

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
ENGENHARIA ELÉTRICA

MARCOS VINICIUS CORREIA RODRIGUES

**REDE DE SENSORES SEM FIO PARA
MONITORAMENTO DE CONDIÇÕES
DE CULTIVO E ARMAZENAMENTO DE
HORTIFRUTIGRANJEIROS**

Porto Alegre
2022

MARCOS VINICIUS CORREIA RODRIGUES

**REDE DE SENSORES SEM FIO PARA
MONITORAMENTO DE CONDIÇÕES
DE CULTIVO E ARMAZENAMENTO DE
HORTIFRUTIGRANJEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso PD-ELE apresentado à COMGRAD-ELE da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de *Bacharel em Engenharia Elétrica* .

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ivan Müller

Porto Alegre
2022

MARCOS VINICIUS CORREIA RODRIGUES

**REDE DE SENSORES SEM FIO PARA
MONITORAMENTO DE CONDIÇÕES
DE CULTIVO E ARMAZENAMENTO DE
HORTIFRUTIGRANJEIROS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção dos créditos da Disciplina de TCC do curso *Engenharia Elétrica* e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____
Prof. Dr. Ivan Müller, UFRGS
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Me. Tiago Cruz, UFRGS
Mestre pela Universidade do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Valner João Brusamarello, UFRGS
Doutor pela Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis - SC

Porto Alegre, novembro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha mãe, Clarice Correia Rodrigues, por todo seu esforço para que esse momento chegasse. A todos os meus colegas do curso de engenharia elétrica, pelo companheirismo e apoio nos momentos mais difíceis. Agradecer a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a todos os professores e servidores que me proporcionaram uma formação de excelência. Ao professor Ivan Muller, que me deu todo o apoio necessário para a confecção desse trabalho.

RESUMO

O Brasil se destaca pela grande capacidade de produção e exportação de produtos agrícolas. Um dos problemas mais relevantes nesse processo é o armazenamento desses insumos, e, dentre as diversas variáveis que prejudicam os alimentos no cultivo, transporte e armazenamento, os fatores umidade, luminosidade e temperatura podem indicar a origem e causas das perdas. Ainda, fazer o monitoramento dessas variáveis pode reduzir significativamente os danos que o armazenamento e transporte geram para a produção. Nesse sentido, este trabalho visa apresentar uma metodologia de análise dos dados de monitoramento de variáveis de produção, armazenamento e transporte de hortifrutigranjeiros. Para tal, foi realizado um estudo de caso que avaliou a influência do ensacamento de bananas no que diz respeito às grandezas mencionadas. O experimento foi realizado utilizando um hardware já existente e desenvolvido pelo grupo de pesquisas. O hardware possui uma arquitetura que possibilita configuração como sensor ou como coletor de dados. Quando configurado como sensor, consegue mensurar grandezas físicas tais como a temperatura, luminosidade, umidade e aceleração, e processar os dados fornecidos pelos sensores. Além disso, os dados podem ser armazenados em um cartão SD ou serem enviados via enlace de rádio frequência para outro dispositivo configurado como coletor de dados. Este, no que lhe concerne, consegue receber os dados de todos os sensores simultaneamente e organizá-los para serem enviados para um computador através de uma porta USB. Uma vez que o computador recebe esses dados, um software tipo aplicativo executável para PC, armazena-os em um arquivo de texto para poderem ser analisados posteriormente. Os dados armazenados nos arquivos texto foram processados nos softwares Excel e Minitab. O uso do Excel foi necessário pela sua facilidade em separar os dados vindos de cada um dos sensores, pois o software do computador grava os dados de todos os sensores no mesmo arquivo texto. Os resultados das 432 mil amostras coletadas mostram que todas as variáveis monitoradas, umidade, temperatura e luminosidade, além de não seguirem uma distribuição normal, direcionando a analisar os dados desse estudo de caso com ferramentas estatísticas não paramétricas, são influenciadas pelo ensacamento das bananas.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, Rede de sensores sem fio, Luminosidade, Temperatura, Umidade.

