



**UNIVERSIDADE FEDERAL FRONTEIRA SUL**

**CAMPUS CHAPECÓ**

**CURSO DE MATEMÁTICA - LICENCIATURA**

**DARLAN JOSÉ SOAVE**

# **PONTO IDEAL DE ABATE DE UM SUÍNO**

**CHAPECÓ/SC**

**2021**

**DARLAN JOSÉ SOAVE**

**PONTO IDEAL DE ABATE DE UM SUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do grau  
de Licenciado em Matemática da Universidade  
Federal da Fronteira Sul.

Orientação: Prof. Dr. Pedro Augusto Pereira Borges

Chapecó/SC

2021

Soave, Darlan José

Ponto Ideal de Abate de um Suíno / Darlan José Soave.  
-- 2021.  
45 f.:il.

Orientador: Dr. Pedro Augusto Pereira Borges

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Licenciatura em Matemática, Chapecó, SC, 2021.

1. Ponto Ideal de Abate de um Suíno. 2. Função  
Polinomial e Logística. 3. Métodos experimentais. I.  
Borges, Pedro Augusto Pereira, orient. II. Universidade  
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

**DARLAN JOSÉ SOAVE**

**PONTO IDEAL DE ABATE DE UM SUÍNO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do grau  
de Licenciado em Matemática da Universidade  
Federal da Fronteira Sul.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e aprovado pela banca em:

27/01/2021

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Pedro Augusto Pereira Borges – UFFS

Orientador



pl Prof. Dr. Vitor José Petry



pl Prof. Dr. Milton Kist

*“A melhor parte da vida de uma pessoa está em suas amizades”*

*Abraham Lincoln*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por me dar forças em momentos ruins.

Agradeço a minha família, principalmente aos meus pais Dolivar e Elsa, por me ajudarem em toda esta caminhada universitária.

Ao meu orientador Pedro Augusto Pereira Borges, pela dedicação nas orientações e colaboração para desenvolver este trabalho.

E agradeço a todos os meus amigos que de uma forma ou de outra estiveram me ajudando e incentivando.

## RESUMO

A criação de suínos da região sul é responsável por mais da metade da produção brasileira e constitui parte significativa das atividades econômicas do oeste de Santa Catarina. Tal desempenho foi conseguido com o aperfeiçoamento de matrizes, alimentação, manejo e industrialização, resultado de pesquisas científicas e tecnológicas. O presente trabalho se insere nessa temática, com o objetivo de elaborar um modelo matemático baseado em dados reais, para determinar o momento ótimo de abate de suínos, do ponto de vista do rendimento econômico para o produtor. As variáveis massa, preço de mercado do quilograma de suíno vivo, consumo e preço de mercado de ração foram monitorados durante 178 dias em um empreendimento familiar de criação de suínos. Para obtenção da massa dos animais, foram utilizadas balanças comerciais e um método de avaliação métrica popular. Foram analisadas diferentes funções para expressar as variáveis envolvidas e elaborados dois modelos gerais, para avaliar o tempo ideal de abate: o modelo logístico e o polinomial. O modelo parabólico mostrou-se eficiente apenas para determinar o dia em que a atividade inicia a dar lucro. O tempo ideal de abate calculado pelo modelo logístico foi por volta do 237º dia de vida, considerando os dados levantados. Ambos os modelos podem auxiliar produtores e técnicos de indústrias na tomada de decisões sobre o tema e também em aulas de Matemática no ensino médio (modelo parabólico) e no superior (modelo logístico) como material de aplicação de Matemática.

Palavras-chave: Estimativa de massa. Ponto de abate. Modelos sobre criação de animais.

## ABSTRACT

Pig farming in the southern region accounts for more than half of Brazilian production and constitutes a significant part of economic activities in western Santa Catarina. Such performance was achieved with the improvement of matrices, feeding, handling and industrialization, the result of scientific and technological research. The present work is part of this theme, with the objective of elaborating a mathematical model based on real data, to determine the optimal moment of slaughter of pigs, from the point of view of the economic yield for the producer. The variables of mass, market price of the kilogram of live pigs, consumption and market price of feed were monitored for 178 days in a family pig breeding enterprise. To obtain the mass of the animals, commercial scales and a popular metric evaluation method were used. Different functions were analyzed to express the variables involved and two general models were elaborated to evaluate the ideal slaughter time: the logistic model and the polynomial. The parabolic model proved to be efficient only to determine the day when the activity starts to make a profit. The ideal slaughter time calculated by the logistic model was around the 237 day of life, considering the data collected. Both models can assist producers and industry technicians in making decisions on the topic and also in Math classes in high school (parabolic model) and in higher education (logistic model) as material for applying Mathematics.

Keywords: Mass estimation. Slaughter point. Animal breeding models.



## RÉSUMÉ

L'élevage porcin de la région sud représente plus de la moitié de la production brésilienne et constitue une part importante des activités économiques dans l'ouest de Santa Catarina. Ces performances ont été obtenues grâce à l'amélioration des matrices, à l'alimentation, à la manipulation et à l'industrialisation, fruit de la recherche scientifique et technologique. Le présent travail s'inscrit dans cette thématique, avec l'objectif d'élaborer un modèle mathématique basé sur des données réelles, pour déterminer le moment optimal d'abattage des porcs, du point de vue du rendement économique pour le producteur. Les variables de masse, prix de marché du kilogramme de porcs vivants, consommation et prix de marché des aliments ont été suivis pendant 178 jours dans une entreprise familiale d'élevage de porcs. Pour obtenir la masse des animaux, des échelles commerciales et une méthode d'évaluation métrique populaire ont été utilisées. Différentes fonctions ont été analysées pour exprimer les variables impliquées et deux modèles généraux ont été élaborés pour évaluer le temps d'abattage idéal: le modèle logistique et le polynôme. Le modèle parabolique s'est avéré efficace uniquement pour déterminer le jour où l'activité commence à faire des bénéfices. Le temps d'abattage idéal calculé par le modèle logistique se situait autour du 237 jour de vie, compte tenu des données collectées. Les deux modèles peuvent aider les producteurs et les techniciens de l'industrie à prendre des décisions sur le sujet et également dans les cours de mathématiques au lycée (modèle parabolique) et dans l'enseignement supérieur (modèle logistique) comme matériel d'application des mathématiques.

Mots-clés: Estimation de masse. Point d'abattage. Modèles d'élevage d'animaux.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Tabelas

Tabela 1 - Medidas para erro aleatório: comprimento .....	19
Tabela 2 – Medidas para o erro aleatório: circunferência .....	19
Tabela 3 – Dada para o cálculo da incerteza de calibração dos instrumentos de medição .....	20
Tabela 4 – Medidas dos suínos .....	22
Tabela 5 – Comparativo de massas .....	22
Tabela 6 – Variação percentual da equação 10 .....	23
Tabela 7 – Preços do kg de suíno .....	26
Tabela 8 – Valor de cada produto (por kg) .....	28

### Figuras

Figura 1- Medida do comprimento .....	21
Figura 2 - Medida da circunferência .....	21
Figura 3 – Balança digital .....	24
Figura 4 – Balança mecânica .....	24
Figura 5 – Balança adaptada .....	24
Figura 6 - Crescimento médio dos suínos .....	25
Figura 7 – Proventos .....	27
Figura 8 – Consumo médio por suíno .....	27
Figura 9 – Gasto diário médio por suíno .....	29
Figura 10 – Gasto acumulado médio por suíno .....	31
Figura 11 – Funções polinomiais .....	31
Figura 12 – Funções Despesas, Proventos e lucratividade .....	33
Figura 13 - Análise da taxa de variação do lucro por unidade de tempo .....	34

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. MODELO LOGÍSTICO E MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE MASSA .....	15
2.1. Função logística ou função de Verhulst .....	15
2.2. Método da determinação da massa por medida corporal .....	17
3. MÉTODOS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTO DE DADOS .....	18
3.1 Estudo da incerteza das medidas com fita métrica .....	18
3.2. Método para encontrar a massa de suínos usando uma fita métrica .....	20
3.3. Pesagens dos suínos e monitoramento de consumo de ração .....	23
3.3.1. Medição da massa dos suínos .....	23
3.3.2. Valor de venda dos suínos .....	25
3.3.3. Monitoramento do consumo de ração .....	27
3.3.3.1. Produtos contidos na ração e valor de compra .....	28
4. MODELOS LOGÍSTICO E POLINOMIAL .....	30
4.1. Modelo polinomial .....	30
4.2. Modelo logístico .....	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
6. REFERÊNCIAS.....	36
ANEXOS.....	38

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a pesquisadora Eliane Faganello (2009), os porcos modernos estão ligados a três raças de javalis: “A origem de todos os porcos que conhecemos atualmente está associada a três espécies de javalis, *Sus scrofa scrofa*, originária da Europa e do norte da África. *Sus scrofa vittatus*, originária da Indonésia, Japão e China. *Sus scrofa cristatus*, originária da Índia” (FAGANELLO, 2009).

Acreditava-se que a domesticação dos porcos ocorreu há 4900 a.C. na China, como é citado na publicação do site portal educação, “Durante muitos anos, creditou-se aos chineses a domesticação do suíno por volta de 4900 a.C.” (PORTAL EDUCAÇÃO, 2013). Porém, “Os mais antigos registros arqueológicos do porco doméstico (*Sus scrofa domesticus*) datam de 9.000 anos a.C. e foram encontrados na Grécia e na Turquia.” (FAGANELLO, 2009).

