8 - Sistema genérico de passos para o processo de previsão

Fonte: Adaptado de Corrêa, Giansesi e Caon (2010), Tubino (2009) e Fernandes e Godinho Filho (2012)

De acordo com a Figura 8, a primeira etapa consiste na coleta dos dados de vendas, demanda, produção e outros fatores que possam influenciar na previsão. Na sequência é realizado o tratamento estatístico para gerar informações, que ainda não podem ser consideradas previsão. Na próxima etapa serão acrescentados detalhes e decisões de todos os setores envolvidos. Após combinar o tratamento das informações e os resultados obtidos estatisticamente será gerada a previsão propriamente dita (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2010; CORRÊA; CORRÊA, 2012).

O monitoramento e controle dos resultados da previsão é um passo fundamental para o modelo apresentar melhor desempenho. Nesta etapa é necessário observar o andamento da previsão comparada aos dados reais obtidos, para que sempre que seja necessário, melhorar o procedimento (TUBINO, 2007; FERNANDES; GODINHO FILHO, 2009).

O erro na previsão é comum e pode desestimular a utilização da mesma. Existem dois tipos de erros que podem acontecer, o primeiro deles é chamado ruído, que diz respeito à imprevisibilidade do mercado, já o segundo, é no método ou na base de dados utilizada, tal erro deve ser sempre minimizado (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2009; CORRÊA; GIANESE; CAON, 2010).

Tubino (2007), classifica os erros de previsão de acordo com o processo produtivo. Para o sistema de produção em massa a demanda é estável e por este motivo a previsão é mais próxima do real. Porém, para o sistema de produção sob encomenda, a venda é realizada através do pedido do cliente, então, a previsão de demanda torna-se pouco eficiente. Segundo Martins e Laugeni (2013), a fim de

minimizar os erros de previsão é imprescindível o cuidado no momento em que é realizada a coleta de dados e também da escolha do método a ser utilizado.

3.6 ESTATÍSTICA

A estatística tem como objetivo principal coletar, organizar e interpretar os dados, para que assim seja possível obter informações relevantes a respeito do cenário que estes dados pertencem (MOREIRA, 2004).

Os métodos estatísticos são empregados para tomar decisões e formar conclusões sobre uma população. Geralmente é utilizado o que se chama de inferência estatística⁵, que utiliza a informação de uma amostra para gerar conclusões sobre a população (MONTGOMEY; RUNGER, 2012).

3.6.1 Coleta e Organização de Dados

Os dados provêm de estudos observacionais ou experimentos. O estudo observacional irá acompanhar o processo produtivo em seu desempenho normal, enquanto o estudo experimental irá modificar as variáveis propositalmente para verificar os resultados obtidos (BARBETTA; REIS; BÓRNIA, 2010).

Para Martins (2002), a maneira mais comum de coletar dados é por meio de amostras, onde todos os elementos da população possuem mesma probabilidade de serem selecionados. Conforme Crespo (2009), a coleta de dados pode ser realizada de três maneiras: contínua, quando é realizada ininterruptamente, periódica que é realizada em períodos de tempo específicos, e ocasional, onde a coleta é realizada ao acaso, sem predefinição de tempo.

A análise estatística de dados tem como objetivo auxiliar na tomada de decisão, na resolução de problemas ou na produção de conhecimento do processo

⁵ Inferência busca provar que os dados da amostra fazem jus à toda a população (VIEIRA, 1999).

em estudo. A Figura 9 mostra o processo interativo de pesquisa (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010).

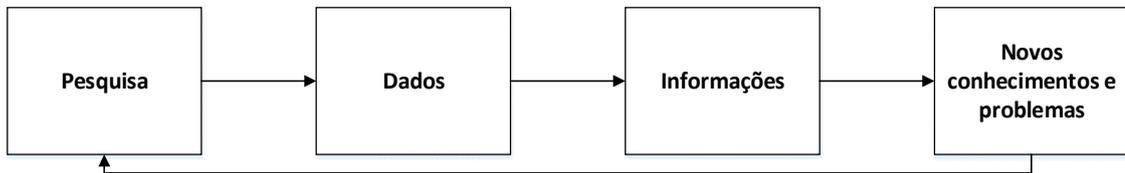


Figura 9 - Processo interativo de pesquisa
Fonte: Adaptado de Barbetta, 2010

A partir da Figura 9 primeiramente realiza-se a pesquisa teórica sobre o assunto. Na segunda etapa ocorre a coleta e análise dos dados, com isso possibilita-se a geração de informações, novos conhecimentos e novos problemas. Depois de finalizado, o processo deve ser retomado do início, tornando-o interativo, o que possibilita sua melhoria contínua (BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010).

3.6.2 Estatística Descritiva

A estatística descritiva tem como objetivo organizar e resumir dados para facilitar a interpretação e análise. Para organizar os dados, a estatística descritiva utiliza de gráficos, tabela e cálculos (MONTGOMERY; RUNGER, 2012; MARTINS, 2002).

3.6.2.1 Medidas de posição

Chamada por Moreira (2004) e Martins (2002) como medidas de tendência central, as medidas de posição estudam os valores médios de posição da amostra. Dividem-se em três os tipos: média, moda e mediana.

A média, que é considerada a medida mais comum da estatística, segundo Crespo (2009) e Martins (2002) consiste no cálculo do quociente da soma dos valores analisados pela quantidade de amostras coletadas. A Equação (1) representa a forma de calcular a média segundo Montgomery e Runger (2012).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Onde:

\bar{x} = média;

x_1, x_2, \dots, x_n = valores coletados da amostra;

n = número de elementos da amostra.

3.6.3 Correlação de Variáveis

A correlação tem como objetivo avaliar a relação entre variáveis. Assim, por meio da existência de relação entre os fatores é possível facilitar análises, conclusões e evidências verificados na investigação (MONKS, 1987; MARTINS, 2002).

3.6.3.1 Correlação de *Pearson*

É um dos indicadores de correlação entre variáveis. É chamado de Coeficiente de Correlação do Produto de Momentos de *Pearson*, ou simplesmente Correlação de *Pearson* e varia entre -1 e +1 (MARTINS, 2002).

A Equação (2) demonstra o cálculo do coeficiente de correlação de *Pearson* conforme Figueiredo Filho e Júnior (2009).

$$r = \frac{1}{n - 1} \sum \left(\frac{x_i \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i \bar{y}}{s_y} \right) \quad (2)$$

Onde:

r = coeficiente de correlação de Pearson;

x_i = i -ésima variável independente;

y_i = i -ésima variável dependente;

n = número de elementos da amostra;

\bar{x} = média dos valores da variável independente;

\bar{y} = média dos valores da variável dependente;

s_x = desvio padrão em relação à variável independente;

s_y = desvio padrão em relação à variável dependente.

Quanto melhor o ajuste mais próximo de -1 ou +1 estará o valor do coeficiente de correlação. E, se o valor estiver próximo de 0 significa que não existe correlação entre as variáveis (MARTINS, 2002).

3.6.4 Séries Temporais

Para Lustosa et al (2008) nas séries temporais, considera-se que a demanda seja dependente apenas da variável tempo. Os métodos de previsão de séries temporais utilizam-se de dados históricos da variável dependente. Seguem o padrão passado da variável dependente continuará no futuro. O modelo irá identificar padrões de demanda implícitos nos dados, que irão combinar-se para gerar um padrão histórico da variável dependente (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2014).

3.6.5 Tendência e Sazonalidade

Conforme Lustosa et al (2008), a tendência ocorre quando existe acréscimo ou decréscimo na série com o passar do tempo. As tendências podem ser

classificadas segundo Peinado e Graeml (2006) como crescente, estabilizada ou decrescente. O Gráfico 1 demonstra um exemplo genérico sobre tendência.

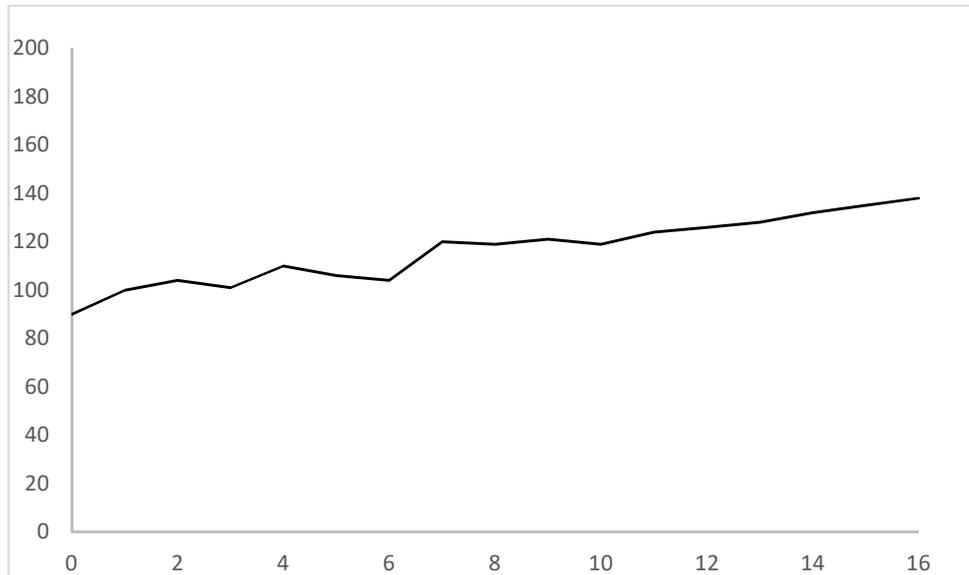


Gráfico 1 - Demanda com padrão de tendência
Fonte: Adaptado de Lustosa et al (2008)

Pelo Gráfico 1, percebe-se o padrão de tendência apresentado pelos dados genéricos. Onde o eixo x representa o tempo e o eixo y o valor mensurado, é notável que os dados seguem um padrão de crescimento ao longo do tempo.

A sazonalidade pode ser entendida como oscilações que ocorrem na demanda em períodos repetidos de tempo. Estes períodos de tempo são chamados de períodos sazonais (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2014, PEINADO; GRAEML, 2006).

O Gráfico 2 demonstra um exemplo deste tipo de padrão.

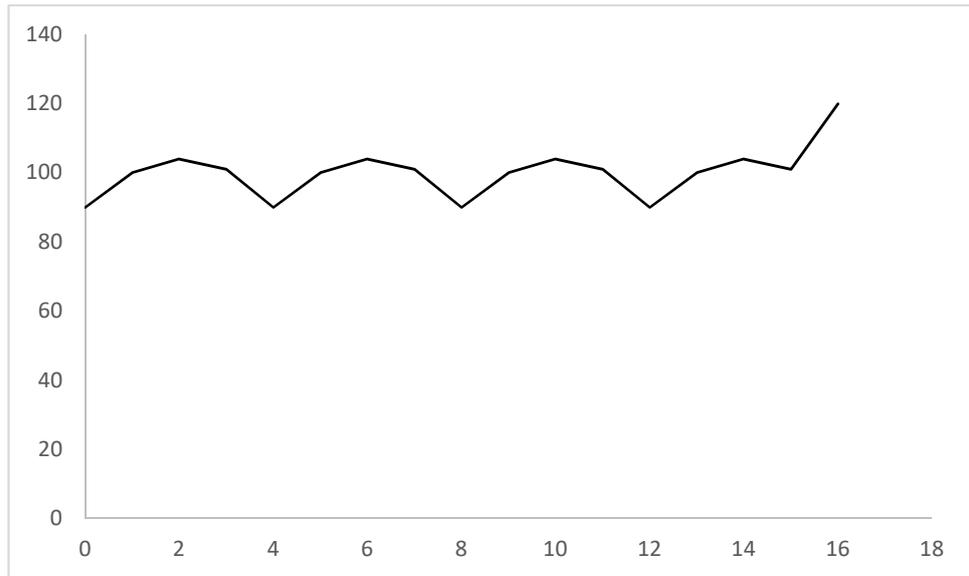


Gráfico 2 - Demanda com padrão sazonal

Fonte: Adaptado de Lustosa et al (2008)

Pelo Gráfico 2 percebe-se o padrão sazonal, ou seja, determinados valores se repetem um certo período de tempo.

3.6.6 Métodos de Previsão

O método utilizado para gerar a previsão deve ser o mais simples possível visando facilitar a utilização. Os métodos podem ser classificados de acordo com o tipo de dados utilizados, dividindo-se em qualitativos ou quantitativos (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2009; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2014).

Conforme Lustosa et al (2008) os métodos qualitativos utilizam-se do conhecimento e experiência dos especialistas na área, para converter os dados em valores quantitativos e gerar a previsão. Segundo Peinado e Graeml (2006), este método de previsão não se apoia em nenhum modelo matemático específico, porém, é bastante útil quando não existem dados para gerar a previsão por métodos quantitativos.

Segundo Moreira (2004), os dados quantitativos utilizam-se de modelos matemáticos para a resolução do problema. Os dados utilizados podem ser: causais

e séries temporais. Conforme Moreira (2004), o método causal utilizará dados históricos sobre variáveis independentes para gerar a previsão. Neste caso, a demanda é relacionada a uma ou mais variáveis internas ou externas à empresa, que chamadas de variáveis causais. Já, as séries temporais utilizam de dados históricos sobre a demanda, juntamente com análise estatística para distinguir tendências e padrões sazonais e então gerar a previsão (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2014).

Na Figura 10 têm-se a classificação de alguns métodos de previsão.

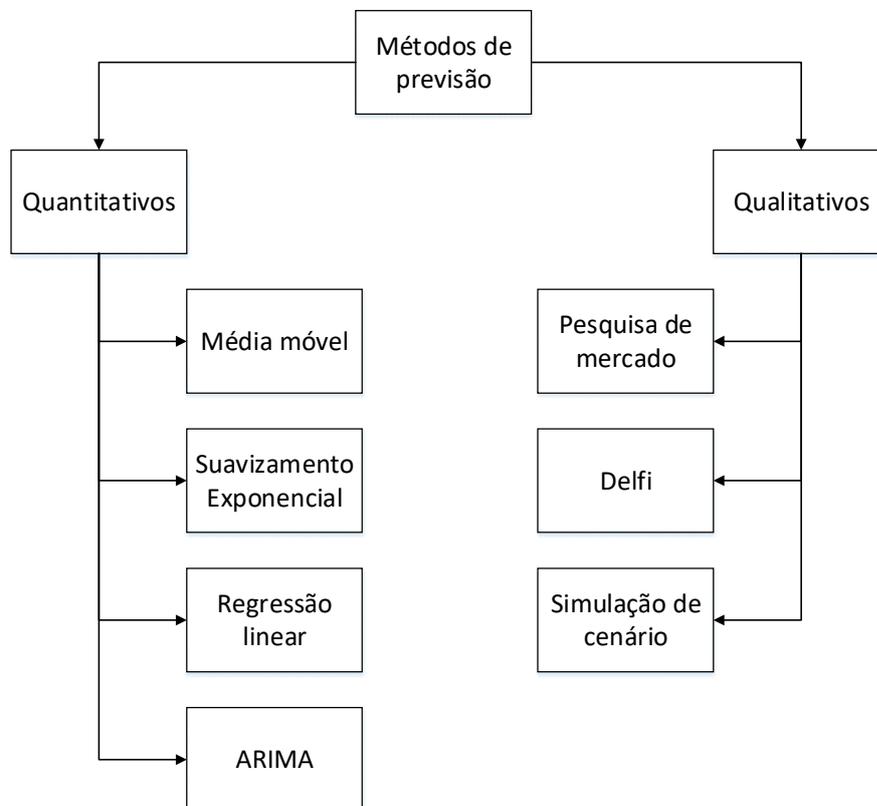


Figura 10 - Métodos de previsão de demanda
 Fonte: Adaptado de Lustosa et al (2008)

Na Figura 10, conforme Slack, Chambers e Johnston (2009) têm-se alguns dos métodos de previsão de demanda. Nos métodos qualitativos classificam-se pesquisa de mercado, método Delfi e simulação de cenários. Já, para dados quantitativos têm-se métodos como: regressão linear, suavizamento exponencial e ARIMA.

3.6.6.1 Regressão linear simples

A regressão linear simples segundo Moreira (2004) define que a demanda está ligada somente à uma variável causal. Conforme Monks (1987), este método mostra a correlação entre as variáveis dependente e independente ajustando uma reta de relação entre estes dados. As variáveis, conforme Krajewski, Ritzman e Malhotra (2014) geralmente são dados históricos e outros fatores internos ou externos que devem ser identificadas para cada processo. Conforme Davis, Aquilano e Chase (2001), a regressão linear simples geralmente é útil para previsões a curto prazo.