ABSTRACT

Brazil stands out for its great capacity for producing and exporting agricultural products. One of the most relevant problems in this process is the storage of these inputs, and, among the various variables that affect food in cultivation, transport and storage, the factors humidity, luminosity and temperature can indicate the origin and causes of losses. Monitoring these variables can significantly reduce damage caused by storage and transport to production. In this sense, this work aims to present a methodology for analyzing the monitoring data of variables of production, storage and transport of fruit and vegetables. To this end, a case study was carried out that evaluated the influence of bagging bananas with regard to the mentioned quantities. The experiment was carried out using existing hardware developed by the research group. The hardware has an architecture that allows configuration as a sensor or as a data collector. When configured as a sensor, it is capable of measuring physical quantities such as temperature, luminosity, humidity and acceleration, and processing the data provided by the sensors. In addition, this data can be stored on an SD card or sent via radio frequency link to another device configured as a data collector. This, in turn, is able to receive data from all sensors simultaneously and organize them to be sent to a computer through a USB port. Once the computer receives this data, an application-like software executable for the PC, stores it in a text file so that it can be analyzed later. Data stored in text files were processed in Excel and Minitab software. The use of Excel was necessary due to its ease of separating the data coming from each sensor, as the computer software records the data from all sensors in the same text file. The results of the 432,000 samples collected show that all monitored variables, humidity, temperature and luminosity, in addition to not following a normal distribution, directing to analyze the data of this case study with non-parametric statistical tools, are influenced by the bagging of bananas.

Keywords: Precision agriculture, Wireless sensor networks, Luminosity, Humidity, Temperature.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE ABREVIATURAS	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Sensores utilizados	14
3.1.1 Sensores umidade relativa do ar	14
3.1.2 Sensores de temperatura	16
3.1.3 Sensor de luminosidade	16
3.2 Métodos paramétricos e não paramétricos	17
3.2.1 Método não paramétrico - Kruskal Wallis	18
4 MÉTODOS E MATERIAIS	20
4.1 Hardware utilizado	20
4.1.1 Sistema Namimote	20
4.1.2 Sensor de umidade HIH 5031	22
4.1.3 Sensor de luminosidade BH1603FVC	23
4.1.4 Sensor de temperatura MAX6610	24
4.2 Software	25
4.2.1 IAR Embedded Workbench IDE	25
4.2.2 Borland C++ Builder	26
4.2.3 Software de análise de dados estatísticos - MINITAB	26
5 EXPERIMENTO	29
5.1 Coleta dos dados	29
5.1.1 Primeiro dia de coletas dos dados	30
5.1.2 Segundo dia de coleta dos dados	32
5.1.3 Terceiro dia de coletas dos dados	33
5.1.4 Quarto dia de coleta dos dado	35
5.2 Tratamento dos dados coletados	37
5.2.1 Tratamento inicial dos dados	37

6	RESULTADOS	41
6.1	Distribuição estatística dos dados	41
6.1.1	Análise da distribuição normal para a temperatura	41
6.1.2	Análise da distribuição normal para umidade	41
6.1.3	Análise da distribuição normal para luminosidade	42
6.2	Análise dos dados - Kruskal Wallis	43
7	CONCLUSÃO	49
8	REFERENCIAS	50

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Composição do ar seco à temperatura de 15C e pressão de 101325Pa	14
Figura 2:	Diagrama simplificado de um sensor de umidade capacitivo	15
Figura 3:	Ilustração e Símbolo Elétrico do LDR	17
Figura 4:	Ferramentas parametricas e não parametricas	18
Figura 5:	Tabela Qui Quadrado	19
Figura 6:	Hardware da RSSF Namimote	21
Figura 7:	Diagrama de blocos do hardware da RSSF Namimote	21
Figura 8:	Sensor de umidade HIH 5031	22
Figura 9:	função de transferência HIH 5031	22
Figura 10:	Sensor de luminosidade BH1603FVC	23
Figura 11:	modo de operação BH1603FVC	23
Figura 12:	Sensor de temperatura MAX6610	24
Figura 13:	Erro de tensao MAX6610	24
Figura 14:	função de transferência MAX6610	25
Figura 15:	IAR Embedded Workbench IDE	25
Figura 16:	Borland C++ Builder - interface gráfica	26
Figura 17:	Análise de probabilidade - MINITAB	27
Figura 18:	Ferramenta MINITAB - Histograma	27
Figura 19:	Ferramenta MINITAB - Empilhamento	28
Figura 20:	Metodo Kruskal Wallis - Minitab	28
Figura 21:	Sensor ensacado	29
Figura 22:	Sensor não ensacado	30
Figura 23:	Garrafa de plástico para proteger o sensor	31
Figura 24:	Primeiro dia de coleta - temperatura	31
Figura 25:	Primeiro dia de coleta - umidade	32
Figura 26:	Primeiro dia de coleta - luminosidade	32
Figura 27:	Segundo dia de coleta - temperatura	33
Figura 28:	Segundo dia de coleta - umidade	34
Figura 29:	Segundo de coleta - luminosidade	34
Figura 30:	Terceiro dia de coleta - temperatura	35
Figura 31:	Terceiro dia de coleta - umidade	35
Figura 32:	Terceiro de coleta - luminosidade	36
Figura 33:	Quarto dia de coleta - temperatura	36
Figura 34:	Quarto dia de coleta - umidade	37
Figura 35:	Quarto de coleta - luminosidade	37
Figura 36:	Arquivos de texto fornecidos pelo software do computador	38
Figura 37:	Cabeçalho dos arquivos salvos	38