Na América os porcos não faziam parte da fauna, portanto a única forma de eles chegarem por esses lados seria durante a colonização e possivelmente por navios de colonizadores. “Assim como seus antecedentes javalis, os porcos não constituem uma espécie da fauna nativa americana. Eles desembarcaram no continente trazido por Colombo, numa de suas viagens e logo se acostumaram à rusticidade do Novo Mundo, se espalhando por vários países.” (FAGANELLO, 2009).

Os porcos chegaram ao Brasil através dos colonizadores. “Os primeiros suínos chegados ao Brasil vieram com Martim Afonso de Souza em 1532, em São Vicente.” (Quevedo, 2016). Com o passar do tempo, a criação de porcos foi evoluindo, chegando a ganhar um novo nome. Passaram a ser chamados de suínos, e por fim, a criação no Brasil evoluiu tanto, que passou a ser a quarta maior do mundo. “A suinocultura brasileira apresenta números de destaque mundiais quando o assunto é produção. Somos o 4º maior mercado produtor da carne suína atrás apenas da China, União Europeia e Estados Unidos, com números que em 2017 chegaram a um total de 3.758.000 toneladas de carne suína.” (MULLER, 2018)

A região sul se destaca na criação de suínos, sendo responsável por mais da metade da produção nacional. “A produção de carne suína está distribuída de forma em que em 2017 a região Sul do País representou 68,92% do abate de suínos, seguido pela região Sudeste 16,03% e Centro-Oeste 14,53%, demais regiões representam 0,52% do total de abates no Brasil.” (MULLER, 2018)

A família do autor desse trabalho atua no setor de criação de suínos há cerca de 39 anos. A vivência com a atividade agrícola, o conhecimento das rotinas e os riscos do empreendimento econômico levaram a escolha desse tema. Assim, ao utilizar a modelagem na criação de suínos, há a expectativa de, além de aplicar os conhecimentos matemáticos em uma situação real, produzir resultados que permitam avaliar a rentabilidade da atividade produtiva.

A família do autor trabalha no sistema de independência do frigorífico, ou seja, ela tem o total controle sobre a produção dos suínos. No sistema independente<sup>1</sup>, o agricultor tem que realizar a compra de todo o alimento necessário para a produção dos suínos, das vacinas preventivas de doenças, e por fim, obter um bom preço na venda dos animais para o frigorífico, de modo que a atividade seja lucrativa.

Nesse contexto, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

Objetivo geral:

Elaborar um modelo matemático baseado em dados reais, para determinar o momento ótimo de abate de suínos, do ponto de vista do rendimento econômico para o produtor.

Objetivos específicos:

1. Desenvolver um método, sem a utilização de balança, para avaliar a massa do suíno através de medidas corporais.
2. Monitorar a massa e a alimentação de suínos em crescimento.
3. Determinar funções matemáticas e seus respectivos coeficientes para os conjuntos de variáveis de receitas e despesas.
4. Determinar a função lucro, seu ponto máximo, e com isso, o tempo ideal de abate.

Uma revisão da teoria que gera a função logística, utilizada para modelar o crescimento dos suínos, e sobre as fórmulas populares de medição de massa de animais através de medidas corporais são apresentadas no Capítulo 2. Os métodos de coleta de dados, medida de massa, avaliação da incerteza das medidas, preço do suíno e o monitoramento do consumo de ração são descritos no Capítulo 3 e as equações dos métodos matemáticos dos

---

<sup>1</sup> O sistema independente é onde o agricultor não possui nenhuma integração com empresas e posteriormente toda a sua produção é por conta própria, da compra do produto que alimenta os animais, até a venda. Sistema integrado é onde o agricultor depende exclusivamente da empresa e não tem muitos direitos de escolha, apenas exerce o papel de mão de obra da empresa.

modelos polinomial e o logístico, com os quais foram alcançados os objetivos desse trabalho, no Capítulo 4.

## 2. MODELO LOGÍSTICO E MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE MASSA

Elementos da história e aplicações do modelo logístico de crescimento de populações e animais, juntamente com uma solução para a medição da massa de grandes animais pelo método de medições corporais são descritos nessa seção.

### 2.1. Função logística ou função de Verhulst

A função logística teve como criador o belga Pierre François Verhulst (1804-1849), nascido em Bruxelas e doutor em Matemática na University of Ghent, em 1825. Em 1835 tornou-se professor de matemática na recém-criada Free University in Brussels. (CAMPOS, 2019)

Campos (2019) ainda comenta que Verhulst propôs em 1838 uma forma de analisar o crescimento de populações, considerando que a taxa relativa de crescimento demográfico diminui com o aumento da população, chegando a zero se uma dada população-limite (determinada pelos recursos disponíveis ou outras restrições) for alcançada. A expressão matemática do modelo de Verhulst é a equação diferencial com a respectiva condição inicial, mostradas na Equação (1).

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{k}\right) \quad (1)$$

$$N(0) = N_o.$$

onde  $N$  representa o número de indivíduos (*indivíduos*),

$r$  a taxa de crescimento intrínseca (*1/unidade de tempo*)

$k$  é a capacidade de carga ou número máximo de indivíduos que o ambiente suporta (*indivíduos*)

$N_o$  é o número inicial de indivíduos, e

$t$  é o tempo (*unidade de tempo*)

A equação logística foi criada inicialmente para o cálculo de crescimento populacional, mas anos após, apresentava inúmeras aplicabilidades. De acordo com Bacaër (2008) ela foi utilizada “... para o crescimento individual de animais, plantas, homens e órgãos do corpo, para o crescimento de populações de microrganismos, ou como Verhulst para o crescimento de populações humanas, como a população dos Estados Unidos” (BACAËR,2008). Esta equação é um modelo eficiente para descrever tanto a situação de

crescimento populacional, como o crescimento de seres vivos, pois em ambos os fenômenos, existem limitadores de crescimento, o que os impede o crescimento infinito da função.

A solução analítica da Equação (1) pode ser obtida pelo método de separação de variáveis (BOYCE e DIPRIMA, (1994) p.42 e ZILL, (2003), p.111 ) ou pelo método de Bernoulli (RAFIKOV e BORGES (1995), p.25), obtendo-se a Equação (2).

$$y = \frac{y_0 k}{y_0 + (k - y_0)e^{rt}} \quad (2)$$

A função logística foi utilizada por Dias e Pessoa (2016) ao analisar o crescimento populacional de São José Dos Campos. Foram utilizados dados populacionais disponibilizados no site da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sobre a população real de 1920 a 2015.

É possível verificar que o crescimento se torna de certa forma exponencial em determinado período de tempo analisado, ou seja, a população iria crescer infinitamente. Ao analisar o segundo período de tempo, foi possível ver que o erro máximo da equação não superou os 20%. Ou seja, é possível notar que na equação de Malthus possui erros no crescimento populacional de uma cidade.

Além é claro de melhor se adaptar aos dados, a equação logística fez uma previsão de população para 2030, isto é claro se deve ao seu limitador populacional. Ou seja, a equação de Verhulst é a que melhor se adapta para o crescimento populacional, como é citado.

Em Strapazzon (2017) a equação logística foi utilizada para modelar o ganho de massa e o consumo de ração diário de frangos em aviários da região Oeste de Santa Catarina, a partir de dados coletados junto a avicultores. É possível notar a importância da equação logística tendo em vista os resultados alcançados, e assim ao aperfeiçoar alguns modelos de E.D.O. pode haver a otimização de resultados da produção de frangos conclui Strapazzon (2017).



## 2.2. Método da determinação da massa por medida corporal

O investimento em balanças para medir a massa<sup>2</sup> de um animal muitas vezes é inviável como é citado no site Agron,

“[...]Muitas vezes nos deparamos com um grande desafio no campo: como mensurar o peso<sup>2</sup> dos animais? É de conhecimento da maioria que nem sempre existe balança nas propriedades, já que essa requer um alto investimento (em torno de R\$ 12.000,00 à R\$ 20.000,00 um equipamento). Além disso, em pequenas/médias propriedades é inviável tal investimento.[...]” (AGRON, 2018)

Para manipular grandes animais em muitas fazendas tem-se algumas dificuldades. “Grandes animais de fazenda, como porcos, são difíceis de manipular e colocá-los em uma balança para pesagem. Para superar esse problema, os agricultores desenvolveram fórmulas com base na circunferência e no comprimento de um porco para obter uma estimativa precisa do peso do animal.”(CHANDLER,2017). Assim, uma forma simples de determinar a massa de um animal é usando uma fita métrica, e efetuar o seguinte procedimento:

“[...]Coloque a fita ou barbante debaixo do animal, logo após as pernas da frente e meça a cintura do suíno em metros. Depois meça o comprimento do animal da base da orelha até a base do rabo, novamente em metros.[...]” (VAZ, 2009)

Analisando, a maioria dos suínos possui a mesma estrutura física conforme o seu peso, como é comentado no blog Laermfeuer: “Estruturalmente, tais animais costumam ser bastante semelhantes entre si, então pode-se estimar seu peso simplesmente medindo suas dimensões.”(LAERMFEUER,2020)

Para realizar esta estimativa de massa foram encontradas especificamente três fórmulas, mostradas nas Equações (3), (4) e (5).

$$x = \frac{(y^2 * w)}{13781} \quad (\text{LAERMFEUER,2020}) \quad (3)$$

$$x = (1,54 * y + 0,99 * w) - 150 \quad (\text{FARMFORAGE.COM,2019}) \quad (4)$$

$$x = (y^2 * w) * 69,3 \quad (\text{VAZ,2009}) \quad (5)$$

onde  $x$  é a massa dos suínos ( $kg$ ),

$y$  o comprimento ( $m$ ) e

$w$  a circunferência ( $m$ ).

