

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

TULON PEREIRA DA FONTOURA

**TEMPERAMENTO BOVINO:
AVALIAÇÃO DE AGITABILIDADE
BASEADA EM DADOS DE
ACELERÔMETRO COLETADOS EM
AMBIENTE DE CONTENÇÃO PARA
MANEJO**

**Bagé
2020**

TULON PEREIRA DA FONTOURA

**TEMPERAMENTO BOVINO:
AVALIAÇÃO DE AGITABILIDADE
BASEADA EM DADOS DE
ACELERÔMETRO COLETADOS EM
AMBIENTE DE CONTENÇÃO PARA
MANEJO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Marcos Jun Iti Yokoo
Co-orientador: Sandro da Silva Camargo

**Bagé
2020**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

-- Fontoura, Tulon Pereira da
Temperamento bovino: avaliação de
agitabilidade baseada em dados de acelerômetro
coletados em ambiente de contenção para manejo /
Tulon Pereira da Fontoura.
101 p.
Dissertação (Mestrado) - Universidade
Federal do Pampa, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
COMPUTAÇÃO APLICADA, 2020.
"Orientação: Marcos Jun Iti Yokoo".
1. Bovinos de corte. 2. Movimentação animal.
3. Fenótipos de temperamento. 4. Arduino.
I. Título.

TULON PEREIRA DA FONTOURA


TEMPERAMENTO BOVINO: AVALIAÇÃO DE AGITABILIDADE BASEADA EM DADOS DE ACELERÔMETRO COLETADOS EM AMBIENTE DE CONTENÇÃO PARA MANEJO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.


Área de concentração: Tecnologias para a produção agropecuária

Dissertação defendida e aprovada em: 15 de Outubro de 2020.


Banca examinadora:



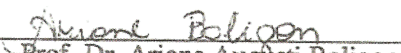
Prof. Dr. Marcos Jun Iti Yokoo
Orientador



Prof. Dr. Leonardo Bidese de Pinho
Universidade Federal do Parna



Prof. Dr. Fernando Flores Cardoso
EMBRAPA Pecuária Sul



Prof. Dr. Arione Augusti Boligon
Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho a meus incansáveis
apoiadores: minha esposa Aline, meu filho
Murilo e meus cachorros Katara e Serena.

AGRADECIMENTO

Agradeço minha família e a Universidade Federal do Pampa, pela valorização institucional na qualificação dos seus servidores.

“Ao futuro ou ao passado, a um tempo em que o pensamento seja livre, em que os homens sejam diferentes uns dos outros, em que não vivam sós - a um tempo em que a verdade exista e em que o que for feito não possa ser desfeito“ – George Orwell

RESUMO

Na pecuária de bovinos de corte, o temperamento dos animais tem mostrado grande impacto na produção. Animais com temperamento mais dócil são mais fáceis de manejar, impactando positivamente nos custos de produção e no bem estar animal. A avaliação do temperamento de um bovino é difícil e geralmente é feita de forma subjetiva por um especialista. Ao ser realizada subjetivamente, está sujeita a interpretações divergentes, o que prejudica as possibilidades de sua melhoria. Desta forma há a necessidade de se estabelecer uma maneira objetiva para avaliação do temperamento bovino. Uma vez que o tronco-balança é um dos principais locais onde o animal demonstra seu temperamento, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de captar a movimentação do conjunto tronco-balança-animal por meio de um acelerômetro fixado na parte inferior de um tronco-balança. Por se tratar de uma ferramenta experimental de monitoramento de movimentos, optou-se pela utilização o Arduino Uno que é uma plataforma de prototipação flexível e capaz de atender a realização desta tarefa. A ferramenta desenvolvida coleta dados de movimentação do conjunto tronco-balança-animal e, posteriormente, encaminha os dados coletados para armazenamento em cartão de memória. São armazenadas uma série de dados de movimentação para cada animal avaliado e, a partir desta série de dados, são propostas e calculadas 29 hipóteses de cálculo de fenótipo de temperamento. Posteriormente, para cada fenótipo, são observadas suas distribuições, variabilidades e correlações tanto com valores genéticos e fenotípicos ligados ao temperamento, quanto com a avaliação visual de um especialista. Entre os fenótipos propostos, baseados em dados de movimentação coletados pelo acelerômetro, o que apresenta melhor correlação com as outras formas de determinação do temperamento foi o fenótipo que realiza a soma dos desvios padrão dos três eixos de movimentação coletados sendo identificado como SD_{xyz} .

Palavras-chave: Bovinos de corte. Movimentação animal. Fenótipos de temperamento. Arduino.

ABSTRACT

Animals' temperament has shown great impact in beef cattle production. Animals with a more docile temperament are easier to handle, and this improves animal welfare. Determining the temperament of a bovine is difficult to measure. Usually, it is done subjectively by a specialist. Once the temperamental determination is carried out subjectively, it is subject to divergent interpretations and, as result, is difficult to improve. Therefore, there is a need for developing an objective way to determine the bovine temperament. This work proposes the development of a tool capable of capturing the movement of the trunk-scale-animal set by means of an accelerometer fixed to the bottom of a trunk-scale. As it is an experimental movement monitoring tool, we opted to use the Arduino Uno because it is a flexible prototyping platform capable of completing this task. The Arduino Uno collects movement data using an accelerometer and then forwards the collected data for storage. A series of movement data is stored for each animal evaluated. From this data series, 29 hypotheses for calculating the temperament phenotype based on the collected data are proposed and calculated. Subsequently, for each phenotype, its distribution, variability and correlations will be observed, both with genetic and phenotypic values linked to temperament, as well as the correlation with the visual assessment of a specialist. Thus, the work is intended to indicate which of the 29 proposed phenotypes, based on movement data collected by the accelerometer, best correlates with the other ways of determining temperament.

Keywords: Beef cattle. Animal movement. Temperament phenotypes. Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arduino Uno e suas entrada e saídas	21
Figura 2	Representação dos eixos X, Y e Z.....	22
Figura 3	Representação da distribuição normal	28
Figura 4	Representação das fases da pesquisa	33
Figura 5	Representação do fluxo de processamento	35
Figura 6	Imagem do sensor MPU6050 GY-521.....	41
Figura 7	Imagem do sensor MPU6050 GY-521 em sua caixa estanque.....	41
Figura 8	Circuito da ferramenta de coleta.....	43
Figura 9	Imagem das telas apresentadas ao operador	44
Figura 10	Movimentação no eixo X.....	46
Figura 11	Movimentação no eixo Y.....	46
Figura 12	Movimentação no eixo Z.....	47
Figura 13	Boxplots dos valores fenotípicos obtidos por categoria avaliada pelo especialista, para todos os fenótipos propostos.....	50
Figura 14	Boxplots dos valores fenotípicos obtidos por quartil das velocidades de fuga, para todos os fenótipos propostos.....	51
Figura 15	Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo X (SD_x).....	73
Figura 16	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo X (SD_x)	73
Figura 17	Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo X (M_x).....	74
Figura 18	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo X (M_x).....	74
Figura 19	Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo X (MM_x)	75
Figura 20	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo X (MM_x).....	75
Figura 21	Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas do eixo X ($\sum R_x$)	76
Figura 22	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas do eixo X ($\sum R_x$).....	76
Figura 23	Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo X ($\sum \log x$).....	77
Figura 24	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo X ($\sum \log x$).....	77
Figura 25	Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo Y (SD_y).....	78
Figura 26	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo Y (SD_y)	78
Figura 27	Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo Y (M_y).....	79
Figura 28	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo Y (M_y).....	79
Figura 29	Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo Y (MM_y)	80
Figura 30	Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo Y (MM_y).....	80
Figura 31	Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes do eixo Y ($\sum R_y$)	81

Figura 32 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes do eixo Y ($\sum Ry$)	81
Figura 33 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Y ($\sum logy$).....	82
Figura 34 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Y ($\sum logy$).....	82
Figura 35 Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo Z (SDz)..	83
Figura 36 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo Z (SDz)	83
Figura 37 Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo Z (Mz).....	84
Figura 38 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo Z (Mz).....	84
Figura 39 Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo Z (MMz).....	85
Figura 40 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo Z (MMz)	85
Figura 41 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes do eixo Z ($\sum Rz$)	86
Figura 42 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes do eixo Z ($\sum Rz$).....	86
Figura 43 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Z ($\sum logz$)	87
Figura 44 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Z ($\sum logz$)	87
Figura 45 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X e Y ($\sum SDxy$).....	88
Figura 46 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X e Y ($\sum SDxy$).....	88
Figura 47 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos eixos X e Y ($\sum Mxy$)	89
Figura 48 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos eixos X e Y ($\sum Mxy$).....	89
Figura 49 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X e Y ($\sum MMxy$).....	90
Figura 50 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X e Y ($\sum MMxy$).....	90
Figura 51 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($\sum RQxy$).....	91
Figura 52 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($\sum RQxy$).....	91
Figura 53 Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($SDRQxy$)	92
Figura 54 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($SDRQxy$).....	92
Figura 55 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes dos eixos X e Y ($\sum Rxy$).....	93
Figura 56 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes dos eixos X e Y ($\sum Rxy$).....	93
Figura 57 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X e Y ($\sum logxy$)	94

Figura 58 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X e Y ($\sum \log xy$)	94
Figura 59 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X, Y e Z ($\sum SDxyz$).....	95
Figura 60 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X, Y e Z ($\sum SDxyz$).....	95
Figura 61 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos eixos X, Y e Z ($\sum Mxyz$)	96
Figura 62 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos eixos X, Y e Z ($\sum Mxyz$).....	96
Figura 63 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X, Y e Z ($\sum MMxyz$).....	97
Figura 64 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X, Y e Z ($\sum MMxyz$).....	97
Figura 65 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($\sum RQxyz$).....	98
Figura 66 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($\sum RQxyz$).....	98
Figura 67 Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($SDRQxyz$)	99
Figura 68 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($SDRQxyz$).....	99
Figura 69 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes dos eixos X, Y e Z ($\sum Rxyz$).....	100
Figura 70 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes dos eixos X, Y e Z ($\sum Rxyz$).....	100
Figura 71 Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X, Y e Z ($\sum \log xyz$)	101
Figura 72 Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X, Y e Z ($\sum \log xyz$)	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação de Modelos de Acelerômetro	23
Tabela 2	Publicações Inicialmente Encontradas	29
Tabela 3	Publicações Encontradas	30
Tabela 4	Tabela de classificação das hipóteses propostas	38
Tabela 5	Tabela da estatística descritiva dos fenótipos	49
Tabela 6	Tabela de correlações entre as hipóteses de fenótipos e valor genético de temperamento (VGT), avaliação do especialista (ESP) e velocidade de fuga (VF) ...	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DVD	<i>Digital Versatile Disk</i>
ECB	Escore Composto de Balança
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GND	<i>Ground</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System Mobile Communications</i>
I2C	<i>Inter Integrated Circuit</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
UNIPAMPA	Universidade Federal do Pampa
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VF	Velocidade de Fuga

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa	17
1.2 Objetivos	17
1.3 Organização do trabalho	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Pecuária de Precisão	19
2.2 Suporte Computacional aplicado à pecuária de precisão	19
2.2.1 Camada técnica	19
2.2.1.1 Microcontroladores	20
2.2.1.2 Sensores e atuadores	21
2.2.2 Camada de negócio	23
2.3 Temperamento Animal	23
2.3.1 Temperamento, bem-estar animal, aprendizagem animal e interação com humanos	24
2.3.2 Consequências do temperamento ruim	24
2.3.3 Métodos de avaliação do temperamento de bovinos.....	25
2.3.3.1 Velocidade de fuga (VF)	25
2.3.3.2 Escore Composto de Balança (ECB)	25
2.3.3.3 Teste de reatividade no tronco de contenção	26
2.3.4 Valor Genético de Temperamento.....	26
2.4 Análise de dados	27
2.4.1 Estatística descritiva.....	27
2.4.2 Testes de normalidade.....	27
2.4.3 Análise de variância ANOVA	28
2.4.4 Correlação de Pearson.....	28
2.5 Trabalhos correlatos	29
3 METODOLOGIA	32
3.1 Caracterização da pesquisa	32
3.2 Fases da pesquisa	32
3.2.1 Ferramenta de coleta	33
3.2.1.1 Materiais utilizados	33
3.2.1.2 Lógica de programação.....	34
3.2.1.3 Processamento.....	36
3.2.1.4 Proposição de fenótipos	37
3.2.2 Análise dos resultados.....	38
4 ABORDAGEM PROPOSTA	40
4.1 Ferramenta de coleta	40
4.1.1 Projeto da ferramenta de coleta.....	40
4.1.2 Cuidados na operação	44
4.1.3 Implementação da ferramenta de coleta	45
4.2 Processamento	47
4.3 Apresentação dos resultados	48
4.4 Discussão dos resultados	52
4.5 Solução proposta	55
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE A — ARQUIVO DE DADOS BRUTOS	67

APÊNDICE B — <i>SCRIPT</i> DE MANIPULACAO.....	68
APÊNDICE C — HISTOGRAMAS DOS FENÓTIPOS	73

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a demanda por alimento no mundo está cada vez maior devido ao aumento da população mundial, tornando os métodos produtivos tradicionais cada vez menos capazes de atender à demanda crescente, impulsionando o desenvolvimento de novos métodos de produção. Torna-se, assim, obrigatória a inovação e o controle mais preciso da produção pecuária. Este controle preciso baseia-se na coleta de dados acerca dos animais, tais como: peso, idade e parentesco. A avaliação do temperamento dos animais, apesar de ter mostrado grande impacto na produção, tem sido deixada de lado devido à sua dificuldade na coleta (MAFFEI, 2009).

A avaliação do aspecto temperamental dos animais é subjetiva e de difícil determinação (MAFFEI, 2009), sendo necessário que um especialista realize a inferência do temperamento de cada animal. Para tal, o especialista avalia as seguintes características: agitabilidade, velocidade de fuga e vocalizações. O temperamento pode ser avaliado observando a agitação do animal ao ser contido no tronco de contenção para manejo, esta agitação demonstra o temperamento do animal. Medindo-se a agitação é possível determinar um comportamento mais agressivo ou mais dócil (PIOVESAN, 1998). Contudo, talvez, o temperamento seja de difícil inclusão em programas de melhoramento genético por ser uma característica na maioria das vezes de difícil mensuração.

O melhoramento genético do rebanho tem estado em constante evolução e, apesar disto, o aspecto temperamental bovino é pouco utilizado como característica a ser avaliada. Maffei (2009) relata que o temperamento é de extrema importância na produção animal, por isso a introdução de uma característica indicadora de temperamento nos programas de melhoramento animal, contudo, este critério de seleção não é fácil de se mensurar. Indicando a necessidade de uma abordagem alternativa para a avaliação do temperamento bovino.

Animais com temperamento agressivo, além de sofrerem contusões em suas carcaças, aumentam o risco de acidentes consigo mesmos e com seus tratadores, chegando até mesmo a danificar a mangueira onde estão sendo tratados (MENEZES; CARDOSO; SILVEIRA, 2017). Em contrapartida, os animais mais dóceis são mais fáceis de serem tratados, assim, reduzindo o custo de mão de obra, tempo de manejo e risco de acidentes com a equipe, bem como menor custo de manutenção de estrutura de manejo (bretes, troncos, curral etc.). Em resumo, os animais mais dóceis são mais fáceis de serem manejados durante a sua permanência na propriedade, desta forma fica claro os motivos pelos

quais estes animais devem ser mantidos na propriedade.

Este trabalho descreve uma ferramenta de coleta de dados de movimentação dos bovinos em ambiente de contenção, utilizando um acelerômetro associado a um Arduino Uno, e que cause a menor interferência possível no processo de manejo adotado na propriedade. Esta ferramenta descrita é de baixo custo e diminui a possibilidade de erros na coleta de dados dos bovinos, melhorando a eficiência da utilização dos dados de campo. A partir dos dados coletados foram testados diferentes processos de sumarização dos dados coletados pelo acelerômetro. Os processos de sumarização propostos contemplam isoladamente todos os eixos de movimentação e também o conjunto de todos os eixos, bem como são aplicados cálculos como desvio padrão, soma, média, logaritmo e raiz quadrada. A seguir os dados sumarizados foram correlacionados com velocidade de fuga (VF), valor genético de temperamento (VGTemp) e avaliação do especialista. Desta forma foi possível apontar qual dos processos de sumarização propostos tem melhor correlação com velocidade de fuga (VF), valor genético de temperamento (VGTemp) e avaliação do especialista. Finalmente foi indicado o processo de sumarização de dados de acelerômetro a utilizar como fenótipo de temperamento baseado em dados de movimentação do conjunto tronco/balança e bovino.

1.1 Justificativa

Identificou-se a necessidade de desenvolver uma forma objetiva de obter o temperamento bovino de maneira que cause mínima interferência nos processos de manejo já adotados pela propriedade uma vez que animais mais dóceis são mais fáceis de serem manejados assim, reduzindo custos de produção e, também, reduzindo erros de anotação e subjetividade de um avaliador.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver e testar uma ferramenta de coleta de dados de movimentação do conjunto tronco/balança e animal contido. Em seguida propor e validar cálculos de fenótipos indicativos de temperamento bovino a partir dos dados de movimentação coletados pela ferramenta desenvolvida.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Desenvolver um protótipo funcional para coleta de dados de movimentação bovina em ambiente de contenção.
- Propor e avaliar processos de sumarização de dados de movimentação coletados.
- Indicar, entre os processos de sumarização propostos, os que melhor se correlacionam com velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista.
- Sugerir qual processo de sumarização utilizar para determinar o temperamento bovino com base nos dados de movimentação coletados.

1.3 Organização do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte forma: O primeiro capítulo faz a introdução ao trabalho. O capítulo 2 aborda a revisão de literatura e traz o embasamento tecnológico e das áreas agropecuária e estatística envolvida, bem como uma revisão sistemática de trabalhos correlatos. O capítulo 3 discute a metodologia aplicada para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo 4 descreve a abordagem proposta contendo a descrição do projeto, a implementação, proposição de fenótipos, a análise e discussão dos resultados. No último capítulo, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados conceitos relacionados às tecnologias aplicadas; aos métodos de determinação de temperamento bovino, bem como; conceitos estatísticos que foram utilizados neste trabalho. Finalmente apresenta uma revisão sistemática de artigos científicos com temas próximos a este trabalho.

2.1 Pecuária de Precisão

A pecuária de Precisão está relacionada ao gerenciamento de dados individualizados dos animais. Na pecuária de precisão, é necessário que esses dados estejam disponíveis de forma individualizada e frequente, assim, pode-se ter acesso a dados de todos eventos registrados para cada animal (CAVALCANTI; RIBAS; PEREIRA, 2015). A obtenção e gerência de dados pode ou não ser realizada com o apoio de sistemas computacionais. No momento em que a quantidade de dados cresce, passa a ser necessária a utilização de soluções computacionais para a coleta e gerência de todos os dados disponíveis, sejam eles, peso, data de nascimento, ou mesmo, a avaliação do temperamento do animal. Estando estas informações acessíveis, é possível melhorar o controle sobre o rebanho da propriedade, auxiliando os responsáveis nas suas tomadas de decisão.

2.2 Suporte Computacional aplicado à pecuária de precisão

É possível dividir o suporte computacional aplicado à Pecuária de Precisão em duas camadas: a camada de negócio aplicada à gerência e gestão dos dados coletados, em um nível superior, e a camada técnica dedicada diretamente à coleta de dados brutos individualizados sobre os animais, em um nível inferior (WOLFERT *et al.*, 2017).

2.2.1 Camada técnica

Na camada inferior, a coleta de dados do rebanho pode ser realizada de forma manual, no entanto a coleta de forma manual dá margem para que ocorram falhas e inconsistências na transcrição dos dados motivando o desenvolvimento de novos métodos de coleta de dados (PIRES, 2002). Kaloxylou *et al.* (2012) sugerem a utilização de dispo-

sitivos dotados de sensores que sejam capazes de atender o número crescente de animais com menor taxa de falhas na aquisição destes dados para automatizar a coleta de dados do rebanho. Os dispositivos são compostos por diversos componentes eletrônicos necessários a correta operacionalização da coleta de dados para a qual foram desenvolvidos. Cordeiro (2011) diz que sistemas de informação devem realizar três atividades básicas: entrada, processamento e saída e é possível abstrair estas atividades de acordo com a funcionalidade de cada componente, como segue: o sensor, que realiza a captação das variações no ambiente realiza a atividade de entrada dos dados no sistema; o microcontrolador que operacionaliza a coleta e o salvamento dos dados coletados realiza a atividade de processamento do sistema; e a unidade de armazenamento que armazena os dados coletados realiza a atividade de saída do sistema.

2.2.1.1 Microcontroladores

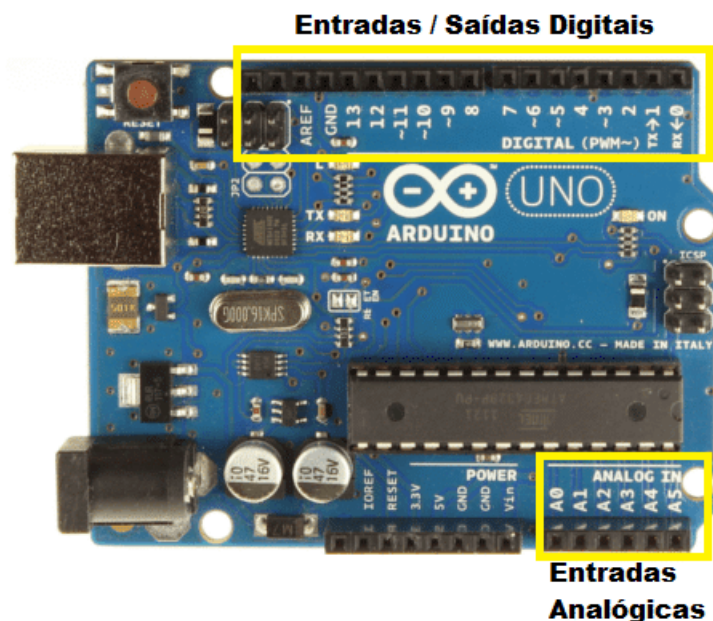
Microcontrolador é um computador de pequeno porte construído em apenas um circuito integrado contendo uma CPU (*Central Process Unit*), memória e portas de entrada e saída (PENIDO; TRINDADE, 2013). Microcontroladores podem comunicar-se com uma ampla gama de outros dispositivos eletrônicos a que estiverem conectados. O microcontrolador pode ser programado de acordo com a aplicação a que se destina. Existem diferentes tipos de microcontroladores de acordo com suas características e variam, entre outras características, em: velocidade de processamento, capacidade de armazenamento para programas, capacidade de memória para processamento e quantidades de portas de comunicação.

A plataforma Arduino Uno utiliza um microcontrolador de oito Bits do modelo ATmega328p e trabalha, por padrão, com frequência de 16MHz¹. O Arduino destaca-se por ser uma plataforma eletrônica *open-source* baseada em *hardware* e *software* fáceis de usar (ARDUINO, 2019). O Arduino e suas entradas e saídas podem ser visualizadas na figura 1. O Arduino Uno também disponibiliza, para conexão de dispositivos, cinco portas analógicas para leitura da variação na tensão que recebem, sendo duas delas utilizadas para a comunicação I2C (BUS.ORG, 2019) e mais quatorze portas digitais que podem ser configuradas para comunicação de entrada ou saída, podendo receber ou fornecer o status ligado (cinco volts) ou desligado (zero volts). Além das portas analógicas e digitais, estão disponíveis portas para aterramento de dispositivos (*ground* - GND) e portas de alimentação de dispositivos 5 e 3,3 volts. Utilizando as entradas e saídas de microcontroladores,

¹16MHz corresponde a até 16 milhões de instruções por segundo

como o Arduino, é possível conectar sensores e atuadores ao microcontrolador. Utilizando o Software Arduino IDE é possível programá-lo para que realize interações com o ambiente pelo uso dos seus sensores e atuadores.

Figura 1 – Arduino Uno e suas entrada e saídas



Fonte: Humanidades (2019)

De acordo com a aplicação do microcontrolador, pode ser necessária a utilização de algum tipo de memória persistente (não-volátil). Neste caso é comum utilizar o cartão de memória devido ao seu tamanho reduzido e resistência a impactos mecânicos.

2.2.1.2 Sensores e atuadores

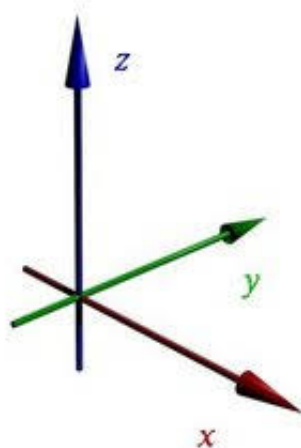
Sensores são componentes que permitem que um equipamento eletrônico interaja com o mundo. De acordo com Banzi e Shiloh (2014) sensores são componentes eletrônicos capazes de captar dados sobre variações no ambiente e transformar esses dados em impulsos elétricos interpretáveis por microcontroladores, ou mesmo por outros sistemas eletrônicos.

Atuadores realizam alguma intervenção no ambiente, de acordo com impulsos elétricos aplicados aos seus conectores. "Um atuador é o oposto de um sensor: o sensor sente algo no mundo físico e o converte em um sinal que o computador possa entender; o atuador converte um sinal de um computador em uma ação no mundo físico"(BANZI; SHILOH, 2015, p. 32). Desta forma, por exemplo, um teclado atua como sensor informando ao computador o que está sendo digitado, assim como o *Display* age como atuador

mostrando informações ao operador.

Existe uma ampla gama de sensores e atuadores, entre eles o acelerômetro que monitora a movimentação de objetos. O sensor acelerômetro transforma a movimentação de objetos ao qual está acoplado em impulsos elétricos interpretáveis por microcontroladores. Ele "mede a aceleração linear à qual está submetido, chamada de aceleração dinâmica, somada à aceleração da gravidade, chamada de aceleração estática"(CUARELLI *et al.*, 2013). Acelerômetros são capazes de captar variações nas acelerações dos movimentos em três (3) eixos: movimentações laterais (eixo X)², movimentações longitudinais (eixo Y)³ e movimentações verticais (eixo Z)⁴. Os três eixos, com suas representações, podem ser visualizados na figura 2.

Figura 2 – Representação dos eixos X, Y e Z.



Fonte: WikiLivros (2019)

Entre os modelos de acelerômetro eletrônico comercialmente encontrados, foram elencados quatro (4) disponíveis no mercado e são mostradas na tabela 1. Todos os modelos elencados são do tipo triaxiais. Os modelos MMA8452 e MMA7361 são fabricados pela NXP Semiconductors, o modelo ADXL345 GY-61 é fabricado pela Analog Devices e o modelo MPU6050 GY-521 é fabricado pela Invensense. Para cada modelo as seguintes características foram levadas em consideração para escolha do modelo utilizado: Sensibilidade (S), medida em Gramas, indica a intensidade mínima necessária para que o acelerômetro constate a movimentação; Tensão de Operação (TO), medida em Volts, indica a tensão necessária para que o sensor funcione corretamente; Tipo de Comunicação (TC) informa a maneira com que o acelerômetro se comunica com microcontrolador ao

²Movimentação lateral pode ser entendida como movimentação para a direita e para a esquerda

³Movimentação longitudinal pode ser entendida como movimentação para frente e para trás.

⁴Movimentação vertical pode ser entendida como movimentação para cima e para baixo.

qual está acoplado; Frequência de Operação (FO), medida em Hertz, indica frequência com que o acelerômetro disponibiliza os dados de aceleração captadas.

Tabela 1 – Comparação de Modelos de Acelerômetro

modelo	S	TO	TC	FO	recurso extra
MMA8452Q	1,5 g	3,3v e 5v	3 portas	200Hz	-
MMA7361	2, 4 e 8 g	3,3v	I2C ⁵	XY - 400Hz Z - 300Hz	-
ADXL345 GY-61	16 g	3,3v e 5v	I2C ⁵	3,2 KHz	-
MPU6050 GY-521	2, 4, 6, 8 g	3,3v e 5v	I2C ⁵	1KHz	Giroscópio Termômetro

Fontes: Nxp Semiconductors (2016), Nxp Semiconductors (2011), Analog Devices (2009), Invensense (2013)

Notas: S - Sensibilidade (gramas); TO - Tensão de operação (volt); TC - Tipo de comunicação; FO - Frequência de operação (Hz).

2.2.2 Camada de negócio

A segunda parte, suporte computacional aplicado à pecuária de precisão, a camada de negócio, de acordo com Wolfert *et al.* (2017) é dedicada ao processamento e a extração de valores a partir dos dados brutos coletados. Esta camada é responsável por extrair informações que auxiliem o gerente da propriedade na tomada de decisões e controle da propriedade. Devido à grande quantidade de dados coletados, é necessário que o processamento seja realizado por um computador capaz de armazenar e processar esse volume de dados.

2.3 Temperamento Animal

Temperamento animal é um conceito amplo, difuso e está intimamente relacionado ao comportamento dos animais em relação ao homem (FORDYCE; GODDARD; SEIFERT, 1982). Costa *et al.* (2002) citam atenção, agressão, teimosia, curiosidade e reatividade. Ainda ligado ao temperamento animal, podem ser citados parâmetros fisiológicos tais como: frequências cardíacas e respiratórias (BACHMANN *et al.*, 2003), concentração de níveis séricos de cortisol (Curley Junior *et al.*, 2008), hematócrito(%), lactato, proteína total sérica, glicose e temperatura corporal (GRANDIN *et al.*, 2000).