Figura 38:	Dados separados por turno	39
Figura 39:	Dados dos sensores dentro do mesmo arquivo	39
Figura 40:	Filtro para organizar sensores ensacados e não ensacados	40
Figura 41:	Classificação dos dados em grupos	40
Figura 42:	Histograma temperatura - ensacado	42
Figura 43:	Histograma temperatura - não ensacado	42
Figura 44:	Grafico de probabilidade - temperatura	43
Figura 45:	Histograma umidade - ensacado	43
Figura 46:	Histograma umidade - não ensacado	44
Figura 47:	Grafico de probabilidade - Umidade	44
Figura 48:	Histograma luminosidade - ensacado	45
Figura 49:	Histograma luminosidade - não ensacado	45
Figura 50:	Grafico de probabilidade - Luminosidade	46
Figura 51:	Método de análise Kruskal Wallis - Minitab	46
Figura 52:	Dados gerais - Média - Desvio padrão - Variância	46
Figura 53:	Parametros de entrada para método de análise Kruskal Wallis - Minitab	47
Figura 54:	Resposta Kruskal Wallis - temperatura	47
Figura 55:	Resposta Kruskal Wallis - umidade	48
Figura 56:	Resposta Kruskal Wallis - luminosidade	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância
IDE	<i>Integrated development Enviroment</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RF	Radio Frequência
ROM	<i>Read Only Memory</i>
RSSF	Rede de Sensores sem Fio
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
SMA	<i>Subminiature Version A</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade as civilizações sempre buscaram meios efetivos de produção e de armazenamento dos seus alimentos, a fim de proporcionar uma melhor qualidade de vida. Segundo os dados da ONU, Anualmente, 1,3 bilhão de toneladas de alimentos é desperdiçada ou se perde ao longo das cadeias produtivas em todo mundo, representando 30% do que é produzido no planeta. Desse número, 54% são perdas nas fases de produção, armazenamento e transporte (ONU, 2017). No cenário mundial, o Brasil se destaca pela grande capacidade de produção e exportação de produtos agrícolas, porém, a exportação de frutos cítricos frescos é pouco representativa (INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS, 2010). Esse perfil, em parte, deve-se a precariedade de condições de produção e comercialização, elevado volume de perdas na cadeia produtiva, aspectos de qualidade inferior dos frutos e barreiras fitossanitárias (FISCHER et al., 2009; ZANCHI et al., 2013). Países como a Espanha, com uma produção total quatro vezes menor que a brasileira, movimentam o dobro do valor em exportação (Citros, 2007; IBGE, 2007).

Segundo (OLIVEIRA e CEREDA, 1999), existem diversas técnicas para se reduzir perdas na cadeia produtiva de alimentos, dentre elas, podem ser citadas: o controle de gases, controle de temperatura, e o controle da umidade. Estas grandezas estão diretamente relacionadas a grande parte dos alimentos descartados, pelo alimento não apresentar condições nutricionais necessárias devido ao apodrecimento, mas também por não aprestar condições visuais para a comercialização. Com o intuito de contribuir para a diminuição de perdas de alimentos, desenvolveu-se este trabalho no qual é proposto uma metodologia de análise dos dados coletados através de uma rede de sensores sem fio previamente desenvolvida pelo grupo de pesquisas. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de caso e analisar por ferramentas estatísticas a influência do ensacamento de bananas nas variáveis de interesse: temperatura, luminosidade e umidade. A hipótese que baseia o trabalho é que o ensacamento de bananas exerce influência no processo de cultivo desses alimentos. Embora careça de mais dados para aprofundamento do conhecimento sobre o assunto, os resultados obtidos mostraram influência do uso de ensacamento no processo produtivo. O trabalho desenvolvido será utilizado por um grupo de pesquisa de hortifrutigranjeiros como ferramenta de coleta e análise de dados de temperatura, umidade e luminosidade.