Segundo Martins e Laugeni (2013) a regressão linear simples também chamada de ajustamento de retas tem como objetivo determinar a Equação (3), que conforme Azevedo (2001), visa determinar a relação entre as variáveis analisadas.

$$y = a + bx \quad (3)$$

Em que:

y = variável dependente;

x = variável independente;

a = constante linear;

b = coeficiente de inclinação.

Segundo Martins (2002), o coeficiente b representa o quanto y irá mudar por unidade de x .

Conforme Martins e Laugeni (2013), estes valores são desconhecidos, e devem ser determinados por cálculos que estão descritos na Equação (4) e (5).

$$b = \frac{(\sum xy - n\bar{x}\bar{y})}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (4)$$

$$a = \bar{y} - \bar{x} \quad (5)$$

Em que:

a = coeficiente linear;

b = coeficiente de inclinação;

y = variável dependente;

x = variável independente;

n = número de elementos da amostra;

\bar{x} = média dos valores da variável independente;

\bar{y} = média dos valores da variável dependente.

3.6.6.2 Regressão linear múltipla

A regressão linear múltipla considera duas ou mais variáveis ligadas à demanda. Este método é bastante similar à regressão linear simples, tendo como diferença, que a variável dependente y terá relação com mais de uma variável independente x_1, x_2, \dots, x_n . A Equação (6) mostra o modelo de regressão linear múltipla (MONTGOMERY; RUNGER, 2012; BARBETTA; REIS; BORNIA, 2010; MOREIRA, 2004).

$$y = a + b_1x_1 + x_2b_2 + \dots + b_nx_n \quad (6)$$

Em que:

y = variável dependente;

a = coeficiente linear;

b_n = coeficiente de inclinação;

$x_1 \dots x_n$ = variáveis independentes.

3.6.6.3 Suavização exponencial simples

É utilizada para dados que não possuem tendência e nem sazonalidade. Este método é bastante popular pois é simples, razoável à precisão e computacionalmente eficiente (MORETTIN; TOLOI, 2006; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2014).

Conforme Lustosa et al (2008), a suavização exponencial leva em consideração que os valores de demanda mais recentes possuem um peso maior na previsão. Sendo assim, segundo Morettin e Tolo (2006), a suavização exponencial simples é uma média ponderada que atribui pesos maiores aos dados mais recentes.

O modelo de suavização exponencial simples é descrito pela Equação (7) (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1-\alpha)F_{t-1} \quad (7)$$

Em que:

F_t = demanda prevista para a semana t ;

α = constante de suavização ($0 \leq \alpha \leq 1$);

t = tempo;

A_t = demanda real para o instante t .

Quanto maior for α menor será a influência da demanda real do último período na previsão da demanda. Neste caso, a previsão é dada pelo último valor exponencialmente suavizado (MORETTIN; TOLOI, 2006; PENEIDO; GRAEML, 2006).

3.6.6.4 Suavização exponencial dupla

Este método é aplicado em séries de dados que possuem tendência linear negativa ou positiva. No modelo de suavização exponencial simples, acrescenta-se

uma variável que reflete o crescimento da demanda conforme a Equação (8) que evidencia tal modelo (MORETTIN; TOLOI, 2006; LUSTOSA et al, 2008).

$$\bar{Z}_t = A\bar{Z}_t + (1 - A)(\bar{Z}_t + \hat{T}_{t-1}) \quad (8)$$

Onde:

A = constante de suavização;

t = instante de tempo;

\bar{Z}_t = valor exponencialmente suavizado;

\hat{T}_t = tendência da série;

O valor de \hat{T}_t é calculado pela Equação (9).

$$\hat{T}_t = C(\bar{Z}_t - \bar{Z}_{t-1}) + (1 - C)\hat{T}_{t-1} \quad (9)$$

Em que:

C = constante de suavização;

\bar{Z}_t = valor exponencialmente suavizado;

t = instante de tempo;

\hat{T}_t = tendência da série.

Conforme Morettin e Toloi (2006), a previsão neste método é calculada conforme a Equação (10).

$$\hat{Z}_{t+h} = \bar{z}_t + h\hat{T}_t \quad (10)$$

Em que:

\hat{T}_t = tendência da série;

\hat{Z}_{t+h} = valor previsto;

\bar{Z}_t = valor exponencialmente suavizado;

h = horizonte de previsão.

3.6.6.5 Método de Holt Winters

O modelo de *Holt Winters* é utilizado para séries temporais que possuem um comportamento mais complexo, apresentando tendência e sazonalidade. Este método se subdivide em dois tipos: multiplicativo e aditivo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Seguindo a mesma linha dos modelos anteriores, neste tipo, acrescenta-se uma segunda variável que irá representar a sazonalidade da demanda (LUSTOSA et al, 2008).

O modelo de previsão pelo método multiplicativo é dado pela Equação (11) conforme Samohyl, Rocha e Mattos (2000).

$$F_{t+m} = (L_{t+m} + b_{t-m})S_{t-s+m} \quad (11)$$

Onde:

S_t = comportamento sazonal;

b_t = tendência;

L_t = nível da série;

F_{t+m} = previsão para o período m a diante;

E as três componentes de suavização conforme Samohyl, Rocha e Mattos (2000) são dadas pelas Equação (12), (13) e (14), que representam respectivamente o nível, a tendência, a sazonalidade.

$$L_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (12)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (13)$$

$$F_{t+m} = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (14)$$

Onde:

S_t = comportamento sazonal;

s = comprimento da sazonalidade;

Y_t = valor observado;

b_t = tendência;

L_t = nível da série;

F_{t+m} = previsão para o período m a diante;

α , β e γ = parâmetros exponenciais alisadores do nível, tendência e sazonalidade.

Já para o método aditivo, o modelo de previsão, conforme Samohyl, Rocha e Mattos (2000) é calculado pela Equação (15).

$$F_{t+m} = L_{t+m} + b_{t-m} + S_{t-s+m} \quad (15)$$

Em que:

S_t = comportamento sazonal;

b_t = tendência;

L_t = nível da série;

F_{t+m} = previsão para o período m a diante;

E as estimativas de valor sazonal são dadas pelas Equações (16), (17) e (18).

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (16)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (17)$$

$$F_{t+m} = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (18)$$

Onde:

S_t = comportamento sazonal;

s = comprimento da sazonalidade;

Y_t = valor observado;

b_t = tendência;

L_t = nível da série;

F_{t+m} = previsão para o período m a diante;

α , β e γ = parâmetros exponenciais alisadores do nível, tendência e sazonalidade.

3.6.7 Erros de previsão

Conforme Tubino (2009), os erros de previsão podem ser baseados no tipo de sistema de produção que é realizado o estudo. Em sistemas de produção em massa ou contínuos a previsão é mais fácil de ser realizada pois a demanda é mais estável.

3.6.7.1 Mean Square Error

Conforme Martins e Werner (2013) o *Mean Square Error* (MSE), também conhecido como Erro Quadrático Médio mede um tipo de erro da modelagem e a Equação (19) apresenta uma expressão para calcular o MSE.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} \quad (19)$$

Onde:

MSE = Mean Square Error;

t = tempo;

n = número de amostras;

e = diferença entre valor real e estimado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo é denominada Unidade Produtora de Leitões, está localizada na área rural de uma cidade do Oeste no Paraná.

Trata-se de uma empresa de médio porte, com rebanho atual de aproximadamente mil matrizes. O setor produtivo se subdivide em quatro partes, sendo eles: recria, gestação, maternidade e creche. Possui onze funcionários diretamente ligados ao setor de produção e um gerente que comanda todas as atividades.

4.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O objetivo de uma pesquisa é solucionar problemas por meio de respostas e informações, utilizando-se de métodos científicos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A Figura 11 representa a classificação da pesquisa de acordo com Danton (2000).

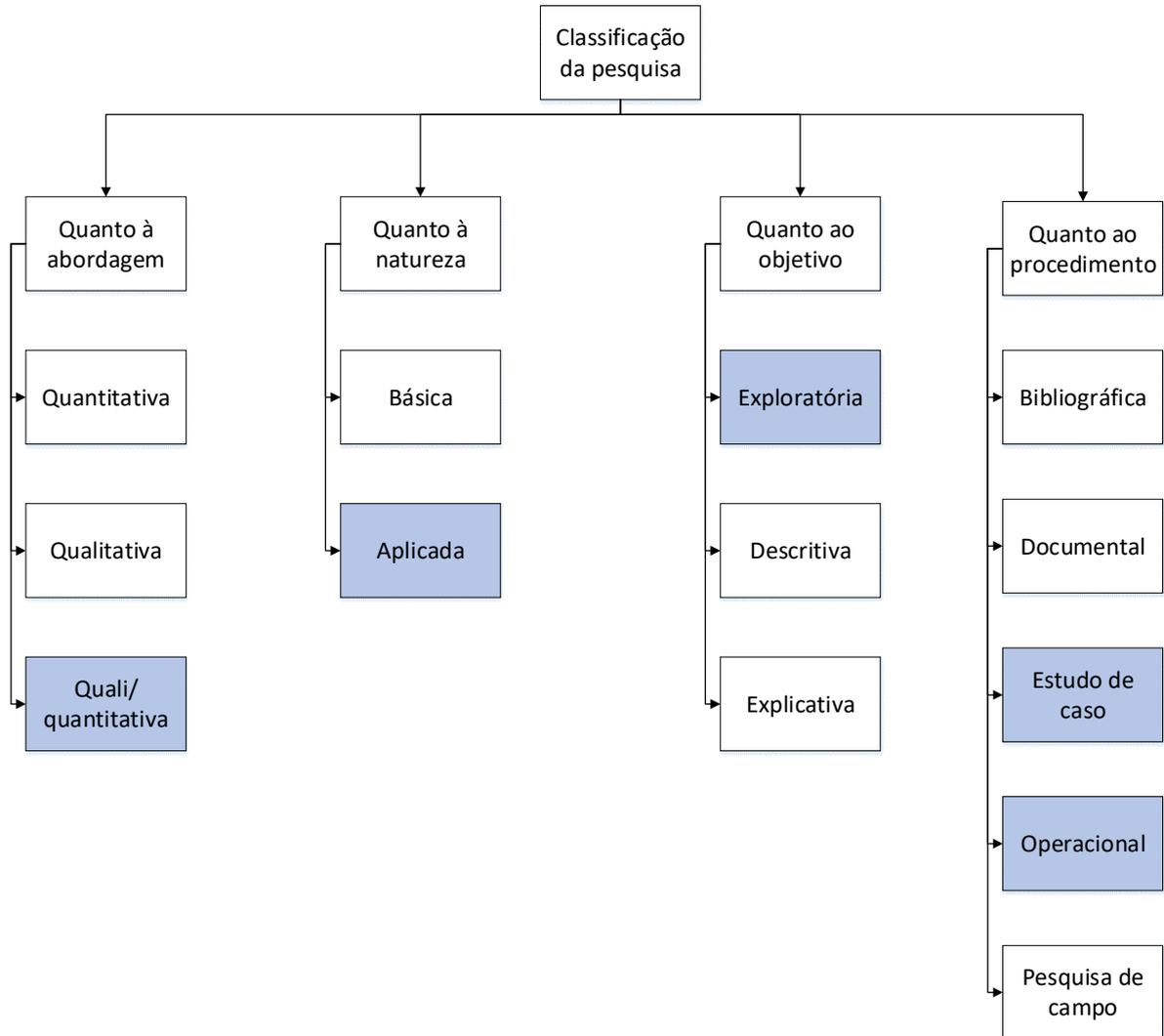


Figura 11 - Classificação da pesquisa
Fonte: Adaptado de Danton (2000)

Na Figura 11, estão descritos alguns dos tipos de classificação da pesquisa, conforme Danton (2000), quanto à abordagem, natureza, objetivo e procedimentos. Os quadros destacados são aqueles onde esta pesquisa se enquadra e estão descritos abaixo.

A abordagem qualitativa pode ser definida como aquela que não utiliza de modelos matemáticos para gerar resultados e onde os resultados das análises de dados são gerados pelo próprio autor. Geralmente utiliza de entrevistas, conversas e aplicação de questionários (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010)

Para Danton (2000), a abordagem quantitativa utiliza técnicas matemáticas para o tratamento dos dados.

Esta pesquisa classificou-se como quali/quantitativa, pois além de tratar dados numéricos, também utilizou de conhecimentos teóricos sobre o processo produtivo, que foram obtidos por meio de entrevistas informais com o gerente e funcionários da empresa.

A natureza deste trabalho classificou-se como aplicada, pois buscou a resolução do problema de previsão de vendas e foi realizado especificamente para a empresa em questão. Pois, conforme Danton (2000) e Turrioni e Mello (2012) este tipo de pesquisa se propõe a solucionar um problema em específico, que ocorre na realidade.

Com base nos objetivos, a pesquisa caracterizou-se como exploratória, pois conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010) este tipo de pesquisa objetiva o conhecimento do problema, envolvendo pesquisa teórica sobre o assunto, entrevistas e análise de dados. Neste trabalho foram realizadas todas as etapas descritas anteriormente pelos autores, fazendo levantamento bibliográfico sobre o assunto, realizando entrevistas informais com o gerente da empresa e analisando os dados sobre o processo produtivo.

Em relação aos procedimentos o trabalho foi classificado como operacional e estudo de caso.

Cardoso (2011), define como operacional o tipo de pesquisa que desenvolve métodos científicos de sistemas robustos buscando prever e comparar sistemas utilizados para auxiliar na tomada de decisão. Este trabalho classificou-se como operacional pois utilizou de modelos matemáticos complexos para determinação o número de leitões para venda, objetivando auxiliar no processo de tomada de decisão.

Segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010) e Turrioni e Melo (2012) um estudo de caso é definido como o conhecimento profundo de um processo, permitindo seu detalhado conhecimento. Este trabalho visou estudar profundamente as etapas específicas do processo produtivo em questão.

4.3 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas da pesquisa estão demonstradas na Figura 12 a seguir.

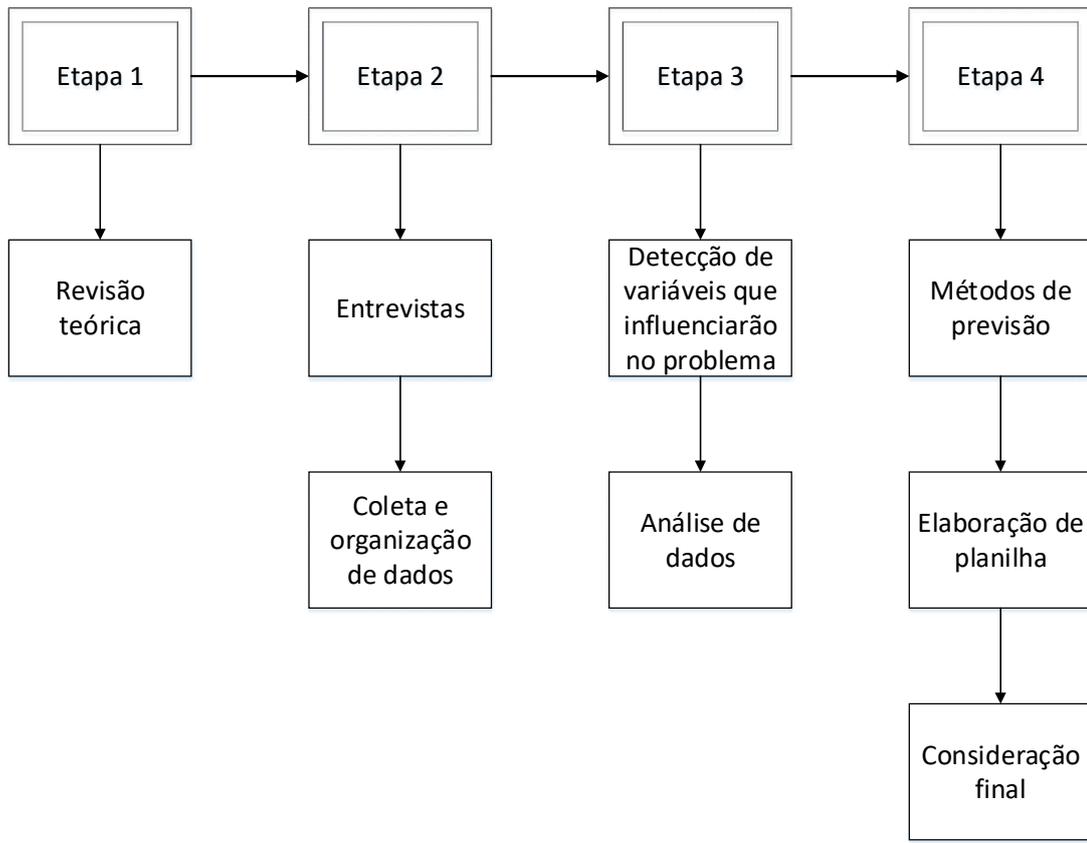


Figura 12 - Etapas da pesquisa
Fonte: Autoria própria

Conforme a Figura 12, percebe-se que o trabalho foi composto por quatro etapas principais, que serão descritas a seguir.