⁵A interface serial I2C foi desenvolvida pela Philips no início dos anos 80 para permitir fácil comunicação entre componentes eletrônicos (BUS.ORG, 2019).

2.3.1 Temperamento, bem-estar animal, aprendizagem animal e interação com humanos

Costa *et al.* (2002) dizem que uma boa interação (manejo) com os bovinos traz reflexos positivos no bem-estar dos animais e também no dos seres humanos que com eles trabalham. Animais de temperamento mais agressivos e agitados vivem mais tensos e arredios, com níveis cardíacos acelerados e com reações bruscas aos acontecimentos a sua volta. Animais dóceis e tranquilos vivem mais calmos e paciosos. Kilgour e Walker (2000) dizem que animais confinados de temperamento mais dócil tendem a passar mais tempo no cocho alimentando-se e, conseqüentemente, ganhando peso. Estes fatores afetam o bem-estar do animal, sendo que animais de temperamento mais tranquilo têm sua qualidade de vida melhorada. Vários autores relacionam o temperamento ruim a vários aspectos produtivos indesejáveis. Piovesan (1998) relaciona o temperamento ruim com menor ganho produtivo (menor ganho de peso), carne de pior qualidade e ocorrência de contusões e descartes. De acordo com Probst *et al.* (2012), a maciez da carne também é afetada e Joaquim (2002) fala em alterações no pH final da carne pós-abate.

Murphey e Duarte (1983) em seu trabalho ilustram o aprendizado de bovinos ainda jovens ao comprovar que após a ordenha das mães os bezerros reconhecem seus nomes e a voz do tratador ao serem chamados para reunirem-se às suas mães.

Segundo o estudo de Curley Junior *et al.* (2008) a velocidade de fuga de bovinos diminuiu entre um manejo e outro, essa diferença no comportamento dos animais foi supostamente atribuída ao aprendizado deles.

Os animais aprendem pelas experiências vividas; quando o manejo é gentil, os animais tornam-se menos agressivos nos momentos de manejo. Tal conclusão é possível após a revisão de trabalhos sobre temperamento e aprendizagem animal.

2.3.2 Conseqüências do temperamento ruim

Temperamento ruim também está relacionado a danos a estrutura da propriedade e riscos de acidentes com as pessoas que trabalham com os animais. "Estudos demonstram que animais de piores temperamentos são considerados um risco às pessoas que os manejam, pois acarretam maior número de acidentes e geram custos adicionais, além de perdas na produtividade"(Fordyce *et al.* (1985), Fordyce, Dodt e Wythes (1988), Grandin (1993), Grandin *et al.* (1995) *apud* Menezes, Cardoso e Silveira (2017, p. 6))

Animais de temperamento mais agressivo causam prejuízos de diversas ordens. Tais como menor ganho de peso, a menor produção de carne e de menor valor comercial (PIOVESAN, 1998), bem como a maciez da carne é afetada (PROBST *et al.*, 2012). Desta forma a identificação de animais menos reativos permite aumentar a produtividade dos rebanhos (MENEZES; CARDOSO; SILVEIRA, 2017).

2.3.3 Métodos de avaliação do temperamento de bovinos

Mussato (2017) define dois tipos de métodos de avaliação do temperamento: O teste restritivo, em que o animal fica contido em um ambiente fechado; e o teste não restritivo, em que o animal tem liberdade de movimentação em uma área espaçosa, com ou sem a presença de tratador. Existem também testes mais invasivos, dependentes de exames de sangue, por exemplo, que não serão citados neste trabalho. Dentre os métodos encontrados na revisão de literatura, serão elencados alguns dos mais relevantes à realização desta pesquisa, por serem mais frequentemente utilizados (MENEZES; CARDOSO; SILVEIRA, 2017).

2.3.3.1 Velocidade de fuga (VF)

Velocidade de fuga foi definida por Burrow, Seifert e Corbet (1988) como sendo a velocidade com que o animal deixa o tronco de contenção. A medida desta velocidade é realizada através de um par de sensores fotoelétricos e um cronômetro programado para registrar o tempo gasto por cada animal para percorrer um percurso pré-definido. Sant'Anna e Costa (2013) dizem que animais que saem mais rápido são considerados de pior temperamento.

2.3.3.2 Escore Composto de Balança (ECB)

Fordyce, Goddard e Seifert (1982) descrevem o *BAIL*⁶ *test*, que consiste em monitorar a movimentação do animal, preso pelo pescoço ao tronco, durante um período de tempo não especificado e classificar entre (1) ficar parado e (7) lutar violentamente. Piovesan (1998) propôs uma adaptação deste teste no qual um observador treinado monitora a movimentação do animal durante um período de tempo, enquanto está em uma

⁶Indica a estrutura móvel que prende o animal pelo pescoço para a realização de atividades de manejo, também conhecido como tronco.

baia (espaço confinado). Esta baia pode ser dotada ou não de balança e não restringe a movimentação do animal.

Ainda conforme a classificação de Piovesan (1998), após este período, o observador classifica a movimentação do animal de acordo com as características descritas a seguir: 1 - calmo, nenhum movimento, nenhuma respiração audível; 2 - inquieto, alterando a posição das patas; 3 - se contorcendo, tremendo, movimentando ocasionalmente a balança, respiração ocasionalmente audível; 4 - movimentos contínuos e vigorosos, movimentando a balança, respiração audível; 5 - movimentos vigorosos e contínuos, movimentando a balança, virando-se ou lutando violentamente, respiração audível. Animais classificados com valores menores indicam temperamento mais calmo e dócil (MENEZES; CARDOSO; SILVEIRA, 2017).

2.3.3.3 Teste de reatividade no tronco de contenção

Maffei (2009) diz que "a reatividade é definida como a reação do animal quando contido em ambiente de contenção móvel". A quantificação desta reação pode ser realizada pelo REATEST[®], que é um dispositivo eletrônico acoplado a este ambiente de contenção móvel. Este "dispositivo capta a movimentação que o animal provoca na balança (ambiente de contenção móvel), durante 20 segundos e envia para um software que processa determinando a reatividade do animal em uma escala contínua"(MAFFEI, 2009). Esta escala varia de 1 a 9.999 pontos, sendo que, valores menores representam animais mais calmos (MAFFEI *et al.*, 2006). O dispositivo eletrônico consiste em um sistema de eixos, esfera e sensores óticos instalados na parte inferior da balança (INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2005). Este dispositivo está patenteado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial sob nº DEINPI/MG 001088.

2.3.4 Valor Genético de Temperamento

Valor genético de temperamento é o valor genético do fenótipo velocidade de fuga predito pelo método Melhor Predição Linear Não Viesada (*Best Linear Unbiased Prediction* - BLUP) elaborado por Henderson (1975). Tem como valores iniciais cinco medidas de velocidade de fuga de cada animal (fenótipo), os efeitos não genéticos e a associação com a matriz de parentesco (*pedigree*). Este método já é utilizado pela Embrapa Pecuária

Sul como medida indicadora de temperamento (informação verbal)⁷.

2.4 Análise de dados

Nesta seção será realizada uma breve revisão de conceitos de estatística descritiva, normalidade de dados, análise de variância e correlação de Pearson. Estes tópicos são abordados devido a sua relevância à este trabalho.

2.4.1 Estatística descritiva

Arango (2012) diz que a estatística descritiva trata do levantamento, organização, classificação e descrição dos dados em tabelas, gráficos ou outros recursos visuais, além do cálculo de parâmetros representativos desses dados. Medidas de tendência central são uma primeira caracterização dos conjuntos populacionais ou amostrais e são compostas por média, mediana e moda.

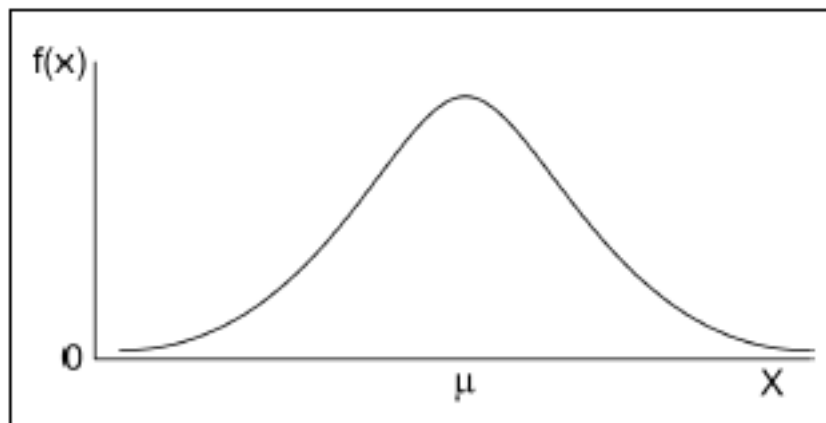
Medidas de dispersão são entendidas como a diferença observada de um conjunto de dados (ARANGO, 2012), são parâmetros estatísticos usados para determinar o grau de variabilidade de um conjunto de dados. Máximo, mínimo, amplitude, variância e desvio padrão são medidas de dispersão. Máximo e mínimo são o maior e o menor valores, respectivamente, encontrados no conjunto de dados analisado. A média é calculada somando-se todos os valores do conjunto em seguida dividindo pela quantidade de dados do conjunto. O desvio padrão é calculado extraindo-se a raiz quadrada da variância, que por sua vez expressa o quanto o conjunto de dados se distancia da média.

2.4.2 Testes de normalidade

De acordo com Arango (2012) os teste de normalidade são utilizados para certificar-se de que as variáveis representam uma distribuição mais ou menos parecida com a distribuição normal, que é apresentada na figura 3. A figura 3 apresenta um plano cartesiano onde se observa os valores de X, no eixo X, com média μ e a frequência de ocorrência de cada valor no eixo Y ($f(x)$). Testes de normalidade são utilizados para verificar a viabilidade da aplicação da análise de variância sobre os dados em questão.

⁷Informação fornecida por Marcos Yokoo em 09/07/2019 na Embrapa Pecuária Sul

Figura 3 – Representação da distribuição normal



Fonte: PortalAction (2019)

2.4.3 Análise de variância ANOVA

A análise de variância analisa as variáveis em busca da influência destas na variável alvo. Calcula estatisticamente, utilizando médias, o quanto uma variável influencia na variável alvo (ARANGO, 2012). Análise de variância é muito utilizada para identificar se um tratamento é eficiente ou não. Neste estudo, será utilizada para ajustar os fenótipos para os parâmetros conhecidos como, potreiro, idade, sexo e grupo de manejo, ou seja, remover da variável alvo (fenótipo) todas as influências causadas pelos parâmetros conhecidos.

2.4.4 Correlação de Pearson

Correlação de Pearson mede o grau de correlação entre duas variáveis contínuas, ou seja, "é uma medida de associação linear entre variáveis"(FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009). O coeficiente de correlação de Pearson é calculado dividindo-se a covariância de suas partes pelo produto dos seus desvios padrão e varia de -1 a 1, onde o sinal negativo indica a existência de uma correlação inversa entre as variáveis. Coeficientes de correlação iguais a -1 ou 1 indicam uma correlação linear perfeita entre as duas variáveis, enquanto, o coeficiente igual a 0 (zero) indica a inexistência de correlação entre as variáveis medidas. Entende-se que quanto mais próximo de 0 (zero) é o coeficiente mais fraca é a correlação existente entre as variáveis, assim como, quanto mais próximo de 1 ou -1 mais forte é a correlação. Filho (1999) classifica os coeficientes de correlação da seguinte forma: inexistente = 0; fraca quando varia de -0,5 a 0,5; média quando

varia entre 0,5 e 0,75 ou entre -0,5 e -0,75; forte quando varia entre 0,75 e 1 ou -0,75 e -1; perfeita quando é igual a 1 ou -1. Cabe salientar que estes parâmetros podem variar dependendo do autor.

2.5 Trabalhos correlatos

A revisão de trabalhos correlatos foi realizada utilizando o método da revisão sistemática que é desenhado para "evitar resultados tendenciosos e extrair conclusões mais objetivas possíveis."(LINDE; WILLICH, 2003, p.17). Desta forma, a seguir serão explicitados os parâmetros que definiram o escopo da pesquisa realizada. Serão pesquisadas as bases de publicações da *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), IEEE Xplore - *digital library* e o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior(CAPES) por serem bases de conhecimento e repositórios de artigos científicos reconhecidas. Foram pesquisadas publicações em retrospectiva por um período de 10 anos e serão utilizados os termos "temperamento", "bovino", "tecnologia", "computação" e "microcontroladores" e suas respectivas traduções para o inglês por serem os termos que mais se aproximam ao tema proposto para este trabalho. Inicialmente foi encontrado um total de 104124 publicações contendo os termos pesquisados distribuídos em suas bases de dados conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Publicações Inicialmente Encontradas

Termos de pesquisa	Base pesquisada		
	Periódicos CAPES	SciELO	IEEE Xplore
Softwares Temperamento Bovino	4	0	0
Microcontrolador Temperamento Bovino	0	0	0
Tecnologia Temperamento Bovino	5	0	0
Computação Temperamento Bovino	0	0	0
Software Cattle Behavior	28612	0	0
Microcontroller Cattle Behavior	104	0	0
Technology Cattle Behavior	13	0	0
Computing Cattle Behavior	4290	1	7
Software Behavior Bovine	95101	3	3
Microcontroller Behavior Bovine	249	0	0
Technology Behavior Bovine	0	0	0
Computing Behavior Bovine	5337	0	2

Fonte: Autor (2019)

A seguir foi realizada a leitura dos títulos das publicações, em busca das publicações que tinham conteúdo inerente a este trabalho. Devido à grande quantidade de

resultados sem qualquer relação com o tema abordado neste trabalho encontrados para a base Periódicos CAPES, foi modificado o critério de consulta para esta base. Foram modificadas as pesquisas mantendo as palavras software, microcontrolador, tecnologia e computação, porém colocando o restante do termo pesquisado entre aspas, bem como suas variações citadas na tabela 2. Os resultados são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Publicações Encontradas

Termos de pesquisa	Base pesquisada		
	Periódicos CAPES	Scielo	IEEEExplore
Software "Temperamento Bovino"	1	0	0
Microcontrolador "Temperamento Bovino"	0	0	0
Tecnologia "Temperamento Bovino"	0	0	0
Computação "Temperamento Bovino"	0	0	0
Software "Cattle Behavior"	171	0	0
Microcontroller "Cattle Behavior"	6	0	0
Technology "Cattle Behavior"	0	0	0
Computing "Cattle Behavior"	73	1	7
Software "Bovine Behavior"	4	3	3
Microcontroller "Bovine Behavior"	2	0	0
Technology "Bovine Behavior"	0	0	0
Computing "Bovine Behavior"	3	0	2

Fonte: Autor (2019)

Desses resultados, após eliminar os artigos repetidos e com conteúdo não inerente a este trabalho, foram selecionados para leitura e descrição de seus resumos os seguintes artigos:

O artigo de Palmer, James e Corke (2004) foi descartado, por estar fora do escopo temporal utilizado, restando dezenove artigos a serem analisados.

Os artigos de Butt (2010) e de Weerd *et al.* (2015) tratam do acompanhamento do comportamento de bovinos fazendo uso de equipamentos de posicionamento global (GPS) anexados aos animais.

Os artigos de Robert *et al.* (2009), de Rahman *et al.* (2016), de Klefot *et al.* (2016), de AURASOPON (2016) e de Fukasawa *et al.* (2018) utilizam acelerômetro fixado ao bovino para identificar padrões de comportamento (caminhando, deitado, parado, dormindo etc.).

Os artigos de González *et al.* (2015), de Smith *et al.* (2016), de Bishop-Hurley *et al.* (2014) e de Wang *et al.* (2018) combinam no mesmo colar GPS e Acelerômetro, com o objetivo de identificar comportamentos comuns aos animais (caminhar, deitar, ficar parado, pastar, ruminar etc.).

O artigo de Veit *et al.* (2018) trata da utilização de microfones e gravadores para

identificar as atividades de pastejo, ruminação e ócio.

O artigo de Theurer *et al.* (2012) utiliza um acelerômetro integrado a um colar nos animais, com o objetivo de analisar a movimentação do animal quando este é descornado com e sem a administração do anti-inflamatório *Meloxicam*.

O artigo de Zin *et al.* (2016) trata da utilização da gravação de vídeo dos animais em busca de comportamentos incomuns que possam sinalizar animais doentes ou em período fértil.

Os artigos de MULLA *et al.* (2017), de Tech *et al.* (2012) e de Arce *et al.* (2009) propõem a utilização de sensores de temperatura, de ruminação e de respiração conectados a um microcontrolador e antena, que transmite os dados fazendo uso de uma rede sem fio, desta forma, realizando um monitoramento contínuo dos sinais vitais dos animais.

O artigo de Maxa (2015) utiliza diferentes soluções de posicionamento global associadas a tecnologia GSM (*Global System for Mobile Communications*) com o objetivo de monitorar a movimentação de animais nos Alpes do continente europeu.

O artigo de Santos *et al.* (2017) realiza a identificação de um gene candidato para a característica de reatividade na raça *Guzerat*, utilizando o aparelho patenteado chamado REATEST[®] (equipamento descrito na seção 2.3.3.3).

Apesar de muitos estudos utilizarem acelerômetros para a identificação do comportamento bovino, nenhum dos citados nessa revisão sistemática os utiliza para analisar a movimentação dos animais no momento de contenção para manejo.

Cabe salientar que, apesar de estarem fora do escopo temporal desta revisão sistemática, os artigos: Reatividade em Ambiente de Contenção Móvel: Uma Nova Metodologia para Avaliar o Temperamento Bovino (MAFFEI *et al.*, 2006); e Reatividade Animal (MAFFEI, 2009) são bastante relevantes a este trabalho. Ambos os trabalhos ora citados tratam da análise da movimentação de animais em contenção para manejo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo irá expor a caracterização da pesquisa e as fases em que está dividida. Na sequência, serão apresentados os métodos e materiais utilizados para a fase de desenvolvimento da ferramenta de coleta e para a fase modelagem estatística e análise dos resultados.

3.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo tem um viés de pesquisa exploratória, uma vez que são propostos e testados diferentes processos de sumarização (fenótipos) aplicados aos dados de agitabilidade bovina obtidos através da captação da movimentação dos animais no momento da contenção para manejo. Tem por objetivo principal identificar entre os cálculos de fenótipos propostos o mais indicado para auxiliar na determinação do temperamento bovino. Este estudo pode ser classificado da seguinte forma:

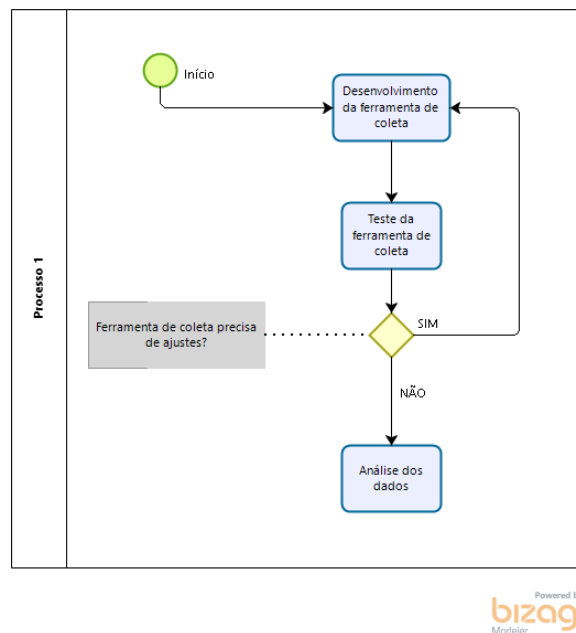
- quanto a sua natureza como pesquisa qualitativa e quantitativa, uma vez que busca determinar aspecto temperamental (qualitativo) de uma forma objetiva (quantitativo);
- quanto a sua finalidade, é caracterizada como pesquisa aplicada, pois busca fornecer embasamento para a determinação objetiva do temperamento a fim de, em um momento posterior, desenvolver uma ferramenta capaz de analisar dados e determinar o temperamento automaticamente;
- quanto ao tipo de pesquisa, é caracterizada como experimental, uma vez que propõe e testa diferentes processos de sumarização dos dados coletados;
- quanto a estratégia de pesquisa, é caracterizada como pesquisa de campo, uma vez que não há controle rígido de variáveis ambientais.

3.2 Fases da pesquisa

Esta pesquisa está dividida em duas partes: o desenvolvimento e testes da ferramenta de coleta; e a análise dos dados coletados. Cada uma das fases pode ser vista na Figura 4.

Na fase de desenvolvimento e testes da ferramenta de coleta estão detalhados todos

Figura 4 – Representação das fases da pesquisa



Fonte: Autor (2020)

os materiais que foram utilizados, uma descrição da lógica de programação utilizada, uma descrição de como se dará o processamento dos dados coletados e a proposição do fenótipos a serem analisados. Por último a descrição de como será realizada a análise dos dados coletados.

3.2.1 Ferramenta de coleta

A ferramenta de coleta será desenvolvida utilizando a plataforma Arduino Uno para controlar todas as funções necessárias à coleta dos dados do sensor, armazenamento, inserção de dados dos animais e exibição de dados para o operador. Será conectado ao Arduino Uno o sensor acelerômetro, que realiza a monitoramento da movimentação do animal contido, além de outros dispositivos descritos a seguir.

3.2.1.1 Materiais utilizados

O Arduino Uno foi escolhido por ser uma plataforma aberta para o desenvolvimento de protótipos eletrônicos e, por ser aberta, é possível encontrar *on line* muita documentação sobre sua utilização. O Arduino Uno realiza a interconexão e controle dos sensores e atuadores utilizados, bem como todo o controle do fluxo de dados de movi-

mentação coletados pelo acelerômetro até o seu armazenamento no cartão de memória.

Foi utilizado o acelerômetro do modelo MPU6050 GY-521, escolhido devido a suas características como frequência de operação, sensibilidade e tipo de comunicação, aliado ainda à facilidade de encontrá-lo e seu custo reduzido. Este acelerômetro é capaz de informar dados de aceleração nos eixos X, Y, e Z, bem como dados de giroscópio nos eixos X, Y e Z e também temperatura do ambiente. O acelerômetro foi instalado dentro de uma caixa estanque, para isolá-lo de poeira, urina e fezes dos animais, uma vez que é utilizado afixado à parte inferior da gaiola onde o animal fica contido e com movimentações limitadas. Esta gaiola em conjunto com as barras de pesagem compõem a balança de contenção.

Um display de cristal líquido (LCD) realiza a interface entre a ferramenta de coleta e o operador. Serão solicitadas ao operador informações como identificação do animal, avaliação do especialista e peso do animal, e informa ao operador o período em que o monitoramento da movimentação do animal é realizado.

Utilizando o teclado foi possível inserir a identificação do animal, a avaliação do especialista e o peso do animal. Um relógio foi utilizado para fornecer a data e a hora em que os dados de movimentação foram coletados.

Um cartão de memória foi utilizado para armazenar de forma persistente os dados coletados do acelerômetro, bem como os dados informados pelo operador. Posteriormente ao manejo, este cartão de memória foi transportado até um computador para a realização das análises necessárias.

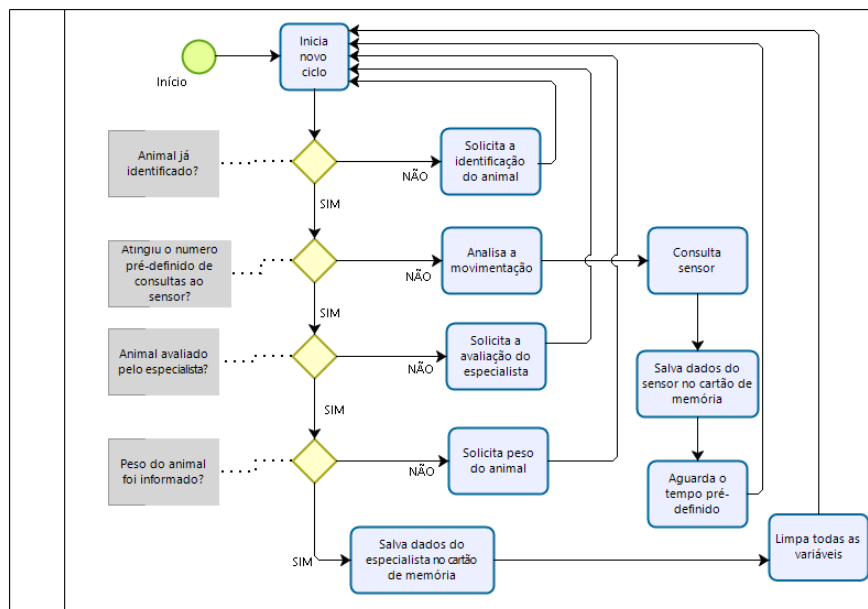
A ferramenta de coleta é um equipamento eletrônico e, sendo assim, deve ser alimentado por uma fonte de energia elétrica. Esta fonte de energia elétrica pode ser uma fonte de alimentação 12 Volts, ou mesmo, uma bateria 12 Volts.

3.2.1.2 Lógica de programação

Microcontroladores como o Arduino Uno são baseados na arquitetura de *loop* infinito, ou seja, utilizam uma lógica cíclica de programação, sempre que chegam ao fim do ciclo eles volta ao seu início, por este motivo, a programação deve ser realizada utilizando ciclos aninhados (um ciclo dentro de outro ciclo) de programação. Desta forma, para o desenvolvimento da ferramenta, dentro do ciclo principal foram criados vários ciclos a serem executados, cada um deles com seus respectivos critérios de saída, de acordo com sua funcionalidade. Na Figura 5, é possível visualizar todos os ciclos de programação e seus critérios de saída. Cada um dos ciclos é descrito logo após a apresentação da figura.

A Figura 5 foi elaborada utilizando o software Bizagi Modeler desenvolvido por Bizagi (2018).

Figura 5 – Representação do fluxo de processamento



Powered by
bizagi
Modeler

Fonte: Autor (2020)

O primeiro ciclo é o que aguarda o operador inserir a identificação do animal. Após o operador inserir o brinco do animal e confirmar pressionando <enter>, inicia-se o ciclo de coleta de dados do acelerômetro. O ciclo que analisa a movimentação, ou seja, que coleta dados do acelerômetro será realizada por um número previamente definido de vezes, bem como, um período de espera também previamente definido. O tempo total de duração do monitoramento da movimentação varia de acordo com o número de observações instantâneas a serem coletadas e o tempo de espera entre cada coleta instantânea. Com atuais definições o total de tempo de monitoramento para cada animal foi em torno de 35 segundos, sendo que nesse tempo foram coletados 200 medidas instantâneas para cada eixo de monitoramento (eixos X, Y e Z).

A seguir, inicia-se o ciclo de avaliação do especialista, para indicar subjetivamente o temperamento do animal. Assim, a ferramenta aguarda que o operador informe a avaliação do temperamento pelo especialista. Esta avaliação do especialista deve seguir o proposto por Piovesan (1998) e varia numericamente de um(1) a cinco(5), onde um(1) é o animal mais calmo e cinco(5) o animal mais agitado]. Por último, inicia-se o ciclo do peso do animal, que aguarda que seja informado o peso do animal.

Cada ciclo executado realiza a inclusão de um registro de dados coletados/informados em um arquivo no formato CSV (*Comma Separated Value*), que foi escolhido devido a sua simplicidade. O arquivo de dados coletados do acelerômetro tem uma estrutura fixa contendo as seguintes informações: brinco do animal, data/hora, número de sequência, valor de aceleração no eixo X, valor de aceleração no eixo Y, valor de aceleração no eixo Z, temperatura, valor do giroscópio no eixo X, valor de giroscópio no eixo Y, valor de giroscópio no eixo Z, avaliação do especialista e peso do animal. Para cada animal será obtida uma quantidade de registros, de acordo com a quantidade de ciclos que foi previamente definida, sendo que cada registro será identificado por um número de sequência. Ao final, será adicionado o registro contendo informações de avaliação do especialista e o peso do animal, recebendo também um número de sequência.

Os ciclos de coleta de dados do acelerômetro serão realizados em etapa anterior à avaliação do especialista e a inserção do peso do animal, desta forma a coleta de dados do acelerômetro será realizada simultaneamente à avaliação do especialista. Consequentemente os valores de avaliação do especialista e peso do animal só serão conhecidos após o processo de coleta do acelerômetro, sendo zero (0) para todos os outros registros do animal em questão. Os valores coletáveis do acelerômetro são zero (0) na linha que apresenta a avaliação do especialista e o peso. A estrutura deste arquivo pode ser visualizada no apêndice A.

3.2.1.3 Processamento

Após a coleta e armazenamento dos dados de movimentação, será necessário que estes dados sejam pré-processados, para posterior análise. Primeiramente foram revisados manualmente os dados em busca de erros de digitação e outras situações que possam impedir o passo seguinte¹. Posteriormente são eliminados registros com identificação (brinco) repetidos utilizando o comando *duplicated* do R (R Core Team, 2019). Seguido pela realização os processos de sumarização propostos (fenótipos) para o número pré-definido de amostras de movimentação de cada animal. Além dos dados de movimentação coletados, Foram necessárias outras informações acerca destes animais, como: velocidade de fuga, valor genético de temperamento, grupo contemporâneo e data de nascimento. Estas informações foram fornecidas pela Embrapa a partir de outras pesquisas envolvendo os mesmos animais. Os processos de sumarização propostos, que são as hipóteses de

¹Optou-se pela revisão manual, por se tratar de uma ferramenta experimental. Após a conclusão deste trabalho esta etapa será totalmente automatizada.

cálculo a serem testadas, são chamados de fenótipos e descritos posteriormente neste trabalho. Ao final deste pré-processamento obtém-se um conjunto de dados estruturado da seguinte forma: brinco do animal, peso, idade, grupo contemporâneo, avaliação do especialista, velocidade de fuga, valor genético de temperamento e uma coluna para cada fenótipo proposto.