Esse trabalho foi dividido em seis capítulos, após o capítulo de introdução. O primeiro capítulo é o de referência teórica em que será explicada a teoria das ferramentas estatísticas e o funcionamento dos sensores que efetuam a mensuração das variáveis que contribuem para a perda dos alimentos no processo produtivo. O segundo capítulo é apresentado os materiais, dispositivos e os métodos utilizados para coletar as informações ambientais do experimento. O terceiro capítulo fala sobre como foram realizados o experimento e a forma utilizada para adquirir os dados das variáveis ambientais. O quarto

capítulo apresenta os resultados obtidos, onde serão explicados os dados obtidos após a coleta e análise estatística destes. O quinto capítulo é o capítulo de conclusões, onde os resultados do trabalho são analisados e os possíveis trabalhos futuros são indicados. Por fim, o sexto capítulo, contendo todas as referências bibliográficas utilizadas neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste capítulo são apresentados trabalhos já realizados objetivando o monitoramento de frutas com o uso de dispositivos sem fio. Estes estudos abordam os conceitos Rede de Sensores sem Fio, sensores de temperatura, umidade, luminosidade e Agricultura de Precisão.

Marinho *et al* (2017), apresentou em seu artigo, como o desenvolvimento das comunicações sem fio e da eletrônica trouxeram as RSSF à realidade atual. Fenômenos naturais e variáveis tais como temperatura, umidade, luminosidade podem ser capturados e convertidos por sensores e em seguida transmitidos para serem analisados.

Alcantud e Rosa (2017) mostram que a utilização de RSSF no monitoramento culturas agrícolas podem contribuir nas tomadas de decisões, aumentando a produtividade e no uso racional da água. Segundo os autores, as maiores vantagens na utilização de RSSF é a ausência de cabeamento e praticidade no processo de instalação, tornando viável o monitoramento mesmo em áreas de difícil acesso, além do baixíssimo custo operacional.

Muller (2008), menciona que as perdas de flores, frutas e hortaliças após a colheita são atribuídas a ocorrência de podridões, senescência acelerada, perda da qualidade visual ou gustativa. Em muitos desses descartes, a causa primária pode ser atribuída ao controle impróprio de umidade, temperatura e luminosidade, fazendo com que esses alimentos sejam descartados por não estarem em condições apropriadas para o consumo e não apresentaram uma qualidade visual aceitável.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo são apresentados os fundamentos teóricos e conceitos que embasam este projeto de diplomação. As seções que seguem explicam conceitos fundamentais de sensores de umidade relativa do ar, sensores de temperatura, sensores de luminosidade, bem como a teoria quanto às técnicas estatísticas utilizadas, métodos paramétricos e métodos não paramétricos.

3.1 Sensores utilizados

Nessa subseção são apresentados os tipos de sensores utilizados para realizar a mensuração das variáveis ambientais analisadas nesse trabalho. São abordados o funcionamento de sensores de umidade relativa do ar, temperatura e umidade.

3.1.1 Sensores umidade relativa do ar

Os sensores de umidade relativa do ar são dispositivos eletrônicos que geralmente utilizam capacitores como transdutores de umidade para grandezas elétricas. A umidade relativa do ar altera o dielétrico desses capacitores, fazendo com que haja uma variação na capacitância que, posteriormente, circuitos osciladores convertem essa variação em uma grandeza elétrica. Esse tipo de sensor é importante para mensurar a umidade relativa do ar. A figura 1 apresenta uma tabela onde é possível observar que o ar seco tem na sua maior parcela de contribuição o Nitrogênio, Oxigênio e o Argônio.

Figura 1: Composição do ar seco à temperatura de 15C e pressão de 101325Pa

Molécula	Símbolo	Massa molecular (g mol ⁻¹)	n_i / n (%)
Nitrogênio	N ₂	28	78,084 (≈78)
Oxigênio	O ₂	32	20,9476 (≈21)
Argônio	Ar	40	0,934 (≈1)
Dióxido de Carbono	CO ₂	44	0,0314
Néon	Ne	20,2	0,001818
Metano	CH ₄	16	0,0002
Hélio	He	4	0,000524
Criptônio	Kr	83,8	0,000114
Hidrogênio	H ₂	2	0,00005
Xenônio	Xe	131,3	0,0000087

Fonte: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 1997 Edition

Além dos componentes apresentados na Figura 1, o ar atmosférico contém uma quantidade variável de vapor de água em função da temperatura. Esse vapor é resultante,

sobretudo, da incidência solar nos mares, lagos e rios. Quando ocorre essa incidência, parte dessa água é vaporizada e mistura-se com o ar atmosférico e passa a fazer parte de sua composição. A água vaporizada compõe o ar atmosférico com cerca de até 5% dos elementos constituintes conforme a tabela.