A primeira etapa consistiu na realização do estudo teórico a respeito dos assuntos tratados na pesquisa. Levantando como principais temas: sistemas de produção, suinocultura e estatística.

Na segunda etapa, objetivou-se coletar e organizar os dados para que possam gerar informações futuras e agregar valor à análise visando obter um modelo de previsão de vendas. Também, foram realizadas entrevistas informais com o gerente da empresa, com o propósito de conhecer a rotina do processo produtivo e entender possíveis causas e efeitos de correlações entre variáveis.

A terceira etapa buscou identificar as variáveis que influenciam as vendas. Foram utilizadas ferramentas matemáticas como correlação e análises gráficas,

juntamente com os resultados obtidos na entrevista teórica para analisar os dados e identificar possíveis relações entre variáveis.

A quarta e última etapa consistiu na utilização métodos de previsão como regressão linear múltipla, regressão linear simples, suavizamento exponencial e os métodos de *Holt Winters* para estimar os valores utilizados na equação de venda. E, quando necessário, verificar a existência de tendência e sazonalidade nos dados. Após isso, foi realizada a elaboração da planilha, que servirá de auxílio para o gestor melhor interpretar os dados provenientes do estudo. Por fim, foram realizadas as considerações finais sobre o trabalho.

Para este trabalho utilizou-se do auxílio dos *softwares* Microsoft Excel® e R®, para coleta, análise e representação dos dados. Estes *softwares* foram utilizados pela facilidade de manuseio dentro do processo da empresa.

4.4 MÉTODO ATUAL DE PREVISÃO UTILIZADO PELA EMPRESA

Os dados utilizados neste trabalho foram cedidos pela empresa e dispostos em planilhas eletrônicas. A empresa já utiliza um processo que gera a previsão de vendas por meio de indicadores controlados semanalmente e que auxiliam o gerenciamento do processo. Neste trabalho pretendeu-se aprimorar este método, que considera a previsão subdividida em três cenários, os quais serão descritos na sequência.

Na empresa, ocorre um fluxo produtivo por semanas, conforme representado na Figura 13.

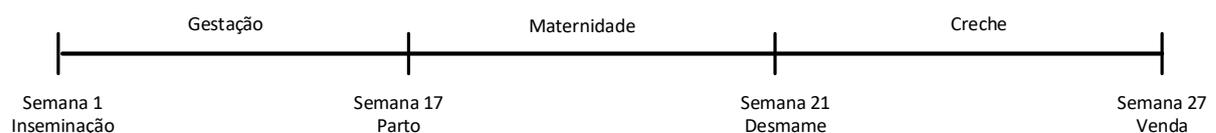


Figura 13 - Fluxo de produção
Fonte: Autoria própria

De acordo com a Figura 13, todo o fluxo produtivo desde a inseminação até a venda do leitão ocorre em aproximadamente de 27 semanas. Supondo que a inseminação de um lote de fêmeas ocorra na semana 1 e a gestação é de 16 semanas, o parto irá ocorrer na 17^a semana, o desmame na semana 21 e a venda na semana 27.

O Quadro 1 mostra o resumo de todos os indicadores utilizados no estudo, com os setores os quais pertencem e a fórmula utilizada na empresa para seus respectivos cálculos.

| Indicador | Setor | Mensuração |
|-----------|-------------|--|
| x_1 | Gestação | Número de coberturas |
| x_2 | Maternidade | Taxa de parto |
| x_3 | Maternidade | estimativa de partos = taxa de parto * coberturas |
| x_4 | Maternidade | Total de nascidos vivos |
| x_5 | Maternidade | Média de nascidos vivos = $\frac{\text{total de nascidos vivos}}{\text{estimativa de partos}}$ |
| x_6 | Maternidade | Mortos na maternidade |
| x_7 | Maternidade | Desmamados na maternidade = total nascidos vivos – mortos na maternidade |
| x_8 | Creche | Mortos na creche |
| x_9 | Creche | Descreche = desmamados na maternidade – mortos na creche |
| x_{10} | Creche | Resíduo = venda – descreche |
| y | Venda | Quantidade de leitões disponíveis para a venda |

Quadro 1 - Indicadores de desempenho da empresa

Fonte: Autoria própria

A variável x_1 representa a quantidade de coberturas, ou seja, o número de fêmeas inseminadas. Este indicador possui controle por formulário que determina o número de inseminações realizadas por dia, portanto, não possui cálculo.

A variável de x_2 mensura a taxa de parto em porcentagem, indicando a média de fêmeas ainda estão prenhas do total de inseminadas, pois podem ocorrer problemas como morte ou descarte no rebanho, diminuindo assim o plantel de fêmeas gestantes. Para o cálculo utilizado na empresa, leva-se em consideração a média das fêmeas prenhas da quarta até a décima sexta semana de gestação. Esta variável é

global, ou seja, é utilizada para todas as semanas analisadas, porém, atualiza-se com a inserção de dados sobre novas inseminações realizadas.

Em x_3 estima-se a quantidade de partos que irá ocorrer em determinada semana. Este valor é uma estimativa que leva em consideração a taxa de parto (x_2) e o número de fêmeas inseminadas (x_1).

A variável x_4 conforme citado por Alfieri et al (2010) no referencial teórico, é a quantidade total de leitões nascidos vivos. É um valor controlado diariamente por formulário.

Em x_5 mensura-se a média de leitões nascidos vivos, ou seja, a média de leitões que nasceram vivos para cada parto ocorrido. Este indicador leva em consideração a estimativa de partos (x_3) e o total de leitões nascidos vivos (x_4).

Em x_6 mensura-se a quantidade animais mortos na maternidade. Este indicador demonstra quantos leitões morreram desde o nascimento até o desmame. Possui controle diário por meio de formulário.

Em x_7 mede-se o número de leitões desmamados na maternidade, ou seja, o número de leitões que sobreviveram no setor maternidade desde o nascimento até o desmame. Leva em consideração os animais nascidos vivos (x_4) e a mortalidade na maternidade (x_7).

A variável x_8 mensura o número de animais mortos na creche, indicando quantos leitões morreram desde o desmame até a venda. Este controle é realizado por formulário que contabiliza os animais mortos diariamente.

No método usado pela empresa, ocorrem três atualizações importantes no decorrer do processo que com o passar do tempo, tornam a previsão mais próxima do valor real. Estas atualizações foram aqui chamadas de cenário 1, 2 e 3 e estão explicadas abaixo.

O cenário 1 é aquele considerado na semana de inseminação, ou seja, na semana 1. Neste caso, somente variável x_1 é um dado real, visto que as demais etapas ainda não ocorreram. Neste caso, as demais variáveis utilizadas no processo de previsão atual são fornecidas por valores médios de dados históricos do ano anterior. A Figura 14 demonstra o resumo das principais variáveis em relação ao cenário 1.

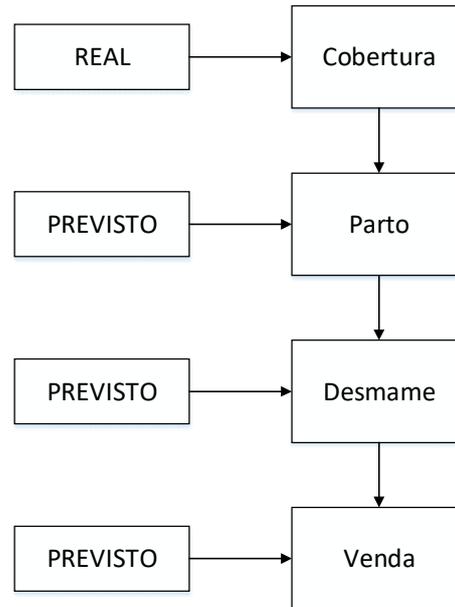


Figura 14 - Resumo das variáveis para o cenário 1
Fonte: Autoria própria

A Figura 14 demonstra as principais variáveis utilizadas no cenário 1. O único valor real desta fase é a quantidade de coberturas, a partir da entrada deste valor foi estimada a disponibilidade de suínos para a venda para a vigésima sétima semana após a inseminação.

O segundo cenário é aquele que acontece na semana de parto, ou seja, na 17ª semana. Após acontecer o parto, os dados das variáveis x_2 , x_3 , x_4 e x_5 irão atualizar-se, tornando-se valores reais, conforme a Figura 15.

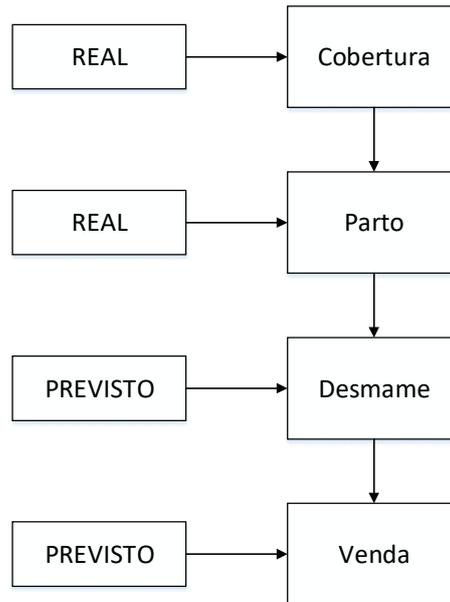


Figura 15 - Resumo das variáveis para o segundo cenário
Fonte: Autoria própria

A Figura 15 mostra o resumo das variáveis com a atualização dos dados para o cenário 2, onde as variáveis relacionadas ao desmame e a venda ainda precisam ser previstas.

O cenário 3 é aquele que irá tornar a previsão o mais próximo possível do valor real. Na 21ª semana irá acontecer o desmame, e, com isso, as variáveis x_6 e x_7 irão tornar-se reais, conforme a Figura 16.

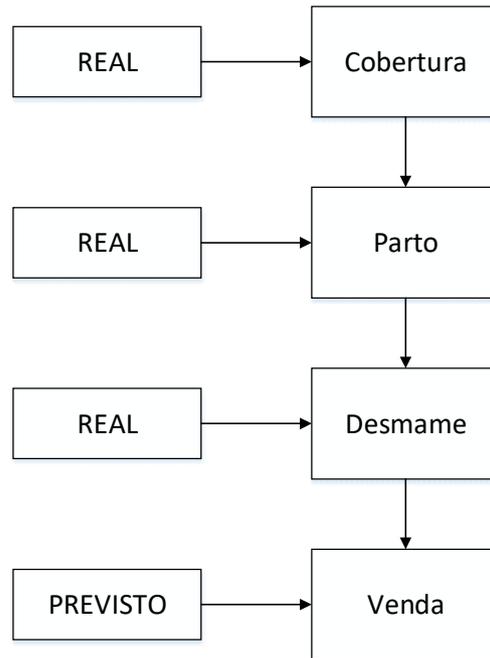


Figura 16 - Resumo das variáveis para o terceiro cenário
Fonte: Autoria própria

Conforme a Figura 16, a única variável que ainda pode ser prevista é a descreche dos leitões.

Em x_9 mensura-se a quantidade de leitões descrechados, ou seja, retiram-se os mortos na creche da quantidade de animais desmamados.

A última variável y é denominada quantidade de animais entregues na creche. Que, conforme citado no referencial teórico por Souza et al (2013), mensura quantos animais foram vendidos

A variável x_{10} foi criada visto que existem semanas em que vendem-se mais leitões do que a quantidade de leitões descrechados devido a este resíduo, ou seja, a quantidade de leitões que sobra de uma semana para a outra.

Visando melhorar a previsão de vendas já utilizada, pretendeu-se estudar a fundo os indicadores do processo. E, assim, identificar quais as variáveis que influenciam sobre a demanda. Após, aplicou-se ferramentas matemáticas como análise de dados e previsão de demanda visando encontrar o método que mais se aproxima dos valores reais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção descreve os resultados obtidos analisando os dados cedidos pela empresa para determinar a estimativa da disponibilidade de suínos para a venda em uma Unidade Produtora de Leitões localizada no Oeste no Paraná.

Os resultados foram analisados e estão descritos pelos cenários explicados anteriormente, conforme ocorrem a atualização dos dados.

5.1 DADOS

Primeiramente foi realizada a coleta e organização dos dados relacionados ao processo da empresa. Para isso, utilizou-se dos dados oferecidos pelo *backup* do sistema que a empresa faz uso. Estes foram classificados pelos tipos: dados da fêmea, inseminação, parto, desmame e venda.

Os dados foram separados à princípio por fêmeas, para assim analisar a movimentação da mesma durante todo o seu ciclo desde a entrada até a saída da granja. Finalizada a primeira parte, os mesmos foram separados em grupos semanais e com isso, objetivou-se determinar a quantidade de fêmeas inseminadas, a quantidade de partos, os animais nascidos vivos, mortos, desmamados e vendidos por semana.

Percebeu-se discrepância entre os dados gerados pelo sistema e os utilizados na planilha de controle, devido ao fato da planilha utilizada pela empresa apresentar grande sensibilidade nos dados, o que pode ser ocasionado pela dinâmica de trabalho utilizada.

5.1.1 Análise dos dados da semana 13 para validação dos modelos

Foram aplicados métodos estatísticos citados no referencial teórico do trabalho nos dados do processo cedidos pela empresa, com o objetivo de encontrar o

melhor modelo de previsão para cada variável estimando-as individualmente e após isso elaborar um modelo completo que gera diretamente a estimativa de leitões disponíveis para a venda. Os testes foram baseados no modelo de previsão que a empresa já utilizava.

Para a validação do modelo foram realizados testes objetivando a comparação dos valores reais com os dados de previsão contidos entre as semanas 13 a 26 de para a inseminação do ano de 2017. A análise dos dados seguiu a lógica citada anteriormente, dividindo-se em cenário 1, 2 e 3.

A Figura 17 demonstra o fluxo de produção para a semana 13, com suas respectivas etapas de processo.

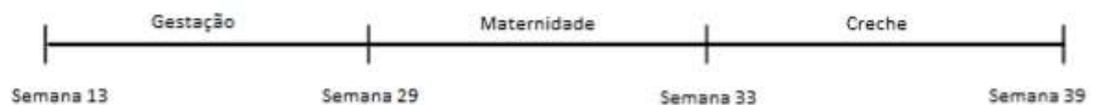


Figura 17 - Fluxo de produção para a semana 13
Fonte: Autoria própria

Conforme a Figura 17 a fêmea foi inseminada na semana 13, o parto ocorre na semana 29, o desmame de seus leitões na semana 33 e a venda dos mesmos na semana 39, totalizando as 27 semanas de processo.

Devido ao fato da complexidade de dados e demonstração de resultados, somente será apresentado o teste detalhado para a semana 13, todas as outras semanas seguiram a mesma sequência da semana apresentada, porém, será apenas demonstrado o resultado final em um quadro.

5.1.1.1 Cenário 1

A primeira análise realizada foi em relação ao cenário 1, onde existe somente a quantidade de coberturas (x_1) como valor real. Por este motivo é

necessária a previsão de todas as outras variáveis. A seguir está descrita a análise minuciosa de cada variável dentro do cenário 1.

5.1.1.1.1 Estimativa de partos

A primeira variável analisada no cenário 1 foi a estimativa de partos (x_3), que é calculada com base na quantidade de coberturas (x_1) e na taxa de partos (x_2) ou seja, a porcentagem de fêmeas que restaram para parir após as 17 semanas de gestação.

Por meio da análise das variáveis disponíveis, percebeu-se que seria possível estimar a quantidade de partos (x_3) utilizando somente da variável quantidade de coberturas (x_1). Assim, foi desconsiderada a variável taxa de parto (x_2) pois ela apenas demonstra a porcentagem de fêmeas que ainda irão parir em relação às que foram inseminadas e deste modo não trouxe informações importantes ao processo, tornando-se insignificativa para a previsão feita neste trabalho.

Deste modo, ocorreu alteração no modelo da estimativa de vendas da empresa, que antes usava da taxa de parto e quantidade de coberturas para gerar a estimativa de partos, assim, foi possível simplificar e facilitar a utilização da equação.

Para a análise da variável x_3 foram utilizados dados referentes ao período da primeira semana de 2016 até a décima segunda do ano de 2017, com o objetivo de estimar a quantidade de partos para as semanas 29 a 42.

Para estimar a quantidade de partos (x_3), criou-se a Tabela 1 que serviu como base de dados para a regressão linear e para gerar um valor fixo de média de quantidade de partos que foi utilizado como comparação à previsão.