3.2.1.4 Proposição de fenótipos

Para que seja possível correlacionar os valores de VF, VGTemp e avaliação do especialista com os dados de movimentação coletados de cada animal, é necessário que sejam consolidados os dados de movimentação de cada animal em apenas um valor para cada fenótipo proposto. Devido a quantidade de dados coletados de cada eixo para cada animal foi necessário atribuir apenas um valor para cada fenótipo do referido animal. Na Tabela 4 também é possível visualizar as fórmulas utilizadas para cada um dos fenótipos propostos.

Como se tem objetivo de trabalhar com estatística paramétrica presumindo a normalidade na distribuição dos erros, homogeneidade das variâncias, entre outras pressuposições, foram feitas transformações como a transformação logarítmica e a raiz dos dados. Schwartzkopf-Genswein *et al.* (2012) em seu estudo utilizaram cálculos de média e desvio padrão para acelerômetros de apenas um eixo, no presente estudo estes cálculos serão utilizados de forma extrapolada para os três eixos de movimentação monitorados. O cálculo da média dos módulos foi adicionado uma vez que os números variam entre valores positivos e negativos, desta forma obtendo apenas valores positivos para o cálculo da média. O cálculo da raiz quadrada dos quadrados foi utilizado por AURASOPON (2016) como uma forma de compactar os dados coletados do acelerômetro e foi utilizado nas hipóteses $\sum RQ_{xy}$, $SDRQ_{xy}$, $\sum RQ_{xyz}$, $SDRQ_{xyz}$.

Todos os cálculos e manipulação de dados foi realizada utilizando a linguagem R (R Core Team, 2019) na sua versão 3.6.2, o RStudio (RStudio Team, 2016) na sua versão 1.1.442 e as seguintes bibliotecas: stringr na versão 1.4.0, que realiza operações com variáveis de texto; readr na versão 1.3.1, utilizada para realizar o carregamento de dados a partir de arquivos CSV; e lubridate na versão 1.7.4, que realiza manipulação de variáveis do tipo data e hora.

Tabela 4 – Tabela de classificação das hipóteses propostas

Fenótipo	Eixo Utilizado	Cálculo utilizado	Fórmula
SDx	Eixo X	Desvio padrão	σ^X
Mx	Eixo X	Média	\bar{X}
MMx	Eixo X	Média dos módulos	$ \bar{X} $
$\sum Rx$	Eixo X	Soma das Raízes	$\sum \sqrt{X}$
$\sum \log x$	Eixo X	Soma dos Logarítmos	$\sum \log X$
SDy	Eixo Y	Desvio padrão	σ^Y
My	Eixo Y	Média	\bar{Y}
MMy	Eixo Y	Média dos Módulos	$ \bar{Y} $
$\sum Ry$	Eixo Y	Soma das Raízes	$\sum \sqrt{Y}$
$\sum \log y$	Eixo Y	Soma dos Logarítmos	$\sum \log Y$
SDz	Eixo Z	Desvio Padrão	σ^Z
Mz	Eixo Z	Média	\bar{Z}
MMz	Eixo Z	Média dos módulos	$ \bar{Z} $
$\sum Rz$	Eixo Z	Soma das Raízes	$\sum \sqrt{Z}$
$\sum \log z$	Eixo Z	Soma dos Logarítmos	$\sum \log Z$
$\sum SDxy$	Eixos X e Y	Soma dos desvio padrão	$\sigma^X + \sigma^Y$
$\sum Mxy$	Eixos X e Y	Soma das médias	$\bar{X} + \bar{Y}$
$\sum MMxy$	Eixos X e Y	Soma das médias dos módulos	$ \bar{X} + \bar{Y} $
$\sum RQxy$	Eixos X e Y	Soma das raízes dos quadrados	$ \sqrt{X^2 + Y^2} $
$SDRQxy$	Eixos X e Y	Desvio padrão das raízes dos quadrados	$\sigma(\sqrt{X^2 + Y^2})$
$\sum Rxy$	Eixos X e Y	Soma das Raízes	$\sum \sqrt{X} + \sum \sqrt{Y}$
$\sum \log .xy$	Eixos X e Y	Soma dos Logarítmos	$\sum \log X + \sum \log Y$
$\sum SDxyz$	Eixos X, Y e Z	Soma dos desvios padrão	$\sigma^X + \sigma^Y + \sigma^Z$
$\sum Mxyz$	Eixos X, Y e Z	Soma das médias	$\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}$
$\sum MMxyz$	Eixos X, Y e Z	Soma das médias dos módulos	$ \bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z} $
$\sum RQxyz$	Eixos X, Y e Z	Soma das raízes dos quadrados	$ \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} $
$SDRQxyz$	Eixos X, Y e Z	Desvio padrão das raízes dos quadrados	$\sigma(\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2})$
$\sum Rxyz$	Eixos X, Y e Z	Soma das Raízes	$\sum \sqrt{X} + \sum \sqrt{Y} + \sum \sqrt{Z}$
$\sum \log .xyz$	Eixos X, Y e Z	Soma dos Logarítmos	$\sum \log X + \sum \log Y + \sum \log Z$

Fonte: Autor(2019)

3.2.2 Análise dos resultados

A análise dos fenótipos obtidos foi realizada utilizando estatística descritiva para apresentar e descrever as características de cada conjunto de fenótipos calculados. A seguir, foi realizado teste de normalidade para cada um dos conjuntos de fenótipos obtidos a fim de atestar se suas distribuições assemelhavam-se a uma distribuição normal. Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para ajustar os fenótipos para os efeitos conhecidos, ou seja, excluir as diferenças geradas pelos efeitos conhecidos, que são: potreiro, idade, sexo e grupo de manejo. Por último, foram calculadas correlações entre os valores ajustados dos fenótipos e os valores ajustados de velocidade de fuga (VF), valor genético de temperamento (VGTemp) e avaliação do especialista. A partir das correlações encontradas, foi possível identificar quais das variáveis calculadas (fenótipos) a partir de dados do acelerômetro melhor explicam a velocidade de fuga, o valor genético

de temperamento (VGTemp) e a avaliação do especialista.

4 ABORDAGEM PROPOSTA

Este capítulo apresenta detalhes da ferramenta de coleta incluindo a descrição dos componentes eletrônicos utilizados, suas ligações elétricas e mensagens apresentadas ao operador. Em seguida, descreve a etapa de pré-processamento dos dados. Posteriormente são descritos os fenótipos propostos e apresentadas as correlações encontradas. Por último, é realizada uma discussão dos resultados obtidos.

4.1 Ferramenta de coleta

Esta seção apresenta o detalhamento da ferramenta de coleta. E também apresenta e detalha os seus componentes, alguns cuidados na sua operação e sua implementação.

4.1.1 Projeto da ferramenta de coleta

A plataforma Arduino Uno utiliza um microcontrolador do modelo ATmel 328P e disponibiliza, para conexão de dispositivos, cinco portas analógicas, sendo duas delas utilizadas para a comunicação I2C(BUS.ORG, 2019), e quatorze portas digitais que podem ser configuradas para comunicação de entrada ou saída. Além das portas analógicas e digitais, estão disponíveis portas para aterramento de dispositivos (*ground* - GND) e portas de alimentação de dispositivos 5 e 3,3 volts.

Para gravação dos dados coletados em cartão de memória é necessária a utilização de um leitor de cartão de memória. O referido leitor de cartão de memória que utiliza as portas digitais 10, 11, 12 e 13 para comunicar-se com o Arduino Uno. Para esta comunicação é utilizado o protocolo *Serial Pheripheral interface* (SPI) (ARDUINO.CC, 2019).

1

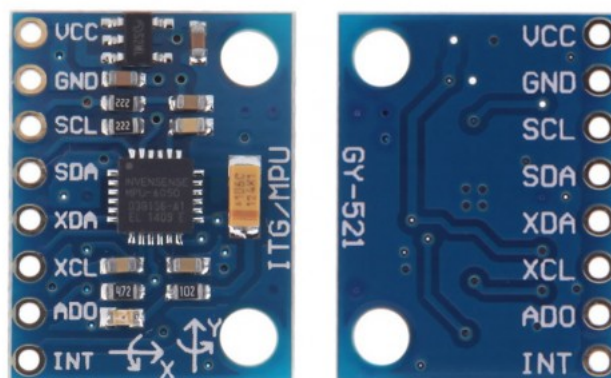
Os dados capturados pelo sensor acelerômetro serão gravados no cartão de memória. O sensor acelerômetro utilizado foi o MPU6050 GY-521 que possui sensibilidade de 2, 4, 6 ou 8 gramas, opera com tensão de 5V, comunica-se pelo protocolo I2C (BUS.ORG, 2019) e opera com frequência de 1 KHz, além de oferecer informações de giroscópio e

¹O protocolo SPI utiliza quatro fios para realizar a comunicação entre o dispositivo Mestre e o dispositivo escravo, conforme segue: *Master In Slave Out* (MISO) fio utilizado para o escravo enviar dados ao mestre; *Master Out Slave In* (MOSI) fio utilizado para o master enviar dados ao escravo; *Serial Clock* (SCK) fio utilizado para sincronizar a comunicação; *Slave Select* (SS) fio utilizado para habilita e desabilitar o dispositivo (ARDUINO.CC, 2019).

temperatura. O protocolo I2C trabalha com endereçamento hexadecimal, para a identificação dos dispositivos.

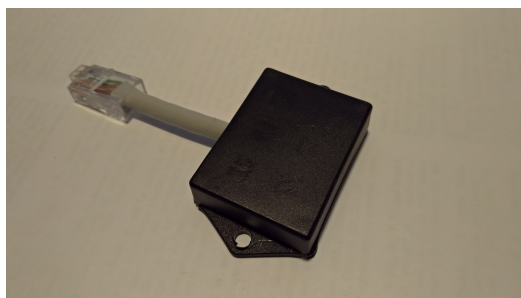
Durante o processo de desenvolvimento percebeu-se um conflito de endereçamento, quando dois dispositivos respondem pelo mesmo endereço. Para solucionar o problema, foi consultado o manual de utilização do sensor MPU6050, após a consulta constatou-se a necessidade de alimentar a porta AD0 do sensor com 3,3 volts, desta forma alterando o seu endereço hexadecimal. Na figura 6, é possível visualizar o sensor acelerômetro sem a caixa estanque que, por sua vez, pode ser vista na figura 7.

Figura 6 – Imagem do sensor MPU6050 GY-521



Fonte: dnatechindia.com (2019)

Figura 7 – Imagem do sensor MPU6050 GY-521 em sua caixa estanque



Fonte: Autor (2020)

Para que fosse possível registrar o momento em que os dados são gravados no cartão de memória, foi utilizado um *Real Time Clock* (RTC) do modelo DS1307, para

disponibilizar ao Arduino a data e a hora do momento da coleta. Cabe ressaltar que o RTC tem uma fonte de energia própria que mantém salva a data e a hora mesmo quando ocorre o corte no fornecimento de energia. O RTC, assim como o MPU6050, trabalham com o protocolo I2C e foram esses dois dispositivos que estavam com endereços conflitantes. A identificação destes dispositivos foi realizada utilizando um programa que identifica e apresenta os endereços de todos os dispositivos conectados pelo protocolo I2C.

Para a realizar a interação entre a ferramenta de coleta e o operador, foi utilizado um *display* de cristal líquido (LCD). A função do display é solicitar informações ao operador e também informá-lo que a movimentação está sendo captada. A conexão do display diretamente com o Arduino Uno necessita de seis portas digitais. Optou-se pela utilização de uma interface I2C para display LCD , desta forma utilizando as mesmas portas para conectar o LCD, o MPU-6050 e o RTC..

Para que fosse possível o operador fornecer informações solicitadas pela ferramenta de coleta, foi necessária a utilização de um teclado. O Arduino permite a conexão direta apenas com teclado do padrão PS/2. Teclados padrão PS/2 são antigos e difíceis de serem encontrados, sendo assim, foi necessário fazer uso de um adaptador para que fosse possível a utilização de um teclado USB mais moderno.

Os dados de movimentação coletados pelo sensor acelerômetro, a data e a hora fornecidas pelo RTC e os dados inseridos pelo operador precisavam ser armazenados de forma permanente, sendo assim utilizou-se um cartão de memória. A utilização de um cartão de memória também operacionaliza o transporte dos dados coletados até o dispositivo que realiza o processamento e análise dos dados coletados.

Durante o desenvolvimento, foram percebidos erros de leitura e gravação no cartão de memória. Descobriu-se que o módulo de cartão de memória utilizado, bem como a biblioteca, necessitam, para seu correto funcionamento, que o cartão de memória utilize o sistema de arquivos FAT32.

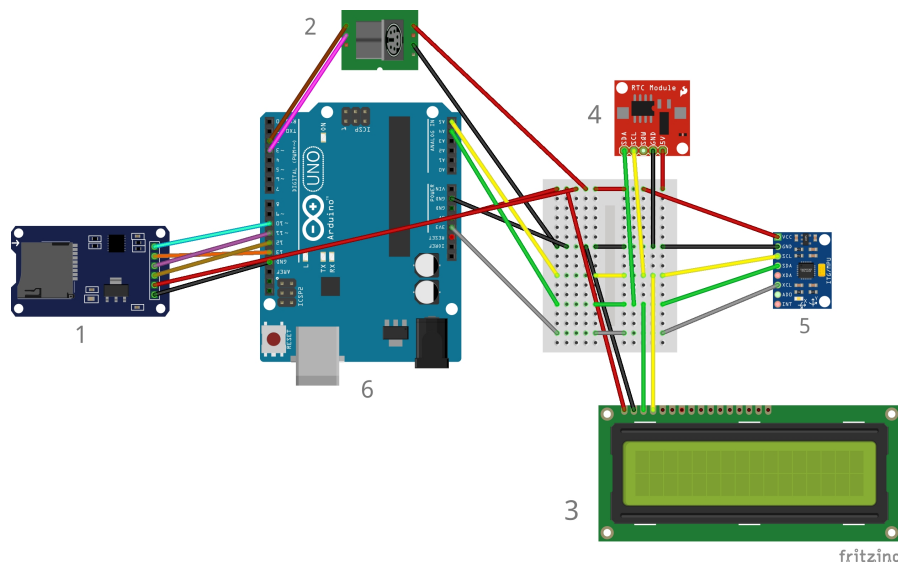
O Arduino, por ser a unidade de processamento da ferramenta de coleta, necessita estar conectado a todos os sensores e atuadores utilizados. Na figura 8, é possível visualizar as conexões entre o Arduino e todos os dispositivos a ele conectados e também a sua identificação numérica como segue:

- 1 - Leitor de cartão de memória
- 2 - Conexão para teclado PS/2
- 3 - Display LCD
- 4 - RTC DS1307

5 - MPU6050

6 - Arduino UNO

Figura 8 – Circuito da ferramenta de coleta



Fonte: Autor (2020)

Para que fossem realizadas as comunicações entre todos os dispositivos e sensores utilizados, foram necessárias algumas bibliotecas de programação que serão detalhadas a seguir:

- DS1307: Esta biblioteca possibilita que sejam inseridos e extraídos data e hora do RTC DS1307.

- LiquidCrystal_I2C: Esta biblioteca possibilita que sejam mostradas informações no LCD.

- PS2Keyboard: Esta biblioteca possibilita que o Arduino interprete o que está sendo digitado no teclado de forma correta.

- Wire: Esta biblioteca foi utilizada para que o Arduino interpretasse as informações transmitidas e recebidas pelo protocolo I2C para o RTC, o MPU6050 e o LCD.

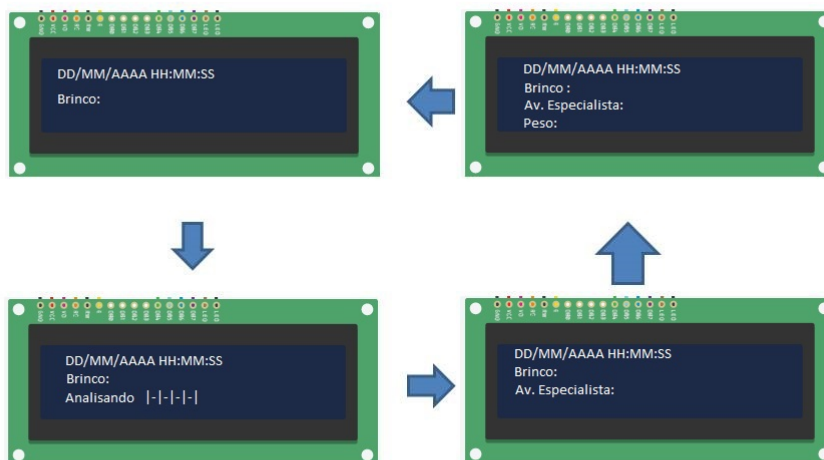
- SPI: Esta biblioteca foi utilizada para que o Arduino interpretasse as informações transmitidas e recebidas pelo protocolo SPI utilizado pelo leitor de cartão de memória.

- SD: Esta biblioteca foi utilizada para que o Arduino interpretasse os comandos de gravação e leitura de informações no cartão de memória.

A Figura 9 exibe o que o display apresenta para o operador durante cada fase da operação necessária a cada animal. Para cada animal, o ciclo de procedimentos recomeça pela sua identificação individual (Brinco).

O ciclo de procedimentos de manejo adotado é sequencialmente descrito da se-

Figura 9 – Imagem das telas apresentadas ao operador



Fonte: Autor (2020)

guinte forma:

- 1 - O animal entra na balança.
- 2 - o operador o visualiza e digita a identificação do animal no teclado.
- 3 - ao pressionar a tecla <enter> a ferramenta inicia o período de monitoramento da movimentação. Simultaneamente o especialista realiza a sua avaliação.
- 4 - o operador insere o valor da avaliação do especialista e pressiona <enter>.
- 5 - o operador informa o peso do animal e pressiona <enter> assim encerra-se o procedimento deste animal.
- 6 - volta ao passo 1 para o próximo animal.

4.1.2 Cuidados na operação

A ferramenta de coleta deve estar ativamente em monitoramento apenas com um animal dentro da balança. Caso o monitoramento seja iniciado anteriormente a entrada de um animal a leitura deverá ser invalidada por não representar a real movimentação do animal. Para evitar a invalidação da leitura, o operador, deve pressionar <enter> apenas depois de se certificar de que existe um animal dentro da balança. A situação descrita ocorreu para um animal cujos dados coletados foi descartado posteriormente por não cor-

responder a realidade. Será implementada, para as versões futuras, uma opção de reinício do período de monitoramento da movimentação.

Deve-se estar atento à limpeza do ambiente de utilização da ferramenta de coleta. Ambientes de manejo de animais costumam ser sujos e, devido a essa sujeira, a ferramenta de coleta pode apresentar mau funcionamento.

Fornecimento de energia elétrica é outro aspecto que deve ser levado em consideração. A ferramenta de coleta pode ser alimentada diretamente a partir de uma bateria 12 Volts em casos onde não há rede elétrica disponível. No local onde foram realizados os coletados os dados analisados não existe fornecimento de energia elétrica, portanto foi utilizada uma bateria de no-break para alimentar a ferramenta.

4.1.3 Implementação da ferramenta de coleta

A ferramenta de coleta constrói um arquivo de texto com um número pré-definido de registros de aceleração e inclinação do mesmo animal, acompanhado de uma linha informando o peso e a avaliação do especialista. O arquivo construído é no Formato *Comma Separated Value* (CSV) que, devido a sua simplicidade, permite identificar as colunas de dados coletados. Cada uma dessas colunas apresenta um conjunto de valores referentes aquela variável.

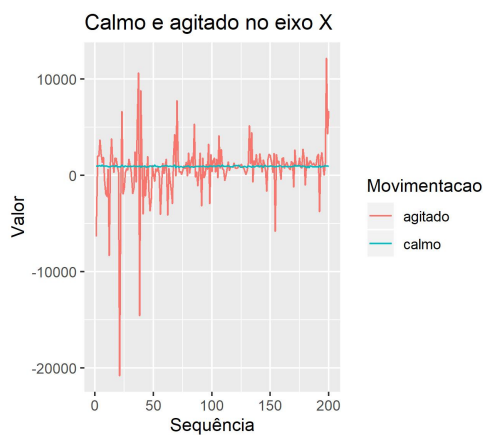
O arquivo é estruturado da forma apresentada no apêndice A. A primeira coluna apresenta a identificação do animal. A segunda coluna apresenta a data em que foi coletado o dado. A terceira coluna apresenta um valor sequencial indicando a qual registro se refere. A quarta coluna apresenta o valor de aceleração instantânea no eixo X, que representa a movimentação lateral. A quinta coluna apresenta o valor de aceleração instantânea do eixo Y, que representa a movimentação longitudinal. A sexta coluna apresenta o valor de aceleração instantânea do eixo Z, que representa a movimentação vertical. A sétima coluna apresenta a temperatura do momento da coleta. A oitava coluna apresenta o valor de inclinação do eixo X, que representa a inclinação lateral. A nona coluna apresenta o valor de inclinação do eixo Y, que representa a inclinação longitudinal. A décima coluna apresenta o valor de inclinação do eixo Z, que representa o giro em seu próprio eixo.

Após a coleta de dados do acelerômetro, é necessário que o cartão de memória seja colocado em um computador para que o arquivo possa ser transferido a fim de ser pré-processado. O pré-processamento é realizado de forma visual em busca de erros e inconsistências que foram ajustados manualmente. O pré-processamento foi realizado de

forma visual e manual por se tratar de uma coleta de dados experimental, podendo ser automatizada posteriormente.

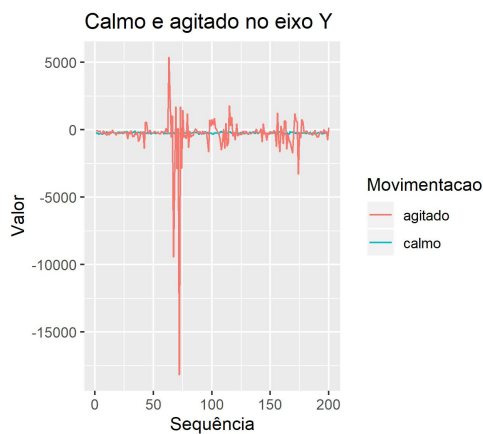
Na figura 10, são apresentados os dados coletados para dois animais em extremos opostos quanto a sua movimentação coletada no eixo X. Ficam destacadas as diferenças existentes entre os mesmos, aqui nomeados como calmo e agitado. Na figura 11, também é possível perceber a diferença existente entre outros dois animais, porém para o eixo Y. Assim como apresentado para os eixos X e Y, a Figura 12 apresenta dados correspondentes ao eixo Z.

Figura 10 – Movimentação no eixo X



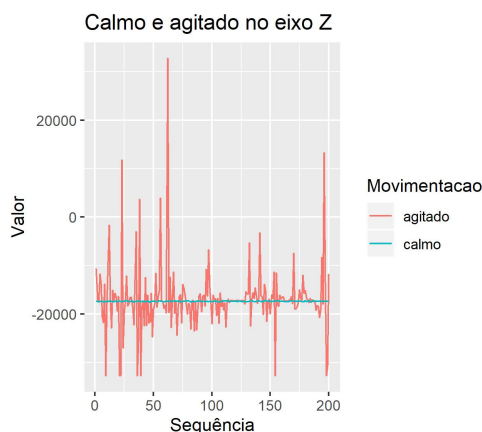
Fonte: Autor (2020)

Figura 11 – Movimentação no eixo Y



Fonte: Autor (2020)

Figura 12 – Movimentação no eixo Z



Fonte: Autor (2020)

4.2 Processamento

Os dados de movimentação coletados juntamente com os dados fornecidos pela Embrapa formam o conjunto de dados de entrada deste processo. Estes dados de entrada são os dados necessários para que seja realizada a posterior análise. Primeiramente carrega-se, cada um para um *dataframe*, os dados de movimentação dos animais juntamente com a avaliação do especialista, peso de cada animal e data da coleta e os dados fornecidos pela Embrapa. Então, inicia-se a fase de processamento propriamente dita.

Cria-se o *dataframe* que receberá os dados processados e formará a variável de saída deste processamento. Logo, para o *dataframe* contendo os dados de movimentação, eliminam-se todos os registros que porventura tenham identificação (brinco) repetido. A seguir, cria-se um *dataframe* contendo apenas os brincos de todos os animais encontrados. Então, inicia-se o processamento individual, que será executado uma vez para cada animal presente no *dataframe* de identificação dos animais em que se seleciona os dados referente a este animal.

A seguir, cria-se um *dataframe* temporário que recebe todos os dados coletados do animal em questão. Este *dataframe* contém as linhas de dados do acelerômetro e uma linha contendo os dados de peso e avaliação do especialista. Sendo assim, replica-se a avaliação do especialista e o peso do animal para todas as linhas que contém dados do acelerômetro podendo assim eliminar a linha que contém dados de peso e avaliação do especialista. A partir deste *dataframe* temporário é possível calcular todos os fenótipos propostos, criando-se uma coluna para cada resultado de fenótipo e ao final juntando ao *dataframe* de saída.

Então, adiciona-se ao *dataframe* de saída os dados de avaliação do especialista, o peso do animal, a data da coleta e cada um dos fenótipos calculados. Encerra-se, assim, o ciclo de um animal, passando-se ao animal seguinte até que o ciclo proposto tenha sido executado para todos os animais. Finalizado todos os ciclos de todos aos animais é calculada a idade do animal, em dias, e inserida no *dataframe* de saída.

Durante os testes de utilização da ferramenta de coleta uma amostra foi invalidada pois a etapa de monitoramento da movimentação havia sido iniciada antes do animal efetivamente entrar na balança. Para este caso, a avaliação do especialista foi classificada como "xx"², para diferenciar das outras classificações. A última etapa do pré-processamento é a remoção dos registros pertencentes a esse animal.

4.3 Apresentação dos resultados

A seguir são apresentados resultados preliminares de todos os vinte e nove fenótipos propostos. Posteriormente, são apresentados observações acerca das análises dos fenótipos propostos.

Na tabela 5 são apresentados dados de estatística descritiva (mínimo, mediana, média, máximo e desvio padrão) e o resultado do teste de Shapiro-Wilk para cada um dos fenótipos propostos.

O teste de Shapiro-Wilk foi usado para identificar se o fenótipo apresenta uma distribuição normal a uma precisão de 0,05. Nenhum dos fenótipos calculados apresentou distribuição normal de acordo com os parâmetros analisados.

Com relação à análise de variância, foram utilizados os seguintes parâmetros: grupo contemporâneo, idade do animal (dias) e peso. Em seguida são extraídos os resíduos que, por sua vez, representam os valores do fenótipo em questão já ajustados, ou seja, excluídas as diferenças geradas pelos parâmetros utilizados.

Salienta-se que a análise de variância para o valor genético de temperamento já havia sido previamente realizada, de acordo com o estudo conduzido pela Embrapa Pecuária Sul do qual foram extraídos ³.

No anexo C é possível verificar os histogramas, acompanhados da respectiva curva normal, para todos os fenótipos propostos e, também, dos seus respectivos resíduos após a aplicação da análise de variância. Boxplot é uma ferramenta gráfica para representar a va-

²Este problema foi percebido durante a coleta e será corrigido em versões futuras da ferramenta de coleta.