Conforme a lei de Dalton (Eq. 1), existe uma pressão parcial desse vapor de água vaporizado da superfície terrestre, e essa pressão do vapor de água é tão importante para entendimento de alguns fenômenos climáticos, denominado de e_a .

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad (1)$$

A equação de Tetens, define a pressão de vapor saturado (Eq. 2).

$$e_s = A \cdot e^{\left(\frac{17,3t}{237,3+t}\right)} [kPa] \quad (2)$$

Essa equação possui esses dois elementos, A e t :

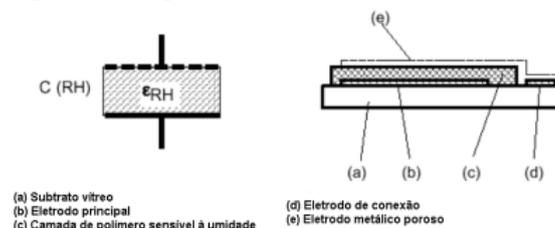
- A - Conhecido como constante psicrométrica, vale 0,6108 kPa;
- t - temperatura, dada em graus Celsius ($^{\circ}C$).

Uma vez que definimos a pressão do vapor de água no ar e a sua pressão de saturação, conseguimos determinar a umidade relativa do ar através da razão entre esses dois elementos, conforme é apresentado na equação 3.

$$UR = \frac{e_a}{e_s} \quad (3)$$

Segundo Muller (2008), a forma mais comum de se obter a medida de umidade é através da medição de umidade relativa. Os sensores de umidade capacitivos substituíram outros tipos por sua simplicidade, que, aliado à integração dos dispositivos eletrônicos, possibilitou o desenvolvimento de dispositivos miniaturizados. O sensor de umidade capacitivo é construído colocando um polímero entre os eletrodos metálicos e o conjunto é coberto por um substrato vítreo. Esse polímero, varia sua constante dielétrica conforme a quantidade de água ao redor dele. A figura 8 esboça o interior de um sensor de umidade capacitivo.

Figura 2: Diagrama simplificado de um sensor de umidade capacitivo



Fonte: Muller 2008

A capacitância do sensor de umidade é definida pela equação

$$C(UR) = \frac{(\epsilon_u r)(\epsilon_0)A}{d} \quad (4)$$

onde:

- ϵ_{ur} - permissividade dielétrica relativa [F/m]
- ϵ_0 - permissividade elétrica do vácuo. [F/m]
- A - área das placas [m]
- d - distância entre as placas [m]

Os sensores de umidade atuais, para facilitar o uso e mitigar a incerteza padrão atrelada à medida, já possuem seu circuito de condicionamento dos sinais internamente ao circuito integrado.

3.1.2 Sensores de temperatura

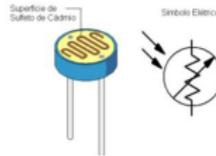
Segundo (TSE e MORSE, 1989), a temperatura é uma das variáveis mais importantes em qualquer processo, devido aos sistemas físicos, eletrônicos, químicos que são frequentemente afetados pelo calor. Em muitos processos industriais busca-se manter a temperaturas em níveis conhecidos e, para isso, sensores de temperatura são indispensáveis nessas aplicações. Quando se trata de cultivo, transporte e armazenamento de frutas, a longevidade desses alimentos está diretamente associada ao controle de temperatura das câmaras frigoríficas. Na eletrônica, muitos dispositivos são sensíveis ao calor, podendo ser danificados quando esse fenômeno não é monitorado, como no caso de processadores que podem falhar, baterias no seu processo de recarga, displays de cristal líquido, entre muitos outros componentes. Existem vários sensores de temperatura disponíveis no mercado, conforme a faixa de temperatura que se deseja mensurar. Os sensores de temperatura podem ser classificados em dois grandes grupos, os sensores absolutos, como os RTD (*Resistance Temperatura Detector*), pirômetros, termistores e os sensores de temperatura relativos, como os termopares. Neste trabalho, foi empregado um tipo de sensor absoluto, implementado em silício, baseado na variação de potencial das junções PN.