Tabela 1 - Dados agrupados para quantidade de coberturas e estimativa de partos

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| x_1 | 44 | 47 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 67 | 68 | 71 |
| x_3 | 38 | 43 | 43 | 47 | 44 | 44 | 45 | 45 | 49 | 48 | 48 | 50 | 45 | 51 | 49 | 51 | 54 | 54 | 61 | 52 | 54 | 60 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 1 demonstra os dados agrupados para as variáveis quantidade de coberturas e estimativa de partos, onde calculou-se a média conforme a Equação (1) para os valores de (x_3) onde os dados de (x_1) se repetiam, de modo a obter apenas um valor de estimativa de parto para cada cobertura.

Os dados obtidos na Tabela 1 foram utilizados para dois métodos que geraram a estimativa de partos. O primeiro deles fixa os valores da tabela e os utilizam como previsão, ou seja, é um método que considera a média dos dados históricos. Já o segundo é a regressão linear simples que foi realizada com base nestes mesmos valores da mesma tabela.

Com os dados da Tabela 1 foi possível calcular a correlação de *Pearson* utilizando-se do Microsoft Excel® que tem como base a Equação (6), de modo a perceber se existe relação entre essas duas variáveis, o resultado está apresentado Tabela 2.

Tabela 2 - Correlação de *Pearson* entre x_1 e x_3

| | x_1 | x_3 |
|-------|-------|-------|
| x_1 | 1 | |
| x_3 | 0,90 | 1 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 2 mostra que existe correlação significativa entre a quantidade de coberturas (x_1) e a estimativa de partos (x_3) . Assim, foi possível realizar a regressão linear simples entre as mesmas. A quantidade de coberturas (x_1) foi considerada o valor independente, enquanto a estimativa de partos (x_3) foi tida como o valor dependente. A Tabela 3 demonstra o resumo dos resultados encontrados realizando a regressão por meio do *software* Microsoft Excel®. O resultado completo desta regressão está no Apêndice A.

Tabela 3 – Resultados da regressão teste entre x_1 e x_3

| Estatística de regressão | |
|---------------------------------|------------|
| R múltiplo | 0,90400756 |
| R-Quadrado | 0,81722966 |
| R-quadrado ajustado | 0,80809114 |
| Erro padrão | 2,44363797 |
| Observações | 22 |
| Coeficientes | |
| Interseção | 8,40883651 |
| x_1 | 0,70075388 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 3 demonstra o resumo dos resultados da análise entre as variáveis x_1 e x_3 , o R-quadrado mostra que a quantidade de coberturas explica aproximadamente 81,72% dos valores de estimativa de partos, demonstrando ser um bom modelo.

Utilizando-se da Tabela 3 também foi possível montar a equação da regressão para este caso, demonstrada na Equação (20).

$$x_3 = 8,4 + 0,7x_1 \quad (20)$$

A Equação (20) mostra o modelo de regressão linear simples entre as variáveis quantidade de coberturas e estimativa de partos. Utilizando-se da mesma foi possível fazer a previsão dos dados dentro da amostra para identificar como a série se comportou em relação aos dados já existentes, conforme apresentado no Gráfico 3.

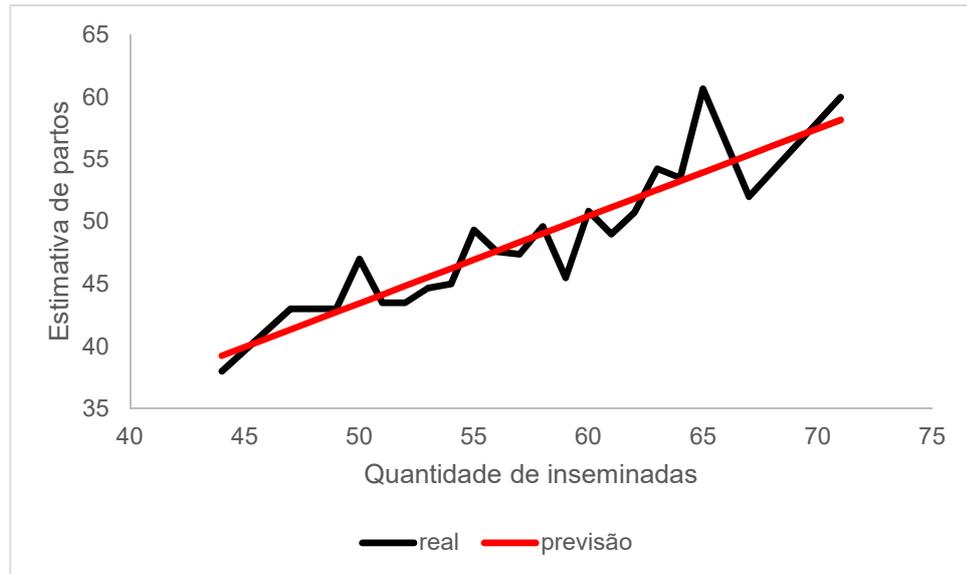


Gráfico 3 - Real versus Previsto variável x_3 para a semana 13

Fonte: Autoria própria

O Gráfico 3 mostra os valores reais em preto para os dados históricos de estimativa de partos (x_3) e quantidade de inseminações (x_1). Enquanto os dados em vermelho demonstram a previsão obtida para os valores dentro da amostra utilizando-se da Equação (20) de regressão linear para a estimativa de partos (x_3). Percebe-se que os valores são bastante próximos e deste modo a regressão linear simples é um bom modelo para estimar a quantidade de partos.

5.1.1.1.2 Nascidos vivos

A segunda variável analisada para o cenário 1 foi o total de nascidos vivos (x_4). O modelo já utilizado pela empresa calcula este valor com base na estimativa de partos (x_3) e na média dos nascidos vivos (x_5). Porém, percebeu-se que a variável média de nascidos vivos (x_5) não traz nenhuma informação relevante a previsão de vendas, visto que ela só calcula a média de nascidos vivos pela quantidade de partos ocorridos e que o modelo poderia ser gerado com base apenas

na quantidade total de nascidos vivos (x_4). Deste modo, novamente ocorreu alteração no modelo utilizado pela empresa.

Pela análise do processo e da previsão já utilizada pela empresa percebeu-se que a estimativa de partos (x_3) poderia influenciar no total de nascidos vivos (x_4). Deste modo, foi criada uma Tabela 4 semelhante a Tabela 1 que demonstra o resumo dos dados de estimativa de partos (x_3) e total de nascidos vivos (x_4), com os dados totais apresentados no Apêndice B.

Tabela 4 - Dados agrupados para a x_3 e x_4

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x_3 | 33 | 37 | 40 | ... | 60 | 61 | 65 |
| x_4 | 392 | 436 | 476 | ... | 722 | 795 | 710 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 4 mostra o resumo dos dados que foram agrupados pela estimativa de partos (x_3), realizando-se a média, conforme a Equação (1), do total de nascidos vivos (x_4) onde os valores de estimativa de partos se repetiam.

Após a organização dos dados, foi realizada a correlação das variáveis pelo *software* Microsoft Excel®, utilizando-se da Equação (6) e o resultado está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Correlação de *Pearson* entre as variáveis x_3 e x_4

| | x_3 | x_4 |
|-------|-------|-------|
| x_3 | 1 | |
| x_4 | 0,96 | 1 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 5 percebe-se que existe correlação bastante alta entre as duas variáveis. Deste modo, foi realizado o teste de regressão linear simples entre as mesmas. A estimativa de partos (x_3) foi tida como variável independente, enquanto o total de nascidos vivos (x_4) foi o valor dependente. O resumo dos resultados está apresentado na Tabela 6, os dados completos encontram-se no Apêndice C.

Tabela 6 - Resultados regressão teste entre as variáveis x_3 e x_4

| Estatística de regressão | |
|---------------------------------|----------|
| R múltiplo | 0,956668 |
| R-Quadrado | 0,915214 |
| R-quadrado ajustado | 0,910975 |
| Erro padrão | 29,96295 |
| Observações | 22 |
| Coefficientes | |
| Interseção | -10,9435 |
| x_1 | 11,94892 |

Fonte: Autoria própria

Com os resultados apresentados na Tabela 6, percebe-se que a variável total de nascidos vivos é explicada em aproximadamente 91,52% pela quantidade de partos. Também foi possível montar o modelo desta regressão linear, apresentado na Equação (21).

$$x_4 = -10,94 + 11,95x_3 \quad (21)$$

A Equação (21) mostra o modelo de regressão linear simples para as variáveis estimativa de partos (x_3) e total de nascidos vivos (x_4). Utilizando-se da mesma, foi possível prever os valores de x_4 dentro da série já existente para poder compará-los e analisar o modelo, o Gráfico 4 apresenta estes dados.

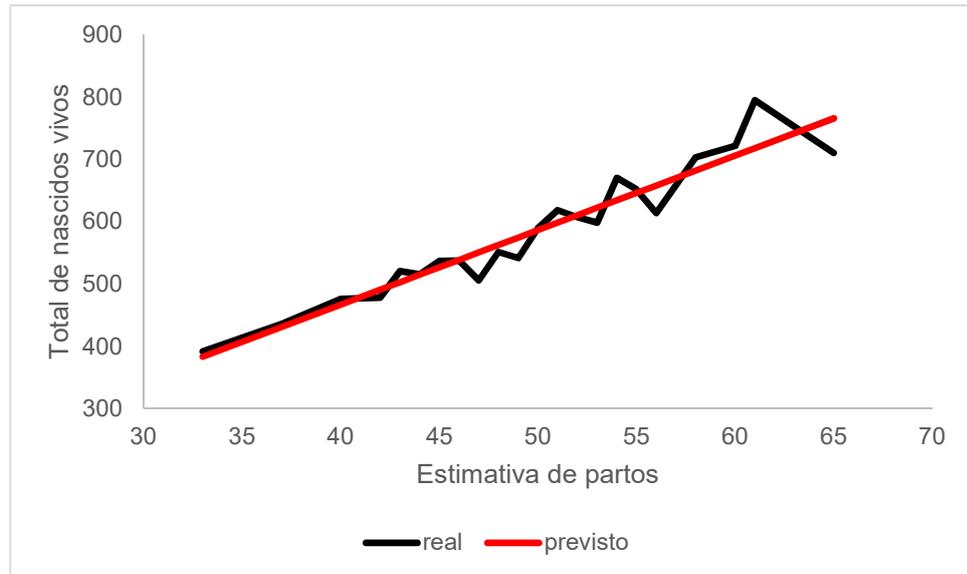


Gráfico 4 – Real versus Previsto – Total de nascidos vivos para a semana teste
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 4 demonstra os valores reais em linha preta e previstos destacados em vermelho dentro da amostra obtida para o teste de regressão. Percebe-se que estes valores estão bem próximos, provando mais uma vez que a regressão linear simples é um bom modelo para esta variável.

5.1.1.1.3 Desmamados

Para a análise da variável desmamados (x_7) foi realizado o teste de correlação utilizando do *software* Microsoft Excel® com o número total de nascidos vivos (x_4). O resultado está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Correlação de Pearson entre as variáveis x_4 e x_7

| | x_4 | x_7 |
|-------|--------|-------|
| x_4 | 1 | |
| x_7 | 0,0786 | 1 |

Fonte: Autoria própria

Percebe-se pela Tabela 7 que a correlação entre as duas variáveis é muito baixa. Deste modo, não foi viável a realização da regressão linear simples entre estas duas variáveis.

Utilizando-se dos dados históricos de desmame e total de nascidos vivos foi gerado o Gráfico 5 que demonstra as séries de dados em relação ao tempo.

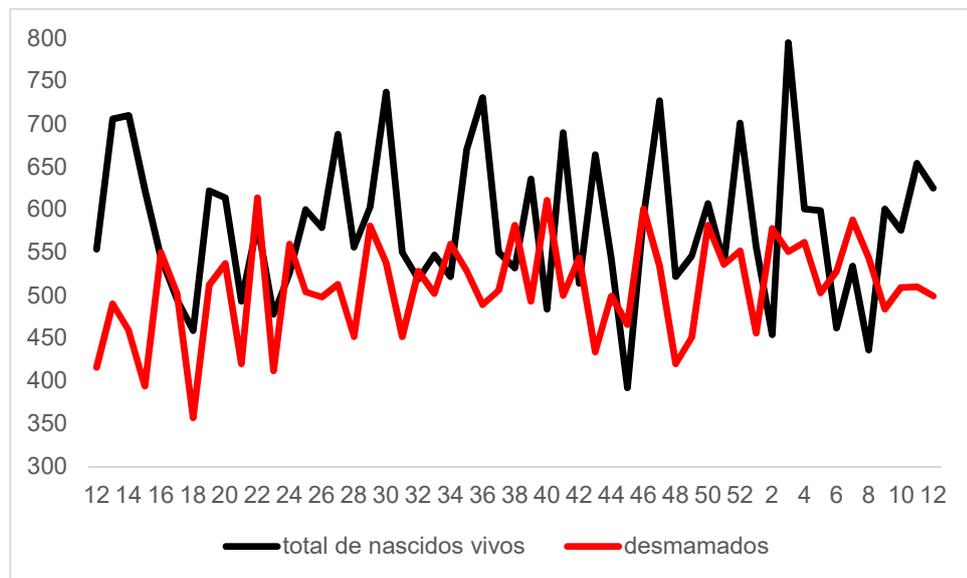


Gráfico 5 - Dados reais para x_4 e x_7
Fonte: Autoria própria

Pelo Gráfico 5 percebe-se que existem semanas onde o valor de desmame (x_7) destacado em vermelho supera a quantidade de nascidos vivos (x_4) em preto, o que é teoricamente impossível, visto que só existem a quantidade de nascidos vivos ou um valor menor do que isto disponíveis para o desmame, devido as mortes ocorridas na maternidade. Na prática este fato pode ocorrer devido ao baixo desenvolvimento dos leitões ou doenças ocorridas, atrasando o desmame dos mesmos, podendo haver leitões que desmamam em semanas diferentes daquelas que estão previstas para isso, podendo explicar o fato de não haver correlação entre as duas variáveis.

Como o número de leitões desmamados é calculado excluindo-se a quantidade de leitões mortos na maternidade do total de nascidos vivos (x_4),

percebeu-se que poderia haver uma correlação desta variável com os mortos na maternidade (x_6) para que pudesse prever o número de leitões mortos e descontá-los dos nascidos vivos para obter os desmamados. Os resultados encontram-se na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre as variáveis x_4 e x_6

| | x_4 | x_6 |
|-------|---------|-------|
| x_4 | 1 | |
| x_6 | -0,0996 | 1 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 8 percebe-se que a correlação entre as variáveis total de nascidos vivos e mortos na maternidade é muito baixa, indicado assim que não existe relação entre as mesmas.

Outro teste realizado foi a regressão múltipla considerando leitões desmamados (x_7) como variável dependente e leitões nascidos vivos (x_4) e mortos na maternidade (x_6) como variáveis independentes. O resumo dos resultados está disposto na Tabela 9, os dados completos desta análise encontram-se no Apêndice D.

Tabela 9 - Resumo dos resultados regressão múltipla entre x_4 , x_6 e x_7

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,25544556 |
| R-Quadrado | 0,065252434 |
| R-quadrado ajustado | 0,027099472 |
| Erro padrão | 89,12616999 |
| Observações | 52 |

Fonte: Autoria própria

Como percebe-se pelo valor do R-quadrado apresentado na Tabela 5, não houve explicação da variável total de desmamados pelo total nascidos e mortes na maternidade. Deste modo a regressão múltipla também não apresentou bons resultados para esta variável.

Foi também realizado o teste de suavização exponencial simples e dupla por meio do Microsoft Excel®. E os testes de *Holt Winters* foram realizados pelo software R® utilizando-se dos pacotes “xlsx”, “rJava” e “forecast”. Os valores da raiz de erro quadrático médio (RMSE) estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Raiz dos erros quadráticos médios para a variável x_7

| Método | RMSE |
|---|-------------|
| Suavização exponencial simples | 57,16 |
| Suavização exponencial dupla | 55,82 |
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 53,47 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 55,19 |

Fonte: Autoria própria

Percebe-se pela Tabela 10 que a raiz dos erros quadráticos médios apresentaram valores elevados para os quatro métodos analisados e deste modo, não sendo considerados bons modelos para estimar esta variável.

Como os métodos citados anteriormente não apresentaram bons resultados optou-se por testar a previsão da série de leitões mortos na maternidade e descontá-los do total de nascidos vivos para calcular o desmame. A Tabela 11 apresenta os resultados para os métodos de *Holt Winters* e seus respectivas raízes dos erros quadráticos médios (RMSE).