³Informação fornecida por Marcos Yokoo em 09/07/2019 na Embrapa Pecuária Sul

Tabela 5 – Tabela da estatística descritiva dos fenótipos

Fenótipo	Mínimo	Mediana	Média	Máximo	Desvio padrão	Shapiro-Wilk
<i>SDx</i>	54,597	324,674	451,882	2986,952	411,336	1,021024e-15
<i>Mx</i>	730,600	982,610	986,462	1147,860	54,323	4,497373e-04
<i>MMx</i>	909,920	1010,680	1030,884	1887,560	109,313	4,404115e-18
$\sum Rx$	6137,307	8469,910	10171,855	29241,974	3932,224	9,651055e-14
$\sum \log x$	1361,811	1492,318	1549,728	2743,501	158,208	9,479734e-15
<i>SDy</i>	54,659	253,467	322,274	2015,165	293,278	9,072451e-16
<i>My</i>	-413,620	-233,270	-229,928	-61,860	39,269	2,565172e-08
<i>MMy</i>	174,380	273,750	303,105	1176,020	114,863	8,031833e-19
$\sum Ry$	2148,436	6948,930	7779,717	26628,444	4100,132	5,522078e-10
$\sum \log y$	933,618	1413,135	1413,222	2581,679	219,880	3,137369e-05
<i>SDz</i>	71,976	1073,441	1476,529	6927,234	1308,686	2,373195e-11
<i>Mz</i>	-17642,440	-17335,900	-17313,698	-16651,000	143,999	9,174437e-09
<i>MMz</i>	16880,940	17357,473	17359,546	17757,500	111,207	2,507788e-04
$\sum Rz$	2871,588	16662,648	16496,068	25039,835	6998,916	1,082469e-08
$\sum \log z$	1055,772	1761,323	1714,830	3223,297	247,770	2,643243e-12
$\sum SDxy$	111,026	581,699	774,157	5002,117	690,775	1,217205e-15
$\sum Mxy$	316,980	754,400	756,535	1031,700	74,064	5,832545e-08
$\sum MMxy$	1153,160	1276,490	1333,989	1176,020	216,094	1,993662e-19
$\sum RQxy$	148974,453	196882,993	198586,790	382344,381	18029,814	5,307099e-20
$\sum SDRQxy$	78,518	421,732	560,672	3603,161	498,874	1,578686e-15
$\sum Rxy$	10002,518	16089,105	17951,572	54662,865	7288,464	7,167975e-12
$\sum \log xy$	2425,863	2922,861	2962,950	5325,180	348,241	5,583959e-11
$\sum SDxyz$	183,002	1665,050	2250,686	11929,351	1927,823	5,772188e-12
$\sum Mxyz$	-16935,060	-16568,560	-16557,164	-15815,480	173,265	1,079559e-05
$\sum MMxyz$	18398,000	18623,240	18693,534	20566,175	242,533	1,379903e-16
$\sum RQxyz$	3335055,733	3473206,225	3489994,978	6971589,503	275033,727	2,704079e-27
$\sum SDRQxyz$	106,516	1156,140	1593,116	7808,287	1384,825	1,481703e-11
$\sum Rxyz$	13555,110	33668,008	34447,640	79133,623	12873,626	1,407212e-03
$\sum \log xyz$	3506,379	4686,603	4677,780	8548,477	560,627	2,626251e-10
VF	0,230	1,896	1,984	6,000	1,093	1,060271e-05
VGT	-0,150	0,008	0,008	0,262	0,068	3,913681e-02

Fonte: Autor(2019)

Legendas: *SDx*: desvio padrão do eixo X; *Mx*: média do eixo X; *MMx*: média dos módulos do eixo X; $\sum Rx$: somatório das raízes quadradas do eixo X; $\sum \log x$: somatório dos logaritmos do eixo X; *SDy*: desvio padrão do eixo Y; *My*: média do eixo Y; *MMy*: média dos módulos do eixo Y; $\sum Ry$: somatório das raízes do eixo Y; $\sum \log y$: somatório dos logaritmos do eixo Y; *SDz*: desvio padrão do eixo Z; *Mz*: média do eixo Z; *MMz*: média dos módulos do eixo Z; $\sum Rz$: somatório das raízes do eixo Z; $\sum \log z$: somatório dos logaritmos do eixo Z; $\sum SDxy$: somatório dos desvios padrão dos eixos X e Y; $\sum Mxy$: somatório das médias dos eixos X e Y; $\sum MMxy$: somatório das médias dos módulos dos eixos X e Y; $\sum RQxy$: somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y; $\sum SDRQxy$: desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y; $\sum Rxy$: somatório das raízes dos eixos X e Y; $\sum \log xy$: somatório dos logaritmos dos eixos X e Y; $\sum SDxyz$: somatório dos desvios padrão dos eixos X, Y e Z; $\sum Mxyz$: somatório das médias dos eixos X, Y e Z; $\sum MMxyz$: somatório das médias dos módulos dos eixos X, Y e Z; $\sum RQxyz$: somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z; $\sum SDRQxyz$: desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z; $\sum Rxyz$: somatório das raízes dos eixos X, Y e Z; $\sum \log xyz$: somatório dos logaritmos dos eixos X, Y e Z; VF: velocidade de fuga; VGT: valor genético de temperamento

riação de dados observados de uma variável numérica por meio de quartis (CARMONA, 2020) e foi utilizada na figura 13 para apresentar os valores de cada fenótipo calculado para cada categoria avaliada pelo especialista. Nestas figuras é possível verificar visualmente que em alguns fenótipos calculados a relação linear existente entre os valores do fenótipo e a avaliação do especialista é maior que em outros fenótipos.

A figura 14 apresenta *boxplots* dos valores de cada fenótipo calculado para cada quartil dos valores de velocidades de fuga. Nestas figuras não é possível verificar visualmente se algum dos fenótipos calculados apresenta a relação linear destacada entre os valores dos fenótipos e os quartis das velocidades de fuga.

Figura 14 – Boxplots dos valores fenotípicos obtidos por quartil das velocidades de fuga, para todos os fenótipos propostos



Fonte: Autor (2020)

4.4 Discussão dos resultados

Neste estudo, foram propostos vinte e nove cálculos de fenótipos baseados em dados de movimentação de 165 animais da raça Brangus coletados por um acelerômetro em apenas um dia de manejo. Esses vinte e nove fenótipos foram correlacionados, utilizando o cálculo de Pearson, com três métodos de avaliação de temperamento: velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista.

Considerando que velocidade de fuga e valor genético de temperamento são fenótipos objetivos e a avaliação do especialista é um fenótipo subjetivo para melhor discutir os resultados nesse trabalho vamos discutir as correlações desse três fenótipos com os demais e a distribuição da frequência dos dados observados e dos resíduos.

Pelo fato de existir diferenças de correlação entre velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista, foram estas as características escolhidas para serem comparadas com os fenótipos propostos. Velocidades de fuga, e valor genético de temperamento em consequência, são extraídos no momento em que o animal sai da balança. No entanto, a avaliação do especialista e os dados de movimentação são coletados simultaneamente, enquanto o animal está na balança. Na área de manejo, os dois primeiros tipos de dados citados são obtidos em momentos e locais distintos dos demais tipos de dados coletados.

Ao analisar visualmente a distribuição apresentada pelos fenótipos em comparação a sua curva normal, apresentados nas figuras do apêndice C, é possível afirmar que os fenótipos M_x , M_y , M_z , MM_z , $\sum M_{xy}$, $\sum RQ_{xy}$ e $\sum M_{xyz}$ foram melhores que os demais.

Quanto aos fenótipos propostos, estes podem ser classificados de duas formas: quanto aos eixos considerados e quanto aos cálculos executados. Quanto aos eixos considerados, nesta pesquisa, não foi possível determinar se algum dos eixos tem melhor correlação do que outros, sugerindo que sejam utilizados os valores de todos os eixos para os cálculos tendo assim uma observação mais global da movimentação do animal na balança. Ou seja, os eixos X, Y e Z devem ser considerados em conjunto na análise. Quanto aos cálculos utilizados, constata-se que as correlações que utilizam o desvio padrão sobressaem-se em relação a todos os outros cálculos propostos, como pode ser observado na tabela 6.

Os fenótipos SD_x , SD_y , SD_z , MM_y , $\sum R_y$, M_z , SD_{xy} , $\sum MM_{xy}$, $SDRQ_{xy}$, SD_{xyz} apresentam correlações de magnitude de moderada a alta (as melhores correlações do que foi possível estudar) consideradas boas com valor genético de temperamento, velocidade

de fuga e avaliação do especialista.

Na tabela 6 são apresentadas todas as correlações encontradas para todos os vinte e nove fenótipos propostos quando correlacionadas com os três métodos adotados para comparação. Os fenótipos SD_x , SD_y , SD_z , MM_y , ΣR_y , M_z , SD_{xy} , ΣMM_{xy} , $SDRQ_{xy}$, SD_{xyz} apresentam correlações de magnitude de moderada a alta (as melhores correlações do que foi possível estudar) consideradas boas com valor genético de temperamento, velocidade de fuga e avaliação do especialista. A seguir serão apresentadas as observações realizadas ⁴.

⁴Correlações marcadas sublinhadas são as melhores correlações encontradas; correlações em itálico foram descartadas; correlações em negrito identificam o fenótipo sugerido

As correlações que utilizam velocidade de fuga e valor genético de temperamento são muito próximas quando comparadas com os fenótipos propostos, devido ao cálculo do valor genético ser dependente dos valores de velocidade de fuga. Entre os vinte e nove fenótipos propostos, a melhor correlação obtida entre fenótipos e velocidade de fuga foi $\sum SD_{xyz}$ (0,283), seguido de MM_y (0,280), SD_y (0,279), $SDRQ_{xyz}$ (0,275), SD_z (0,274), $\sum SD_{xy}$ (0,271), $\sum SDRQ_{xy}$ (0,268), SD_x (0,256) e M_z (0,256). Entre os fenótipos propostos e o valor genético de temperamento, a melhor correlação é a do fenótipo SD_{xyz} (0,344), seguido de $SDRQ_{xyz}$ (0,343), SD_z (0,342) e SD_{xy} (0,312).

Quando é correlacionada a avaliação do especialista com os fenótipos propostos, as correlações mudam. A melhor correlação entre avaliação do especialista e os fenótipos propostos é o SD_y (0,766), seguido de SD_{xy} (0,754), $SDRQ_{xy}$ (0,750) e SD_{xyz} (0,750). Todas correlações estão no limite entre média e alta.

Ao analisar as sequências de correlações expostas, percebe-se que SD_{xyz} , que é a melhor correlação dos fenótipos com a velocidade fuga e dos fenótipos com o valor genético de temperamento, é o quarto colocado nas correlações com avaliação do especialista. Por outro lado, SD_{xyz} leva em consideração os três eixos de movimentação, o que fornece dados da movimentação de forma mais global, enquanto os fenótipos anteriores consideram apenas um ou dois eixos. Em um futuro, se após a realização de transformação dos dados, a distribuição deste fenótipo se aproximar da curva normal, provavelmente o referido fenótipo proposto será adequado para este propósito.

Os fenótipos M_z e M_{xyz} apresentaram correlações razoáveis com a velocidade de fuga, podendo ser consideradas moderadas; quando essas correlações são associadas à distribuição desses fenótipos próximo da curva normal, M_z e M_{xyz} também podem ser considerados bons candidatos a serem escolhidos como cálculo proposto para avaliar o temperamento bovino baseado em dados de acelerômetro.

4.5 Solução proposta

Após a definição do cálculo fenotípico a ser adotado para a determinação do temperamento baseado em dados de movimentação este pode ser incluído em uma ferramenta realmente utilizável para o produtor. Para que a ferramenta de coleta descrita neste trabalho possa realizar análise da movimentação do conjunto balança/animal e atribuir um valor numérico é necessário reprogramá-la. São necessárias adequações na lógica de programação de forma que ao final do monitoramento de movimentação seja apresentado ao

usuário o valor numérico de uma característica indicadora de temperamento gerado pelo cálculo proposto pelo fenótipo SD_{xyz} . Após a realização das adequações necessárias, serão coletados mais dados para verificação de variabilidade genética desta característica proposta. Se for verificado a existência de parâmetros genéticos adequados será solicitado junto a Unipampa e a Embrapa a abertura de um processo de registro de patente da ferramenta desenvolvida. Esta nova ferramenta a ser desenvolvida deverá realizar a coleta dados de movimentação e os processar e a seguir apresentar um índice temperamental mais robusto e inteligível ao usuário/produtor, uma vez que se tratará de um valor numérico único para cada animal a cada vez que ele é submetido a análise de sua movimentação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pecuária de bovinos de corte o aspecto temperamental dos animais, apesar de sua importância, é deixado de lado devido a sua dificuldade de mensuração (MAFFEI, 2009). Considerar o temperamento animal é importante, uma vez que animais mais dóceis e tranquilos são mais paciosos, alimentam-se melhor, em maior quantidade e por mais tempo (MENEZES; CARDOSO; SILVEIRA, 2017).

Desta forma foi proposta a coleta de dados de movimentação do conjunto tronco-balança-animal. Utilizando uma ferramenta de coleta desenvolvida para este fim, posteriormente, foram propostos cálculos de fenótipos baseados nestes dados a fim de identificar qual destes fenótipos propostos correlaciona-se melhor os três métodos de atribuição de temperamento descritos abaixo:

- Velocidade de fuga: consiste em um aparelho fotossensível que conta o tempo gasto pelo animal para percorrer uma certa distância, após sua saída da balança. Quanto menor o tempo, maior sua velocidade e pior seu temperamento (SANT'ANNA; COSTA, 2013).
- Escore composto de balança: descrito por Piovesan (1998), é dividido em cinco categorias numéricas, sendo um (1) para animais mais calmos e cinco (5) para animais mais agitados. É realizado por uma pessoa treinada que analisa o comportamento do animal enquanto está contido na balança e em seguida o classifica de acordo com uma das cinco categorias.
- Valor genético de temperamento: é um valor genético estimado pelo método BLUP (HENDERSON, 1975) a partir de dados de velocidade de fuga do animal, bem como a partir dos animais pertencentes a sua árvore genealógica.

Estes três métodos descritos foram escolhidos pela sua objetividade na coleta, no caso da velocidade de fuga e valor genético de temperamento e por ser inferido simultaneamente a coleta de dados de movimentação. A assim chamada ferramenta de coleta, desenvolvida e descrita no decorrer deste trabalho, consiste em um dispositivo eletrônico de coleta de dados das movimentações laterais, longitudinais e verticais da balança juntamente com o animal a ser avaliado. O dispositivo eletrônico utiliza um sensor acelerômetro aliado a um microcontrolador Arduino Uno, bem como um *real time clock*, um leitor de cartão de memória, um teclado e um *display* LCD.

A coleta dos dados de movimentação dos animais, bem como peso e avaliação

do especialista, foi realizada em uma área de manejo pertencente a Embrapa Pecuária Sul, com 165 animais da raça Brangus pertencentes a safra 2017 (idade em torno de 18 meses) da chamada fazenda experimental. Para que fosse realizada a coleta dos dados de movimentação, foi fixado o acelerômetro, juntamente com sua caixa de proteção, na parte inferior da balança/tronco desta fazenda experimental. O processo de coleta interferiu pouco na rotina já adotada pela equipe que lá trabalha, uma vez que a única alteração na rotina foi o fato de cada animal ficar restrito à balança por um período de tempo sem qualquer interferência de qualquer dos membros da equipe que trabalhava no dia.

Conforme os dados de movimentação eram coletados, também eram informados dados como peso e avaliação do especialista atribuída utilizando o método proposto por Piovesan (1998) e armazenados em um cartão de memória. Em seguida o cartão de memória foi levado a um computador juntamente com dados como data de nascimento, velocidade fuga e valor genético de temperamento, que foram fornecidos pela Embrapa a partir de outro estudo em andamento. Neste computador, utilizando a linguagem R e o RStudio, foram calculados os vinte e nove (29) fenótipos propostos e comparados com velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista. Os vinte e nove fenótipos propostos foram calculados utilizando exclusivamente dados de movimentação coletados. Entre os fenótipos propostos podemos agrupar em fenótipos que utilizam dados de movimentação de apenas do eixo lateral (X), apenas do eixo longitudinal (Y), apenas do eixo vertical (Z), do conjunto dos eixos lateral (X) e longitudinal (Y) bem como do conjunto dos três eixos. Também é possível agrupar os fenótipos propostos de acordo com o cálculo realizado, que contemplam somatórios dos desvios padrão, somatório das médias, somatório das médias dos módulos, soma das raízes quadradas da soma dos quadrados e desvio padrão das raízes quadradas da soma dos quadrados. Os fenótipos propostos foram identificados de acordo com o cálculo realizado e o eixo(s) dos quais os dados de movimentação foram utilizados.

Após o cálculo de todos os fenótipos propostos foram realizados cálculos de análise de variância levando em conta idade e peso do animal. A seguir foram realizadas as correlações de Pearson para que fosse identificado qual dos fenótipos propostos melhor se correlacionava com velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista, para que desta forma seja possível indicar qual dos fenótipos propostos melhor se correlaciona com cada um dos três métodos aos quais foram comparados.

Realizadas as correlações foi identificado que nenhum dos fenótipos propostos obteve uma alta correlação com velocidades de fuga e valores genéticos de temperamento

sendo a melhor correlação de 0,283 e 0,344 respectivamente, e para o mesmo fenótipo proposto. Ao analisar a correlação dos fenótipos propostos com a avaliação do especialista a correlação obtida foi mais satisfatória atingindo o valor de 0,766 sendo a melhor correlação encontrada neste estudo. No entanto, a correlação com a avaliação do especialista para o fenótipo de melhor correlação com velocidade de fuga e valor genético de temperamento foi de 0,750. Os valores de correlação 0,283, 0,344 e 0,750 foram encontrados com o fenótipo SD_{xyz} , que utiliza a soma dos desvios padrão dos 3 eixos.

Este estudo foi realizado com um lote reduzido de animais, apenas 165, de uma única raça e em apenas um manejo, sendo assim, não é possível extrapolar os resultados obtidos sem um estudo ampliado com animais de variadas raças, idades e em maior quantidade numérica. Apesar das restrições expostas é possível sugerir a utilização do cálculo da soma dos desvios padrão dos 3 eixos como cálculo de fenótipo de temperamento bovino baseado em dados de acelerômetro coletados em ambiente de contenção para manejo.

Os próximos passos desta pesquisa são a adequação da lógica de programação da ferramenta de coleta desenvolvida e, posteriormente, a utilização desta nova ferramenta para a determinação do temperamento de bovinos de diferentes raças, idades e propriedades, desta forma, aumentando a variabilidade de dados coletados. Paralelamente será iniciado o processo de solicitação de patente junto a unipampa/embrapa.

6 CONCLUSÃO

O protótipo funcional da ferramenta de coleta foi desenvolvido e foram coletados dados de movimentação de 164 animais. Foram propostos e avaliados vinte e nove processos de sumarização(fenótipos), destes 10 apresentaram correlações e distribuições promissoras comparadas com dados de velocidade de fuga, valor genético de temperamento e avaliação do especialista. Por fim sugere-se a utilização do fenótipo calculado pela soma dos desvios padrão dos três eixos de movimentação analisados.

REFERÊNCIAS

- ANALOG DEVICES. **3-Axis, 2g 4g 8g 16g Digital Accelerometer**. Norwood, 2009. Rev. 0.
- ARANGO, H. G. **Bioestatística**:: teórica e computacional. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- ARCE, A. I. C. *et al.* Monitorización de rebaños de bovinos a través de redes de sensores inalámbricos. **Archivos de zootecnia**, SciELO Espana, v. 58, n. 222, p. 253–263, 2009.
- ARDUINO. **What is Arduino?** 2019. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Disponível na Internet: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 23 Jun. 2019.
- ARDUINO.CC. **A Brief Introduction to the Serial Peripheral Interface (SPI)**. 2019. Disponível na Internet: <https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>. Acesso em: 27 Nov. 2019.
- AURASOPON, A. Dynamic time warping for classifying cattle behaviors and reducing acceleration data size. **Agricultural Engineering International**, v. 18, n. 4, p. 293–300, 2016.
- BACHMANN, I. *et al.* Behavioural and physiological responses to an acute stressor in crib-biting and control horses. **Applied Animal Behaviour Science**, Elsevier, v. 82, n. 4, p. 297–311, 2003.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Getting Started with Arduino–3rd Edition**. Sebastopol, Califórnia, Estados Unidos: Maker Media, Inc, 2014.
- BANZI, M.; SHILOH, M. **Primeiros Passos com o Arduino–3^a Edição**: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. São Paulo: Novatec Editora, 2015.
- BISHOP-HURLEY, G. *et al.* An investigation of cow feeding behavior using motion sensors. *In*: IEEE. **2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Anais**. Montevideo, 2014. p. 1285–1290.
- BIZAGI. **Bizagi Modeler**. 2018. Disponível na Internet: <https://www.bizagi.com/pt/produutos/bpm-suite/modeler#downloadmodeler>. Acesso em: 28 Jan. 2019.
- BURROW, H.; SEIFERT, G.; CORBET, N. A new technique for measuring temperament in cattle. *In*: **Proceedings of the Australian Society of Animal Production**. Rockhampton: Division of Tropical Animal Science, 1988. v. 17, p. 154–157.
- BUS.ORG i2c. **I2C – What’s That?** 2019. Disponível na Internet: <https://www.i2c-bus.org/>. Acesso em: 11 Out. 2019.
- BUTT, B. Seasonal space-time dynamics of cattle behavior and mobility among maasai pastoralists in semi-arid kenya. **Journal of Arid Environments**, Elsevier, v. 74, n. 3, p. 403–413, 2010.

CARMONA, G. **Você realmente conhece o BOXPLOT e como ele pode ser utilizado?** 2020. <https://www.gradusct.com.br/voce-realmente-conhece-o-boxplot-2/>. Disponível na Internet: <https://www.gradusct.com.br/voce-realmente-conhece-o-boxplot-2/>. Acesso em: 01 Jul. 2020.

CAVALCANTI, L. F. L.; RIBAS, M. N.; PEREIRA, L. G. R. Processamento de dados e suporte para tomada de decisão na pecuária leiteira de precisão. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, n. 79, p. 86-96, 2015., 2015.

CORDEIRO, D. **Gerência de sistemas de informação**. 2011. Disponível na Internet: https://cordeiro.fic.ufg.br/up/745/o/GSI_16-04-11.pdf. Acesso em: 13 Out. 2019.

COSTA, M. Paranhos da *et al.* Contribuição dos estudos de comportamento de bovinos para implementação de programas de qualidade de carne. **Encontro anual de Etologia**, v. 20, n. 2002, p. 71–89, 2002.

CUARELLI, G. *et al.* **Estimação de parâmetros da marcha humana a partir de medições feitas por acelerômetro e giroscópio e uso de mecanismo de referência**. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), São Paulo, SP, 2013.

Curley Junior, K. O. *et al.* Functional characteristics of the bovine hypothalamic–pituitary–adrenal axis vary with temperament. **Hormones and behavior**, Elsevier, v. 53, n. 1, p. 20–27, 2008.

DNATECHINDIA.COM. **GY-521 Three Axis Gyro & Accelerometer Module**. 2019. Disponível na Internet: <https://www.dnatechindia.com/gy521-three-axis-gyro-accelerometer-mpu-6050-module.html>. Acesso em: 27 Nov. 2019.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. d. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r). **Revista Política Hoje**, Vol. 18, n. 1, Universidade Federal de Pernambuco, p. 115–146, 2009.

FILHO, U. D. **Introdução à bioestatística**: Para simples mortais. São Paulo, SP: Elsevier, 1999.

FORDYCE, G.; DODT, R.; WYTHES, J. Cattle temperaments in extensive beef herds in northern queensland. 1. factors affecting temperament. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, CSIRO, v. 28, n. 6, p. 683–687, 1988.

FORDYCE, G.; GODDARD, M.; SEIFERT, G. The measurement of temperament in cattle and the effect of experience and genotype. *In*: **Proceedings of the Australian Society of Animal Production**. Perth, Western Australia: Australian Society of Animal Production, 1982. v. 14, n. 3, p. 329–32.

FORDYCE, G. *et al.* Temperament and bruising of bos indicus cross cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, CSIRO, v. 25, n. 2, p. 283–288, 1985.

FUKASAWA, M. *et al.* The use of accelerometer to measure sleeping posture of beef cows. **Animal Science Journal**, Wiley Online Library, v. 89, n. 2, p. 488–493, 2018.

GONZÁLEZ, L. *et al.* Behavioral classification of data from collars containing motion sensors in grazing cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier, v. 110, p. 91–102, 2015.

GRANDIN, T. Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. **Applied Animal Behaviour Science**, Elsevier, v. 36, n. 1, p. 1–9, 1993.

GRANDIN, T. *et al.* Cattle with hair whorl patterns above the eyes are more behaviorally agitated during restraint. **Applied Animal Behaviour Science**, Elsevier, v. 46, n. 1-2, p. 117–123, 1995.

GRANDIN, T. *et al.* Handling and welfare of livestock in slaughter plants. **Grandin (ed) Livestock Handling and Transport, 2nd edition, Wallingford, Oxon, UK, CAB International**, p. 409–439, 2000.

HENDERSON, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. **Biometrics**, JSTOR, p. 423–447, 1975.

HUMANIDADES, A. E. de Artes Ciências e. **Aula 4 – Potenciômetro**. 2019. Disponível na Internet: <https://arduinoeach.wordpress.com/2017/11/28/aula-4-potenciometro/>. Acesso em: 02 Out. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Métodos para medição do temperamento animal por meio de sua reatividade em ambientes de contenção com mobilidade e dispositivos para efetuar os métodos**. Rio de Janeiro, 2005.

INVENSENSE. **MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification**. San Jose, California, 2013. Rev. 3.4.

JOAQUIM, C. F. **Efeitos da distância de transporte em parâmetros post-mortem de carcaças bovinas**. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária)—Faculdade de Medicina . . . , 2002.

KALOXYLOS, A. *et al.* Farm management systems and the future internet era. **Computers and electronics in agriculture**, Elsevier, v. 89, p. 130–144, 2012.

KILGOUR, R.; WALKER, B. Temperament critical to feedlot performance. **New York: National Academy of Sciences**, 2000.

KLEFOT, J. *et al.* Development of a noninvasive system for monitoring dairy cattle sleep. **Journal of dairy science**, Elsevier, v. 99, n. 10, p. 8477–8485, 2016.

LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 96, n. 1, p. 17–22, 2003.

MAFFEI, W. *et al.* Reatividade em ambiente de contenção móvel: uma nova metodologia para avaliar o temperamento bovino. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, v. 58, n. 6, p. 1123–1131, 2006.

MAFFEI, W. E. Reatividade animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 81–92, 2009.

MAXA, J. Evaluation of different global navigation satellite tracking systems and analyses of movement patterns of cattle on alpine pastures. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 2015.

MENEZES, L. de M.; CARDOSO, F. F.; SILVEIRA, I. D. B. Temperamento em bovinos de corte: características genéticas, metodologias de mensuração e desempenho. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, Veterinaria Organización, v. 18, n. 9, p. 1–19, 2017.

MULLA, A. I. *et al.* Continuous health surveillance system for cattle. *In: International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) [Anais]*. Madurai, India: [s.n.], 2017. p. 1192–1195.

MURPHEY, R. M.; DUARTE, F. A. M. Calf control by voice command in a brazilian dairy. **Applied animal ethology**, Elsevier, v. 11, n. 1, p. 7–18, 1983.

MUSSATO, V. C. **Parâmetros genéticos para características de temperamento em bovinos da raça Canchim**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, 2017.

NXP SEMICONDUCTORS. **MMA7361LC: XYZ AXIS ACCELEROMETER 1.5g, 6g**. Eindhoven, Netherlands, 2011. Rev. 1.

NXP SEMICONDUCTORS. **MMA8452Q, 3-axis, 12-bit8-bit digital accelerometer**. Eindhoven, Netherlands, 2016. Rev. 10.

PALMER, D.; JAMES, G.; CORKE, P. Electriccow: a simulator for mobile sensors and actuators mounted on herds of cattle. *In: IEEE. 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks*. Tampa, 2004. p. 556–557.

PENIDO, É. d. C. C.; TRINDADE, R. S. Microcontroladores. **Minas Gerais: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia/Departamento de Engenharia Elétrica**, 2013.

PIOVESAN, U. Análise de fatores genéticos e ambientais na reatividade de quatro raças de bovinos de corte ao manejo. **Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista**, 1998.

PIRES, P. P. Identificação e gerenciamento eletrônicos de bovinos. *In: I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de corte*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. v. 2.

PORTALACTION. **Distribuição normal**. São Carlos, SP, 2019.
[Http://www.portalaction.com.br/probabilidades/62-distribuicao-normal](http://www.portalaction.com.br/probabilidades/62-distribuicao-normal). Disponível na Internet: <http://www.portalaction.com.br/probabilidades/62-distribuicao-normal>. Acesso em: 28 Jun. 2019.

PROBST, J. K. *et al.* Gentle touching in early life reduces avoidance distance and slaughter stress in beef cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, Elsevier, v. 139, n. 1-2, p. 42–49, 2012.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2019. Disponível na Internet: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 28 Jul. 2020.

RAHMAN, A. *et al.* A comparison of autoencoder and statistical features for cattle behaviour classification. *In: IEEE. 2016 international joint conference on neural networks (IJCNN)*. Vancouver, BC, Canada, 2016. p. 2954–2960.

ROBERT, B. *et al.* Evaluation of three-dimensional accelerometers to monitor and classify behavior patterns in cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier, v. 67, n. 1-2, p. 80–84, 2009.

RStudio Team. **RStudio**: Integrated development environment for r. Boston, MA, 2016. Disponível na Internet: <http://www.rstudio.com/>. Acesso em: 28 Jan. 2020.

SANT'ANNA, A. C.; COSTA, M. J. P. da. Validity and feasibility of qualitative behavior assessment for the evaluation of nellore cattle temperament. **Livestock Science**, Elsevier, v. 157, n. 1, p. 254–262, 2013.

SANTOS, F. C. dos *et al.* Identification of candidate genes for reactivity in guzerat (*bos indicus*) cattle: a genome-wide association study. **PloS one**, Public Library of Science, v. 12, n. 1, 2017.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. *et al.* A comparison of commonly used and novel electronic techniques for evaluating cattle temperament. **Canadian Journal of Animal Science**, NRC Research Press, v. 92, n. 1, p. 21–31, 2012.

SMITH, D. *et al.* Behavior classification of cows fitted with motion collars: Decomposing multi-class classification into a set of binary problems. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier, v. 131, p. 40–50, 2016.

TECH, A. R. B. *et al.* A wireless data acquisition system for cattle behavior monitoring in zootechnics e-science. **Archivos de zootecnia**, SciELO Espana, v. 61, n. 234, p. 175–185, 2012.

THEURER, M. E. *et al.* Assessment of behavioral changes associated with oral meloxicam administration at time of dehorning in calves using a remote triangulation device and accelerometers. **BMC Veterinary Research**, BioMed Central, v. 8, n. 1, p. 48, 2012.

VEIT, H. *et al.* Bioacústica como método de avaliação do comportamento em pastejo de novilhas girolando. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, SciELO Brasil, v. 70, n. 3, p. 873–880, 2018.