---

<sup>2</sup> Na linguagem cotidiana e em algumas publicações técnicas é comum usar o termo “peso” no sentido de “massa”. No presente trabalho, será usado o termo “massa”, grandeza medida com balanças, cuja unidade de medida é o quilograma ( $kg$ ), porém nas citações de outras obras será mantida a grafia original “peso”, mesmo que medido em quilogramas.

### **3. MÉTODOS EXPERIMENTAIS E TRATAMENTO DE DADOS**

Um desafio enfrentado por pequenos agricultores é a medição da massa dos animais (pesagem, na linguagem cotidiana), devido às dificuldades de manuseio (deslocamento e acomodação dos animais) e econômicas (custo das balanças).

Nesta seção, o método de medida de massa através de medidas corporais é descrito, juntamente com avaliação das incertezas inerentes aos processos de medição. Ainda, são descritos os métodos e apresentados os dados obtidos sobre a massa, preço médio de venda e consumo de ração.

O estudo do ponto ideal de abate do suíno, nesta parte do trabalho teve como principal forma de pesquisa a pesagem dos suínos semanalmente. Esta parte da pesquisa foi realizada durante o período de 178 dias, ou seja, quase 6 meses, e a realização de pesagens semanais, no caso durante 26 semanas, proporcionando 26 pesagens por animais. Os animais escolhidos para realizar as pesagens, foram 6 suínos, que eram irmãos, ou seja, eles faziam parte de uma mesma ninhada.

Para a realização das pesagens foi utilizado uma balança digital até os 71 dias, ou seja, até a décima primeira pesagem de cada suíno, e após este período foi utilizado uma balança mecânica com uma caixa de madeira adaptada. Após a pesagem, os valores obtidos eram computados e feitos a média diária do lote, ou seja, a média de peso dos 6 suínos. Após encontramos a média do lote, eram inseridos os dados em um gráfico, afim de ver qual foi o crescimento do lote após cada semana.

Por fim foi feito o monitoramento do consumo de ração do dia, e os gastos diários, e assim, atribuir qual seria o gasto médio de produção por suíno e proporcionando a nossa função gasto. Por fim comparar a receita obtida com a venda da carne suína, e o gasto que tivemos com a produção, assim, estimando o seu lucro.

#### **3.1. Estudo da incerteza das medidas com fita métrica**

Para dar início na determinação da massa usando fita métrica, seria necessário estudar o erro de medida. Para isso foram realizados alguns experimentos. Em um primeiro momento foram realizadas 5 medidas de circunferência e de comprimento de apenas um suíno para determinar o erro aleatório (ou erros de procedimentos). No segundo momento foi realizada a medida de um objeto utilizando 3 equipamentos de medidas diferentes (trens de fita e de rolo), isso foi chamado de erro sistemático (ou erros de equipamentos). Essas

experiências tinham como objetivo verificar o percentual de incerteza das medidas de comprimento e circunferência.

O erro médio aleatório, é dado pela Equação (6)

$$\sigma A^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |m_i - \bar{m}|^2 \quad (6)$$

Onde  $\sigma A^2$  é o erro médio aleatório das medidas de comprimento ou circunferência ( $cm^2$ ),

$n$  é o número de medidas efetuadas (adimensional)

$m_i$  = medida efetuada ( $cm$ ) e

$\bar{m}$  = média das medidas efetuadas  $m_i$ .

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados das medidas de comprimento e circunferência, respectivamente.

Tabela 1 - Medidas para erro aleatório: comprimento

i	$m_i(cm)$	$ m_i - \bar{m} ^2 (cm)$
1	113,6	0,0196
2	115	2,3716
3	114,1	0,4096
4	112,1	1,8496
5	112,5	0,9216
$\bar{m}$	113,4	1,1144

Fonte: o autor

Tabela 2 - Medidas para erro aleatório: circunferência

i	$m_i(cm)$	$ m_i - \bar{m} ^2 (cm)$
1	104,1	0,0256
2	103,1	0,7056
3	104	0,0036
4	103,5	0,1936
5	105	1,1236
$\bar{m}$	103,9	0,4104

Fonte: o autor

Aplicando a Equação (6), se obteve; 0,41 cm para o erro cometido na circunferência, e 1,11 cm para o erro cometido no comprimento, lembrando que estes ainda não são os erros de medidas para cada caso.

A Tabela 3 apresenta os dados do erro sistemático médio ( $\sigma^2$ ), ou seja, os erros inerentes à calibração das trenas.

Tabela 3 – Dada para o cálculo da incerteza de calibração dos instrumentos de medição

I	$m_i(cm)$	$ m_i - \bar{m} ^2 (cm)$
1	106,7	0
2	106,8	0,01
3	106,6	0,01
$\bar{m}$	106,7	0,006667

Fonte: o autor

Aplicando os resultados em uma equação análoga à Equação (6) se obteve ( $\sigma S^2 = 0,0066 \text{ cm}$ ).

A incerteza geral das medições por fita métrica é dada pela Eq. (7).

$$\sigma I = \sqrt{\sigma A^2 + \sigma S^2} \quad (7)$$

Onde  $\sigma I (cm)$  é a incerteza geral das medições de comprimento ou circunferência realizadas com a fita métrica.

Os valores obtidos com a aplicação dos dados das Tabelas 1,2 e 3 na Equação (7) são:

Incerteza de medida do comprimento dos suínos:  $\sigma I_l = 1,11 \text{ cm}$ .

Incerteza de medida da circunferência dos suínos:  $\sigma I_c = 0,41 \text{ cm}$ .

As incertezas das medidas de comprimento ( $m_l$ ) e circunferência ( $m_c$ ) a serem efetuadas são proporcionais às correspondentes medidas médias (última linha) das Tabelas 3 e 4. Fazendo-se as proporções obtém-se os coeficientes para calcular as incertezas de cada medida efetuada, de acordo com as equações (8) e (9):

$$\text{Medida de comprimento} = \pm 0,009822 \cdot m_l \quad (8)$$

$$\text{Medida de circunferência} = \pm 0,003948 \cdot m_c \quad (9)$$

Onde  $m_l$  e  $m_c$  são as medidas de comprimento e circunferência realizadas, respectivamente.

### 3.2. Método para encontrar a massa de suínos usando uma fita métrica

Tendo em vista o problema de realizar a pesagem dos suínos sem a utilização de uma balança, foi desenvolvido um método utilizando uma fita métrica. O método consiste em realizar as medidas do comprimento e de sua circunferência do porco, e após isso aplicar estes dados em uma fórmula empírica, obtida na literatura. Para isso foram utilizadas as Equações (3, 4, e 5), descritas na seção 2.2. Porém a Equação (4) sofre uma alteração na composição dela, onde é alterado um de seus números, o “-150” e agora é utilizar o “-170”, pois com essa

pequena alteração, os resultados de massa chegam a um valor mais aproximado do real. Vejamos com a alteração como que fica:

$$x = (1,54 * y + 0,99 * w) - 170 \quad (10)$$

y = circunferência

w = comprimento

O experimento teve os seguintes procedimentos:

1. Medição do comprimento e da circunferência do suíno utilizando a fita métrica, conforme ilustram as Figuras 1 e 2;
2. Medição da massa do suíno utilizando uma balança mecânica, regulada antes da realização de cada pesagem.

Figura 1- Medida do comprimento



Fonte: o autor

Figura 2 – medida da circunferência



Fonte: o autor

A Tabela 4 apresenta os resultados das medições, a tabela 5 as massas calculadas com as equações (3, 5 e 10) e as respectivas diferenças em relação à medição com a balança.

Tabela 4 – Medidas dos suínos

No Suíno	Comprimento (cm)	Circunferência (cm)
179	100±0,98	96±0,38
180	115±1,13	108±0,43
181	103±1,01	102±0,40
182	100±0,98	93±0,37
183	100±0,98	93±0,37
184	98±0,96	94±0,37
1	112±1,10	104±0,41
2	110±1,08	106±0,42
3	112±1,10	116±0,46
4	117±1,15	120±0,47
5	113±1,11	112±0,44

Fonte: o autor

Tabela 5 – Comparativo de massas

Porco	Balança (kg)	Massa (kg) equação 3	Diferença na equação 3 (kg)	Massa(kg) equação 10	Diferença na equação 10 (kg)	Massa (kg) equação 5	Diferença na equação 5 (kg)
179	77,5	66,8	10,7	76,84	0,66	63,8	13,7
180	99,5	97,3	2,2	110,17	10,67	92,9	6,6
181	88,5	77,7	10,8	89,05	0,55	74,2	14,3
182	74,5	62,7	11,8	72,22	2,28	59,9	14,6
183	72,5	62,7	9,8	72,22	0,3	59,9	12,6
184	68,5	62,8	5,7	71,78	3,28	60	8,5
1	95,5	94,6	0,9	101,04	5,54	83,9	11,6
2	94,5	89,6	4,9	102,1	7,6	85,6	8,9
3	115	109,3	5,7	117,32	4,5	104,4	10,6
4	115	122,2	7,2	130,63	15,63	116,7	1,7
5	105	102,8	2,2	114,35	9,35	98,2	6,8

Fonte: o autor

Nota-se que a equação (10) foi a que obteve os melhores resultados de aproximação, alcançando 6 dos resultados mais próximos do real. A equação (3) obteve 4 dos resultados de aproximação, e a equação (5) apenas 1 dos resultados de aproximação. Ao ser inserir esses dados, podemos concluir que a melhor fórmula para chegarmos a uma massa do suíno real, seria a fórmula (10).