Tabela 11 - Erro quadrático médio para a variável x_6

| Método | RMSE |
|---|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 15,65 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 15,94 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 11 demonstra os valores de raízes erros quadráticos médio para a variável animais mortos na maternidade (x_6). Percebe-se que o erro é menor no método do *Holt Winters* aditivo, deste modo, este foi escolhido para a previsão. Para utilizá-lo na planilha da estimativa da venda foram previstos 20 passos à frente para

esta variável e utilizado o último valor da previsão, visto que levam 20 semanas até que esta variável se torne real.

As Equações (22), (23) e (24) demonstram os valores apresentados pelo R® para o modelo de *Holt Winters* aditivo, que indicam respectivamente, nível, tendência e sazonalidade.

$$L_t = 0,008123(Y_t - S_{t-s}) + (1 - 0,008123)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (22)$$

$$b_t = 0,008122(L_t - L_{t-1}) + (1 - 0,008122)b_{t-1} \quad (23)$$

$$F_{t+m} = 0,000108(Y_t - L_t) + (1 - 0,000108)S_{t-s} \quad (24)$$

Utilizando das Equações (22), (23) e (24) somente é necessário substituir os demais valores para calcular o nível, tendência e sazonalidade e substituí-los na Equação (15) de modo a gerar manualmente os valores de previsão que já são dados de maneira automática pelo R®. Com base neste resultado apresentado pelo R® foi possível gerar o Gráfico 6 que demonstra a previsão dos valores dentro da amostra.

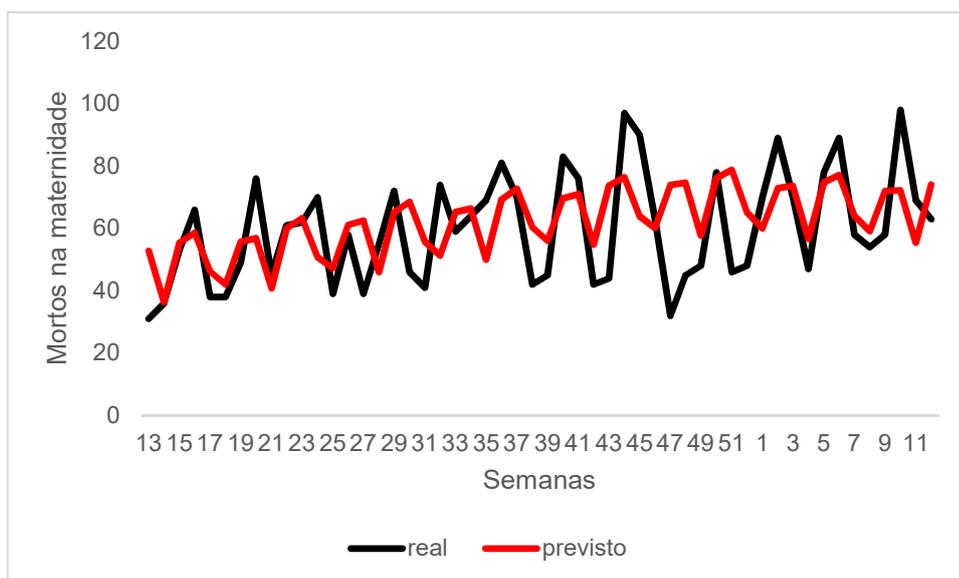


Gráfico 6 - Previsão de valores dentro da amostra para a variável x_6
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 6 demonstra os valores reais da amostra em preto e os valores previstos com o método de *Holt Winters* aditivo calculados pelo *software R*®. Percebe-se que a previsão apresenta bons resultados para esta variável, porém também não consegue identificar os pontos discrepantes assim como nos outros modelos.

5.1.1.1.4 Leitões descrechados

Primeiramente optou-se por analisar a descreche em relação ao desmame. Os valores foram plotados no Gráfico 7, para melhor visualização dos dados.

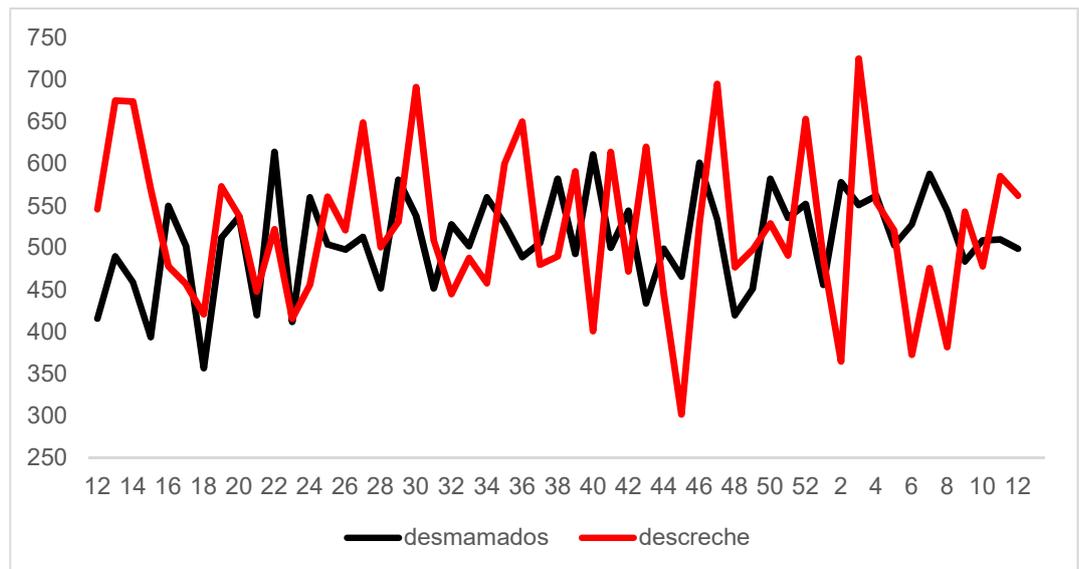


Gráfico 7 - Dados para desmame e venda
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 7 demonstra os valores da amostra de dados organizados para o desmame e a venda. Pode-se perceber que em diversas semanas o valor de leitões descrechados (x_9) supera o desmame (x_7), o que seria teoricamente impossível, visto que só deveria haver a quantidade de leitões desmamados ou menos, devido às mortes na creche, para a venda. Isto acontece devido ao fato de que em determinadas semanas não se vendem todos os leitões desmamados, pois os mesmos podem

apresentar baixo desempenho, doenças, ou problemas de processo por logística da entrega ou então devido ao pedido realizado pelo cliente. Deste modo, pode acontecer o citado anteriormente, de vender-se mais leitões do que o desmame e estes animais pertencem à lotes anteriores.

Utilizando-se dos dados plotados no Gráfico 7 foi feita a correlação de *Pearson* entre as duas variáveis. Os resultados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Correlação de Pearson entre a variáveis x_7 e x_9

| | x_7 | x_9 |
|-------|----------|-------|
| x_7 | 1 | |
| x_9 | 0,005458 | 1 |

Fonte: Autoria própria

Percebe-se pela Tabela 12 que a correlação entre o desmame (x_7) e a descreche (x_9) apresenta um valor muito baixo. Deste modo torna-se inviável a regressão entre estas variáveis.

O método utilizado na empresa calcula a descreche (x_9) descontando os mortos na creche do total de desmamados. Utilizando-se desta análise foi evidenciado que poderia ser realizado o teste de regressão múltipla acrescentando-se a variável mortos na creche. O resumo dos resultados está apresentado na Tabela 13. Os resultados completos apresentam-se no Apêndice E.

Tabela 13 – Resumo dos resultados da regressão múltipla entre x_9 , x_7 e x_8

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,017834854 |
| R-Quadrado | 0,000318082 |
| R-quadrado ajustado | -0,03966919 |
| Erro padrão | 93,57921912 |
| Observações | 53 |

Fonte: Autoria própria

Percebe-se pela Tabela 13 que o R-quadrado apresenta um valor muito baixo, demonstrando assim que o modelo de regressão múltipla não é o mais adequado para esta variável.

Foram também realizados os testes de suavização exponencial simples e dupla utilizando-se do Excel® e métodos de *Holt Winters* pelo software R®, os valores de raiz da média de erros quadrados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Erro quadrático médio para a variável x_9

| Método | RMSE |
|---|-------------|
| Suavização exponencial simples | 93,18 |
| Suavização exponencial dupla | 97,29 |
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 118,14 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 116,26 |

Fonte: Autoria própria

Os valores apresentados na Tabela 14 para a raiz do erro quadrático médio foram bastante elevados mostrando assim que estes não são bons modelos de previsão desta variável.

Devido ao tipo de processo que a empresa tem, a descreche representa a venda, porém, neste caso foi separado em descreche e venda. Pelo motivo citado anteriormente no Gráfico 7 ficou difícil estimar a venda de suínos, então optou-se por estimar a quantidade de leitões disponíveis para a venda que seria a descreche somada ao resíduo, que é a quantidade de leitões que sobra, ou falta da semana anterior.

Para isso, optou-se por realizar a previsão da quantidade de leitões mortos na creche (x_8) para descontá-los dos leitões desmamados (x_7) e assim calcular a quantidade de descrechados. A Tabela 15 demonstra os respectivos valores de raiz do erro quadrático médio para cada método analisado.

Tabela 15 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 1

| Método | RMSE |
|---|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 9,09 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 8,78 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 15 percebe-se que o método de *Holt Winters* multiplicativo apresentou o menor erro, deste modo foi o escolhido para estimar esta variável. Foram previstos 26 passos à frente e foi utilizado o último valor da previsão na equação, visto que demoram 26 semanas da gestação até a venda do animal. Vale ressaltar que devido ao grande horizonte de previsão, este valor pode ficar bastante longe do valor real.

Através dos dados gerados pelo R® foi possível montar as Equações (25), (26) e (27) que mostram o nível, tendência e sazonalidade, respectivamente.

$$L_t = 0,367548 \left(\frac{Y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - 0,367548)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (25)$$

$$b_t = 0,0001(L_t - L_{t-1}) + (1 - 0,0001)b_{t-1} \quad (26)$$

$$F_{t+m} = 0,0001 \frac{Y_t}{L_t} + (1 - 0,0001)S_{t-s} \quad (27)$$

Com os resultados apresentados pelas Equações (25), (26) e (27) é necessária somente a substituição dos valores na Equação (11) para calcular as previsões manualmente, que já são apresentadas pelo R®. Estes valores foram utilizados para montar o Gráfico 8 que demonstra a previsão dos valores para dentro da amostra.

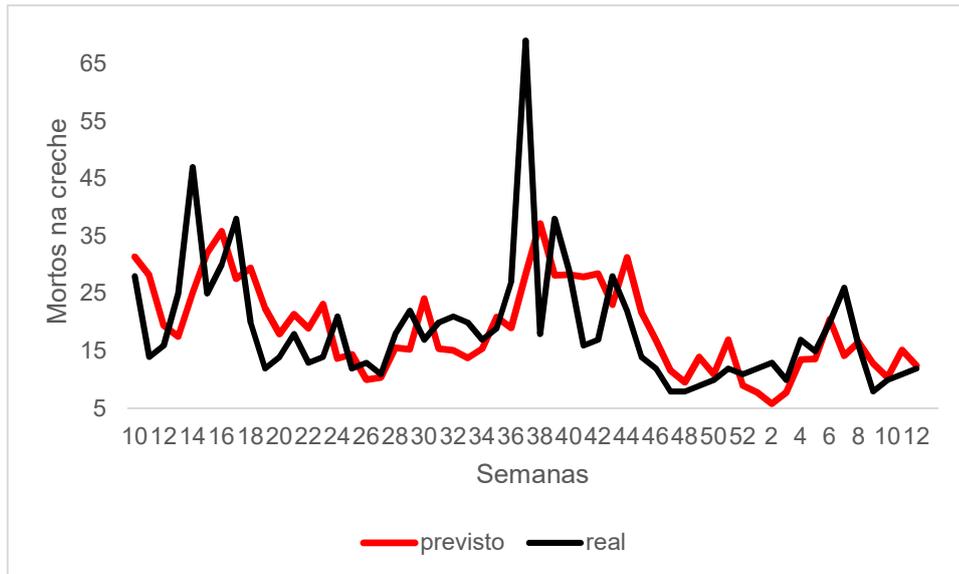


Gráfico 8 - Previsão de valores dentro da amostra para a variável x_8
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 8 mostra a previsão dos valores para os animais mortos na creche (x_8) dentro da amostra, utilizando-se dos dados apresentados pelo R[®]. Percebe-se que este modelo também não detecta as grandes oscilações da variável, assim como todos os outros apresentados anteriormente, porém, é um bom modelo para prever esta variável.

5.1.1.2 Cenário 2

O cenário 2 é aquele que acontece na semana do parto, ou seja, 17 semanas após a inseminação. Todas as variáveis relacionadas ao parto, sendo elas, estimativa de partos (x_3), taxa de parto (x_2), total de nascidos vivos (x_4) e média de nascidos vivos (x_5), tornam-se reais.

No caso teste da semana 13, conforme demonstrado na Figura 15, o parto irá ocorrer na vigésima nona semana, deste modo, todas as outras variáveis que ainda não são reais terão valores correspondentes até esta semana, acrescidos em sua

série histórica. Deste modo, teoricamente torna-se a previsão mais próxima do valor real.

Como os métodos já foram testados para o cenário 1 foram utilizados os mesmos para gerar os valores de previsão para o cenário 2. E, a seguir estão descritos os resultados apresentados para cada variável analisada, sendo elas os desmamados e os descrechados.

Como as variáveis de parto tornam-se reais e irão atualizar-se na equação da venda, foi realizada a comparação dos dados reais e de previsão, tanto para a variável estimativa de partos, como para o total de nascidos vivos.

O Gráfico 9 demonstra os resultados obtidos nesta etapa, foram realizadas as previsões de estimativa de parto para todos os dados contidos entre as semanas 13 e 26 com entrada da inseminação resultando em previsão de parto para as semanas 29 a 41. Para isso, conforme foi ocorrendo a atualização dos dados ocorreu a alteração da Tabela 1, que serve como base para as demais etapas. Todos os cálculos seguiram a mesma lógica apresentada anteriormente para a semana 13.

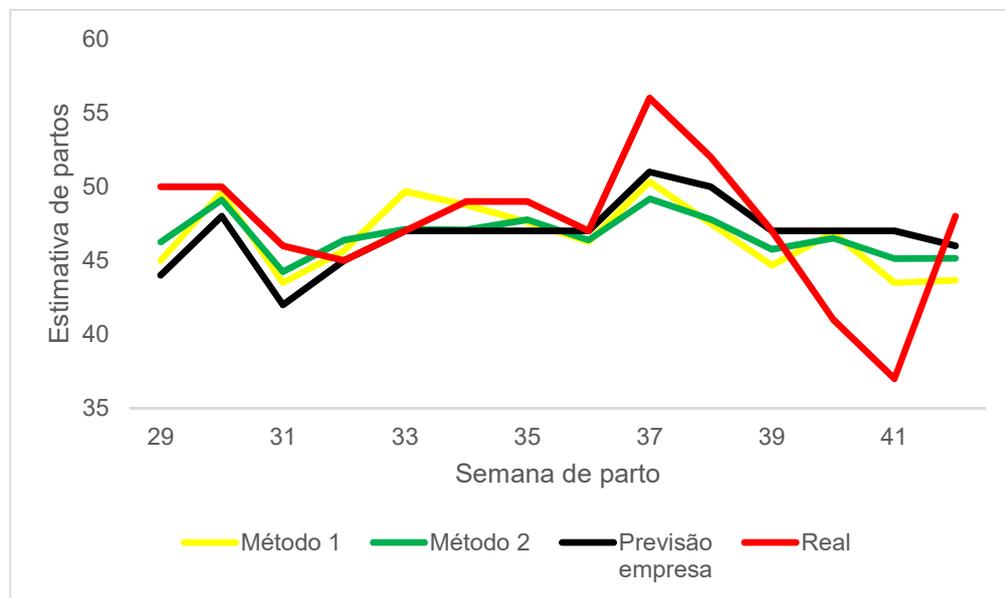


Gráfico 9 - Comparação de métodos para a variável x_3
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 9 apresenta a série dos valores reais para parto entre as semanas 29 e 41 em vermelho, o método fixo das médias está em amarelo, a previsão

já utilizada na empresa em preto e o método de regressão linear em verde. O método fixo e a regressão linear apresentaram melhores resultados do que a previsão já utilizada na empresa. Porém, nenhum dos métodos utilizados detecta grandes variações nos dados, como o que acontece nas semanas 37 e 41.