WANG, J. *et al.* Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. **PloS one**, Public Library of Science, v. 13, n. 9, 2018.

WEERD, N. de *et al.* Deriving animal behaviour from high-frequency gps: tracking cows in open and forested habitat. **PloS one**, Public Library of Science, n. 6, 2015.

WIKILIVROS. **Blender_Koordinatensystem**. 2019. Disponível na Internet: https://pt.wikibooks.org/wiki/Tornando-se_profissional_em_Blender_3D/Pensando_em_3D#/media/Ficheiro:Blender_Koordinatensystem.jpg. Acesso em: 06 Jul. 2019.

WOLFERT, S. *et al.* Big data in smart farming—a review. **Agricultural Systems**, Elsevier, v. 153, p. 69–80, 2017.

ZIN, T. T. *et al.* A general video surveillance framework for animal behavior analysis. *In*: IEEE. **2016 Third International Conference on Computing Measurement Control and Sensor Network (CMCSN)**. Matsue, Japan, 2016. p. 130–133.

APÊNDICE A — ARQUIVO DE DADOS BRUTOS

Abaixo temos uma tabela exemplo do arquivo de saída de dados da ferramenta de coleta. Legenda:

Tabela 7 – Arquivo de Saída

Brinco	data/hora	seq	accX	accY	Accz	temp	GyX	GyY	GyZ	especialista	peso
k001	09/05/2019 10:06	1	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	2	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	3	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	4	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
...											
k001	09/05/2019 10:06	98	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	99	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	100	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k001	09/05/2019 10:06	101	0	0	0	0	0	0	0	2	370
k002	09/05/2019 10:06	1	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k002	09/05/2019 10:06	2	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
k002	09/05/2019 10:06	3	928	-260	-17560	23.31	-75	-122	-45	0	0
...											

Fonte: Autor(2019)

Seq : Número de sequência de dados coletados instantaneamente do sensor acelerômetro

AccX : Valores de aceleração no eixo X

AccY : Valores de aceleração no eixo Y

AccZ : Valores de aceleração no eixo Z

Temp : Temperatura ambiente coletada pelo sensor

GyX : Valores de Giroscópio no eixo X

GyY : Valores de Giroscópio no eixo Y

GyZ : Valores de giroscópio no eixo Z

APÊNDICE B — *SCRIPT* DE MANIPULACAO

Abaixo temos o *script* de consolidação dos dados de movimentação.

```
#carregamento de bibliotecas necessárias
library("stringr")
library("readr")
library("lubridate")
library(ggplot2)
library(plotly)
library(corrplot)
#importa dados brutos
DADOS_brutos <- read_delim("C:/Users/tulon/Desktop/PPGCAP/projeto/DADOS/Manejo-2019-05-09/Rstudio/DADOS60.CSV", ";", escape_double = FALSE, col_names = FALSE, trim_ws = TRUE)
# importa VF, Gcont, DTNasc, Sexo
load("C:/Users/tulon/Desktop/PPGCAP/projeto/DADOS/Manejo-2019-05-09/tulon.17.18.RData")
#importa dados de valor genetico
VG_Temp <- read_delim("C:/Users/tulon/Desktop/PPGCAP/projeto/DADOS/Manejo-2019-05-09/ValorGeneticoTemperamento.csv", ";", escape_double = FALSE, locale = locale(decimal_mark = ","), trim_ws = TRUE)
# Calcula a Raiz dos quadrados dos 3 eixos
DADOS_brutos$X13 <- sqrt((DADOS_brutos$X4^2)+(DADOS_brutos$X5^2)+(DADOS_brutos$X6^2))
#cria o dataframe de saída
final <- NULL
# verificar se houve algum animal duplicado
##### Elimina todos os repetidos
#lista apenas os brincos individualmente
brincos <- DADOS_brutos$X1[!duplicated(DADOS_brutos$X1)]
#transforma vetor em dataframe
brincos <- data.frame(brincos)
# conta a quantidade de linhas do dataframe
nrow(brincos)
#laço de separação dos brincos
for (i in 1 : nrow(brincos))
#colocar aqui os comandos para cada animal
#limpa a variavel temp2
temp2 <- NULL
#captura a VF do arquivo Safra_2017_VF
VF <- subset(tulon.17.18, Animal==str_to_upper(brincos$brincos[i]),select = VF_3MS)
#captura a VG_Temp do arquivo VG_Temp
VGTemp <- subset(VG_Temp,Animal==str_to_upper(brincos$brincos[i]),select = ValorGeneticoTemperamento)
#captura Grupo contemporâneo do arquivo Machos_Femeas_safra2017_Selecao.CSV
GCont <- subset(tulon.17.18,Animal==str_to_upper(brincos$brincos[i]),select = GCont)
# captura a data de nascimento do animal do arquivo VG_Temp
DataNasc <- subset(VG_Temp,Animal==str_to_upper(brincos$brincos[i]),select = DataNasc)
# cria um subset apenas com dados do animal
temp <- subset(DADOS_brutos,X1==brincos$brincos[i])
# replica dados do especialista
temp$X11 <- temp$X11[201]
if(as.character(temp$X11[201]) == "1a")reat <- 1 else
if(as.character(temp$X11[201]) == "2a")reat <- 2 else
if(as.character(temp$X11[201]) == "3a")reat <- 3 else
if(as.character(temp$X11[201]) == "4a")reat <- 4 else
```

```

if(as.character(temp$X11[201]) == "5a")reat <- 5 else reat=NA
#replica dados do peso do animal
temp$X12 <- temp$X12[201]
#remover linha 201 do dataframe
temp <- temp[-201,]
#realiza calculos para composição do arquivo final
if(is.null(final))
final <- data.frame(Animal=str_to_upper(temp$X1[1]),
GCont = GCont,
DataNasc = date(dmy(DataNasc)),
DM_S = date(dmy_hms(temp$X2[1])),
PESO_S = temp$X12[1],
REAT_S = reat,
VF_S = VF$VF_3MS[1],
VF_Log_S = log(VF$VF_3MS[1]),
VG_Temp = VGTemp$ValorGeneticoTemperamento,
H1 = sd(temp$X4),
H2 = mean(temp$X4),
H3 = mean(abs(temp$X4)),
H4 = sd(temp$X5),
H5 = mean(temp$X5),
H6 = mean(abs(temp$X5)),
H7 = sd(temp$X6),
H8 = mean(temp$X6),
H9 = mean(abs(temp$X6)),
H10 = (sd(temp$X4)+sd(temp$X5)),
H11 = (mean(temp$X4)+mean(temp$X5)),
H12 = (mean(abs(temp$X4))+mean(abs(temp$X5))),
H13 = sqrt((sum(temp$X4)^2)+(sum(temp$X5^2))),
H14 = sqrt((sd(temp$X4)^2)+(sd(temp$X5)^2)),
H15 = sum(sd(temp$X4)+sd(temp$X5)+sd(temp$X6)),
H16 = sum(mean(temp$X4)+mean(temp$X5)+mean(temp$X6)),
H17 = sum(mean(abs(temp$X4))+mean(abs(temp$X5))+mean(abs(temp$X6))),
H18 = sqrt((sum(temp$X4)^2)+(sum(temp$X5)^2)+(sum(temp$X6)^2)),
H19 = sqrt((sd(temp$X4)^2)+(sd(temp$X5)^2)+(sd(temp$X6)^2))
)
as.character(final$Animal)
amplitudes <- data.frame(Animal=str_to_upper(temp$X1[1]),amplitudeX=(max(temp$X4)-
min(temp$X4)),amplitudeY=(max(temp$X5)-min(temp$X5)),amplitudeZ=(max(temp$X6)-min(temp$X6)))
else
final <- rbind(final,data.frame(data.frame(Animal=str_to_upper(temp$X1[1]),
GCont = GCont,
DataNasc = date(dmy(DataNasc)),
DM_S = date(dmy_hms(temp$X2[1])),
PESO_S = temp$X12[1],
REAT_S = reat,
VF_S = VF$VF_3MS[1],
VF_Log_S = log(VF$VF_3MS[1]),
VG_Temp = VGTemp$ValorGeneticoTemperamento,
H1 = sd(temp$X4),
H2 = mean(temp$X4),
H3 = mean(abs(temp$X4)),

```

```

H4 = sd(temp$X5),
H5 = mean(temp$X5),
H6 = mean(abs(temp$X5)),
H7 = sd(temp$X6),
H8 = mean(temp$X6),
H9 = mean(abs(temp$X6)),
H10 = (sd(temp$X4)+sd(temp$X5)),
H11 = (mean(temp$X4)+mean(temp$X5)),
H12 = (mean(abs(temp$X4))+mean(abs(temp$X5))),
H13 = sqrt((sum(temp$X4)^2)+(sum(temp$X5^2))),
H14 = sqrt((sd(temp$X4)^2)+(sd(temp$X5)^2)),
H15 = sum(sd(temp$X4)+sd(temp$X5)+sd(temp$X6)),
H16 = sum(mean(temp$X4)+mean(temp$X5)+mean(temp$X6)),
H17 = sum(mean(abs(temp$X4))+mean(abs(temp$X5))+mean(abs(temp$X6))),
H18 = sqrt((sum(temp$X4)^2)+(sum(temp$X5)^2)+(sum(temp$X6)^2)),
H19 = sqrt((sd(temp$X4)^2)+(sd(temp$X5)^2)+(sd(temp$X6)^2))
)))
amplitudes <- rbind(amplitudes,data.frame(data.frame(Animal=str_to_upper(temp$X1[1]),amplitudeX=(max(temp$X4)-
min(temp$X4)),amplitudeY=(max(temp$X5)-min(temp$X5)),amplitudeZ=(max(temp$X6)-min(temp$X6))))))
#calculando a idade de cada animal
final$idade <- difftime(final$DM_S,final$DataNasc, units = c("days"))
# convertendo idade para numerico
final$idade <- as.numeric(final$idade)
# converter para numerico o peso
final$PESO_S <- as.numeric(final$PESO_S)
# converter grupo contemporaneo como fator as.factor
final$GCont <- as.factor(final$GCont)
# converter Animal como caracter
final$Animal <- as.character(final$Animal)
#removendo o registro de REAT_S = "xx"e Peso_S = 0
#esse registro corresponde a um animal que houve falha de leitura dos dados de acelerômetro e giroscópio
final <- final[!is.na(final$REAT_S),]
# converte REAT_S para factor
final$REAT_S <- as.factor(final$REAT_S)
# A seguir os testes de normalidade e cálculo de resíduos da análise de variância.
# teste de normalidade (Shapiro-Wilk)
shapiro.test(final$H1)
shapiro.test(final$H2)
shapiro.test(final$H3)
shapiro.test(final$H4)
shapiro.test(final$H5)
shapiro.test(final$H6)
shapiro.test(final$H7)
shapiro.test(final$H8)
shapiro.test(final$H9)
shapiro.test(final$H10)
shapiro.test(final$H11)
shapiro.test(final$H12)
shapiro.test(final$H13)
shapiro.test(final$H14)
shapiro.test(final$H15)
shapiro.test(final$H16)

```

```

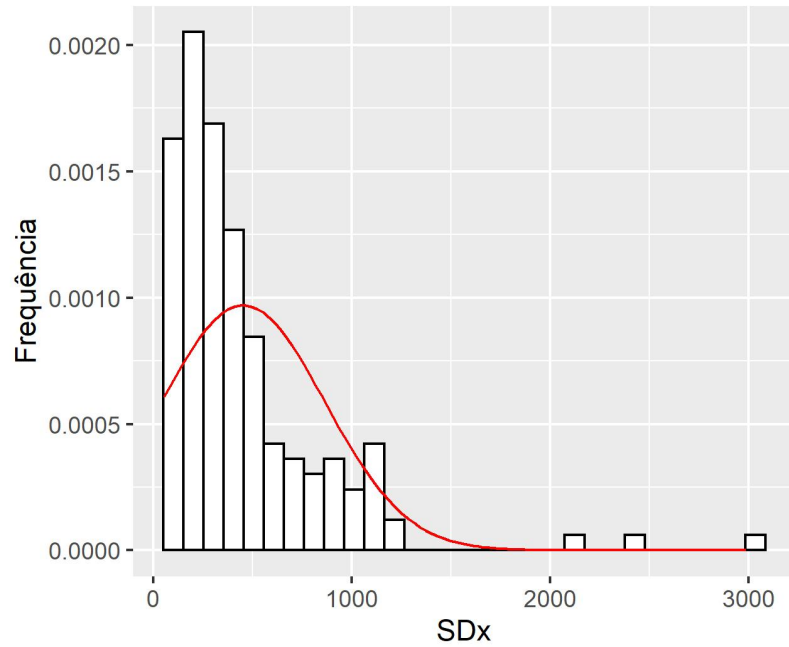
shapiro.test(final$H17)
shapiro.test(final$H18)
shapiro.test(final$H19)
analise <- NULL
analise$Animal <- final$Animal
analise$VF_S <- final$VF_S
analise$VG_Temp <- final$VG_Temp
analise <- data.frame(analise)
# calcula e armazena o Residuo de VF_S
t <- lm(final$VF_S as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_VF_S <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H1
t <- lm(final$H1 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H1 <- resid(t)
#calcula a correlação entre residuo de VF_S e residuo de H1
cor(analise$Resid_VF_S, analise$Resid_H1)
#calcula a correlação entre Vg_Temp e H1
cor(analise$VG_Temp, analise$Resid_H1)
# calcula e armazena o Residuo de H2
t <- lm(final$H2 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H2 <- resid(t)
#calcula a correlação entre residuo de VF_S e residuo de H2
cor(analise$Resid_VF_S, analise$Resid_H2)
#calcula a correlação entre Vg_Temp e H2
cor(analise$VG_Temp, analise$Resid_H2)
# calcula e armazena o Residuo de H3
t <- lm(final$H3 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H3 <- resid(t)
#calcula a correlação entre residuo de VF_S e residuo de H3
cor(analise$Resid_VF_S, analise$Resid_H3)
#calcula a correlação entre Vg_Temp e H3
cor(analise$VG_Temp, analise$Resid_H3)
# calcula e armazena o Residuo de H4
t <- lm(final$H4 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H4 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H5
t <- lm(final$H5 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H5 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H6
t <- lm(final$H6 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H6 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H7
t <- lm(final$H7 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H7 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H8
t <- lm(final$H8 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H8 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H9
t <- lm(final$H9 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H9 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H10
t <- lm(final$H10 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)

```

```
analise$Resid_H10 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H11
t <- lm(final$H11 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H11 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H12
t <- lm(final$H12 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H12 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H13
t <- lm(final$H13 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H13 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H14
t <- lm(final$H14 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H14 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H15
t <- lm(final$H15 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H15 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H16
t <- lm(final$H16 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H16 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H17
t <- lm(final$H17 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H17 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H18
t <- lm(final$H18 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H18 <- resid(t)
# calcula e armazena o Residuo de H19
t <- lm(final$H19 as.factor(final$GCont)+final$idade+final$PESO_S+(final$idade^2)+final$PESO_S^2)
analise$Resid_H19 <- resid(t)
```

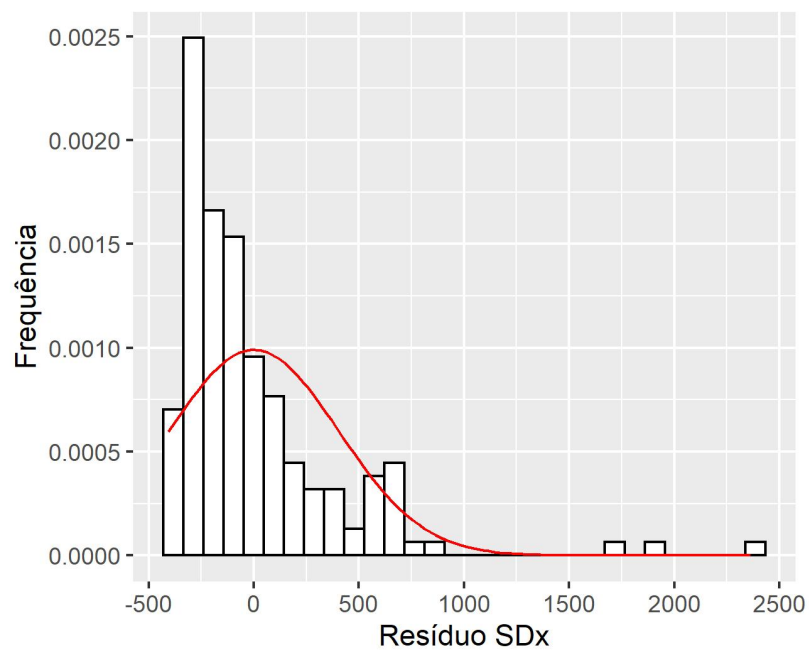
APÊNDICE C — HISTOGRAMAS DOS FENÓTIPOS

Figura 15 – Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo X (SDx)

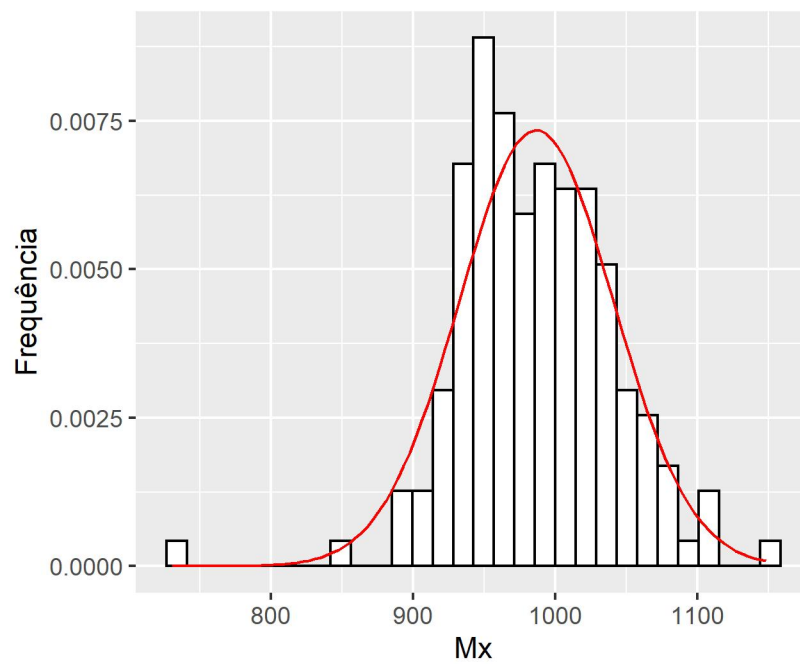


Fonte: Autor(2020)

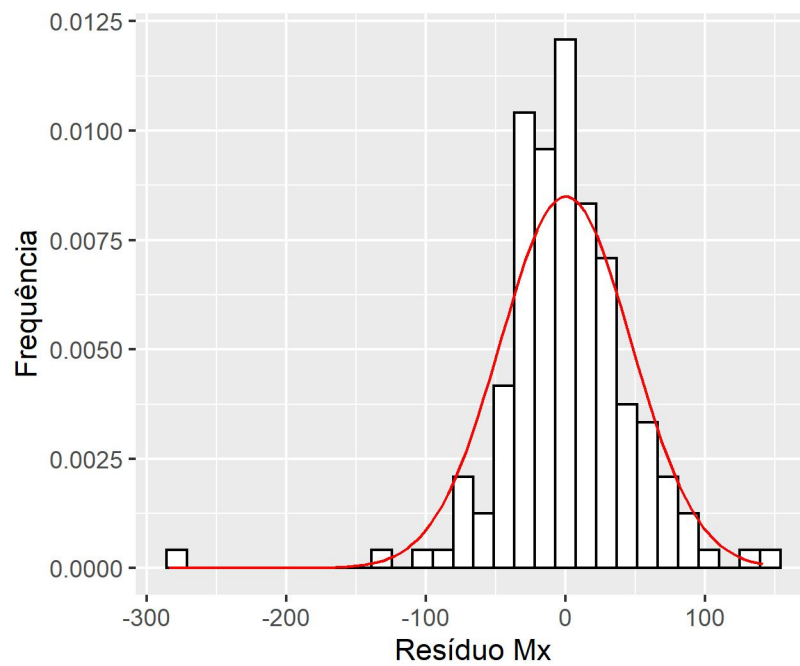
Figura 16 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo X (SDx)



Fonte: Autor(2020)

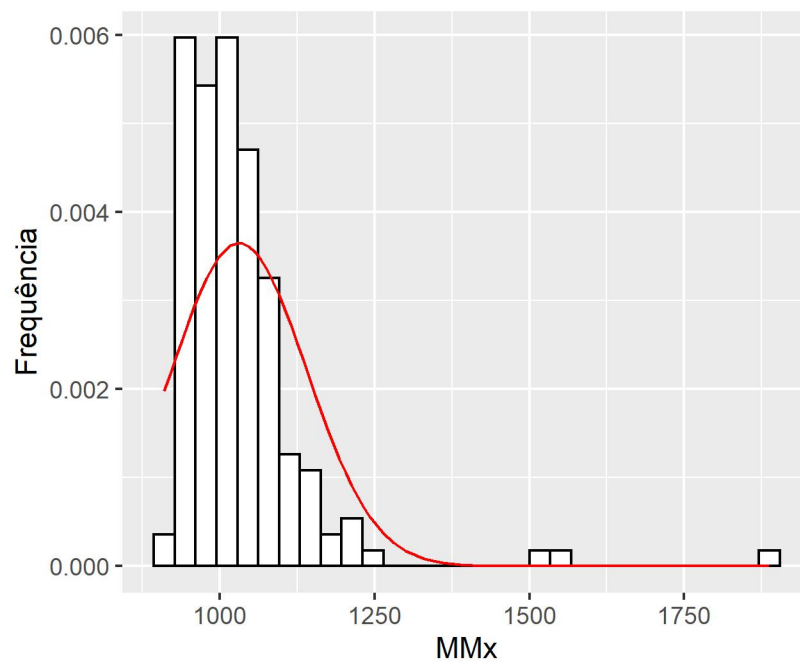
Figura 17 – Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo X (Mx)

Fonte: Autor(2020)

Figura 18 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo X (Mx)

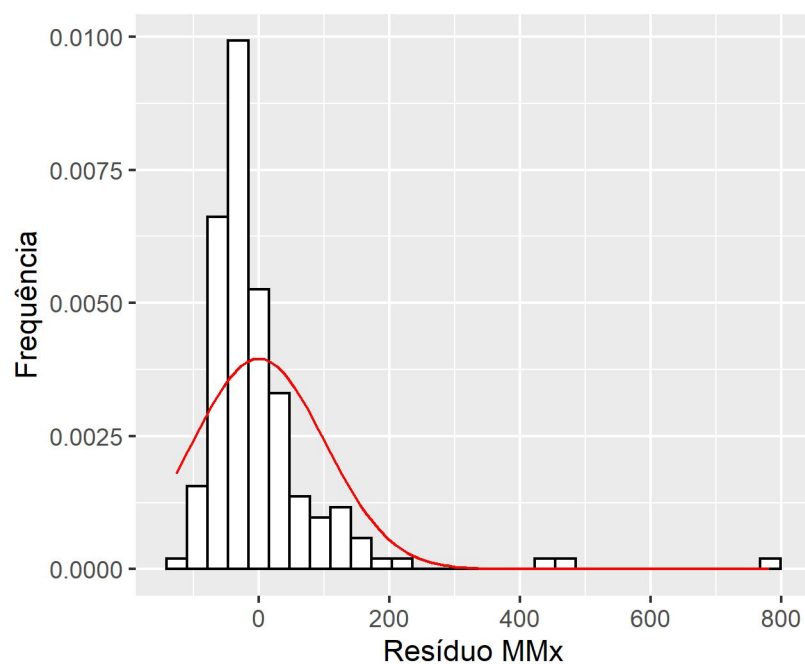
Fonte: Autor(2020)

Figura 19 – Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo X (MMx)



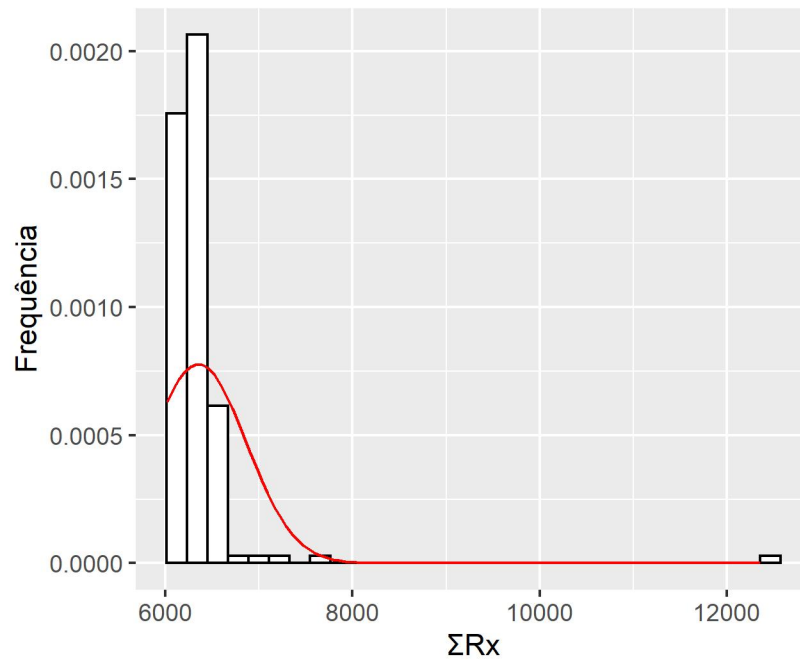
Fonte: Autor(2020)

Figura 20 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo X (MMx)



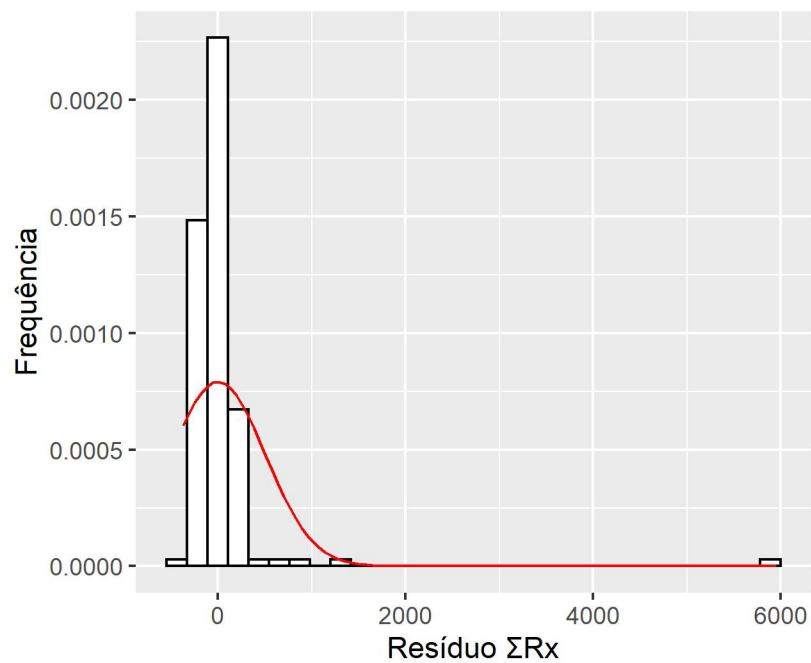
Fonte: Autor(2020)

Figura 21 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas do eixo X (ΣR_x)



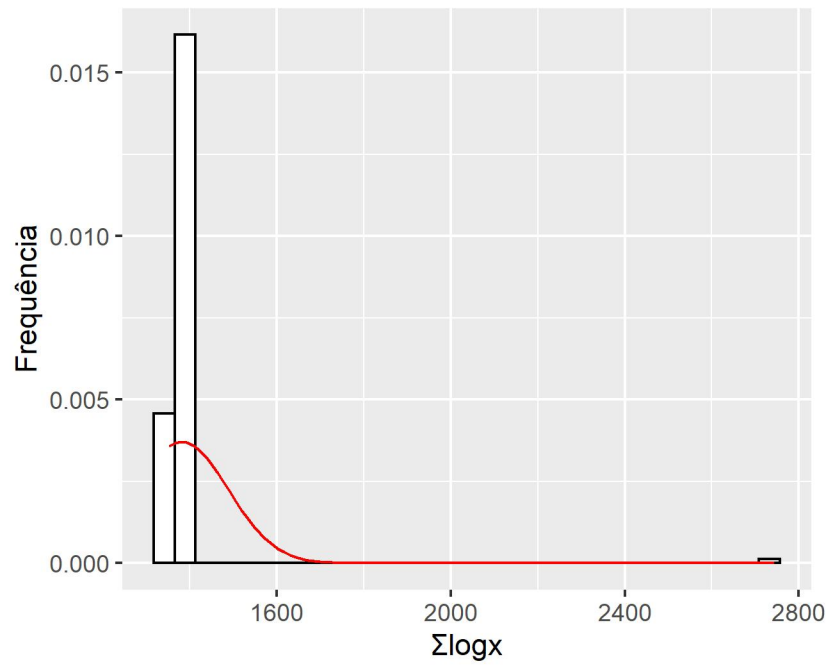
Fonte: Autor(2020)

Figura 22 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas do eixo X (ΣR_x)