Ao calcularmos novamente com o intervalo de erro que pode ocorrer usando apenas a equação 10, será o obtido a tabela 6:

Tabela 6 – Variação percentual da equação 10

Porco	Balança (kg)	Massa(kg) equação 10	Porcentagem de variação por caso (%)
179	77,5	76,84±4,08	5,30
180	99,5	110,17±6,01	5,45
181	88,5	89,05±2,5	2,80
182	74,5	72,22±5,72	7,92
183	72,5	72,22±5,72	7,92
184	68,5	71,78±4,04	5,62
1	95,5	101,04±6,49	6,42
2	94,5	102,1±4,31	4,22
3	115	117,32±2,14	1,82
4	115	130,63±0,58	0,44
5	105	114,35±2,69	2,35

Fonte: o autor

Podemos notar que ao calcularmos a equação (10), ela pode sofrer uma variação de até 7,92% do resultado inicial. Porém estes casos que pode haver uma maior variação percentual, são as situações em que a equação melhor se aproximou da massa real. Por fim é possível concluir que a equação (10) pode muito bem ser usada para calcular a estimativa de massa de um suíno.

### 3.3. Pesagens dos suínos e monitoramento de consumo de ração

Nesta seção são apresentados os métodos e resultados da medição da massa dos suínos e o monitoramento do consumo diário de ração. Esses dados constituem a base para a elaboração dos modelos matemáticos que calculam o tempo ótimo de abate.

#### 3.3.1. Medição da massa dos suínos

As pesagens dos animais foram realizadas com balança, a fim de ter uma maior precisão nos dados, e assim, poder alcançar um ponto próximo do ideal do abate. As pesagens foram realizadas uma vez por semana, durante o período de 21 de abril de 2020 a 15 de outubro de 2020, totalizando 178 dias, e assim proporcionando 26 coletas de dados. As pesagens foram realizadas desde o parto dos leitões até o dia do carregamento para o frigorífico, cujos dados estão disponíveis no Anexo I.

Para esta pesquisa foram utilizados apenas 6 suínos. Para realizar as pesagens, foi utilizada uma balança digital (Figura 3) até os 71 dias de vida e depois uma balança mecânica (Figura 4) com uma caixa de madeira adaptada (Figura 5).

Figura 3- Balança digital



Fonte: o autor

Figura 4 - Balança mecânica



Fonte: o autor

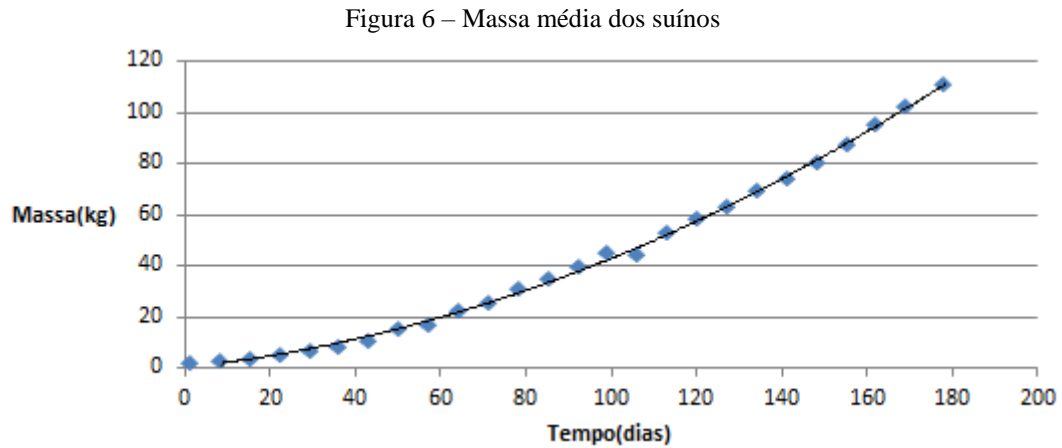
Figura 5 - Balança com a caixa adaptada



Fonte: o autor



Para realizar as pesagens com a balança mecânica, primeiramente foi feita a pesagem bruta da caixa de madeira mais o peso do animal, e depois descontado o peso da caixa, assim, chegando ao peso do animal. Com esses dados, foi calculada a média das massas de cada semana (Anexo II), cujos dados são apresentados na Figura 6.



Fonte: o autor

A apresentação gráfica da massa média permite analisar como está o desenvolvimento do plantel de suínos. Nesse caso, observa-se que há um ponto fora da curva ajustada pelo programa Excell, o que se deve a outros fatores externos, como o clima, doenças, produtos de alimentação com mal conservação, entre outros.

### 3.3.2. Valor de venda dos suínos

O valor por quilo varia muito no mercado. Dentre os principais fatores estão a lei de oferta e procura, e do valor dos produtos utilizados para a alimentação dos animais. Os valores apresentados são do período de 14 de julho de 2020 (período que os suínos entraram na fase de terminação) a 15 de outubro de 2020 (dia da venda dos suínos para o frigorífico). Os valores trabalhados são as atualizações semanais disponibilizados pela ACCS (Associação Catarinense de Criadores de Suínos), além é claro da bonificação que o frigorífico oferece, que neste caso é 12% a mais do preço base, conforme a Equação (11).

$$Pk = pb * 1,12 \quad (11)$$

Onde Pk é o preço por kg (R\$)

pb = preço base(R\$)

Aplicando a Equação (11) aos preços praticados no período estudado, se obtém os dados da Tabela 7.

Tabela 7 – Preços do kg de suíno

Período (ano de 2020)	Preço base (R\$)	Preço por kg com bonificação (R\$)
14/07 – 20/07	4,30	4,81
21/07 – 27/07	4,40	4,92
28/07 – 03/08	4,43	4,96
04/08 – 10/08	4,50	5,04
11/08 – 17/08	4,50	5,04
18/08 – 24/08	4,60	5,15
25/08 – 31/08	4,60	5,15
01/09 – 07/09	4,70	5,26
08/09 – 14/09	4,70	5,26
15/09 – 21/09	4,77	5,34
22/09 – 28/09	4,89	5,47
29/09 – 05/10	4,90	5,48
06/10 – 12/10	5,00	5,71
13/10 – 15/10	5,10	5,71

Fonte: ACCS

Relacionando os dados da Tabela 7 e as médias do anexo II, com a Equação (12) obtém-se a função Proventos, que significa o montante em reais obtido com a venda dos suínos em cada dia do período estudado. Esses dados estão apresentados na Figura 7.

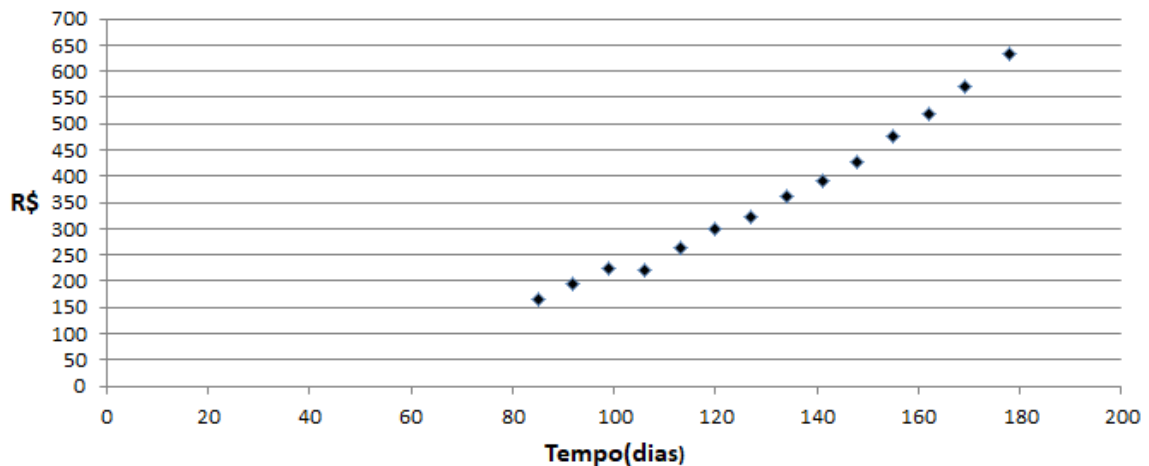
$$P = Pk * w \quad (12)$$

Onde  $P$  é o provento (R\$)

$Pk$  é o preço por kg (R\$) e

$w$  é a massa do suíno (kg)

Figura 7 – Proventos



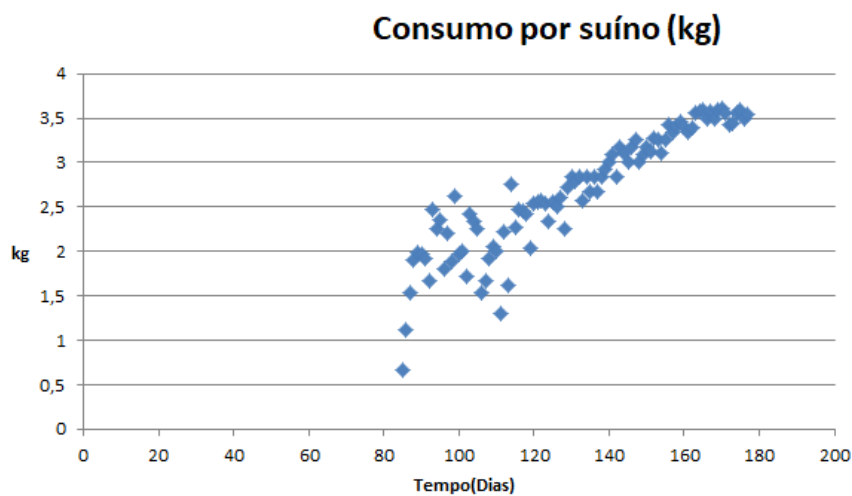
Fonte: o autor

### 3.3.3. Monitoramento do consumo de ração

Através do monitoramento da ração consumida diariamente foram obtidos os valores das despesas de produção. Como os porcos eram alimentados duas vezes ao dia (manhã e final de tarde), era feita a pesagem de cada momento e depois somado os pesos, gerando assim a massa da ração consumida durante o dia. Porém o monitoramento do consumo foi iniciado a partir do dia que os suínos entram em fase de terminação, que neste caso foi a partir dos 85 dias de vida, com uma massa média de 34,333 kg. (Anexo III).