Com a inserção de dados de inseminação semana a semana foi realizada a previsão de total de nascidos para as semanas 29 a 41. O Gráfico 10 demonstra a comparação de modelos utilizados.

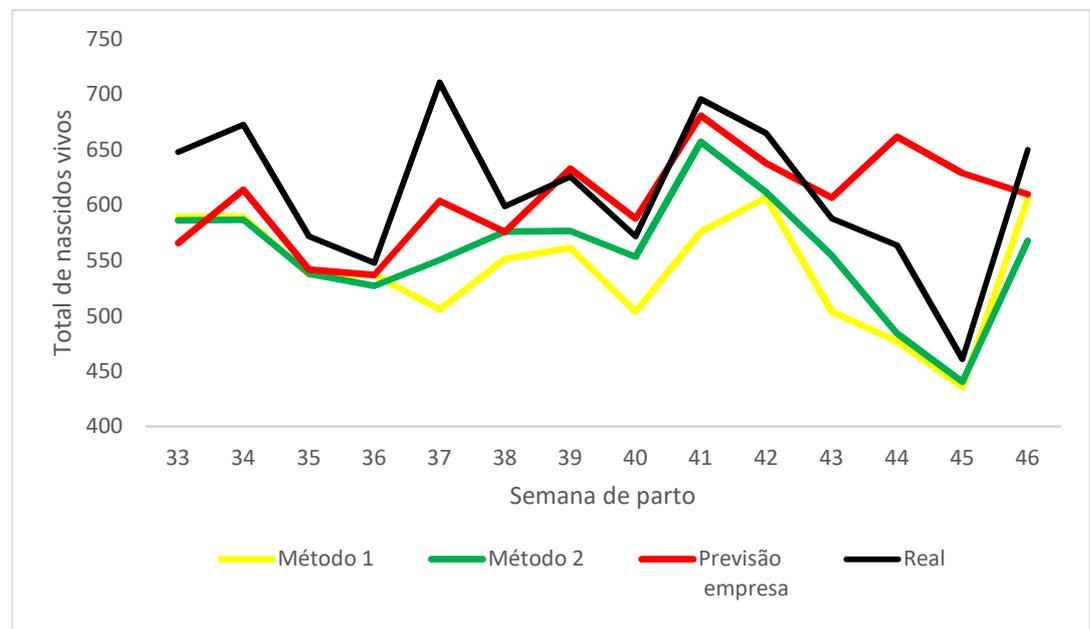


Gráfico 10 - Comparação de métodos para a variável x_4
Fonte: Autoria própria

Pelo Gráfico 10 percebe-se que o método fixo e de regressão linear apresentam melhorar resultados se comparado ao método já utilizado pela empresa. E para esta variável os métodos 1 e 2 detectaram a elevada oscilação que ocorreu na semana 45.

5.1.1.2.1 Desmamados

Para este caso foi utilizado o mesmo método do cenário de *Holt Winters* e foram apenas acrescentados os valores históricos até a semana 33 para calcular a quantidade de animais mortos na maternidade e assim determinar a quantidade de animais desmamados.

A Tabela 16 demonstra os valores de raiz do erro quadrático médio para a variável mortos na maternidade (x_6).

Tabela 16 - Erro quadrático médio para a variável x_6

| Método | RMSE |
|------------------------------------|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 15,17 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 15,24 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 16 percebe-se que com a inserção de dados a raiz do erro quadrático médio (RMSE) diminui com relação à Tabela 11. O que demonstra que o modelo é melhorado com a inserção de novos dados. Como o método aditivo apresentou menor erro, ele foi utilizado como previsão, conforme o cenário 1.

As Equações desta etapa são as mesmas demonstradas em (22), (23) e (24) apenas alterando os valores das constantes, que estão apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores das constantes para a variável x_6 cenário 2

| Variável | Valor |
|-----------------|--------------|
| α | 0,006212 |
| β | 0,006212 |
| γ | 0,0001 |

Fonte: Autoria própria

Os valores das constantes de nível, tendência e sazonalidade apresentados na Tabela 17 apenas foram substituídos nas Equações (22), (23) e (24) e desta forma pode-se calcular manualmente os valores de previsão.

Foi utilizado o R[®] para prever 4 passos à frente, e o último valor da previsão foi atualizado na planilha da previsão do Excel[®]. Este valor representa a semana em que irá ocorrer o desmame destes animais, ou seja, a semana em que este valor se tornará real.

5.1.1.2.2 Leitões descrechados

Para o cálculo dos leitões descrechados (x_9) no cenário 2 foi utilizada a série histórica de dados acrescentando valores até a semana 29 e utilizando-se dos métodos de *Holt Winters* criou-se a Tabela 18, com a raiz dos erros quadráticos médios para os dois métodos.

Tabela 18 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 2

| Método | RMSE |
|------------------------------------|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 8,65 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 8,39 |

Fonte: Autoria própria

Percebe-se pela Tabela 18 que os valores da raiz do erro quadrático médio diminuiram em relação à Tabela 15 que demonstra este resultado para o cenário 1, mostrando que o modelo é melhorado com a inserção de novos dados. Da mesma forma que para o cenário 1, neste caso foi utilizado o método multiplicativo, pois apresentou o menor erro de previsão.

Utilizando-se das Equações (25), (26) e (27) e alterando os dados das constantes para o segundo cenário é possível calcular manualmente os valores de previsão para esta variável. Os valores das constantes de suavização estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 - Valores das constantes para a variável x_8 cenário 2

| Variável | Valor |
|-----------------|--------------|
| α | 0,385799 |
| β | 0,000102 |
| γ | 0,000457 |

Fonte: Autoria própria

Neste caso utilizou-se do R® para prever 10 passos à frente, e o último valor foi utilizado como previsão, visto que demoram 10 semanas para este valor se tornar real desde o nascimento dos leitões.

5.1.1.3 Cenário 3

O cenário 3 acontece na semana em que os leitões são desmamados, tornando a estimativa de leitões descrechados o mais próximo possível do real. Para o caso teste da semana 13, o desmame dos leitões irá atualizar a variável leitões descrechados até a semana 33 para gerar a previsão.

5.1.1.3.1 Leitões descrechados

Para prever esta variável, foram utilizados os mesmos métodos anteriores, com a série histórica de dados até a semana 33 e os métodos de *Holt Winters* com o software R®. A Tabela 20 demonstra o resultado da raiz do erro quadrático médio para os dois métodos utilizados.

Tabela 20 - Erro quadrático médio para a variável x_8 cenário 3

| Método | RMSE |
|------------------------------------|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 8,40 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 8,18 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 20 percebe-se que o erro novamente diminui com relação à Tabela 18, quando houver o acréscimo de dados históricos do cenário 2 para o cenário 3. O método multiplicativo foi escolhido novamente por apresentar o menor erro.

Do mesmo modo que para o cenário 2, apenas as constantes irão alterar, tendo como resultados os valores apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Valores das constantes para a variável x_8 cenário 3

| Variável | Valor |
|-----------------|--------------|
| α | 0,348358 |
| β | 0,000103 |
| γ | 0,0001 |

Fonte: Autoria própria

Com os resultados apresentados na Tabela 21 é possível prever os valores para esta variável. Foi realizada a estimativa deste valor 6 passos à frente e foi utilizado o último como a previsão para a tabela do Excel®, visto que é o número de semanas que ela levará para tornar-se real.

5.1.2 Dados totais

Com a comprovação da eficácia dos métodos utilizados para teste anteriormente, foi realizado os mesmos procedimentos para os dados totais utilizados para que assim fosse possível prever valores fora da amostra, ou seja, valores que não são reais utilizando-se somente da entrada de quantidade de coberturas.

5.1.2.1 Estimativa de partos

Para gerar a estimativa de partos (x_3), criou-se a uma tabela apresentada no Apêndice F semelhante à Tabela 1, apenas acrescentando o restante dos dados disponíveis para este trabalho. Esta tabela serviu como base tanto para a geração dos valores fixos para compor a previsão, como base de dados para a regressão.

Apesar de haver disponíveis dados referentes à 104 semanas, foram considerados dados de 88 semanas para cobertura (x_1) e estimativa de partos (x_3), pois ocorreram somente 88 semanas em que houveram as duas etapas de processo, devido ao tempo de gestação da fêmea. Para isso, juntou-se os dados das semanas onde foram inseminadas as mesmas quantidades de fêmeas, ou seja, onde os valores de (x_1) eram iguais e calculou-se a média das estimativas de partos (x_3). Foi possível obter um valor fixo e utilizar estes dados para formar a equação da regressão linear, prevendo valor de estimativa de partos caso o valor de quantidade de coberturas seja um valor inexistente nesta tabela.

Com os dados gerados pela tabela calculou-se a correlação de *Pearson* entre as duas variáveis conforme apresentado na Equação (6) utilizando o *software* Microsoft Excel®, os resultados estão dispostos na Tabela 22.

Tabela 22 - Correlação de Pearson entre as variáveis x_1 e x_3

| | x_1 | x_3 |
|-------|-------|-------|
| x_1 | 1 | |
| x_3 | 0,88 | 1 |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 22 mostrou que existe correlação entre as variáveis quantidade de coberturas (x_1) e estimativa de partos (x_3) no valor de 0,88, indicando que existe uma relação significativa entre as duas variáveis.

Com base no resultado apresentado na Tabela 22, decidiu-se testar o método de regressão linear simples para as duas variáveis. Foi utilizado o número de coberturas (x_1) como variável independente e a estimativa de partos (x_3) como

variável dependente. Para isso, utilizou-se dos dados apresentados na Tabela 23, visando determinar o modelo de regressão que representa a estimativa de partos (x_3) por meio da quantidade de coberturas (x_1).

A Tabela 23 demonstra o resumo dos resultados da regressão linear simples entre as variáveis quantidade de coberturas e estimativa de partos. Os dados completos obtidos nesta regressão estão apresentados no Apêndice G.

Tabela 23 – Resultados da regressão simples entre as variáveis x_1 e x_3

| Estatística de regressão | |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,883696936 |
| R-Quadrado | 0,780920274 |
| R-quadrado ajustado | 0,770962105 |
| Erro padrão | 3,273993006 |
| Observações | 24 |
| Coefficientes | |
| Interseção | 8,754751527 |
| x_1 | 0,699903191 |

Fonte: Autoria própria

Por meio da Tabela 23, percebe-se que o R-quadrado apresentou um valor 0,7809, ou seja, 78,09% dos dados observados são explicados pelo modelo. Utilizando-se destes dados foi possível formular o modelo que representa a quantidade de fêmeas restantes que está apresentado na Equação (28).

$$x_3 = 8,75 + 0,699x_1 \quad (28)$$

Com Equação 28 foi possível estimar a quantidade partos com base na quantidade de fêmeas inseminadas na primeira semana de 2018. Os valores serão apresentados no tópico em que é explica a planilha Excel®.

5.1.2.2 Total de nascidos vivos

A segunda variável estudada foi o número total de leitões nascidos vivos, que foi analisada seguindo os mesmos passos da variável anterior.

A partir destes dados, foi formada uma tabela apresentada no Apêndice H semelhante à Tabela 4, apenas acrescentando o restante dos dados utilizados, com as variáveis número total de nascidos vivos (x_4) e da estimativa de partos (x_3). Os dados utilizados para a formulação desta tabela são oriundos de dados históricos de 97 semanas onde ocorreram as duas etapas do processo. Para isso fixaram-se os valores das semanas em que ocorreram as mesmas quantidades de partos e foi feita a média da quantidade de leitões nascidos vivos para estes valores. Estes valores foram utilizados também para gerar a equação da previsão por meio da regressão linear entre as duas variáveis.

Com os dados da desta tabela, foi possível calcular a correlação de *Pearson* entre as duas variáveis, por meio da Equação (6) e utilizando-se do Microsoft Excel®. Os resultados desta relação estão dispostos na Tabela 24.

Tabela 24 – Correlação de *Pearson* entre as variáveis x_3 e x_4

| | x_3 | x_4 |
|-------|-------|-------|
| x_3 | 1 | |
| x_4 | 0,97 | 1 |

Fonte: Autoria própria

O cálculo realizado na Tabela 24 demonstra que existe uma correlação de 0,97 entre as duas variáveis, ou seja, é considerado um valor alto, demonstrando que existe relação altamente significativa entre as duas variáveis.

Após, foi feita a regressão linear simples entre duas variáveis. Sendo a variável número total de nascidos vivos (x_4) como valor dependente e a estimativa de partos (x_3) como valor independente. O resumo dos resultados está apresentado na Tabela 25 e os resultados completos estão dispostos no Apêndice I.

Tabela 25 - Resultados da regressão simples entre as variáveis x_3 e x_4

| Estadística de regressão | |
|---------------------------------|--------------|
| R múltiplo | 0,966512173 |
| R-Quadrado | 0,93414578 |
| R-quadrado ajustado | 0,931511611 |
| Erro padrão | 28,69675573 |
| Observações | 27 |
| Coeficientes | |
| Interseção | -9,391741772 |
| x_3 | 12,35659135 |

Fonte: Autoria própria

Conforme a Tabela 25 percebe-se que o R-quadrado apresentou um valor de 0,9341, ou seja, 93,41% dos dados históricos são explicados pelo modelo de regressão. Pelos dados gerados na regressão, foi possível formar o modelo que explica a quantidade de leitões nascidos vivos através da estimativa de partos, que está apresentado na Equação (29).

$$x_4 = -9,39 + 13,36x_3 \quad (29)$$

Utilizando-se da Equação (29) foi possível estimar a quantidade de total de nascidos vivos com base na quantidade de fêmeas inseminadas. O resultado será apresentado na Planilha Excel®.

5.1.2.3 Leitões desmamados

A terceira variável a ser analisada foi a quantidade de desmamados, que foi analisada da mesma maneira que o teste para a semana 13.

Deste modo foram acrescentados todos os dados até a semana 52 de 2017, para prever 20 passos à frente e gerar a previsão de mortos na maternidade para descontá-los do total de nascidos vivos e estimar os leitões desmamados. Foi utilizado

o método de *Holt Winters* aditivo, que apresentou o menor erro, assim como anteriormente citado para os testes. O resultado será apresentado na planilha do Excel®.

5.1.2.4 Leitões descrechados

A variável leitões descrechados foi analisada da mesma forma que o teste da semana 13. Utilizou-se o método de *Holt Winters* multiplicativo para prever 26 passos à frente da variável, e assim gerar a previsão para o ano de 2018.

Todas as variáveis previstas serão colocar manualmente em uma planilha Excel® e juntas mostrarão a quantidade de leitões descrechados, que quando somado ao resíduo, que é a quantidade de leitões que sobra da venda da semana anterior, irá demonstrar a quantidade de leitões disponíveis para a venda. Estes valores serão atualizados manualmente ao decorrer de cada cenário, e assim tornarão a previsão o mais próximo do real.

5.1.3 Métodos de Previsão Direta Para a Quantidade de Leitões Descrechados

Também foram utilizados outros métodos que preveem diretamente a quantidade de leitões descrechados, primeiramente foi feito o teste de regressão múltipla considerando todas as variáveis analisadas que são reais para o cenário 3, permitindo assim um horizonte de previsão para 6 semanas, porém com valor com pouco erro. O resumo dos resultados está descrito na Tabela 26, enquanto o resultado completo está apresentado no Apêndice J.

Tabela 26 - Regressão múltipla todas as variáveis reais até o cenário 3

| Estadística de regressão | |
|---------------------------------|--------------|
| R múltiplo | 0,934531656 |
| R-Quadrado | 0,873349417 |
| R-quadrado ajustado | 0,866070648 |
| Erro padrão | 31,02390745 |
| Observações | 93 |
| Coeficientes | |
| Interseção | -7,117262179 |
| x₁ | 1,419128561 |
| x₃ | -2,258527178 |
| x₄ | 0,921858014 |
| x₆ | -1,065563469 |
| x₇ | 0,177496758 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 26 percebe-se que o modelo de regressão linear é um bom método para prever a quantidade de leitões descrechados e depois soma-los aos leitões que sobraram de uma semana para outra para estimar a quantidade de animais disponíveis para a venda.

Percebe-se que o R-quadrado apresenta um valor bom, indicando que a quantidade de leitões descrechados é explicada em aproximadamente 87,33% pelas outras variáveis x_1 , x_3 , x_4 , x_6 e x_7 . Utilizando-se dos valores apresentados na Tabela 27 foi possível montar a Equação (30) da regressão múltipla entre as variáveis.

$$x_9 = -7,11 + 1,41x_1 - 2,25x_3 + 0,92x_4 - 1,06x_6 - 0,177x_7 \quad (30)$$

A Equação (30) demonstra o modelo de regressão múltipla para a variável leitões descrechados. Por meio desta Equação foi possível prever a quantidade de leitões descrechados para os valores dentro da amostra e os seus respectivos erros, conforme o Gráfico 11.