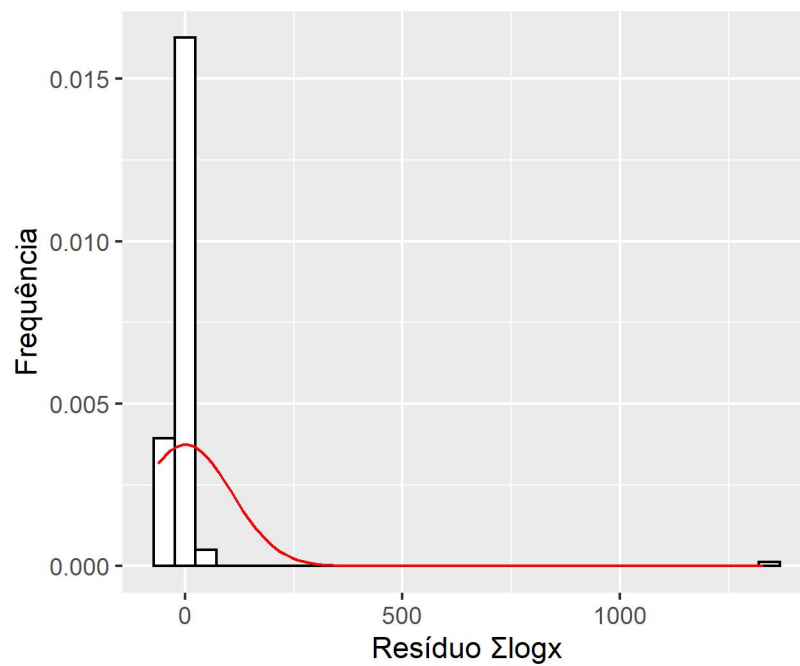
Fonte: Autor(2020)

Figura 23 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo X ($\sum \log x$)



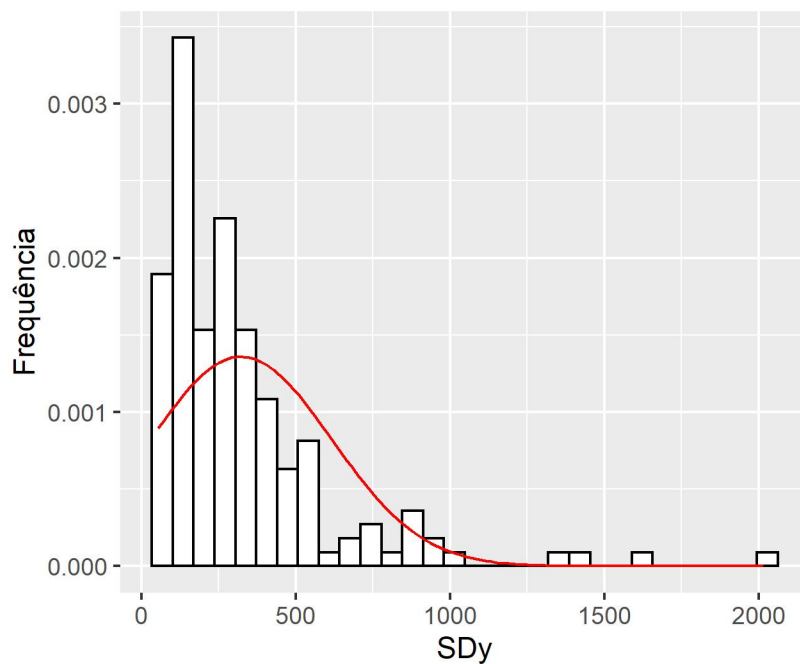
Fonte: Autor(2020)

Figura 24 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo X ($\sum \log x$)



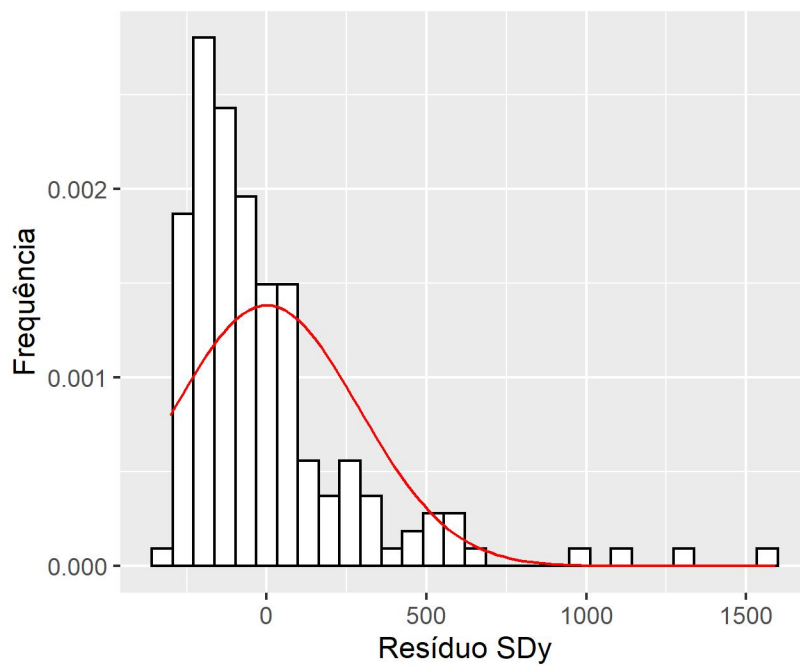
Fonte: Autor(2020)

Figura 25 – Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo Y (SDy)

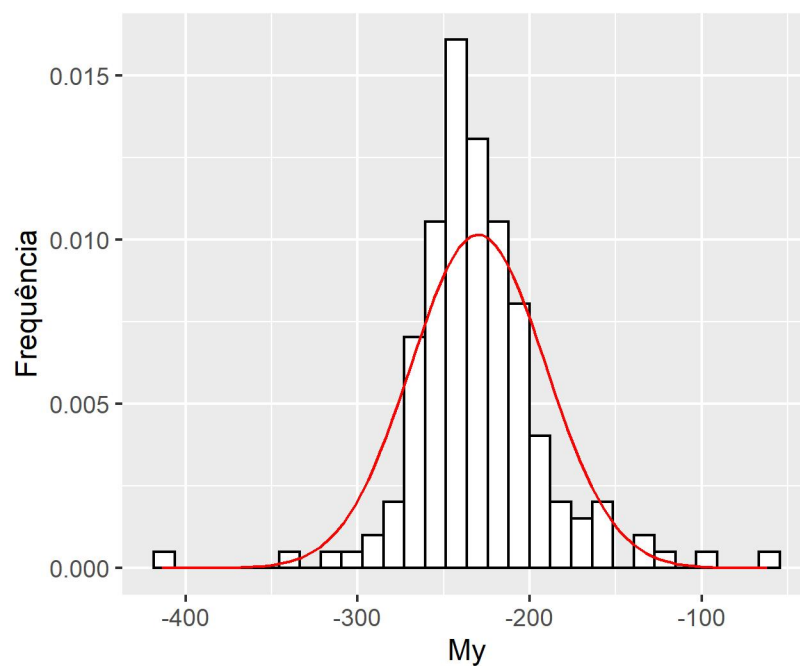


Fonte: Autor(2020)

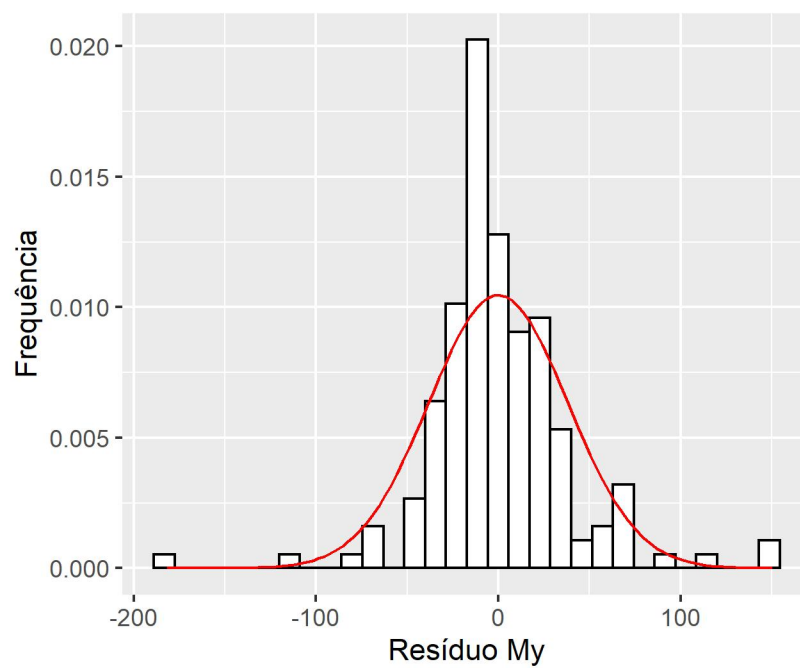
Figura 26 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo Y (SDy)



Fonte: Autor(2020)

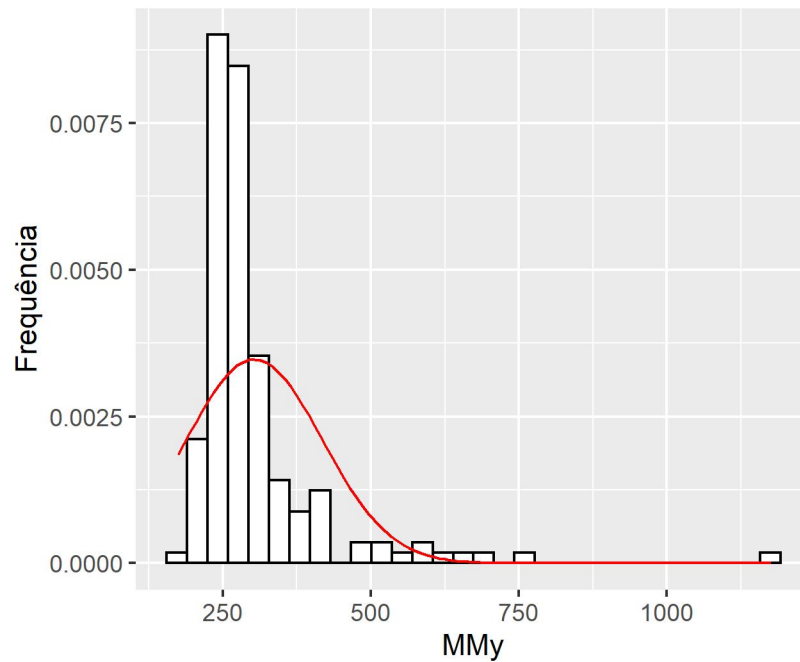
Figura 27 – Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo Y (My)

Fonte: Autor(2020)

Figura 28 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo Y (My)

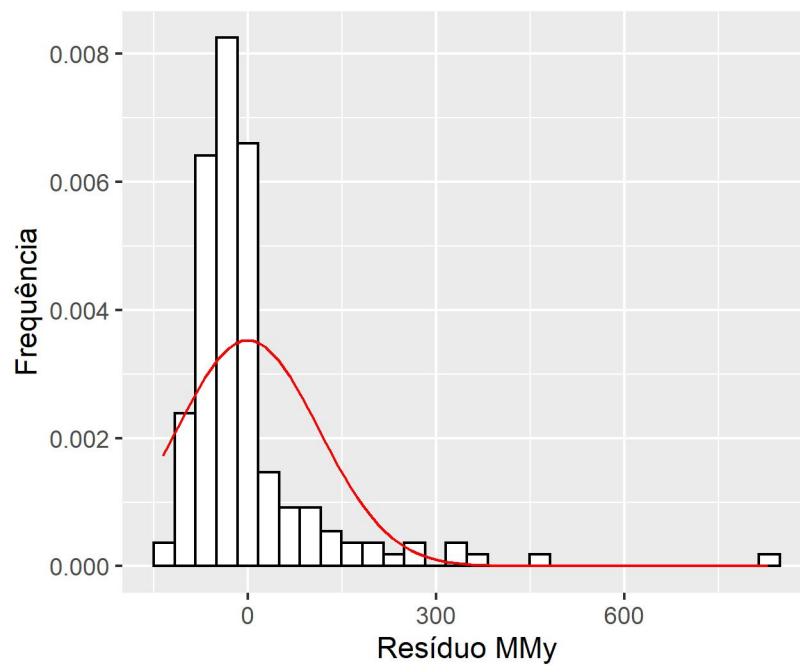
Fonte: Autor(2020)

Figura 29 – Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo Y (*MMy*)



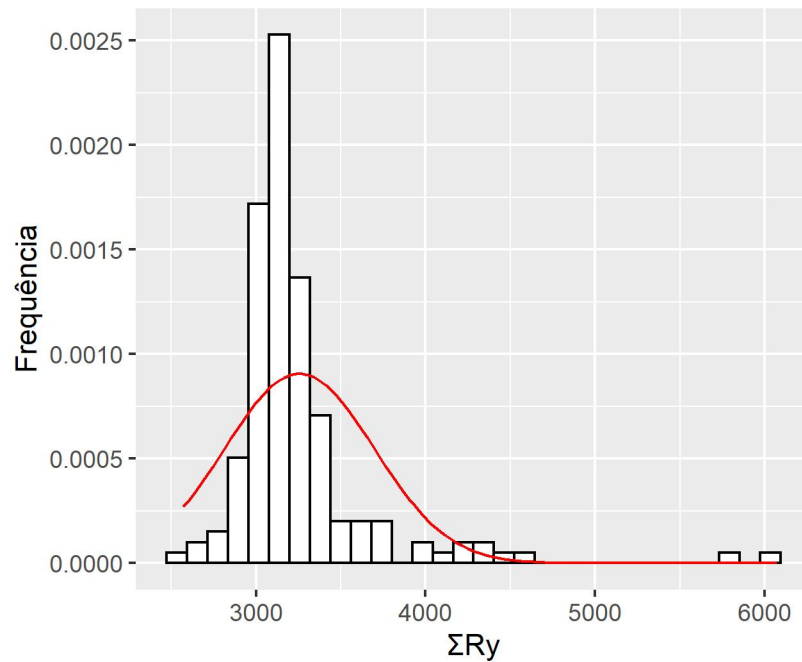
Fonte: Autor(2020)

Figura 30 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo Y (*MMy*)



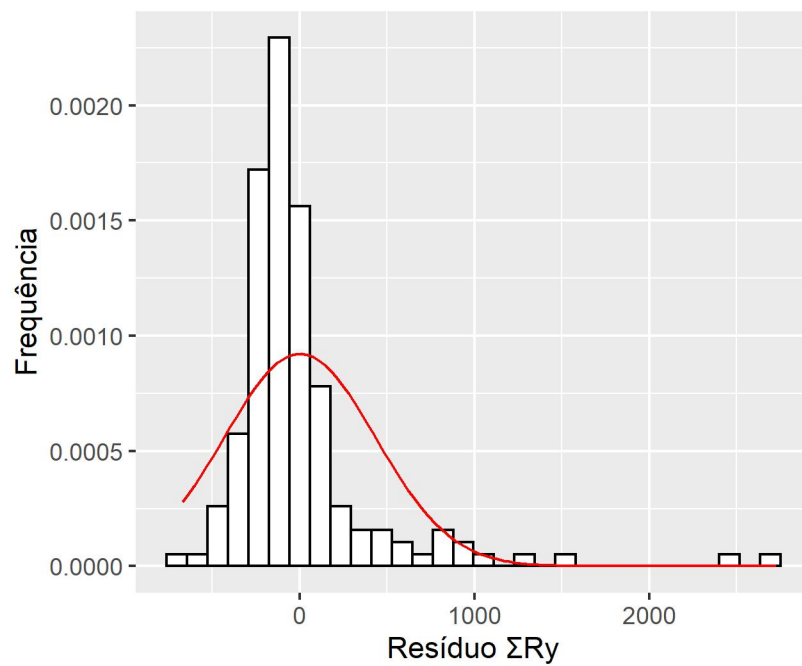
Fonte: Autor(2020)

Figura 31 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes do eixo Y (ΣRy)



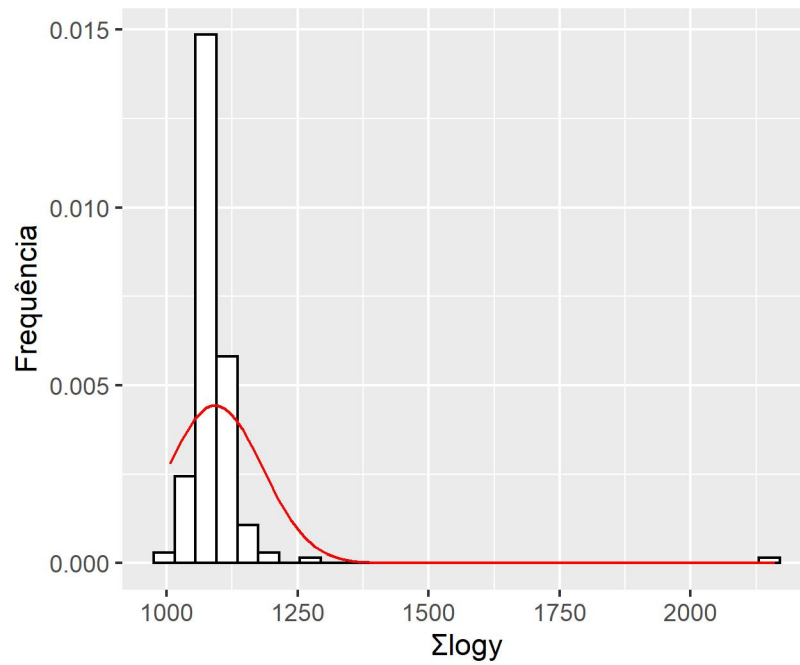
Fonte: Autor(2020)

Figura 32 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes do eixo Y (ΣRy)



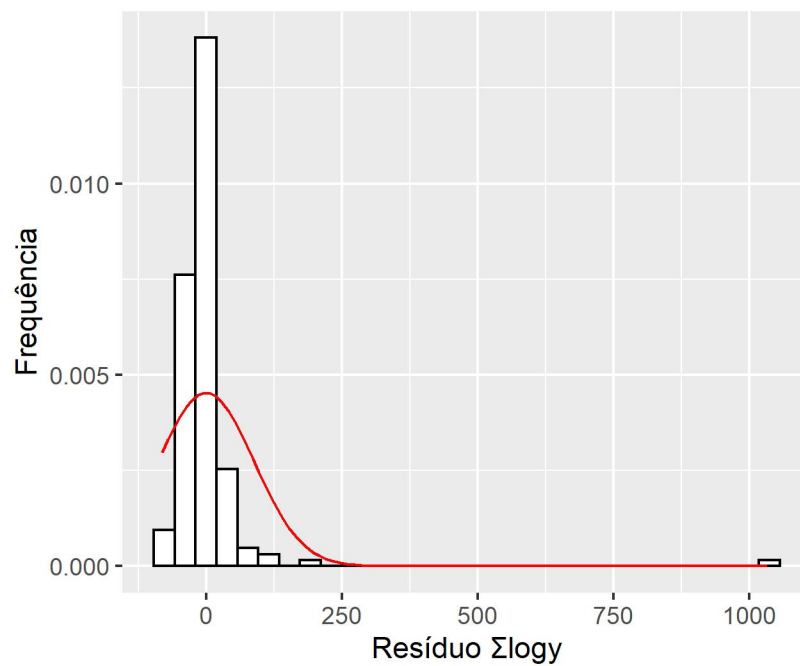
Fonte: Autor(2020)

Figura 33 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Y ($\Sigma \log y$)



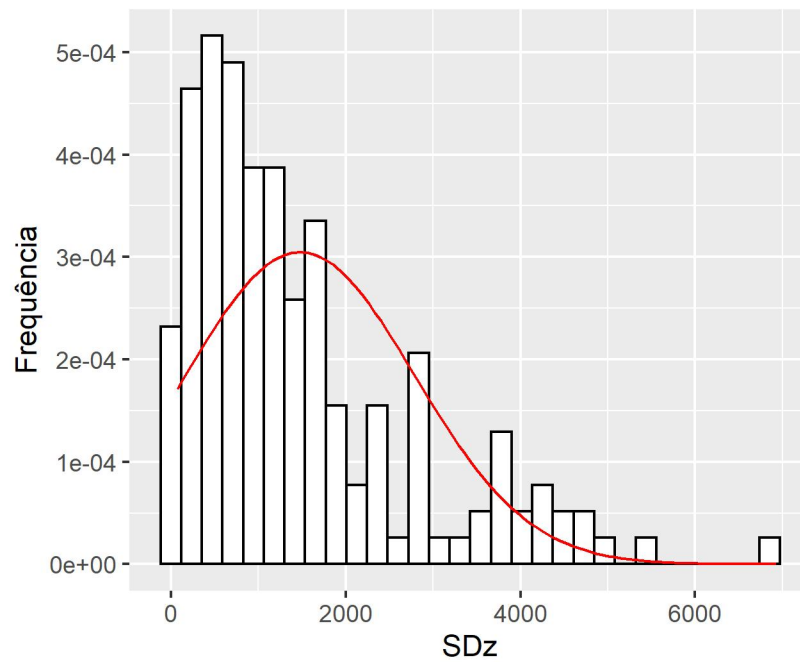
Fonte: Autor(2020)

Figura 34 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Y ($\Sigma \log y$)



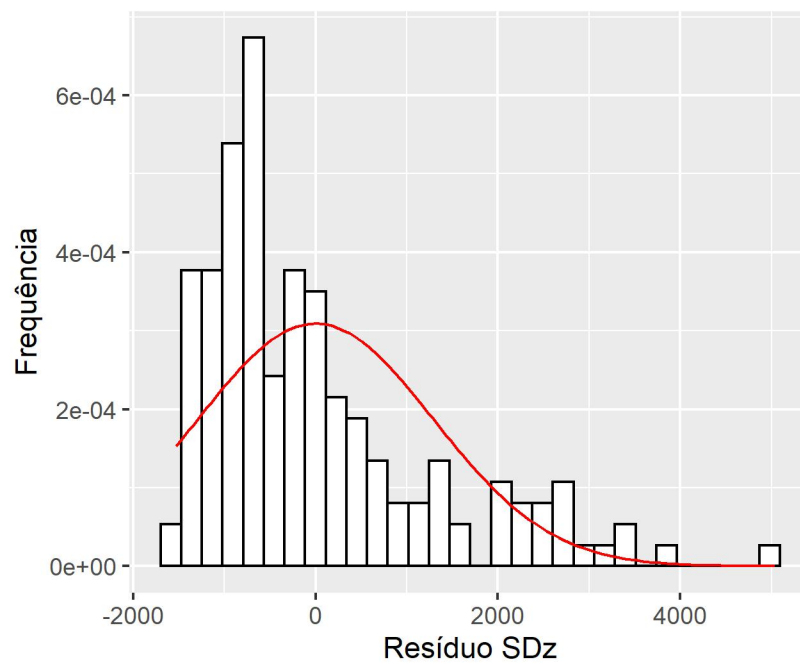
Fonte: Autor(2020)

Figura 35 – Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão do eixo Z (SDz)

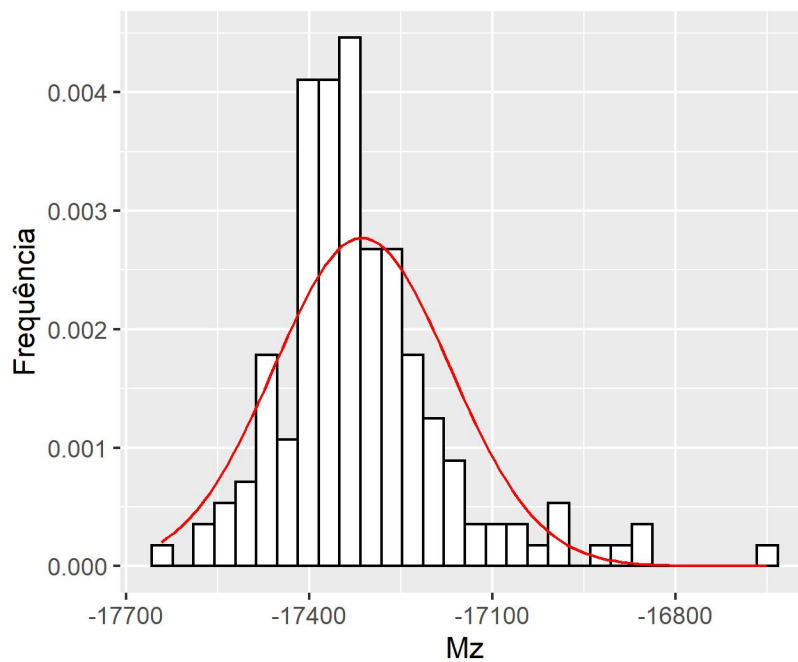


Fonte: Autor(2020)

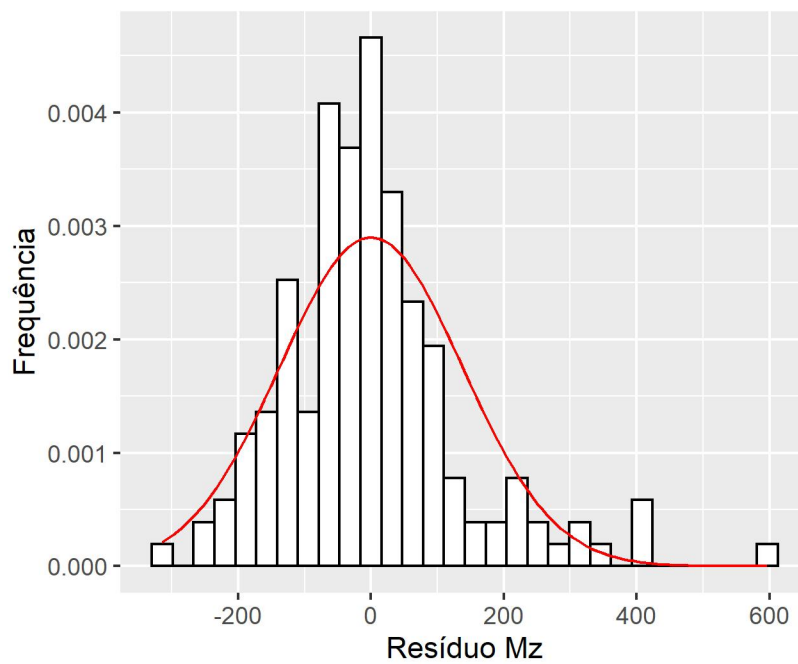
Figura 36 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão do eixo Z (SDz)



Fonte: Autor(2020)

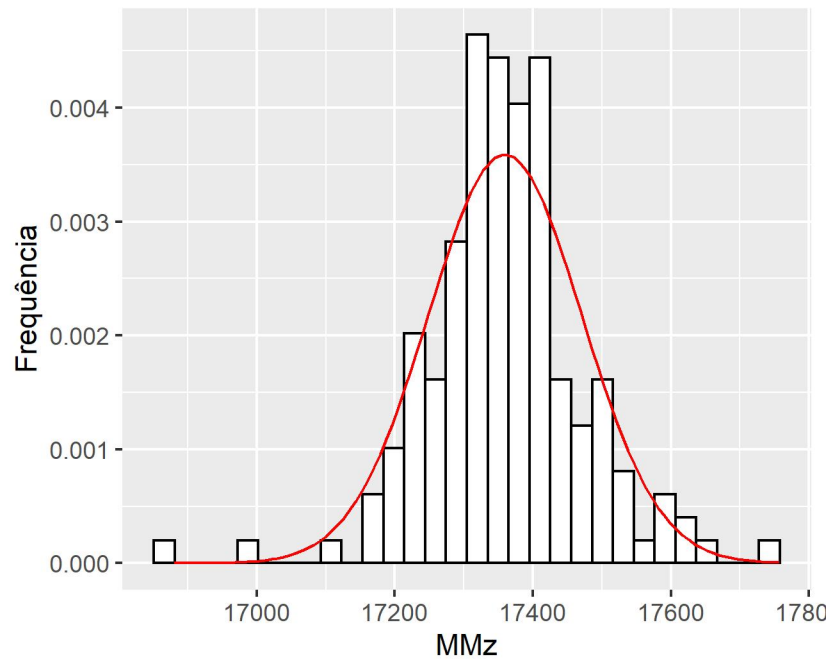
Figura 37 – Histograma e curva normal para o fenótipo média do eixo Z (Mz)

Fonte: Autor(2020)

Figura 38 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média do eixo Z (Mz)

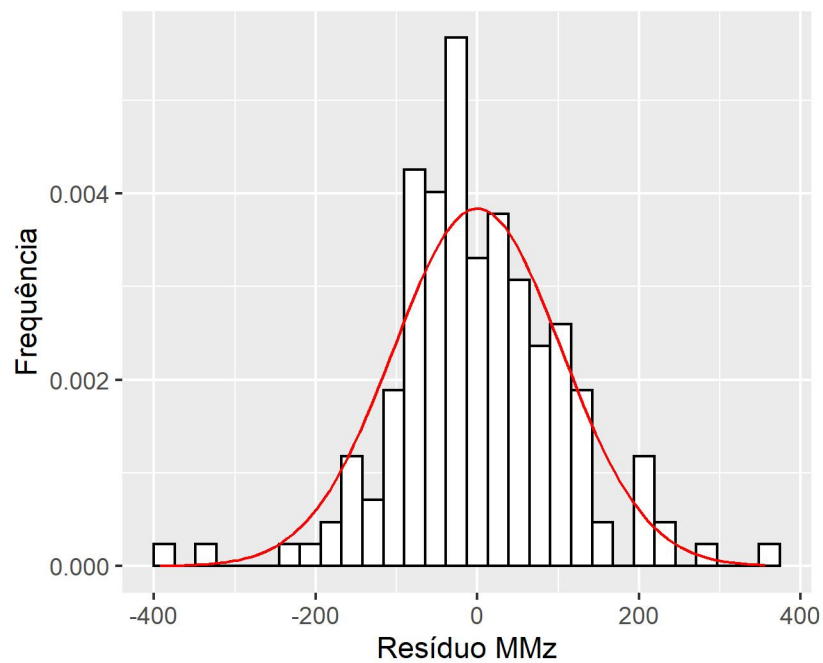
Fonte: Autor(2020)