O crescimento do consumo varia com o passar do tempo e com o crescimento do lote. Na Figura 8 é possível ver o crescimento do consumo e sua tendência à estabilização no final do período de tempo analisado.

Figura 8 – Consumo médio por suíno



Fonte: o autor

### 3.3.3.1. Produtos contidos na ração e valor de compra

A ração disponibilizada para a alimentação dos suínos é feita de forma própria, ou seja, é produzida na própria propriedade, porém é feita a compra dos produtos que a compõem. A ração que foi usada para alimentar os suínos é composta de três produtos: o milho (fonte energética), a soja (fonte proteica) e o núcleo (mistura de minerais e vitaminas). Cada kg de ração é composta da seguinte forma: 3% de núcleo, 16,6 % de soja e 80,4% de milho.

Os valores dos produtos variam muito com o decorrer do tempo em função do valor de mercado, e da oferta e procura. Não foi usado o valor real pago por cada produto, pois o estoque da propriedade é renovado mensalmente, porém, os valores dos produtos podem variar diariamente ou semanalmente. Para calcular os gastos com produtos (milho e soja) foram usados os valores semanalmente encontrados no banco de dados da ACCS, apresentados na Tabela 8. O valor do núcleo não sofreu alteração durante o período da pesquisa.

Tabela 8 – Valor de cada produto (por kg)

Período	Milho(R\$)	Soja(R\$)	Núcleo(R\$)
14/07 - 20/07	0,90	2,07	3,16
21/07 - 27/07	0,90	2,04	3,16
28/07 - 03/08	0,90	2,04	3,16
04/08 – 10/08	0,90	1,75	3,16
11/08 – 17/08	0,95	1,91	3,16
18/08 – 24/08	0,98	2,03	3,16
25/08 – 31/08	1,03	2,10	3,16
01/09 – 07/09	1,06	2,13	3,16
08/09 – 14/09	1,06	2,13	3,16
15/09 – 21/09	1,07	2,18	3,16
22/09 – 28/09	1,08	2,21	3,16
29/09 – 05/10	1,10	2,31	3,16
06/10 – 12/10	1,17	2,49	3,16
13/10 – 15/10	1,17	2,49	3,16

Fonte: ACCS

Ao identificar todos os valores dos produtos semanalmente, foi realizado o cálculo das despesas diariamente, conforme o consumo que os porcos tiveram. Para tanto, foi utilizada a Equação (13).

$$D = c * (m * 0,804 + s * 0,166 + n * 0,03) \quad (13)$$

D = Despesa(R\$)

c = Consumo(kg)

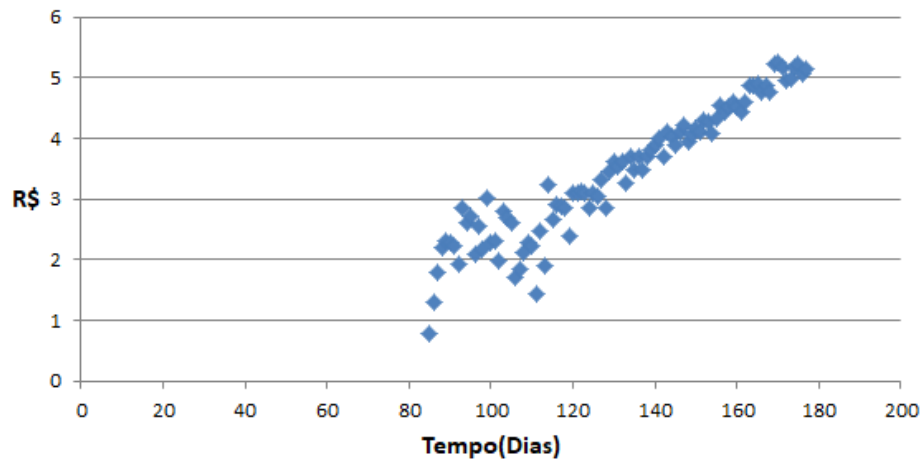
m = Valor do milho(R\$)

s = Valor da soja(R\$)

n = Valor do núcleo(R\$)

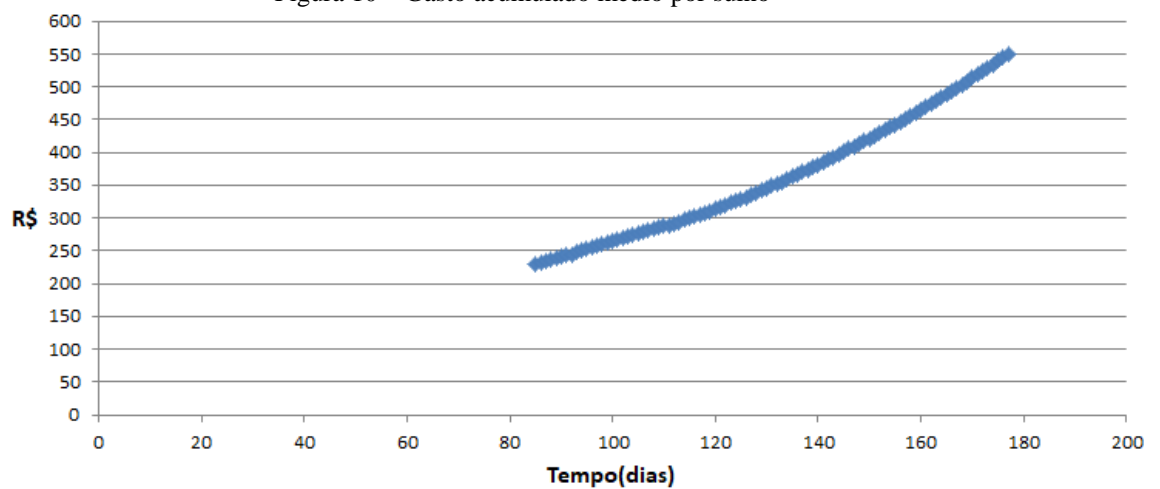
Com a Equação (13) e os valores atualizados dos produtos, podemos chegar a despesa diária da ração na figura 9 e assim à despesa total com cada suíno, Figura 10. Os dados das coletas estão contidos no Anexo IV

Figura 9 – Gasto diário médio por suíno



Fonte: o autor

Figura 10 – Gasto acumulado médio por suíno



Fonte: o autor

## 4. MODELOS LOGÍSTICO E POLINOMIAL

Com os dados de crescimento da massa, preço de venda e gastos com ração, foram elaborados dois modelos matemáticos que descrevem essas variáveis, viabilizando o cálculo do ponto ótimo de abate dos suínos, considerando a lucratividade máxima.

### 4.1. Modelo polinomial

Este modelo consiste no ajuste linear das funções Proventos (P) e Despesas (D) na forma de polinômios de segundo grau (Equações (14) e (15)) com base nos dados do anexo V.

$$P(t) = A_p t^2 + B_p t + C_p \quad (14)$$

$$D(t) = A_d t^2 + B_d t + C_d \quad (15)$$

Onde  $P$  é a função Proventos ajustada (reais)

$A_p$ ,  $B_p$  e  $C_p$  são coeficientes reais;

$D$  é a função Despesas ajustada (reais)

$A_d$ ,  $B_d$  e  $C_d$  são coeficientes reais e

$t$  é o tempo (*dias*).

Para encontrar os coeficientes de cada função foi utilizado o software Excel, cujos resultados são apresentados nas Equações (16) e (17).

$$P(t) = 0,0275t^2 - 2,2599t + 165,29 \quad (16)$$

$$D(t) = 0,0207t^2 - 2,0192t + 254,61 \quad (17)$$

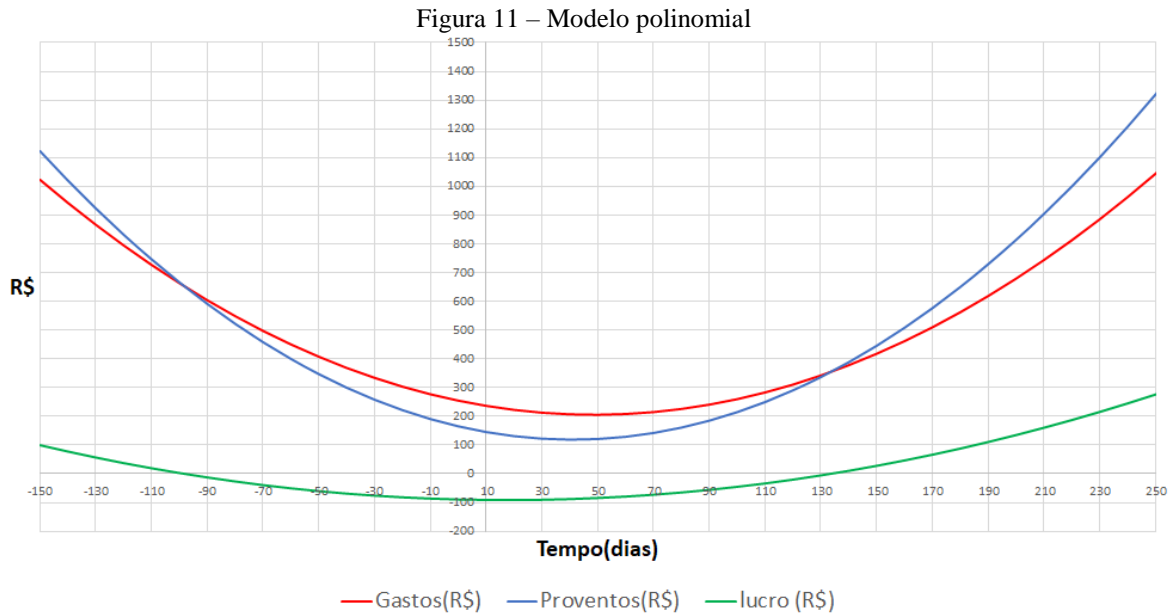
A função lucro é a diferença entre as funções  $D(t)$  e  $P(t)$ , conforme Equações (18, 19) na forma geral e Equação (20) na forma particular, com os dados do problema em análise.