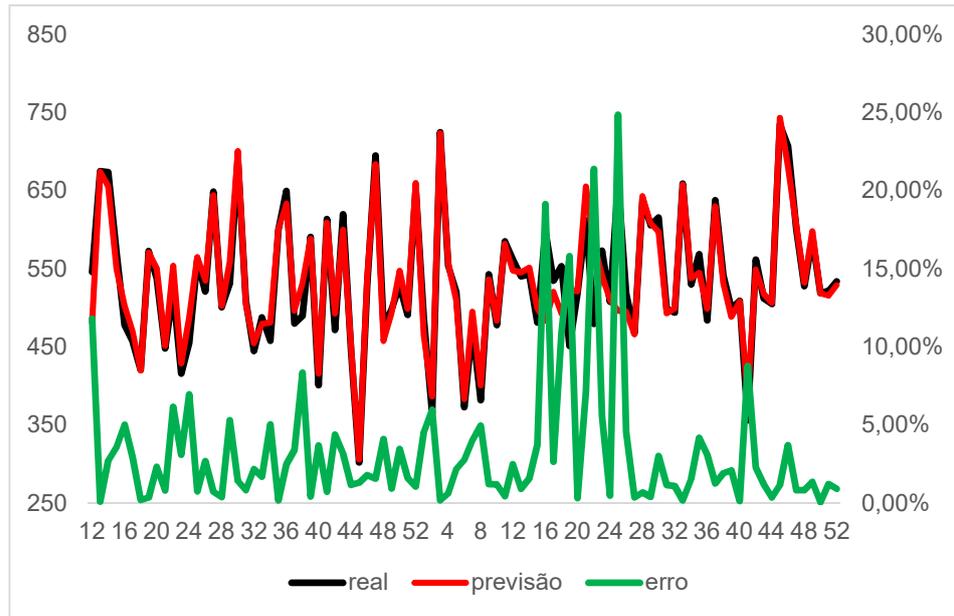


Gráfico 11 – Comparação real versus previsto e erro dados totais cenário 3
Fonte: Autoria própria

Pelo Gráfico 11 percebe-se que o método de regressão múltipla é um bom modelo para prever a quantidade de leitões descrechados, visto que as duas retas preta e vermelha se aproximam. É nítido também, que nas semanas que ocorrem as maiores oscilações nos dados os erros são maiores, devido ao fato do método não identificar esta ocorrência nos dados.

Percebe-se pelas análises realizadas anteriormente que o método apresenta bons resultados para prever a quantidade de leitões descrechados, porém, apresenta uma desvantagem visto que para utilizá-lo precisa-se esperar que ocorra o processo até o cenário 3 e deste modo consegue-se um horizonte de previsão de apenas 6 semanas.

Outro teste realizado foi de série temporal apenas com a descreche, utilizando o R® e os métodos de *Holt Winters*. O resultado dos erros está apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 - Métodos de Holt Winters variável x_9

| Método | RMSE |
|---|-------------|
| <i>Holt Winters</i> aditivo | 86,22 |
| <i>Holt Winters</i> multiplicativo | 85,98 |

Fonte: Autoria própria

Pela Tabela 27 percebe-se que a raiz dos erros quadráticos médios é muito alto para os dois métodos, deste modo pode-se concluir que a variável leitões descrechados não pode ser prevista pelos métodos de *Holt Winters*.

Sendo assim conclui-se que o método da regressão múltipla apresenta os melhores resultados para prever a variável leitões descrechados, se comparado ao método de *Holt Winters*.

5.1.4 Comparação de Resultados Para a Semana 13

Todas as variáveis foram calculadas utilizando os métodos citados anteriormente e inseridas na planilha do Microsoft Excel® que a empresa já utilizava e deste modo foram comparados os valores reais e o método de previsão já utilizado pela empresa.

A Tabela 28 demonstra os resultados previstos no trabalho com os valores reais para a semana 13 e os respectivos erros percentuais em cada cenário, para o método em que se calcula cada variável separada.

Tabela 28 - Resultados para a semana 13

| | Previsão | Leitões disponíveis para a venda | Erro |
|------------------|-----------------|---|-------------|
| Cenário 1 | 482 | 541 | 12,19% |
| Cenário 2 | 554 | 541 | 2,41% |
| Cenário 3 | 548 | 541 | 1,36% |

Fonte: Autoria própria

A Tabela 28 demonstra os valores de previsão e a quantidade de leitões disponíveis para a venda do decorrer dos três cenários analisados no trabalho, juntamente com seus respectivos erros. Percebe-se que o erro diminui com o passar do tempo, provando a teoria de que ao inserir valores reais o modelo irá tornar-se mais próximo do real. Além disso, a previsão se encontra bastante próxima do dado real, comprovando que o método que prevê cada variável separadamente é adequado.

Também foi realizada a comparação dos dados das semanas 13 a 26 para o método que prevê cada valor separadamente e o da regressão múltipla. Os resultados estão apresentados no Gráfico 12.

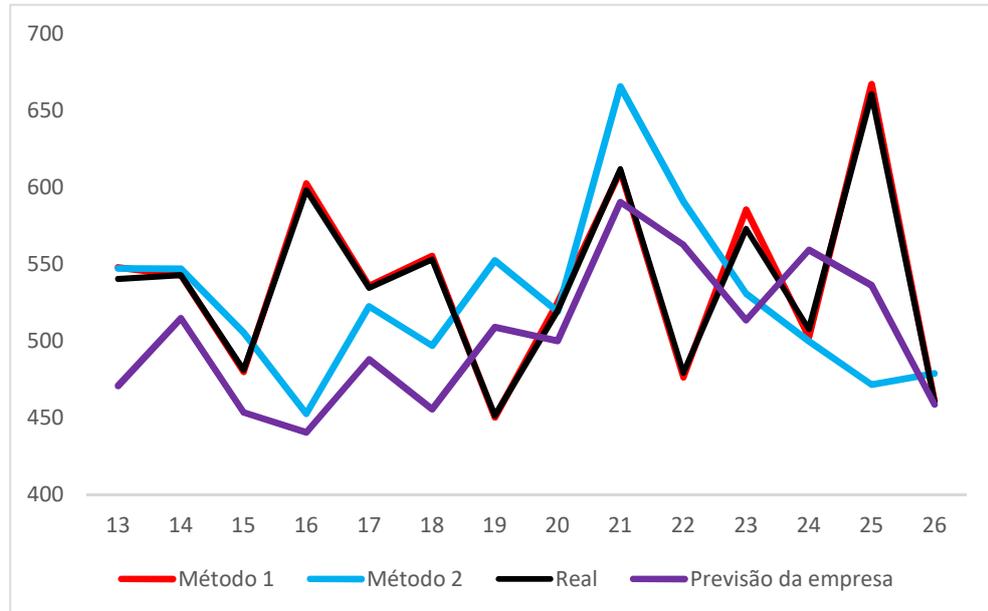


Gráfico 12 - Comparação real versus previsto e erro semanas 13 à 26
Fonte: Autoria própria

O Gráfico 12 demonstra a comparação do método 1 e 2 com os valores reais. O método 1 é aquele que estuda cada variável separadamente com seu método de previsão, já o 2 é aquele dado pela regressão múltipla, e em preto estão os dados reais. Percebe-se que o método 1 tem melhores resultados do que o método 2, porém possui limitações ao ser aplicado, enquanto o método 2 é bem mais simples. Também, o método 2 apresenta melhores resultados se comparado ao método já utilizado pela empresa.

5.1 PLANILHA PARA GERAR RESULTADOS

É possível a automatização da planilha que prevê cada variável com seu respectivo método separadamente, porém é um trabalho complexo e demanda

bastante tempo. Além disso, o gestor da empresa necessita algo que seja simples e automático, ou seja, que não precise ser refeito a cada semana. Deste modo, sugeriu-se para a empresa a utilização da Equação (29) de maneira fixa pelo período de um ano, para realizar um teste e acompanhar os erros de previsão, avaliando eficácia do método utilizado.

Tomou-se como base a planilha de Excel® que a empresa já utilizava, e aplicou-se o método de regressão múltipla descrito no trabalho, para gerar a estimativa de leitões disponíveis para a venda, conforme mostrado na Figura 18.

| Semana inseminação | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Coberturas | 51 | 52 | 52 |
| Semana de partos | 17 | 18 | 19 |
| Quantidade de partos | 0 | 0 | 0 |
| Total de nascidos vivos | 0 | 0 | 0 |
| Semana de desmame | 21 | 22 | 23 |
| Mortos na maternidade | 0 | 0 | 0 |
| Desmamados | 0 | 0 | 0 |
| Semana de descreche/ venda | 27 | 28 | 29 |
| Leitões descrechados | 16,0688 | 2,333546 | 2,333546 |
| Resíduo | 0 | -16,0688 | 13,73525 |
| Disponíveis para a venda | 16,0688 | -13,7353 | 16,0688 |
| Venda | 0 | 0 | 0 |

Figura 18 - Modelo para planilha Excel®
Fonte: Autoria própria

A Figura 18 mostra o modelo da planilha que calcula a estimativa de leitões descrechados, neste caso foram apenas demonstradas as primeiras semanas do ano, como um exemplo. Em destaque aparecem as respectivas semanas de cada etapa do processo, de modo a facilitar a visualização e os cálculos. Não é apresentada a previsão para a semana 1 visto que apenas ocorreu a inseminação da fêmea, as outras etapas ainda não ocorreram até a finalização deste trabalho.

O método anterior utilizado na empresa calculava a porcentagem de mortos na creche e na maternidade, enquanto o método utilizado neste trabalho calcula a quantidade de mortos, e as desconta da quantidade de nascidos vivos e desmamados, respectivamente, para assim calcular a quantidade de leitões descrechados para a vigésima sétima semana após a inseminação.

Todos os valores são dados reais, e com isso consegue-se apenas 6 semanas de previsão, porém é um teste que será realizado na empresa.

Deste modo esta planilha foi repassada ao gerente da empresa e proposto ao mesmo este período de teste para verificar a eficácia dos métodos utilizados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo determinar um modelo estatístico-matemático que gerasse a quantidade de leitões disponíveis para a venda. Para isso utilizou-se de dados de processo da empresa, que foram organizados de forma a analisar e verificar a influência dos mesmos sobre a previsão.

O primeiro objetivo específico do trabalho foi definir quais os indicadores de desempenho já utilizados na empresa que compunham os cálculos de produção. Para isso utilizou-se de métodos de correlação entre variáveis e do conhecimento prático obtido na empresa. Foram excluídas as variáveis taxa de partos e média de nascidos vivos e calculadas as quantidades de leitões mortos em substituição ao percentual de mortes, de modo a facilitar a utilização da equação.

Para mensurar a estimativa de leitões disponíveis para a venda foram utilizados métodos estatísticos como regressão linear, suavizamento exponencial e métodos de *Holt Winters* para calcular variáveis intermediárias que compõem a previsão de vendas já utilizada na empresa. Após, foi definido um modelo que prevê diretamente a estimativa de leitões disponíveis para a venda e somados ao resíduo, ou seja, a quantidade de leitões que sobra da venda da semana anterior.

O último objetivo do trabalho foi desenvolver uma planilha com os indicadores para auxiliar na visualização dos dados correspondentes à previsão. Para isso, utilizou-se da planilha que a empresa já tinha e suprimiu-se as variáveis que não foram relevantes a este trabalho, porém, que poderiam trazer informações importantes ao processo.

Sugeriu-se a empresa a utilização do método de regressão múltipla como teste por determinado período, para prever a quantidade de leitões descrechados como forma de teste para a empresa devido à praticidade de utilização e restrições em relação ao outro método. Apesar deste método não apresentar os melhores resultados, conforme mostrado no Gráfico 12, ainda apresenta a previsão melhor do que aquela que a empresa já utilizava.

Deste modo, todos os objetivos do trabalho foram atingidos. Com os resultados obtidos nesta pesquisa será possível demonstrar de maneira automática a quantidade de leitões disponíveis para a venda para o período de seis semanas, esta será gerada somente com a inserção dos dados de controle de processo que a

empresa já possui como rotina de acompanhamento. Com isso será possível auxiliar o gestor na tomada de decisões sobre o processo da empresa e também nos cálculos da gestão financeira da mesma.

A primeira coleta de dados realizada neste trabalho foi por meio da planilha de controle que a empresa utilizava, porém, estes valores não puderam ser aproveitados, devido a discrepância em relação aos dados apresentados pelo sistema, e até mesmo pela falta de valores.

Outra dificuldade encontrada foi em relação a aplicabilidade dos métodos em dados reais, ou seja, sem tratamentos. Valores reais geralmente variam bastante e os métodos estatístico-matemáticos não são capazes de prever grandes oscilações. Porém, foi necessária a utilização desta maneira, visto que os dados são inseridos deste modo no modelo.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a integração do sistema utilizado com uma planilha do Microsoft Excel® para aumentar a confiabilidade dos dados e conseqüentemente melhorar a previsão gerada.

Outra sugestão seria a automatização da planilha, que é bastante complexa, para poder gerar a estimativa para cada variável e assim gerar um horizonte de previsão mais longo, utilizando-se dos métodos de regressão linear simples e *Holt Winters*, conforme apresentado nos resultados do trabalho.

Também, a utilização de modelos mais completos e considerando outras variáveis importantes ao processo para gerar a previsão de leitões descrechados por semana.

Com os resultados apresentados neste trabalho será possível uma visão à médio prazo da quantidade de leitões disponíveis para a venda, porém com a automatização de todo o processo será possível reduzir os erros e melhorar a previsão.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Armando Lopes do et al. **Boas Práticas de Produção de Suínos**. Circular Técnica, 50. Embrapa: Concórdia, p. 1-60. 2006. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7m.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

ALFIERI, Aline Fernandes. et al. **Tópicos em sanidade e manejo de suínos**. 1. ed. Sorocaba: Editora Curuca Consciência ecológica, 2010. 405 p.

ARAGÃO, Guilherme. **Suinocultura e evolução no Brasil**. Rio de Janeiro: ASX Produções Artísticas, 2016. 164 p.

Associação Brasileira de Proteína. **Relatório Anual**. 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 12 set. 2017.

ATIVOS SUINOCULTURA. CNA Brasil: CNA Brasil e CEPEA, 2015. Disponível em: <<http://www.cnabrasil.org.br/boletins/ativos-suinocultura-suinocultura-brasileira-avanca-no-cenario-mundial-maio-2015>>. Acesso em: 17 out. 2017.

AZEVEDO, Paulo Roberto Medeiros de. **Modelos de regressão linear**. Natal: Editora Ufrn, 2001. 202 p.

BARBETTA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Antônio; BORNIA, Antônio Cezar. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010. 410 p.

BARRETO, Geraldo Benedito. **Suinocultura**. 5. ed. Campinas: Livraria e Editora Agropecuária, 1987. 295 p.

CARDOSO, Andrea. **Fundamentos da Pesquisa Operacional**. Minas Geral: Unifal, 2011. 102 p.

CASTRO, Hudson F.; MURGAS, Luís S. M. **Manejo na maternidade de suínos**. Editora UFLA, [199-]. 46 p.

CORREA, M. N et al. **Inseminação artificial em suínos**. Pelotas: Embrapa: 2001. 181 p.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração da produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012. 680 p.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; CAON, Mauro. **Planejamento, programação e controle da produção**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010. 434 p.

CRESPO, Antônio Arnot. **Estatística fácil**. 19. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2009. 218 p.

DANTON, Gian. **Metodologia Científica**. Pará de Minas: Virtual Books Online M&m Editores Ltda., 2000. 23 p. Disponível em: <www.virtualbooks.com.br/>. Acesso em: 22 set. 2017.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001. Tradução: Eduardo D'Agord Schaan et al.

DIAS, C. P; SILVA, C. A; MANTECA, X. **Bem-estar dos suínos**. 1ª ed, Embrapa: Londrina, 2014. 403 p.

DIAS, Alexandre César et al. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília: Embrapa, 2011. 134 p.

DICIONÁRIO, Informal. Disponível em: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/>>. Acesso em 09 out. 2017.

EMBRAPA. **Suinocultura intensiva: Produção, manejo e saúde do rebanho.** Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1998.

EMBRAPA. **Suínos e Aves.** 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/home>>. Acesso em: 26 out. 2017.

EMBRATER. **Manual técnico suinocultura.** Brasília: Manuais, 12, 1982. 196 p.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. **Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial.** 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010. 275 p.