Figura 39 – Histograma e curva normal para o fenótipo média dos módulos do eixo Z (MM_z)



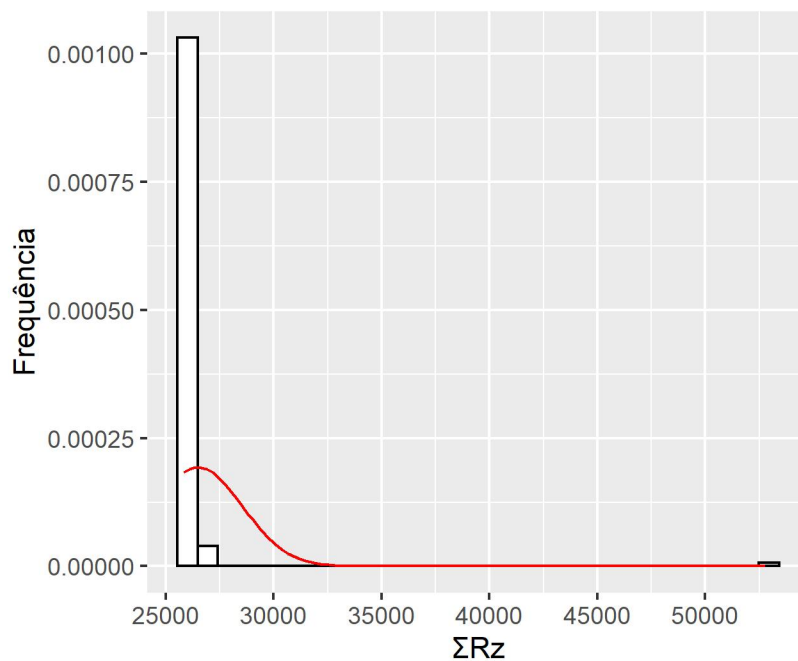
Fonte: Autor(2020)

Figura 40 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo média dos módulos do eixo Z (MM_z)



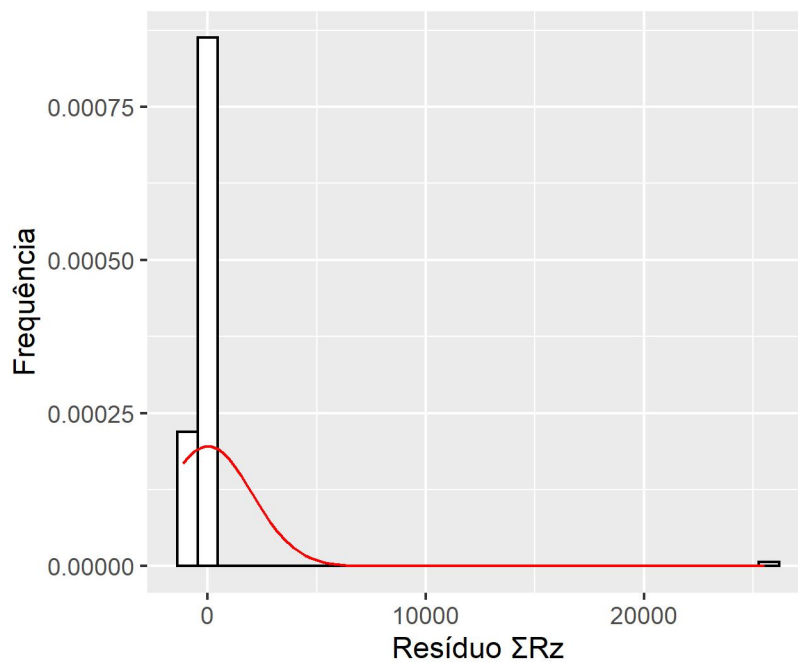
Fonte: Autor(2020)

Figura 41 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes do eixo Z (ΣR_z)



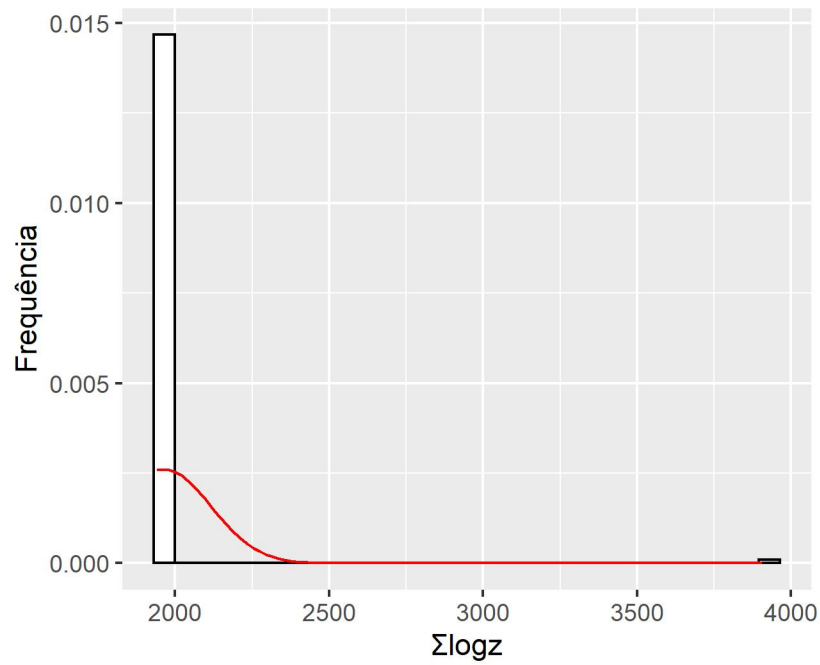
Fonte: Autor(2020)

Figura 42 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes do eixo Z (ΣR_z)



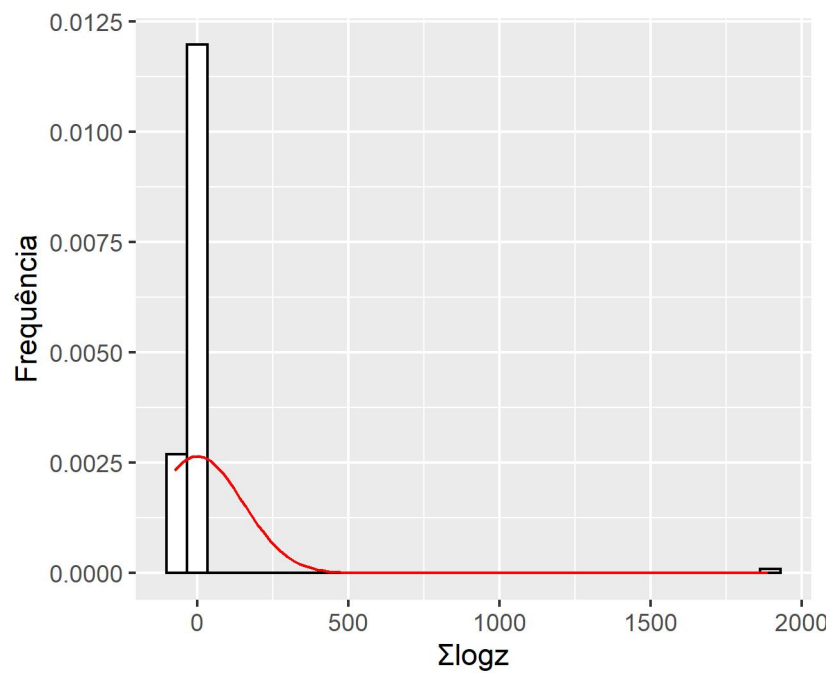
Fonte: Autor(2020)

Figura 43 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Z ($\Sigma \log z$)



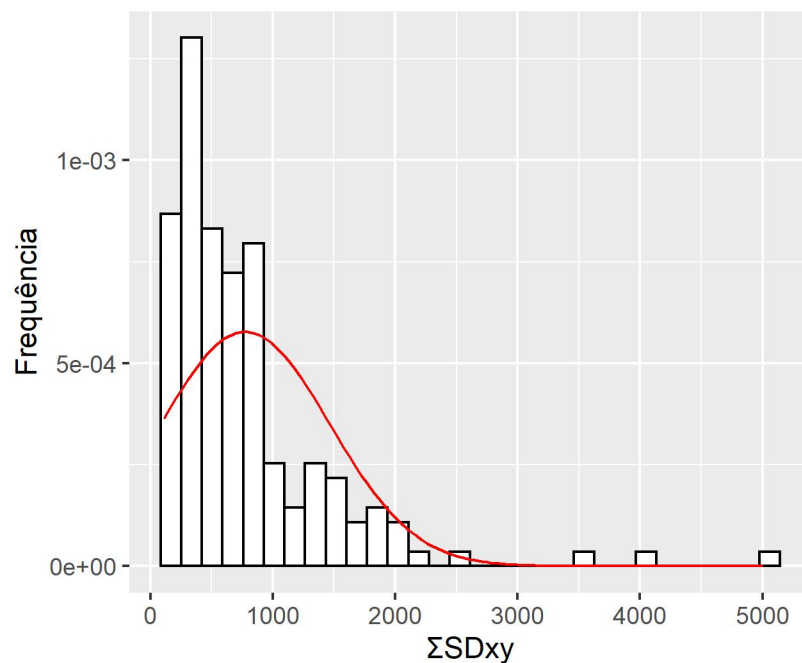
Fonte: Autor(2020)

Figura 44 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos do eixo Z ($\Sigma \log z$)



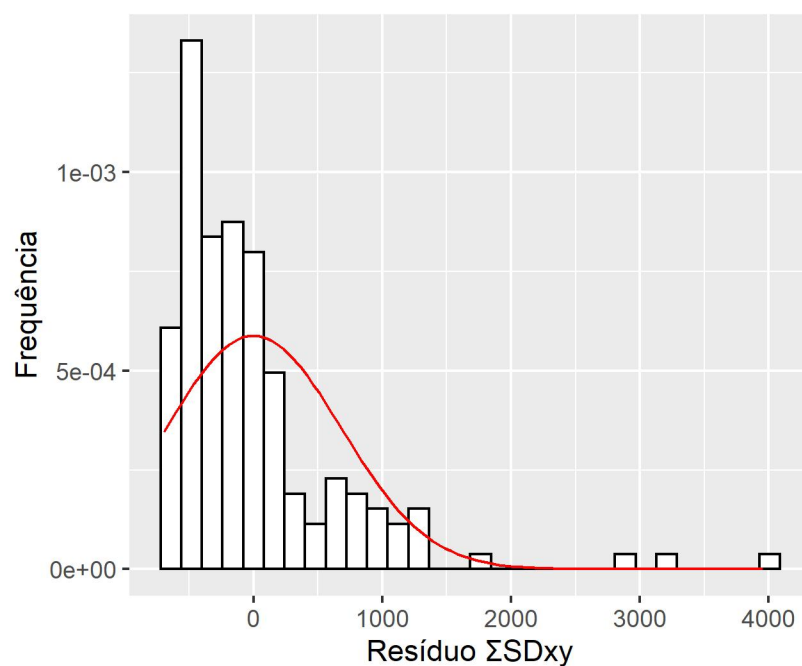
Fonte: Autor(2020)

Figura 45 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X e Y (ΣSD_{xy})



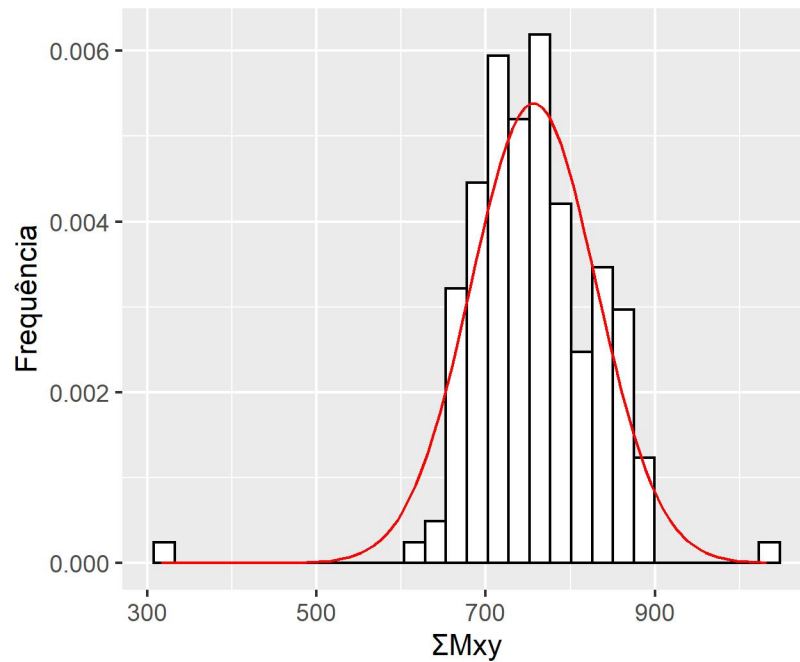
Fonte: Autor(2020)

Figura 46 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X e Y (ΣSD_{xy})



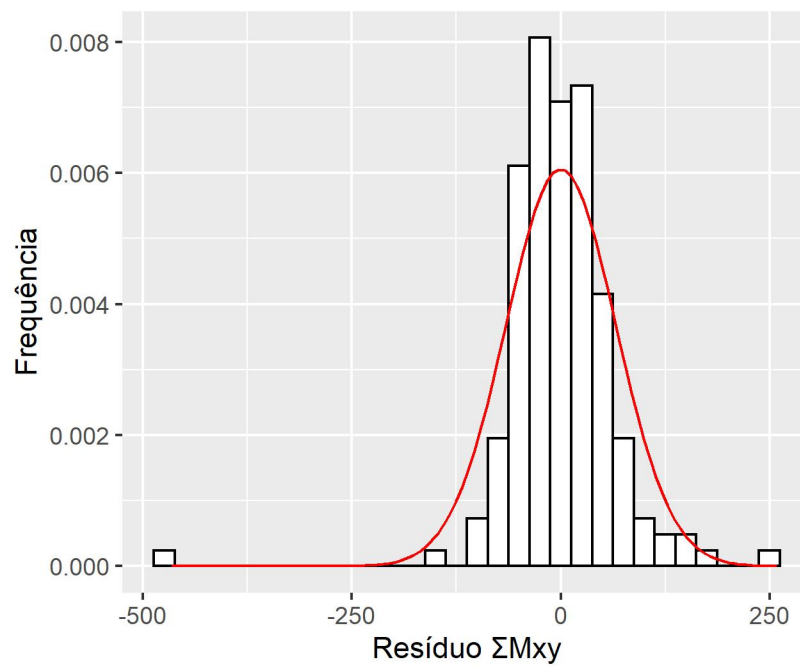
Fonte: Autor(2020)

Figura 47 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos eixos X e Y (ΣM_{xy})



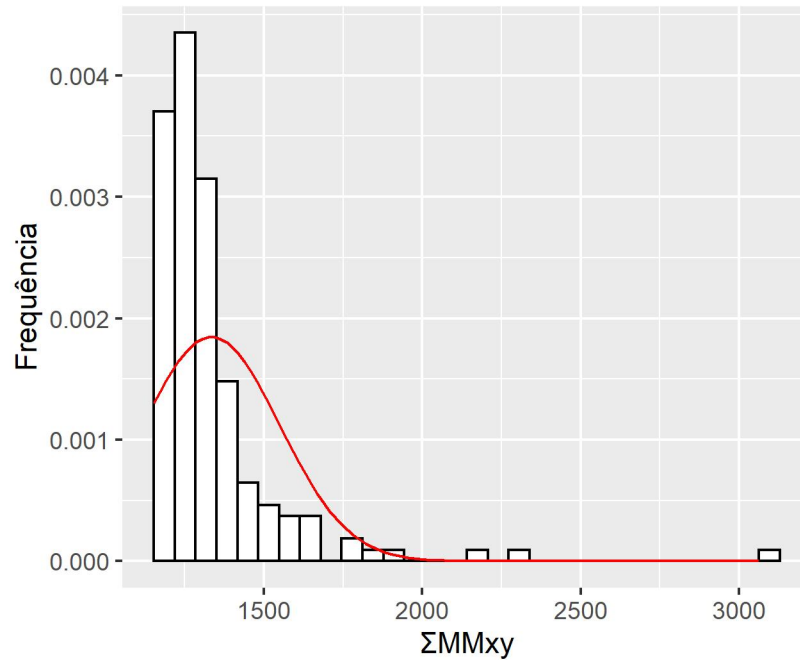
Fonte: Autor(2020)

Figura 48 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos eixos X e Y (ΣM_{xy})



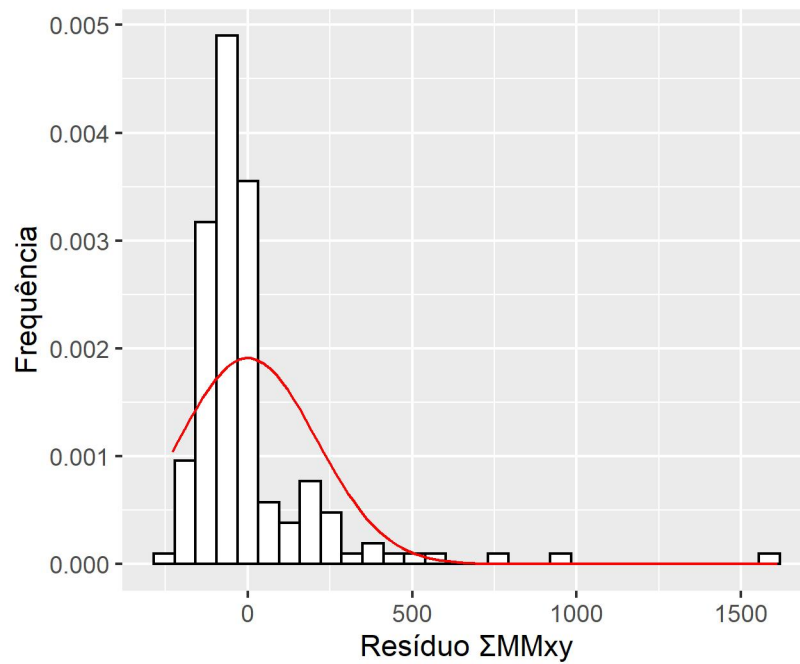
Fonte: Autor(2020)

Figura 49 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X e Y (ΣMM_{xy})



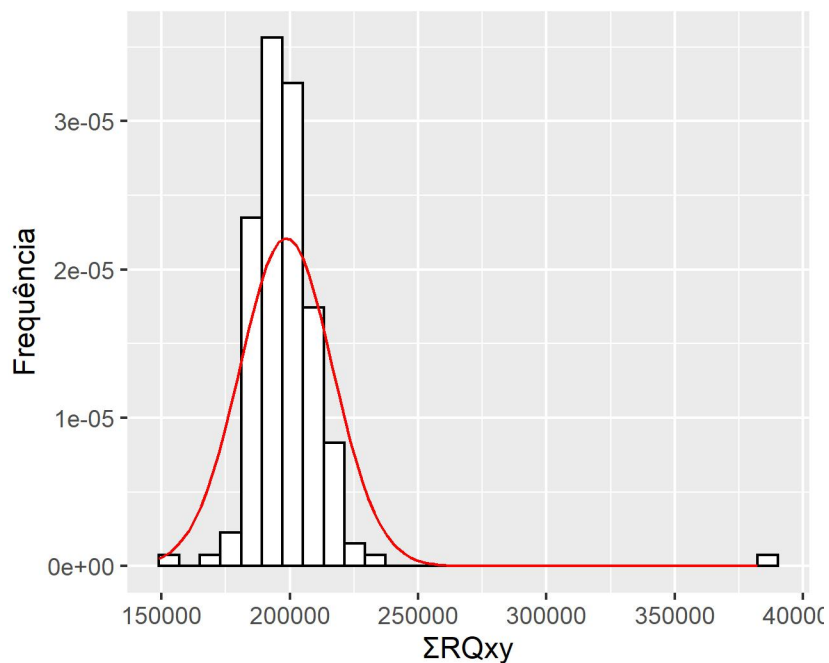
Fonte: Autor(2020)

Figura 50 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X e Y (ΣMM_{xy})



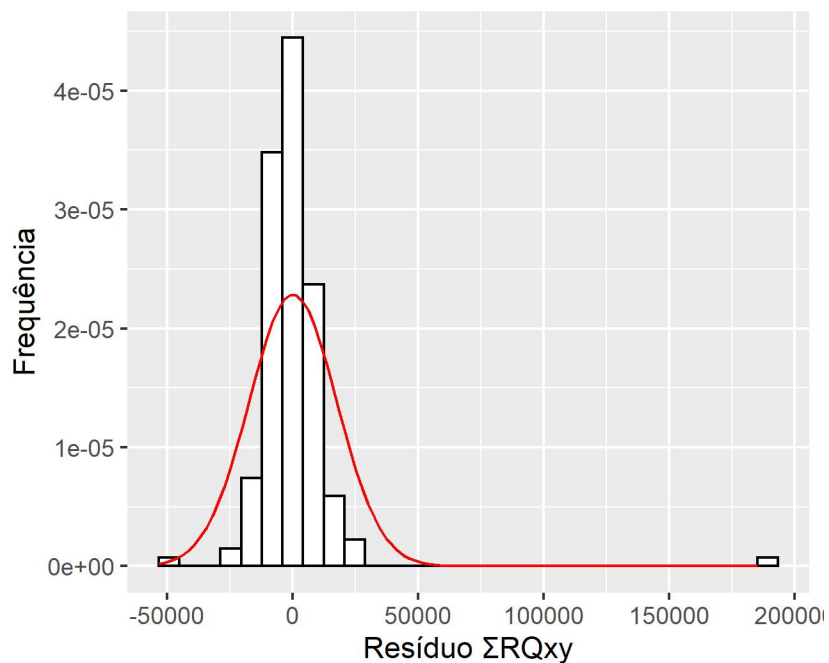
Fonte: Autor(2020)

Figura 51 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y (ΣRQ_{xy})



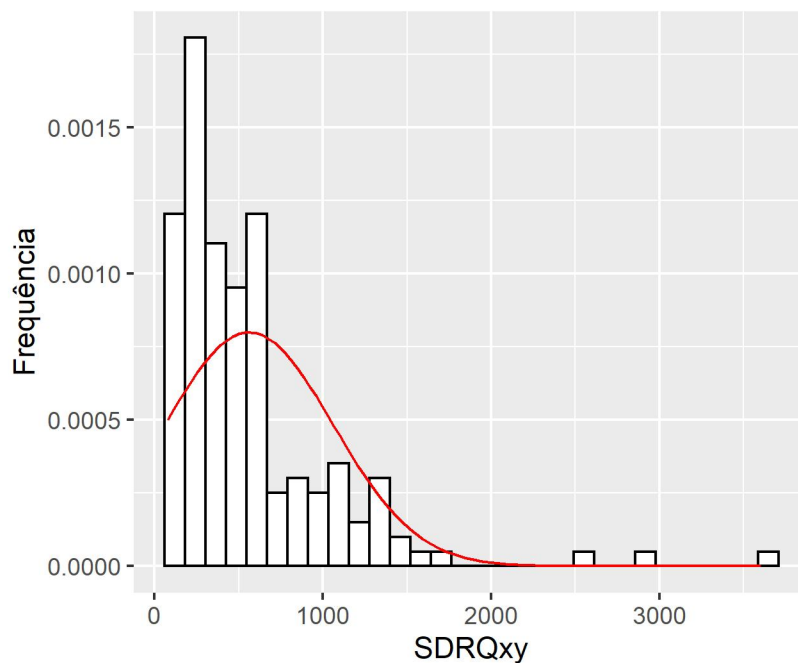
Fonte: Autor(2020)

Figura 52 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y (ΣRQ_{xy})



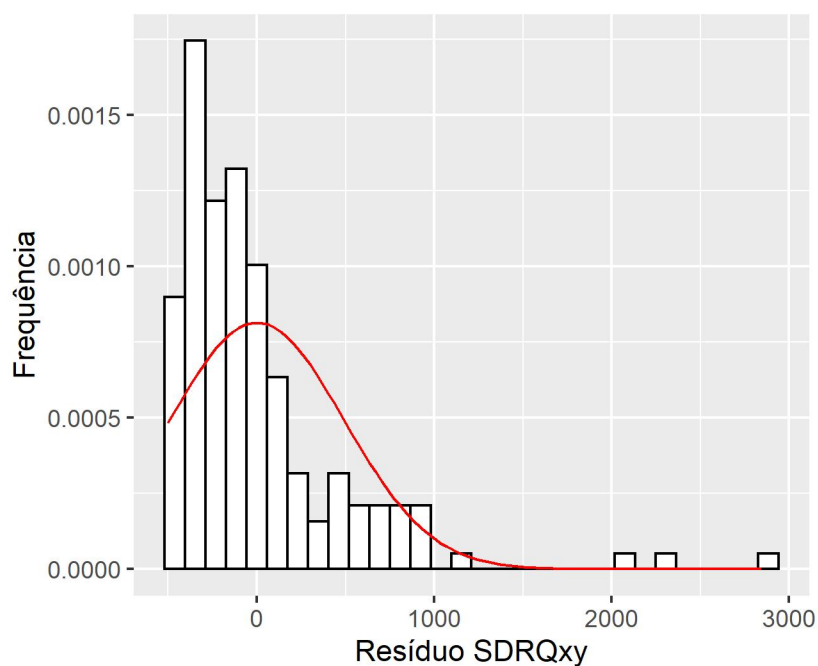
Fonte: Autor(2020)

Figura 53 – Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($SDRQ_{xy}$)



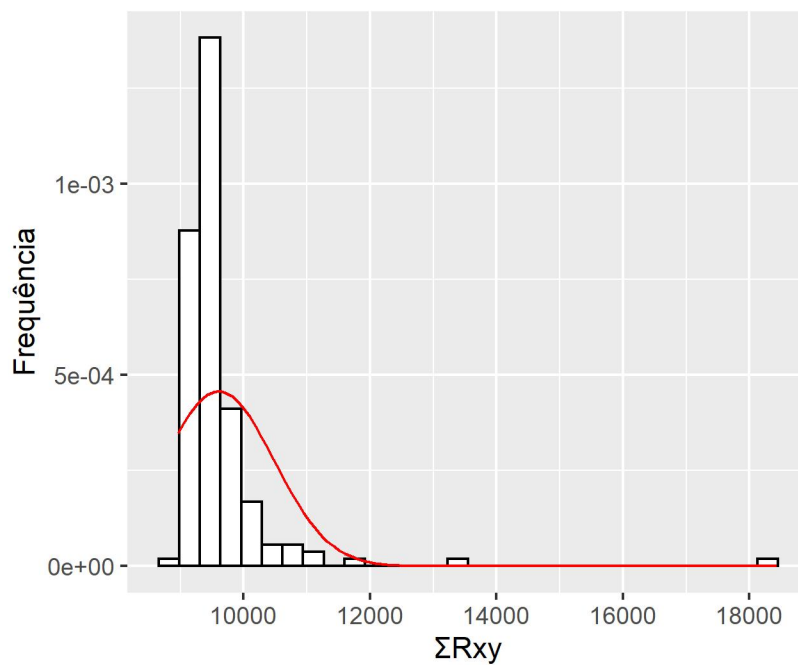
Fonte: Autor(2020)

Figura 54 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X e Y ($SDRQ_{xy}$)



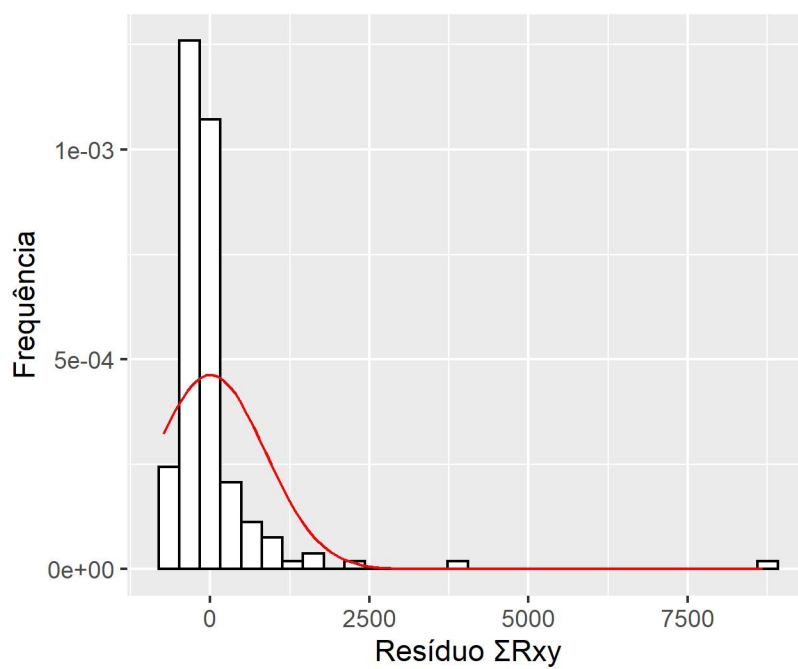
Fonte: Autor(2020)

Figura 55 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes dos eixos X e Y (ΣR_{xy})