3.1.3 Sensor de luminosidade

Na eletrônica em geral, quando se quer monitorar a luminosidade, existem dois tipos de sensores mais usuais, os LDR (*Light Dependent Resistor*) e os fotodiodos. Os LDR, são dispositivos de dois terminais que apresentam uma resistência elétrica conforme o nível de luz incidida sobre a sua superfície. Segundo (GHELLERE, 2009), seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico. Assumindo que elementos condutores, na teoria eletrostática, possuem diferença energética entre a banda de valência e a banda de condução quase nula (sem oferecer obstáculos à passagem de corrente) e que materiais isolantes se comportam de maneira inversa (diferença energética muito grande), os semicondutores têm a diferença de energia entre o valor dos condutores e dos isolantes e necessitam de alguma força externa, como a luminosidade e a temperatura para conduzir corrente elétrica. Com a teoria em que a luz pode ser definida como pacotes de energia com determinados comprimentos de onda (energia transmitida a partir de fótons) e que um feixe luminoso está incidindo sobre uma superfície, os elétrons “presos” ao elemento tendem a interagir com os fótons, desde que estes atinjam um valor mínimo de frequência do material. Quando o LDR é exposto a um feixe luminoso, começa a dispor de elétrons livres, fazendo sua resistência diminuir, e, reduzindo o feixe luminoso, começam a faltar elétrons livres, aumentando a resistência do mesmo.

Segundo Kumar (2002), a relação entre a resistência e a luminosidade presente no LDR é dada pela figura 12.

Figura 3: Ilustração e Símbolo Elétrico do LDR



Fonte: WENDLING (2010)

$$R_{ldr} = \frac{R_{dark}}{La} \quad (5)$$

onde:

- R_{dark} - resistência em ohm sem presença de luz.
- R_{ldr} - resistência do LDR
- L - representa a luminosidade (em lux) incidente sobre o LDR.
- a - representa uma constante do material usado na construção do LDR(em ohm/lux)

Os fotodiodos, segundo (ASSUNÇÃO, 2012) são estruturas sensíveis à luz que convertem energia luminosa em corrente elétrica, possuindo parte do dispositivo exposta à luminosidade para haver absorção de fótons na região próxima à camada de depleção, formando pares de elétron-lacuna, tendo cada portador acelerado em um sentido diferente pelo campo elétrico da junção. Dois modos de operação dos fotodiodos são empregados: modo fotovoltaico, em que o circuito está aberto e a iluminação da junção faz surgir uma diferença de potencial (tensão), gerando uma corrente elétrica; e modo fotocondutivo, em que uma tensão externa é aplicada e com a iluminação do dispositivo, uma corrente flui no sentido oposto à corrente aplicada. Neste trabalho, foi empregado um sensor de luminosidade baseado em fotodiodo, integrado com amplificador de ganho programável, cujo valor de amplificação é selecionado automaticamente pelo firmware do nodo sensor.

3.2 Métodos paramétricos e não paramétricos

Nessa seção, são apresentados os métodos paramétricos e os métodos não paramétricos de análise estatística, uma vez que os dados dos sensores coletados fizeram uso dessa ferramenta para inferir as conclusões apresentadas nesse trabalho.

Segundo Sidney Siegel e N. John Castellan, JR (2008), quando se fala em análise de dados através de ferramentas estatísticas, dois grupos de ferramentas são citadas: as ferramentas de análise de dados paramétricos e as de análise de dados não paramétricos. A análise de dados paramétricos é uma análise que se baseia em analisar a média e o desvio padrão dos dados, enquanto a análise de dados não paramétricos baseia-se em analisar a mediana dos dados. Segundo o autor, sempre que possível, é preferível utilizar as ferramentas paramétricas por serem métodos mais robustos e poder inferir conclusões sobre os dados de maneira mais fácil do que quando se usa o modelo não paramétrico. A figura 4 apresenta um quadro com os métodos utilizados para analisar os dados paramétricos e não paramétricos.

Figura 4: Ferramentas paramétricas e não paramétricas

Testes paramétricos (médias)	Testes não paramétricos (medianas)
Teste t para 1 Amostras	Teste do Sinal para 1 Amostra, teste de Wilcoxon para 1 Amostra
Teste t para 2 Amostras	Teste de Mann-Whitney
ANOVA com um Fator	Kruskal-Wallis, Teste de Mood para a Mediana
DOE fatorial com um fator e um bloco	Teste de Friedman

Fonte: Sidney Siegel e N. John Castellan, JR (2008)

Para que as conclusões da análise dos dados paramétricos sejam validadas é necessário que os dados sejam adquiridos de forma aleatória, devem possuir a mesma variância dentro do grupo e seguirem uma distribuição normal, e para que as conclusões dos testes não paramétricos sejam validadas, é necessário que os dados dos diferentes grupos sigam a mesma dispersão.