$$L(t) = P(t) - D(t) \quad (18)$$

$$L(t) = (A_p - A_d)t^2 + (B_p - B_d)t + (C_p - C_d) \quad (19)$$

$$L(t) = 0,0068t^2 - 0,2407t + 89,32 \quad (20)$$

A Figura 11 apresenta as funções  $P$  e  $D$  do modelo polinomial, na qual pode-se observar que as parábolas tendem a crescer infinitamente na medida que o tempo cresce, o que não corresponde à realidade, já que o fator limitante é a estabilização da massa do suíno e com isso, seu valor de venda e a função Proventos. Mesmo assim, o Modelo Polinomial tem uma correlação alta para o intervalo dos dados experimentais.



Fonte: o autor

Os pontos de intersecção das funções  $P(t)$  e  $D(t)$  indicam os tempos nos quais o lucro é nulo. Assim, os intervalos em que  $P(t) > D(t)$  serão períodos de lucratividade, ou seja, os zeros da função  $L(t)$ . Para determinar os pontos de intersecção, calcula-se as raízes da Equação (20) através da Fórmula de Baskara,

$$t = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (21)$$

Onde  $a$ ,  $b$  e  $c$  são coeficientes da Equação (20).

Para o problema em questão, foram obtidos os tempos  $t_1=133,607$  e  $t_2=-98,31$ , ou em valores inteiros  $t_1=133$  e  $t_2=-98$ . Evidentemente, essas funções só tem sentido para  $t > 0$ , portanto os suínos começaram a apresentar lucro a partir do 133<sup>o</sup> dia de vida.

Porém para tentar encontramos o ponto ideal de abate dos suínos (tempo de lucro máximo) é necessário analisar a função Lucro, Equação (20), através de sua derivada (taxa de lucro, Eq. (22)).

$$L'(t) = 0,0136t - 0,2407 \quad (22)$$

Igualando a zero, tem-se:

$$0,0136t - 0,2407 = 0 \quad (23)$$

Resolvendo para  $t$ , obtém-se:

$$t = 17,69 \quad \text{ou} \quad t = 17^\circ \text{ dia.} \quad (24)$$

Em  $t = 17,69$  a função  $L$  apresenta o dia de lucro mínimo (nesse caso prejuízo máximo, já que nesse dia  $L < 0$ ). Para  $t > 17,69$  a função  $L$  tem crescimento infinito, já que  $L'(t)$  (Equação (24)) é positiva e crescente, o que não corresponde à realidade. Assim, o modelo polinomial apenas mostrou-se eficiente para determinar o dia inicial em que o suíno começou a proporcionar lucro, que neste caso é o 133<sup>o</sup> de vida.

#### 4.2. Modelo logístico

No modelo logístico, a função Proventos será uma função logística (Equação (25)), pois existe um limitador de crescimento do suíno.

$$P(t) = \frac{P_0 k}{P_0 + (k - P_0) \cdot e^{-rt}} \quad (25)$$

Onde  $P$  é a função proventos ajustada (R\$)

$P_0$  é o valor da função provento em  $t = 0$  (R\$)

$k$  e  $r$  são constantes reais, (*adimensionais*)

$t$  é o tempo (*dias*).

Os coeficiente  $k$  e  $r$  da função Proventos foram determinados por ajuste não linear, através do Método de Procura em Rede implementado no software SCILAB. Os resultados desse ajuste apresentam  $k = 1508,70$  e  $r = 0,01774$ . Assim, a função proventos toma a forma da Equação (25), considerando  $P_0 = 45 \text{ reais}$ .

$$P(t) = \frac{67891,5}{45 + (1463,7)e^{-0,017740t}} \quad (26)$$

Analogamente ao Modelo Polinomial, a função despesa segue na forma parabólica, conforme a Equação (17). Como a função lucro é a diferença entre as funções  $P$  e  $D$ , tem-se:



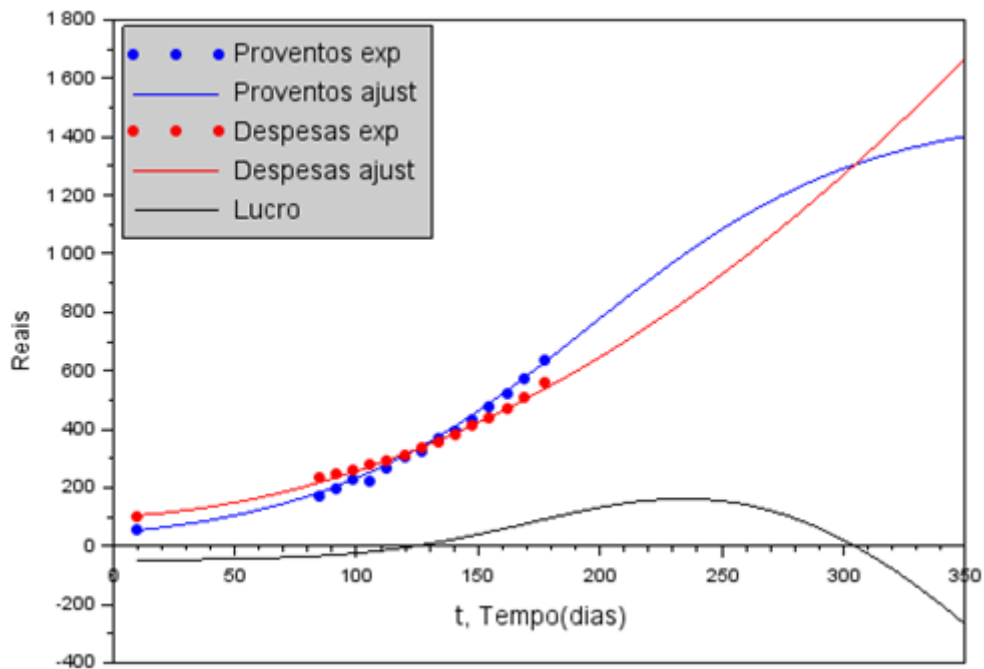
$$L(t) = \frac{P_0 k}{P_0 + (k - P_0) e^{-rt}} - At^2 + Bt + C \quad (27)$$

Ou,

$$L(t) = \frac{67891,5}{45 + (1463,7) * e^{-0,017740t}} - (0,0207t^2 - 2,0192t + 254,61) \quad (28)$$

A Figura 12 mostra os gráficos das funções Proventos, Despesas e Lucro do modelo logístico.

Figura 12 – Funções Despesas, Proventos e Lucratividade.



Fonte: o autor

O intervalo de tempo em que a atividade é lucrativa é aquele entre os zeros da função  $L$ . Os zeros dessa função foram obtidos através do Método da Bissecção, com  $\varepsilon = 0,001$ . Assim, para vendas de suínos em  $125 < t < 309$  o resultado econômico será positivo para o produtor. Esse intervalo pode ser observado, aproximadamente, na Figura 12 de duas maneiras. Nas abscissas dos pontos de interseção entre as funções Proventos e Despesas e nos zeros da função Lucro.

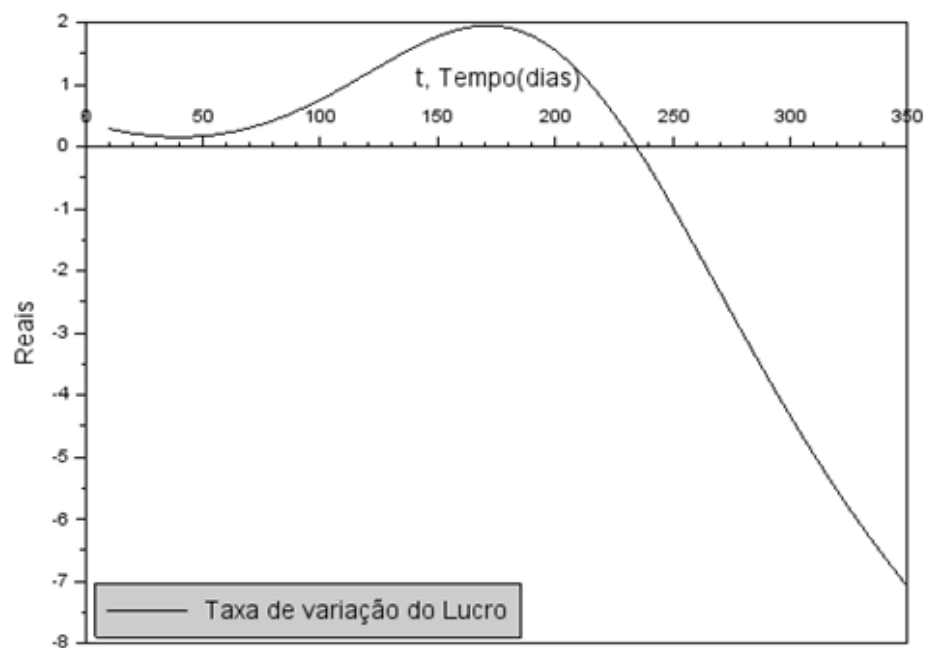
Portanto para encontramos o ponto exato de abate dos suínos, será derivada a função Lucro (Equação 29), obtendo-se:

$$L(t)' = \frac{P_0 k r (k - P) e^{-rt}}{(P_0 + (k - P_0) e^{-rt})^2} - 2At - B \quad (29)$$

Onde  $L'(t)$  é a função lucratividade (R\$/dia).