FERREIRA, A. H. et al. **Produção de suínos: teoria e prática /** Coordenação editorial Associação Brasileira de Criadores de Suínos; Coordenação Técnica da Integrall Soluções em Produção Animal. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.abcs.org.br/attachments/1823_Livro%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2017

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r).** 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3852/3156>>. Acesso em: 30 out. 2017.

FLORES, João Henrique Ferreira. **Comparação dos modelos MLP/RNA e modelos Box-jenkins em séries temporais não lineares.** 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17150/000711535.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 out. 2017.

FONTANA, Diego et al. **Maneja em bandas na suinocultura.** 2015. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/manejo-bandas-suinocultura-t38696.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

GERVÁSIO, Edmar Wardensk. **Suinocultura Paranaense**. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=185>>. Acesso em: 23 out. 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GONÇALVES, Cristina Faria Fidelis. **Estatística**. Londrina: Editora Uel, 2002. 304 p.

GUIMARÃES, Diego et al. Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio BNDES. **Agribusiness**: BNDES Setorial 45, 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11794/1/BS%2045%20Suinocultura%20-%20estrutura%20da%20cadeia%20produtiva%2C%20panorama%20do%20setor%20no%20Brasil%5B...%5D_P.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

HERRERO FILHO, Emílio. **Balanced Scorecard e a gestão estratégica**. 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=10ZCPKhe-_4C&oi=fnd&pg=PP17&dq=balanced+scorecard+conceito&ots=C2V-wDwgLQ&sig=VGnUf4ID5eirYfX4DrdjRcG1Zc#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 29 out. 2017.

INSTITUTO CENTRO DE ENSINO TECNOLÓGICO – Centec. **Suinocultura**. 2004. Fortaleza. 96 p.

JACOBS, William. **Modelos de suavização exponencial, ARIMA e redes neurais artificiais: um estudo comparativo para a previsão de demanda de produtos**. 2011. 110 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Univates, Lajeado, 2011. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/254/1/WilliamJacobs.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2017.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**. 24. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997. 344 p.

KAUARK, Fabiana da Silva; MANHÃES, Fernanda Castro; MEDEIROS, Carlos Henrique. **Metologia da Pesquisa: Um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88 p.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2014. 615 p.

LIRA, Sachiko Araki. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. 2004. 209 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Métodos Numéricos em Engenharia, Ufpr, Curitiba, 2004.

LIMA, Gustavo J. M. M. de; MANZKE, Naiana E.; MORÉS, Nelson. Manejo nutricional dos leitões nas fases de maternidade e creche e seus efeitos no desempenho. In: PORK EXPO, 2014, Foz do Iguaçu. **VII Fórum Internacional de Suinocultura**. Foz do Iguaçu: Embrapa, 2014. p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122699/1/final7729.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2017.

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e controle da produção**. 10 ed, 2008. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MAGNABOSCO, Diogo et al. **Fatores envolvidos na preparação das matrizes para o parto**. 2017. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/preparacao-matrizes-parto-t37719.htm>>. Acesso em: 20 set. 2017.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 417 p.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. 562 p.

MARTINS, Vera Lúcia Milani; WERNER, Liane. **Comparação de previsões individuais e suas combinações: um estudo com séries industriais**. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_t6_0001_0694.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2018.

MIELE, Marcelo; WAQUIL, Paulo D. **Transação entre Suinocultor e Agroindústria em Santa Catarina**. 2011. Disponível em:

<<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/agroindustria-suinocultor-transacao-t36974.htm>>. Acesso em: 15 set. 2017.

MONKS, Joseph G. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Mcgraw-hill Ltda, 1987. 502 p.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para Engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editora Nacional, 2012. 521 p. Tradução e revisão técnica de: Verônica Calado.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 619 p.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clécia M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006. 538 p.

NEVES, Marcos Fava et al. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2016. 374 p.

OLIVEIRA, Vladimir Fortes de. **Metas: Problemas produtivos e de gestão que mais afetam os resultados**. 2012. Disponível em:

<<https://pt.engormix.com/suinocultura/artigos/roblemas-produtivos-gestao-t37831.htm>>. Acesso em: 14 out. 2017.

OSTROSKI, Diane Aparecida; PETRY, Dirceu; GALINA, Fernando Rafael. **Análise dos modelos de integração suína ciclo completo e terminação: um estudo de caso**. 2006. Disponível em:

<[http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv2/modelos de integracao.pdf](http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv2/modelos%20de%20integracao.pdf)>[http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv2/modelos de integracao.pdf](http://www.custoseagronegocioonline.com.br/especialv2/modelos%20de%20integracao.pdf)>. Acesso em: 27 set. 17.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: Operações Industriais e serviços**. 2006. Disponível em:

<<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34490659/livro2folhas.pdf?A>

WSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1509223812&Signature=K2tm5J9JAK6E6Psm92Mw08/pEP8=&response-content-disposition=inline; filename=livro6.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013. 277 p. Disponível em: <[http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf](http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2017.

RODRIGUES, Cláudia Medianeira Cruz; OLIVEIRA, Dorivaldo Brites de. **Análise competitiva da indústria de suínos do Rio Grande do Sul**. 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1999_A0488.PDF>. Acesso em: 27 set. 2017.

ROHR, Stefan Alexander; COSTA, Osmar Antônio Dalla; COSTA, Filipe Antônio Dalla. **Bem-estar na produção de suínos**: Toda granja. Brasília: EMBRAPA e ABCS, 2016. 38 p.

SAAB, Maria Stella Melo; CLÁUDIO, Leandro del Grande. **A cadeia produtiva da carne suína no Brasil**. 2010. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinoicultura/artigos/cadeia-produtiva-da-carne-suina-no-brasil-t36852.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

SAMOHYL, Robert Wayne; ROCHA, Rubson; MATTOS, Viviane Leite Dias de. **Utilização do método de Holt Winters para a previsão do leite entregues às indústrias catarinenses**. 2000. Disponível em: <[http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/4089/Utilização do Método de Holt-Winters para Previsão do Leite Entregue às Indústrias Catarinenses..pdf?sequence=1](http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/4089/Utilização%20do%20Método%20de%20Holt-Winters%20para%20Previsão%20do%20Leite%20Entregue%20às%20Indústrias%20Catarinenses..pdf?sequence=1)>. Acesso em: 28 abr. 2018.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009. 703 p.

SPIEGEL, Murray R. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 1993. 641 p.

SOUZA, Jean Carlos Portos Vilas Boas et al. **Sistema de Produção de Leitões baseado em Planejamento, Gestão e Padrões Operacionais**. Embrapa: 2013. Disponível em: < <http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/leitoes/sp4.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

TAKASHIMA, Newton Tadachi; FLORES, Mario Cesar Xavier. **Indicadores de qualidade e do desempenho**: Como estabelecer metas e medir resultados. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1997. 100 p.

TSÉ, Marcos. **Nutrição de leitões em creche: uma fase de investimento**. 2012. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/suinoicultura/artigos/nutricao-leitoes-creche-t37446.htm>>. Acesso em: 15 out. 2017.

TUBINO, D. F., **Planejamento e controle da produção**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 190 p.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Itajubá: UNIFEI, 2012. 191 p.

UPNMOOR, Ilka. **Produção de suínos**: Crescimento, terminação e abate. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2000. 77 p.

USDA. **Foreign Agricultural Service**. 2017. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em: 26 out. 17.

VIDAL, Romão Miranda. **A evolução da pecuária brasileira**. 2010. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/pecuaria-brasileira-evolucao-t36895.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2017.

VIEIRA, Sônia. **Estatística experimental**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999. 185 p.

WERNER, Liane; RIBEIRO, José Luis Duarte. Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões. **Prod.** São Paulo, v. 16, n. 3, p. 493-

509, dez. 2006. . Disponível em
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso
em 09 out. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000300011>.

APÊNDICE (A) – Resultados da regressão linear simples de teste entre as variáveis x_1 e x_3

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|----------|
| R múltiplo | 0,904008 |
| R-Quadrado | 0,81723 |
| R-quadrado ajustado | 0,808091 |
| Erro padrão | 2,443638 |
| Observações | 22 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|-------------|-------------|-----------|-------------------|
| Regressão | 1 | 534,0010726 | 534,0010726 | 89,426946 | 8,0272E-09 |
| Resíduo | 20 | 119,4273307 | 5,971366533 | | |
| Total | 21 | 653,4284032 | | | |

| | Coeficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|------------|--------------|-------------|-------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | 8,40883651 | 4,29595468 | 1,957384829 | 0,0644047 | -0,5523679 | 17,3700409 | -0,552368 | 17,37004 |
| x_1 | 0,70075388 | 0,074102235 | 9,456582153 | 8,027E-09 | 0,54617932 | 0,85532843 | 0,5461793 | 0,855328 |

APÊNDICE (B) – Dados da variável x_3 e x_4 para a semana 13

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x_3 | 33 | 37 | 40 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 58 | 60 | 61 | 65 |
| x_4 | 392 | 436 | 476 | 478 | 521 | 516 | 537 | 537 | 552 | 542 | 542 | 590 | 618 | 607 | 590 | 670 | 652 | 614 | 703 | 722 | 795 | 710 |

APÊNDICE (C) – Resultados da regressão linear simples de teste entre as variáveis x_3 e x_4

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|----------|
| R múltiplo | 0,956668 |
| R-Quadrado | 0,915214 |
| R-quadrado ajustado | 0,910975 |
| Erro padrão | 29,96295 |
| Observações | 22 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|----------|----------|----------|-------------------|
| Regressão | 1 | 193819,3 | 193819,3 | 215,8877 | 3,52E-12 |
| Resíduo | 20 | 17955,57 | 897,7784 | | |
| Total | 21 | 211774,9 | | | |

| | Coefficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|------------|---------------|-------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | -10,9435 | 40,75872 | -0,26849 | 0,791069 | -95,9647 | 74,07771 | -95,9647 | 74,07771 |
| x_1 | 11,94892 | 0,813232 | 14,69312 | 3,52E-12 | 10,25255 | 13,64529 | 10,25255 | 13,64529 |

APÊNDICE (D) – Resultados da regressão múltipla de teste entre as variáveis desmame, total de nascidos vivos e mortos na maternidade

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,25544556 |
| R-Quadrado | 0,065252434 |
| R-quadrado ajustado | 0,027099472 |
| Erro padrão | 89,12616999 |
| Observações | 52 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|-------------|----------|----------|-------------------|
| Regressão | 2 | 27171,20763 | 13585,6 | 1,710285 | 0,191431 |
| Resíduo | 49 | 389230,2347 | 7943,474 | | |
| Total | 51 | 416401,4423 | | | |

| | Coeficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|----------------|--------------|-------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | 429,3213135 | 96,811212 | 4,434624 | 5,21E-05 | 234,7719 | 623,8707 | 234,7719 | 623,8707 |
| x ₄ | 0,028829036 | 0,144089522 | 0,200077 | 0,842248 | -0,26073 | 0,318388 | -0,26073 | 0,318388 |
| x ₆ | 1,227601558 | 0,663780002 | 1,84941 | 0,070435 | -0,10631 | 2,561517 | -0,10631 | 2,561517 |

APÊNDICE (E) – Resultados da regressão múltipla de teste entre as variáveis y, x₈ e x₇

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,326121679 |
| R-Quadrado | 0,10635535 |
| R-quadrado ajustado | 0,070609564 |
| Erro padrão | 88,21496017 |
| Observações | 53 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|----------|----------|----------|-------------------|
| Regressão | 2 | 46307,25 | 23153,62 | 2,975326 | 0,060134 |
| Resíduo | 50 | 389094 | 7781,879 | | |
| Total | 52 | 435401,2 | | | |

| | Coefficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|----------------|---------------|-------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | 203,4771491 | 112,8821 | 1,802564 | 0,077486 | -23,2532 | 430,2075 | -23,2532 | 430,2075 |
| x ₇ | 0,502191753 | 0,21338 | 2,353511 | 0,02257 | 0,073606 | 0,930778 | 0,073606 | 0,930778 |
| x ₈ | 0,915635655 | 1,145358 | 0,799432 | 0,427822 | -1,38488 | 3,216154 | -1,38488 | 3,216154 |

APÊNDICE (F) – Dados da variável x_1 e x_3 para os dados totais

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| x_1 | 43 | 44 | 47 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 67 | 68 | 71 | 78 |
| x_3 | 42 | 38 | 43 | 43 | 48 | 45 | 44 | 46 | 47 | 49 | 48 | 48 | 50 | 46 | 50 | 53 | 52 | 54 | 54 | 45,5 | 52 | 54 | 60 | 72 |

APÊNDICE (G) – Resultados da regressão linear simples com os dados totais entre as variáveis x_1 e x_3

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-----------|
| R múltiplo | 0,8836969 |
| R-Quadrado | 0,7809203 |
| R-quadrado ajustado | 0,7709621 |
| Erro padrão | 3,273993 |
| Observações | 24 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| Regressão | 1 | 840,58703 | 840,58703 | 78,420064 | 1,04995E-08 |
| Resíduo | 22 | 235,81866 | 10,71903 | | |
| Total | 23 | 1076,4057 | | | |

| | Coefficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% | | | |
|------------|---------------|-------------|-----------|-----------|----------------|-------------|----------------|----------------|
| | | | | | 95% inferiores | superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
| Interseção | 8,7547515 | 4,6162478 | 1,8965082 | 0,0711009 | -0,818760366 | 18,32826342 | -0,81876037 | 18,32826342 |
| x_1 | 0,6999032 | 0,0790359 | 8,8555104 | 1,05E-08 | 0,535992776 | 0,863813606 | 0,535992776 | 0,863813606 |

APÊNDICE (H) – Dados da variável x_3 e x_4 para os dados totais

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| x_1 | 33 | 36 | 37 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 65 |
| x_3 | 392 | 461 | 436 | 493 | 522 | 478 | 542 | 539 | 539 | 556 | 555 | 581 | 570 | 608 | 623 | 634 | 636 | 667 | 656 | 693 | 702 | 703 | 797 | 722 | 795 | 768 | 710 |

APÊNDICE (I)– Resultados da regressão linear simples com os dados totais entre as variáveis x_3 e x_4

RESUMO DOS RESULTADOS

| <i>Estatística de regressão</i> | |
|---------------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,966512173 |
| R-Quadrado | 0,93414578 |
| R-quadrado ajustado | 0,931511611 |
| Erro padrão | 28,69675573 |
| Observações | 27 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| Regressão | 1 | 292036,179 | 292036,179 | 354,6263936 | 2,78348E-16 |
| Resíduo | 25 | 20587,59474 | 823,5037896 | | |
| Total | 26 | 312623,7738 | | | |

| | Coefficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | - | - | - | - | - | - | - | - |
| x_3 | 9,391741772 | 33,12605174 | 0,283515278 | 0,77911653 | -77,61612244 | 59 | -78 | 59 |
| | 12,35659135 | 0,656165144 | 18,83152659 | 2,78348E-16 | 11,00519394 | 14 | 11 | 14 |

APÊNDICE (J)– Resultados da regressão múltipla para todas as variáveis

RESUMO DOS RESULTADOS

| Estatística de regressão | |
|--------------------------|-------------|
| R múltiplo | 0,934531656 |
| R-Quadrado | 0,873349417 |
| R-quadrado ajustado | 0,866070648 |
| Erro padrão | 31,02390745 |
| Observações | 93 |

ANOVA

| | gl | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|----|-------------|----------|----------|-------------------|
| Regressão | 5 | 577421,6789 | 115484,3 | 119,9859 | 1,7E-37 |
| Resíduo | 87 | 83736,00652 | 962,4828 | | |
| Total | 92 | 661157,6854 | | | |

| | Coefficientes | Erro padrão | Stat t | valor-P | 95% inferiores | 95% superiores | Inferior 95,0% | Superior 95,0% |
|----------------|---------------|-------------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Interseção | -7,1172621 | 51,15915541 | -0,13912 | 0,889677 | -108,802 | 94,5671 | -108,802 | 94,5671 |
| x ₁ | 1,4191285 | 0,74972458 | 1,892867 | 0,0617 | -0,07103 | 2,909287 | -0,07103 | 2,909287 |
| x ₃ | -2,2585271 | 0,91301955 | -2,47369 | 0,015315 | -4,07325 | -0,4438 | -4,07325 | -0,4438 |
| x ₄ | 0,9218580 | 0,041180974 | 22,38553 | 7,28E-38 | 0,840006 | 1,00371 | 0,840006 | 1,00371 |
| x ₆ | -1,0655634 | 0,157740464 | -6,75517 | 1,54E-09 | -1,37909 | -0,75204 | -1,37909 | -0,75204 |
| x ₇ | 0,1774967 | 0,05672976 | 3,128812 | 0,002388 | 0,06474 | 0,290253 | 0,06474 | 0,290253 |