3.2.1 Método não paramétrico - Kruskal Wallis

Segundo Sidney Siegel e N. John Castellan, JR (2008), o teste de Kruskal-Wallis não trabalha com as hipóteses de comparação dos parâmetros, não testa a hipótese de igualdade de médias e nem testa a igualdade de medianas. O teste de Kruskal-Wallis é indicado para testar a hipótese de que duas ou mais populações têm distribuição igual, ou não. Quando se aplica um teste de Kruskal-Wallis, estamos interessados em analisar os *rank* dos dados coletados e não os valores propriamente ditos, logo, esse método, torna-se robusto uma vez que valores muito discrepantes dentro do mesmo grupo influenciam os resultados gerais do grupo com menor influência do que quando se usa ferramentas paramétricas. Para o estudo de caso apresentado nesse trabalho, esse método acaba sendo o indicado, uma vez que no decorrer dos 4 dias de coleta, os dados coletados possuem valores consideravelmente diferentes dentro do mesmo grupo.

A análise de Kruskal Wallis é feita da seguinte maneira:

- Organização dos dados: Após obter os dados para os diferentes grupos de análise, se unem todos os dados em ordem crescente (*ranks*), e atribui-se valores de 1 até N , onde N é o número total das amostras dos grupos. Caso haja empate entre dois valores dos ranqueados, atribui-se o valor do posto médio aos valores experimentais empatados.
- Com os valores dos postos de cada grupo, calcula-se o valor estatístico H , através da equação 6.

$$H = \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \frac{12}{N(N+1)} - 3(N+1) \quad (6)$$

Onde:

k - Número de grupos;

N - Número total de medições experimentais;

R_i - Soma dos ranks de cada grupo;
 n_i - número de medidas em cada grupo;
 H - valor da estatística de Kruskal-Wallis.

- calculam-se os graus de liberdade através da equação 7.

$$G_L = (k - 1) \quad (7)$$

- Utiliza-se a tabela de Qui quadrado, figura 5, informando os graus de liberdade e o alpha. O alpha é o que indica o índice de confiabilidade estatística do método e na figura 5 ele é tabelado para os valores de 0,5%, 1%, 5%, 10%, 50%, 90%, 95%, 99% e 99,5%. Para o método de Kruskal, Wallis usa-se o valor de 5%, que representa um índice de significância de 95% em cima dos dados analisados, esses valores podem ser observado no quadrado vermelho na figura 5.

Figura 5: Tabela Qui Quadrado

gl	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,500	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,000	0,000	0,001	0,004	0,016	0,455	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	1,386	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	2,366	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	3,357	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	4,351	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	5,348	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	6,346	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	7,344	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	8,343	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	9,342	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	10,341	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	11,340	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	12,340	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	13,339	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	14,339	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	15,338	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	16,338	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	17,338	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	18,338	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	19,337	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	20,337	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	21,337	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	22,337	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	23,337	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	24,337	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	25,336	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	18,114	26,336	36,741	40,113	43,195	46,963	49,646
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	27,336	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	28,336	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	29,336	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
35	17,192	18,509	20,569	22,465	24,797	34,336	46,059	49,802	53,203	57,342	60,275
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	39,335	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
45	24,311	25,901	28,366	30,612	33,350	44,335	57,505	61,656	65,410	69,957	73,166
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	49,335	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490
55	31,735	33,570	36,396	38,958	42,060	54,335	68,796	73,311	77,380	82,292	85,749
60	35,534	37,485	40,482	43,188	46,459	59,335	74,397	79,082	83,298	88,379	91,952
70	43,275	45,442	48,758	51,739	55,329	69,334	85,527	90,531	95,023	100,425	104,215
80	51,172	53,540	57,153	60,391	64,278	79,334	96,578	101,879	106,629	112,329	116,321
90	59,196	61,754	65,647	69,126	73,291	89,334	107,569	113,145	118,136	124,116	128,299
100	67,328	70,065	74,222	77,929	82,358	99,334	118,498	124,342	129,561	135,807	140,169
110	75,550	78,458	82,867	86,792	91,471	109,334	129,385	135,480	140,917	147,414	151,948
120	83,852	86,923	91,573	95,705	100,624	119,334	140,233	146,567	152,211	158,950	163,648

Fonte: Sidney Siegel e N. John Castellan, JR (2008)

- Compara-se o valor obtido na tabela com o valor da estatística de Kruskal Wallis: se o valor for maior que o valor encontrado na tabela, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, os dados analisados possuem uma influência estatisticamente significativa, e pode-se inferir que, com 95% significância, ao menos 1 dos grupos tem diferença estatística. Caso contrário, a hipótese nula deve ser considerada, ou seja, a diferença entre os grupos analisados não possui influencia estatisticamente significativa.