Nos momentos  $t_m$  para os quais a lucratividade  $L'(t)$  for nula, o lucro da atividade será máximo ou mínimo, de acordo com a definição de pontos extremos de funções, já que  $L'(t)$  é a derivada de  $L$ . Assim, se para um intervalo  $I = (t_1, t_2)$ , com  $t_m \in I$  e  $L'(t < t_m) > 0$  e  $L'(t > t_m) < 0$  então  $t_m$  é a abscissa de um ponto de máximo de  $L(t)$  e  $L(t_m)$  é o lucro máximo da atividade. Empregando novamente o Método da Bisseção, o zero da função  $L'(t)$  foi calculado, obtendo-se  $t_m = 237,54$ , ou seja no 237º dia a atividade econômica teve o lucro máximo. Esses resultados podem ser observados no gráfico de  $L'(t)$  da Figura 13:

Figura 13 - Análise da taxa de variação do lucro por unidade de tempo



Fonte: o autor

Assim, no ponto  $t_m$  em que a função  $L'(t)$  se iguala a zero tem-se o lucro máximo e portanto, o ponto ideal de venda dos suínos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao estudar o método de estimativa de massa usando a fita métrica, pode-se chegar a uma equação que apresenta resultados que aparentemente parecem ser promissores. Na pesquisa chegamos a uma fórmula que demonstram estarem perfeitamente ligadas às medidas corporais de cada tipo de suíno e posteriormente chegando a uma estimativa de massa muito semelhante à balança, obviamente, considerando o erro de medida.

Com a utilização de métodos numéricos para encontrar uma resposta para o objetivo principal, podemos atribuir que apresentou resultado significativo. Com a utilização da função logística, foi possível simular a limitação do crescimento dos animais e assim delimitar o intervalo de lucratividade, assim como o dia ótimo de venda, no qual o lucro é máximo.

Confirmada a eficiência do modelo, este poderá ser desenvolvido na forma de aplicativo e auxiliar os produtores rurais na tomada de decisões sobre o período de lucratividade, o lucro operacional para qualquer dia em que se realizar o carregamento ou o abate.

Os modelos matemáticos desenvolvidos para a otimização dos lucros, podem ser usados de modo técnico-científico nos departamentos técnicos das indústrias, em escolas agrícolas, em cursos de veterinária, em pequenas ou grandes unidades produtoras conveniadas ou independentes e também, em aulas de matemática no ensino médio (modelo parabólico) e no superior (modelo logístico) como material de aplicação da Matemática.

Este trabalho pode ser ampliado em futuras pesquisas, ampliando o número de variáveis, como por exemplo a qualidade carne/veterinária, teor de gordura, a espessura do toucinho, além da consideração de outras despesas como os medicamentos, a mão-de-obra, energia, depreciação dos criatórios e impostos.

## 6. REFERÊNCIAS

- ACCS. **Preço base**. 2020. Disponível em <<https://www.accs.org.br/cotacoes/suino-preco-base/>> Acessado em 15 de outubro de 2020.
- ACCS. **Mercado de grãos**. 2020. Disponível em<<https://www.accs.org.br/cotacoes/mercado-de-graos/>> . Acessado em 15 de outubro de 2020.
- BACAËR, N. **Verhulst e a equação logística na dinâmica populacional**. European Communications in Mathematical and Theoretical Biology 10, França. 2008.
- BOYCE, W.E. e DI PRIMA, R.C. **Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1994. 530 p.
- CAMPOS, G. **Modelos pioneiros com dinâmica populacional: uma breve análise**. 2019. Curso de licenciatura em matemática. Florianópolis.
- CHANDLER, F. Como pesar um porco usando uma fita métrica. 2017. Disponível em <[https://www.ehow.com.br/digitar-simbolo-r-circulo-volta-como\\_300810/](https://www.ehow.com.br/digitar-simbolo-r-circulo-volta-como_300810/)> Acessado em 15 de novembro de 2019.
- Como descobrir o peso de um porco?**. 2019. Disponível em < <https://br.farmforage.com/7831-how-to-find-out-the-weight-of-a-pig.html>> Acesso em 25 de setembro de 2020.
- Como estimar o peso de um porco**. 2020. Disponível em <[https://pt.laermfeuer.org/estimar-peso-porco-como\\_40578-15811](https://pt.laermfeuer.org/estimar-peso-porco-como_40578-15811)> Acesso em 25 de setembro de 2020.
- DIAS, V. M., PESSOA, R. S. **Estudo da Dinâmica de Crescimento Populacional da Cidade de São José dos Campos – SP**. Educação e ciência para a cidadania global. 2016.
- FAGANELLO, E. **A história do porco**. Suinocultura industrial.com.br, 2009. Disponível em < <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/imprensa/a-historia-do-porco/20091117-135856-t091>> Acesso em 14 de outubro de 2020.
- MULLER, J. **Produção de carne suína**. Granter, 2018. Disponível em <<https://granter.com.br/producao-exportacao-suinos-mundo/>> Acesso em 15 de outubro de 2020.
- Origem e domesticação dos suínos**. 2013. Disponível em < <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/veterinaria/origem-e-domesticacao-dos-suinos/36799>> Acesso em 14 de outubro de 2020.
- Pesagem com fita métrica é eficaz**. 2018. Disponível em <<https://www.agron.com.br/publicacoes/noticias/animais-ecriacoes/2018/06/25/057006/pesagem-com-fita-metrica-e-eficaz.html>> Acesso em 15 de novembro de 2019
- QUEVEDO, A. **Você sabe há quanto tempo surgiram os suínos na terra?**. Suinocultura industrial.com.br, 2016. Disponível em < <https://www.suinoculturaindustrial.com.br/>>

imprensa/voce-sabe-ha-quanto-tempo-surgiram-os-suinos-na-terra> Acesso em 15 de outubro de 2020.

RAFIKOV, M. BORGES, P.A.P.B. **Equações diferenciais de primeira ordem**. Cadernos da Unijui. Ijuí, Ed. UNIJUI, 1995.

STRAPAZZON, F. L. **Identificação de curvas de crescimento de aves em aviários, através de modelos matemáticos e determinação do ponto ótimo de abate**. Seminários de Equações Diferenciais. UFFS- Campus Chapecó. 2017

VAZ, S. C. **Existe alguma forma obter o peso aproximado do suíno sem uma balança?** 2009. Disponível em < <http://www.sossuinos.com.br/consultas/pesosembalanca.htm> > Acesso em 10 de setembro de 2019.

ZILL, D.G. **Equações diferenciais com aplicações em modelagem**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2003. 492 p.

## ANEXO I – ACOMPANHAMENTO DA MASSA DOS SUÍNOS

	Suíno	179	180	181	182	183	184
Data da pesagem	Dias de vida	Massa 179(kg)	Massa 180(kg)	Massa 181(kg)	Massa 182(kg)	Massa 183(kg)	Massa 184(kg)
21/04	1	1,9	1,9	2,2	2,2	2,1	1,8
28/04	8	3,1	2,6	2,4	3	2,8	2,6
05/05	15	3,7	3,5	3	3,7	3,5	3,1
12/05	22	5	5,2	4,4	4,8	5	4,5
19/05	29	6,4	6,5	5,6	6,1	6,2	5,5
26/05	36	8,5	8,9	7,1	8	8,3	7,2
02/06	43	11,5	12,1	9,2	10,4	10,6	9,4
09/06	50	16,6	17,5	13	14,8	15,1	13,2
16/06	57	18,2	19,5	15,1	16,5	17	15,3
23/06	64	23,8	24,6	20,1	21,8	22,1	20,5
30/06	71	27,5	29,9	22,4	25,2	25,7	22,8
07/07	78	32,3	35,6	27,5	30,6	31	28
14/07	85	36,5	41,5	31	33	33,5	30,5
21/07	92	41,5	48	35,5	37	39,5	34,5
28/07	99	46,5	56	41	42,5	44,5	40
04/08	106	40,5	48,5	40,5	45,5	43,5	44,5
11/08	113	54,5	66	51	51,5	47,5	44
18/08	120	60,5	73,5	52,5	56	53,5	52,5
25/08	127	65	77,5	64,5	59,5	55	53,5
01/09	134	67,5	86,5	72,5	64,5	62,5	59,5
08/09	141	73,5	93,5	80,5	68,5	65,5	62,5
15/09	148	77,5	99,5	88,5	74,5	72,5	68,5
22/09	155	83,5	106,5	96,5	81,5	77,5	76,5
29/09	162	92,5	116,5	102,5	87,5	86,5	82,5
06/10	169	95	125,5	113,5	95	91,5	90
15/10	178	104	132	122	104	103	100

## ANEXO II – MÉDIA SEMANAL DAS MASSAS DOS SUÍNOS

Data da pesagem	Dias de vida(t)	Média (kg)
21/04	1	2,01
28/04	8	2,75
05/05	15	3,41
12/05	22	4,81
19/05	29	6,05
26/05	36	8
02/06	43	10,53
09/06	50	15,03
16/06	57	16,93
23/06	64	22,15
30/06	71	25,58
07/07	78	30,83
14/07	85	34,33
21/07	92	39,33
28/07	99	45,08
04/08	106	43,83
11/08	113	52,41
18/08	120	58,08
25/08	127	62,5
01/09	134	68,83
08/09	141	74
15/09	148	80,16
22/09	155	87
29/09	162	94,66
06/10	169	101,75
15/10	178	110,83