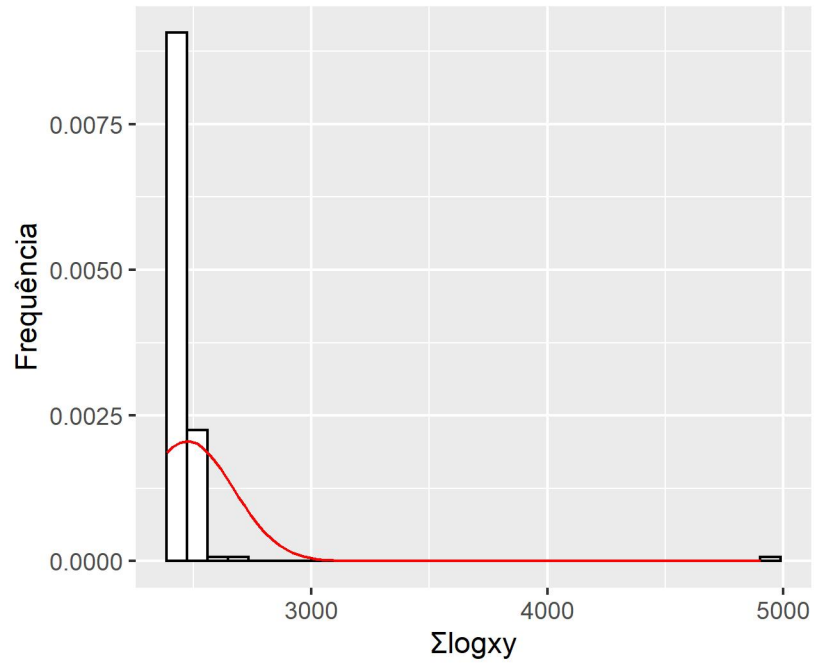
Fonte: Autor(2020)

Figura 56 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes dos eixos X e Y (ΣR_{xy})



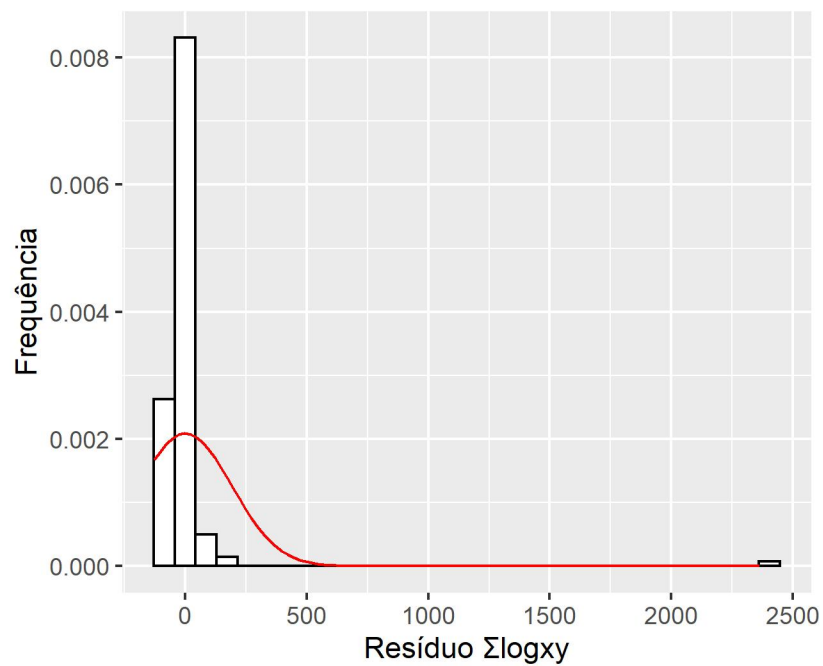
Fonte: Autor(2020)

Figura 57 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X e Y ($\Sigma \log xy$)



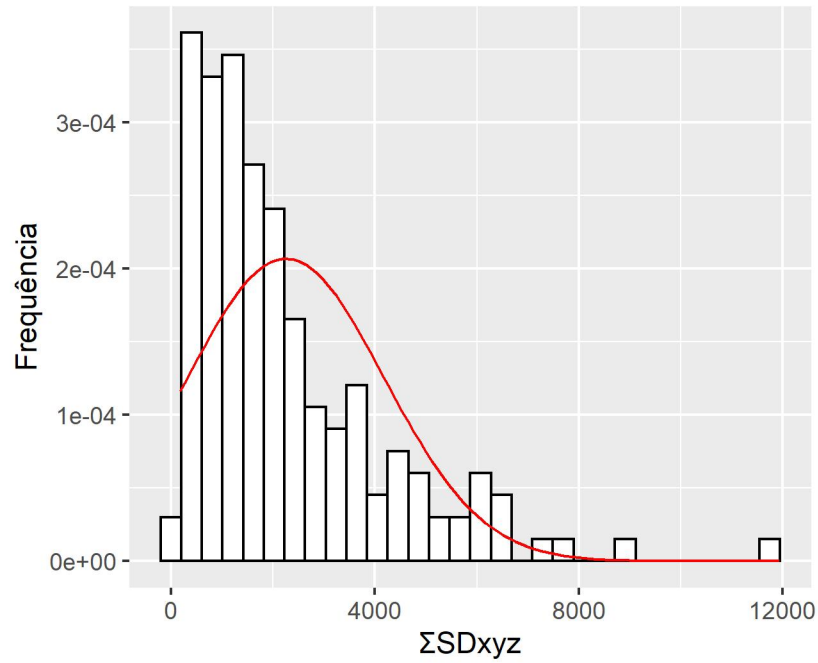
Fonte: Autor(2020)

Figura 58 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X e Y ($\Sigma \log xy$)



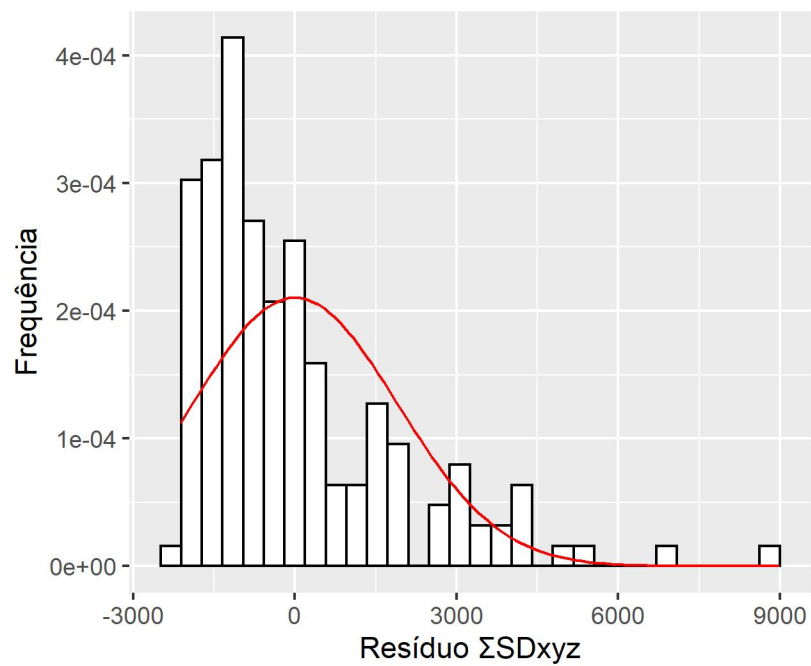
Fonte: Autor(2020)

Figura 59 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X, Y e Z (ΣSD_{xyz})



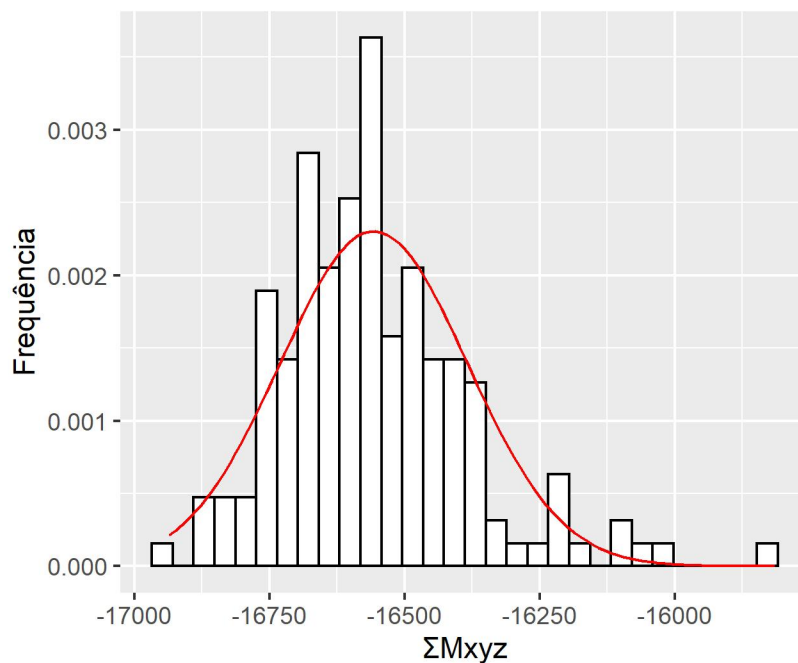
Fonte: Autor(2020)

Figura 60 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos desvios padrão dos eixos X, Y e Z (ΣSD_{xyz})



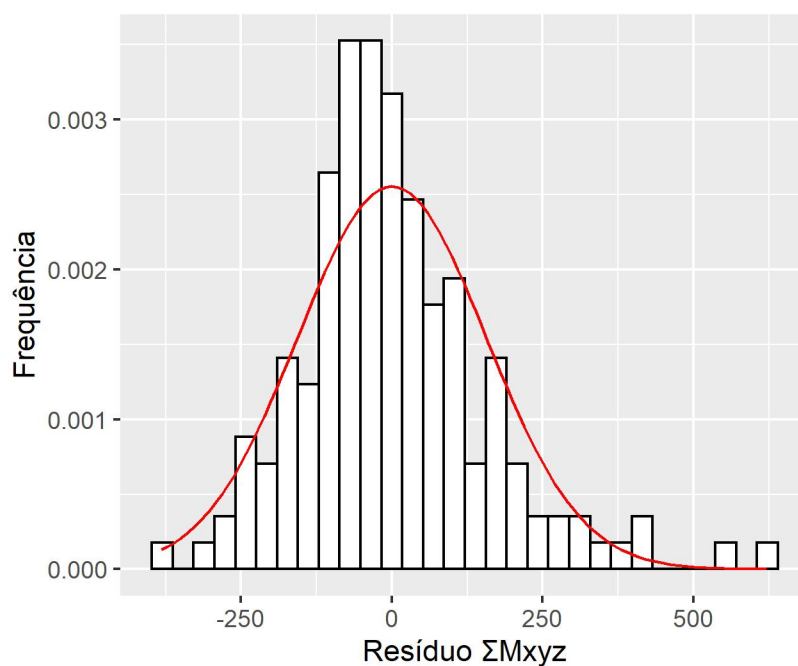
Fonte: Autor(2020)

Figura 61 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos eixos X, Y e Z (ΣM_{xyz})



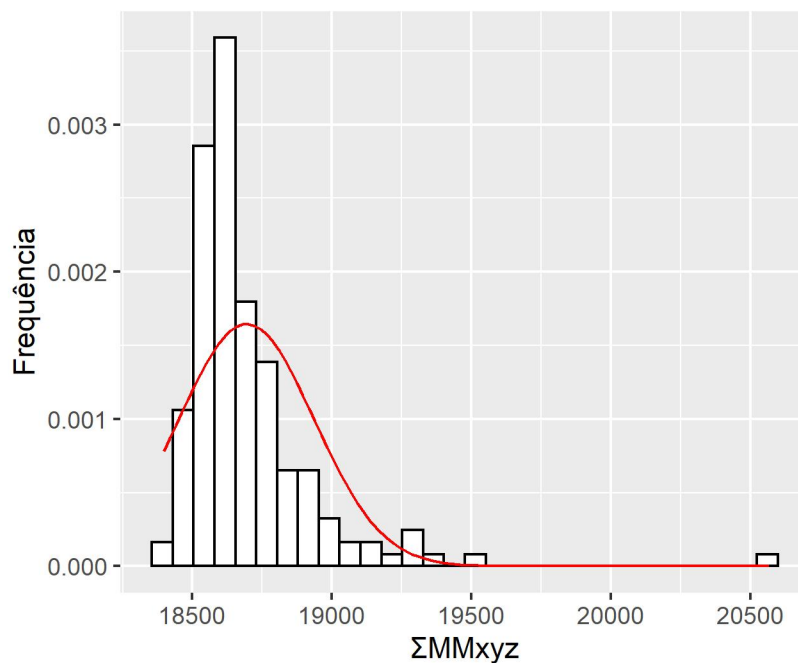
Fonte: Autor(2020)

Figura 62 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos eixos X, Y e Z (ΣM_{xyz})



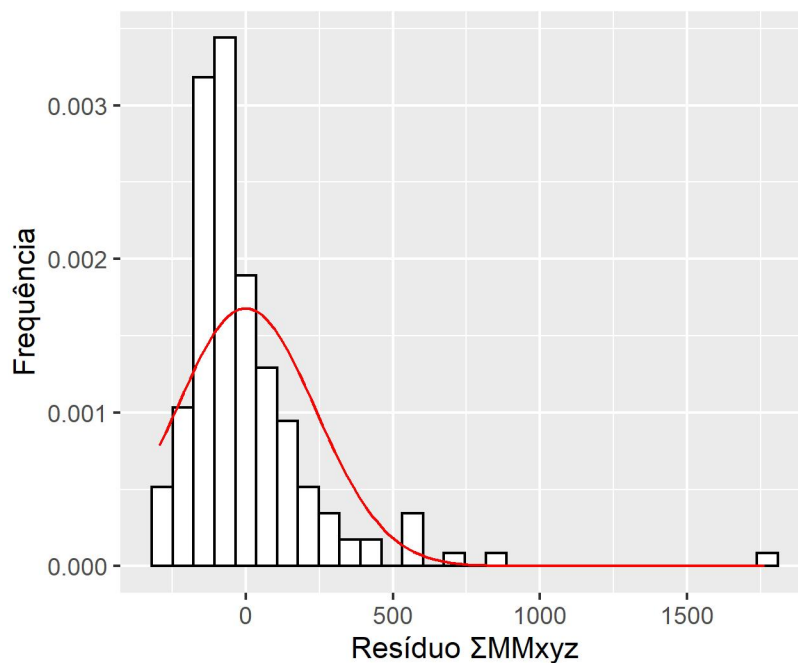
Fonte: Autor(2020)

Figura 63 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X, Y e Z (ΣMM_{xyz})



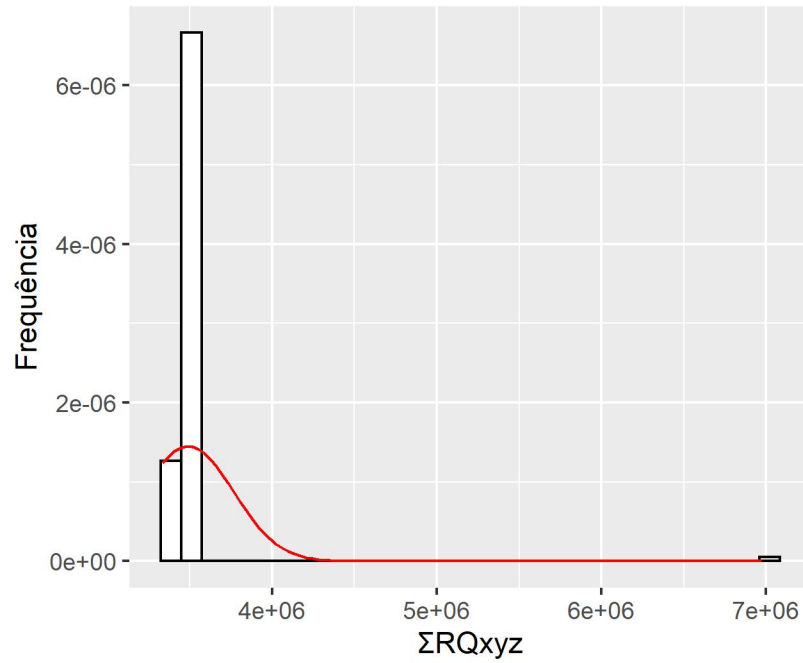
Fonte: Autor(2020)

Figura 64 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das médias dos módulos dos eixos X, Y e Z (ΣMM_{xyz})



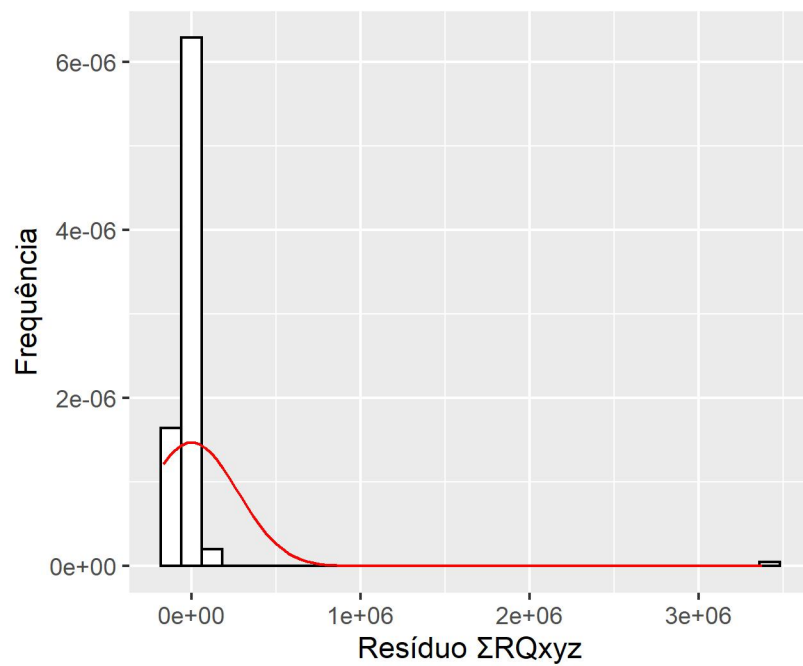
Fonte: Autor(2020)

Figura 65 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z (ΣRQ_{xyz})



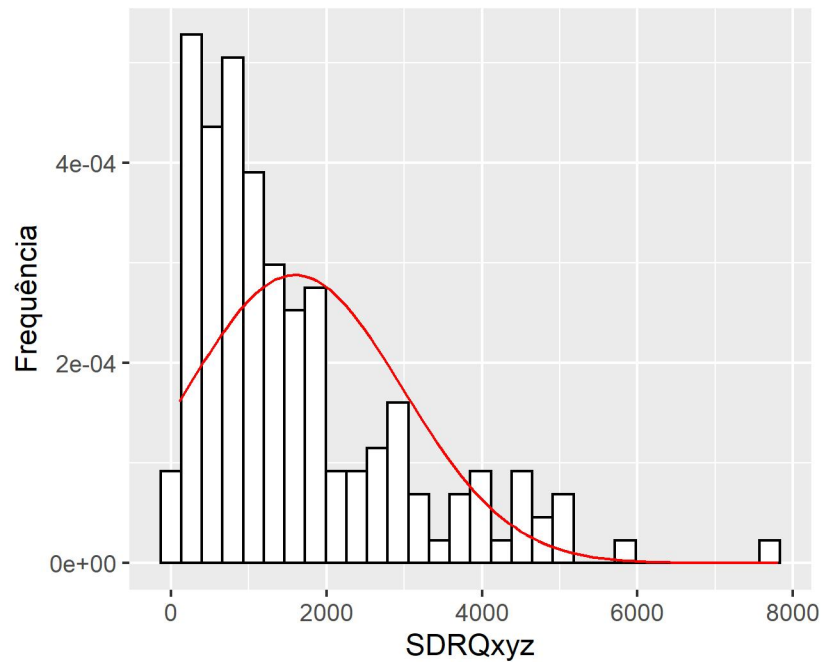
Fonte: Autor(2020)

Figura 66 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z (ΣRQ_{xyz})



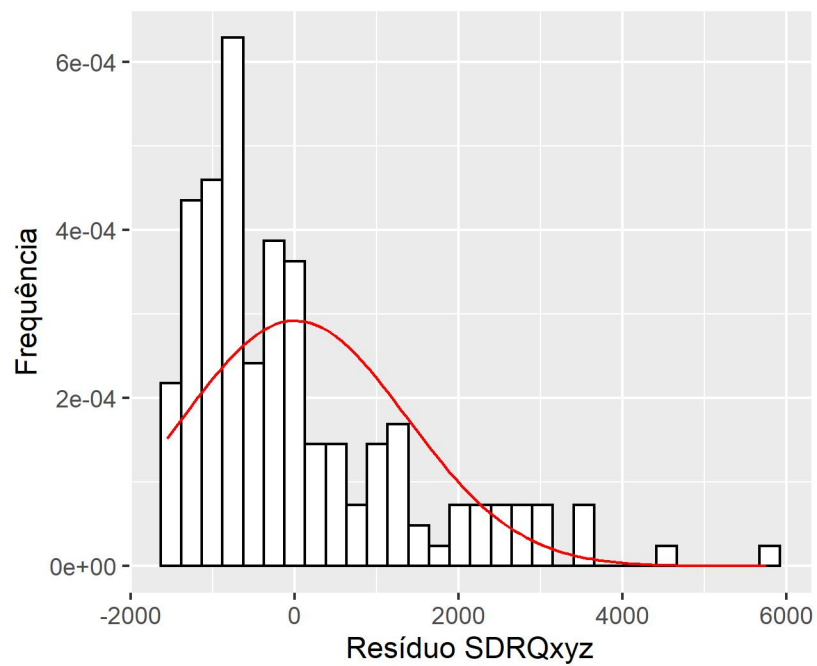
Fonte: Autor(2020)

Figura 67 – Histograma e curva normal para o fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($SDRQ_{xyz}$)



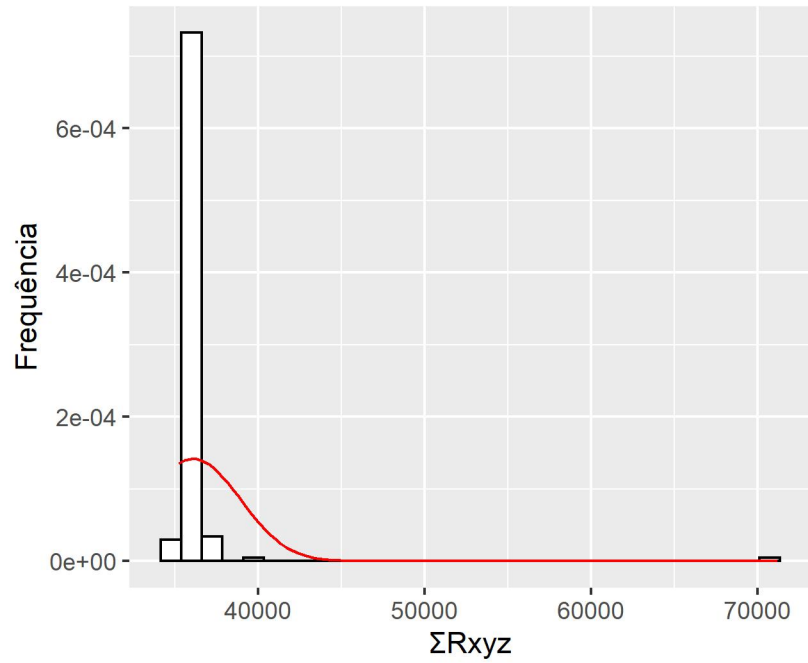
Fonte: Autor(2020)

Figura 68 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo desvio padrão das raízes quadradas dos quadrados dos eixos X, Y e Z ($SDRQ_{xyz}$)



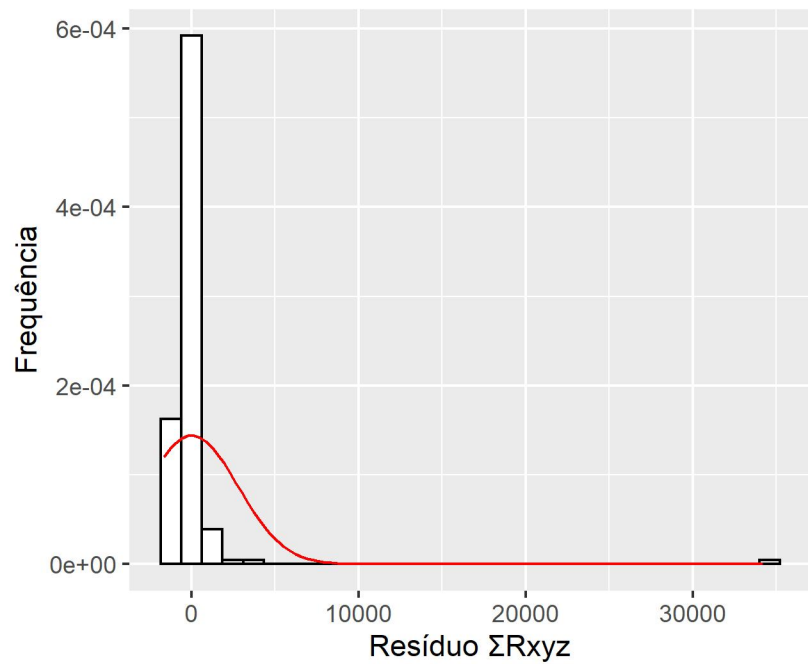
Fonte: Autor(2020)

Figura 69 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório das raízes dos eixos X, Y e Z (ΣR_{xyz})



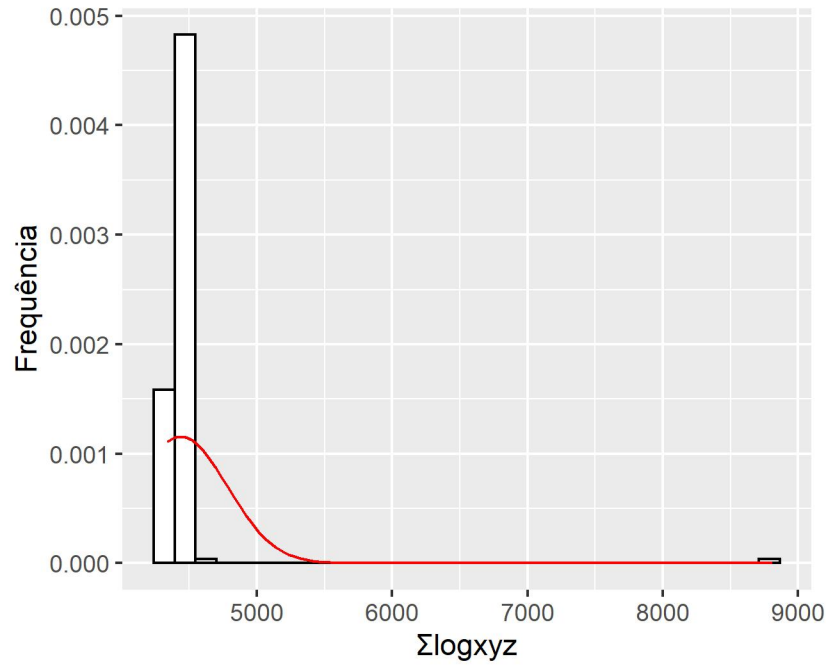
Fonte: Autor(2020)

Figura 70 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório das raízes dos eixos X, Y e Z (ΣR_{xyz})



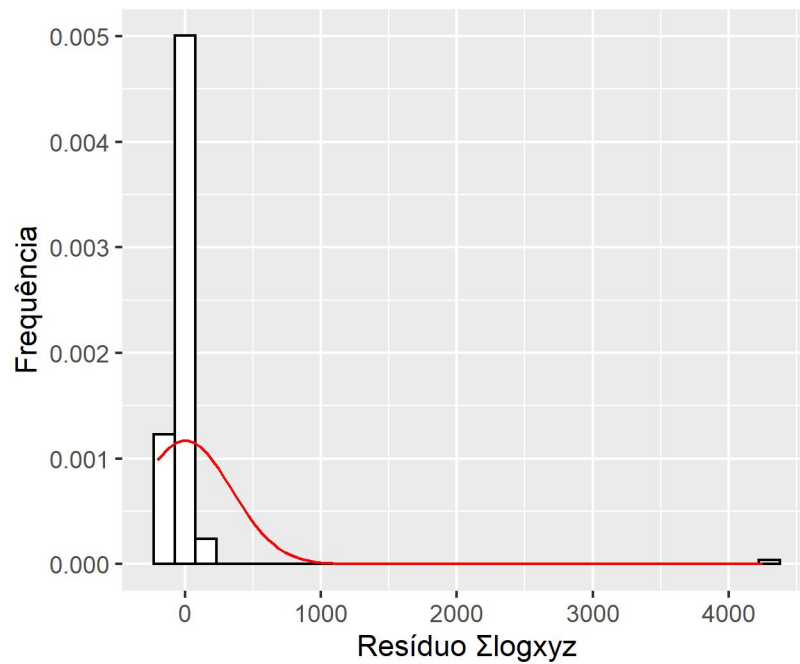
Fonte: Autor(2020)

Figura 71 – Histograma e curva normal para o fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X, Y e Z ($\Sigma \log xyz$)



Fonte: Autor(2020)

Figura 72 – Histograma e curva normal para o resíduo do fenótipo somatório dos logaritmos dos eixos X, Y e Z ($\Sigma \log xyz$)



Fonte: Autor(2020)