## ANEXO III – CONSUMO

Dias de vida	Consumo lote (kg)	Consumo individual (kg)	Dias de vida	Consumo lote (kg)	Consumo individual (kg)	Dias de vida	Consumo lote (kg)	Consumo individual (kg)
85	4	0,66	116	14,8	2,46	147	19,5	3,25
86	6,7	1,11	117	14,7	2,45	148	18	3
87	9,2	1,53	118	14,5	2,41	149	18,5	3,08
88	11,4	1,9	119	12,2	2,03	150	19	3,16
89	11,9	1,98	120	15,2	2,53	151	18,7	3,11
90	11,8	1,96	121	15,3	2,55	152	19,6	3,26
91	11,5	1,91	122	15,4	2,56	153	19,5	3,25
92	10	1,66	123	15,3	2,53	154	18,6	3,1
93	14,8	2,46	124	14	2,33	155	19,5	3,25
94	13,5	2,25	125	15,3	2,55	156	20,5	3,41
95	14,1	2,35	126	15	2,5	157	20	3,33
96	10,8	1,8	127	15,6	2,6	158	20,4	3,4
97	13,2	2,2	128	13,5	2,25	159	20,7	3,45
98	11,3	1,88	129	16,3	2,71	160	20,4	3,4
99	15,7	2,61	130	17	2,83	161	20	3,33
100	11,8	1,96	131	16,7	2,78	162	20,3	3,38
101	12	2	132	17	2,83	163	21,4	3,56
102	10,3	1,71	133	15,4	2,56	164	21,5	3,58
103	14,5	2,41	134	17	2,83	165	21,6	3,56
104	14	2,33	135	16	2,66	166	21	3,6
105	13,5	2,25	136	17	2,83	167	21,5	3,58
106	9,2	1,53	137	16	2,66	168	21	3,5
107	10	1,66	138	17	2,83	169	21,6	3,6
108	11,5	1,91	139	17,5	2,91	170	21,7	3,61
109	12,3	2,05	140	18	3	171	21,4	3,56
110	12	2	141	18,5	3,08	172	20,5	3,41
111	7,8	1,3	142	17	2,83	173	20,6	3,43
112	13,3	2,21	143	19	3,16	174	21,4	3,56
113	9,7	1,61	144	18,6	3,1	175	21,6	3,6
114	16,5	2,75	145	18	3	176	21	3,5
115	13,6	2,26	146	19	3,16	177	21,3	3,55



ANEXO IV – Gastos Diários e Acumulados ( os cálculos foram realizados pelo software Excel, e está apenas sendo considerados as duas primeiras casas decimais)

Dias de vida	Gastos diários (R\$)	Gastos acumulados (R\$)	Dias de vida	Gastos diários (R\$)	Gastos acumulados (R\$)	Dias de vida	Gastos diários (R\$)	Gastos acumulados (R\$)
85	0,77	230,77	116	2,89	302,25	147	4,22	409,20
86	1,29	232,07	117	2,88	305,13	148	3,95	413,15
87	1,78	233,85	118	2,84	307,97	149	4,06	417,21
88	2,20	236,06	119	2,39	310,36	150	4,17	421,38
89	2,30	238,36	120	3,08	313,45	151	4,10	425,49
90	2,20	240,65	121	3,11	316,56	152	4,30	429,79
91	2,22	242,87	122	3,13	319,69	153	4,28	434,07
92	1,92	244,80	123	3,08	322,78	154	4,08	438,15
93	2,85	247,66	124	3,84	325,63	155	4,32	442,47
94	2,60	250,26	125	3,11	328,74	156	4,54	447,02
95	2,71	252,98	126	3,04	331,79	157	4,43	451,45
96	2,08	255,06	127	3,30	335,10	158	4,52	455,97
97	2,54	257,61	128	2,86	337,96	159	4,58	460,56
98	2,17	259,79	129	3,45	341,41	160	4,52	465,08
99	3,02	262,81	130	3,60	345,01	161	4,43	469,52
100	2,27	265,09	131	3,53	348,55	162	4,61	474,13
101	2,31	267,40	132	3,60	352,16	163	4,86	478,99
102	1,98	269,39	133	3,26	355,42	164	4,88	483,87
103	2,79	272,19	134	3,68	359,10	165	4,90	488,78
104	2,69	274,89	135	3,46	362,57	166	4,76	493,54
105	2,60	277,49	136	3,68	366,26	167	4,88	498,43
106	1,70	279,19	137	3,46	369,73	168	4,76	503,20
107	1,84	281,04	138	3,68	373,41	169	5,21	508,41
108	2,12	283,16	139	3,79	377,20	170	5,23	513,65
109	2,27	285,44	140	3,90	381,11	171	5,16	518,82
110	2,21	287,65	141	4,01	385,12	172	4,95	523,77
111	1,14	289,10	142	3,68	388,80	173	4,97	528,74
112	2,45	291,55	143	4,11	392,92	174	5,16	533,91
113	1,90	293,45	144	4,03	396,95	175	5,21	539,13
114	3,23	296,69	145	3,90	400,85	176	5,21	544,20
115	2,66	299,35	146	4,11	404,97	177	5,14	549,34

## ANEXO V – Dados reais da pesquisa para Despesa, Proventos e Lucro

Dias (t)	Despesas(R\$)	Proventos(R\$)	Lucro(R\$)
85	230	165,34	-64,65
92	242,87	193,83	-49,04
99	259,79	223,68	-36,10
106	277,49	220,92	-56,57
113	291,55	264,18	-27,37
120	310,36	299,24	-11,12
127	331,79	322	-9,79
134	355,42	362,33	6,91
141	381,11	389,53	8,42
148	409,20	428,28	19,07
155	438,15	476,48	38,32
162	469,52	519,53	50,00
169	503,20	569,8	66,59
178	549,34	633,07	83,73

## ANEXO VI –Dados com os ajustes polinomial para a função Proventos, Despesas e Lucro

Dias (t)	Despesas(R\$)	Proventos (R\$)	Lucro(R\$)
-150	1023,21	1122,89	99,68
-140	942,99	1020,55	77,56
-130	866,91	923,71	56,8
-120	794,97	832,37	37,4
-110	727,17	746,53	19,36
-100	663,51	666,19	2,68
-90	603,99	591,35	-12,64
-80	548,61	522,01	-26,6
-70	497,37	458,17	-39,2
-60	450,27	399,83	-50,44
-50	407,31	346,99	-60,32
-40	368,49	299,65	-68,84
-30	333,81	257,81	-76
-20	303,27	221,447	-81,8
-10	276,87	190,63	-86,24
0	254,61	165,29	-89,32
10	236,49	145,45	-91,04
20	222,51	131,11	-91,4
30	212,67	122,27	-90,4
40	206,97	118,93	-88,04
50	205,41	121,09	-84,32
60	207,99	128,75	-79,24
70	214,71	141,91	-72,8
80	225,57	160,57	-65
90	240,57	184,73	-55,84
100	259,71	214,39	-45,32
110	282,99	249,55	-33,44
120	310,41	290,21	-20,2
130	341,97	336,37	-5,6
140	377,67	388,03	10,36
150	417,51	445,19	27,68
160	461,49	507,85	46,36
170	509,61	576,01	66,4
180	561,87	649,67	87,8
190	618,27	728,83	110,56
200	678,81	813,49	134,68
210	743,49	903,65	160,16
220	812,31	999,31	187
230	885,27	1100,47	215,2
240	962,37	1207,13	244,76
250	1043,61	1319,29	275,68
260	1128,99	1436,95	307,96

ANEXO VII – Comparativo de dados reais com os ajustes das funções polinomiais proventos, despesas e lucro.

Dias (t)	Despesas reais (R\$)	Despesas ajuste(R\$)	Proventos reais (R\$)	Proventos ajustes(R\$)	Lucro reais (R\$)	Lucro Ajuste(R\$)
85	230	232,55	165,34	171,96	-64,65	-60,59
92	242,87	244,06	193,83	190,22	-49,04	-53,84
99	259,79	257,60	223,68	211,17	-36,10	-46,43
106	277,49	273,18	220,92	234,82	-56,57	-38,35
113	291,55	290,78	264,18	261,17	-27,37	-29,61
120	310,36	310,41	299,24	290,21	-11,12	-20,2
127	331,79	332,06	322	321,94	-9,79	-10,12
134	355,42	355,75	362,33	356,37	6,91	0,62
141	381,11	381,46	389,53	393,49	8,42	12,03
148	409,20	409,21	428,28	433,31	19,07	24,10
155	438,15	438,98	476,48	475,83	38,32	36,85
162	469,52	470,78	519,53	521,04	50,00	50,25
169	503,20	504,61	569,8	568,94	66,59	64,33
178	549,34	551,08	633,07	634,49	83,73	83,41

## ANEXO VIII – Comparação de dados entre a função logística e os valores reais (proventos)

Dias (t)	Logística(R\$)	Reais(R\$)	Erro Relativo
85	183,97	165,34	11,13%
92	204,99	193,83	5,55%
99	228	223,68	1,90%
106	253,09	220,92	12,72%
113	280,33	264,18	5,77%
120	309,79	299,24	3,41%
127	341,48	322	5,71%
134	375,39	362,33	3,48%
141	411,49	389,53	5,44%
148	449,68	428,28	4,76%
155	489,84	476,48	2,73%
162	531,77	519,53	2,31%
169	575	569,8	0,81%
178	633,07	633,07	0,00%