Nesse trabalho, esse método foi utilizado porque se quer analisar a influência do ensacamento dos frutos em cada uma das variáveis medidas, umidade, luminosidade e temperatura. Como esse método analisa a influência de dois grupos diferentes no mesmo fenômeno, ele se torna o mais indicado para esse experimento.

4 MÉTODOS E MATERIAIS

O presente capítulo apresenta os métodos e materiais utilizados no desenvolvimento desse trabalho. O capítulo está dividido em duas seções: a primeira apresenta e explica o hardware utilizado na elaboração dos experimentos, e a segunda, explica quais foram os softwares utilizados no desenvolvimento do trabalho.

4.1 Hardware utilizado

O nodo para redes de sensores sem fio Namimote, previamente desenvolvido pelo grupo de pesquisas, foi utilizado para coletar todos dados mencionados nesse trabalho. O nodo possui integrados os sensores de temperatura, umidade e luminosidade. O sensor de temperatura utilizado é o MAX6610, que apresenta incerteza padrão de medida de ± 1 °C (Datasheet, MAX6610), na temperatura ambiente. Para o monitoramento da luminosidade, utilizou-se o sensor BH1603FVC com uma incerteza padrão de medida de ± 0.15 lux (Datasheet, BH1603FVC), dependendo do modo de operação, e, por fim, o sensor de umidade HIH 5031, que possui uma incerteza padrão de medida de $\pm 3\%$ da umidade relativa do ar (Datasheet, HIH 5031).

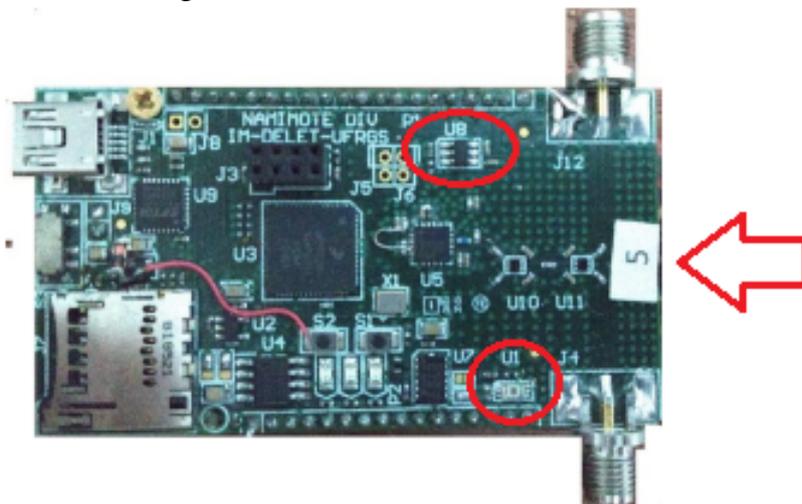
4.1.1 Sistema Namimote

Com o nodo Namimote é possível formar uma rede de sensores de baixo custo e consumo de bateria (MÜLLER *et al.*, 2012). A figura 6 apresenta o nodo. Na sua última versão, o dispositivo tem agregados sensores de temperatura, luminosidade e aceleração, e o sensor de umidade é adicionado através de uma placa tipo *piggyback*.

As principais características do hardware utilizado são:

- Monitoramento de umidade, temperatura e luminosidade;
- Micro controlador MC13224, da NXP Semiconductors, com processador ARM7 de 32 bits;
- Comunicação via protocolo IEEE 802.15.4;
- Amplificador RF de 100mW;
- Memória flash externa;
- Bateria de íons de Lítio de 800mA;
- Interface USB para comunicação e recarga da bateria;

Figura 6: Hardware da RSSF Namimote

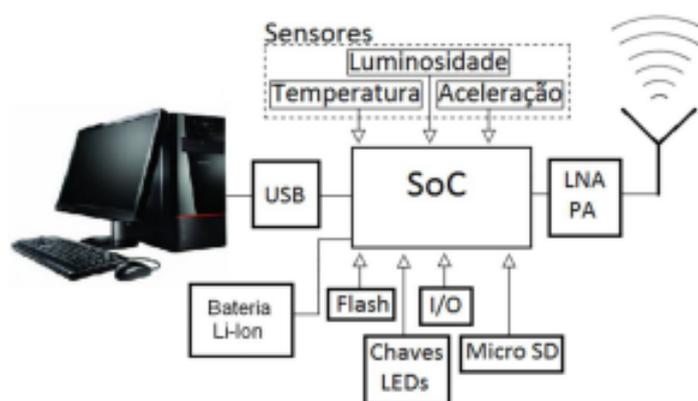


Fonte: BALLESTRIN, 2016

- Cartão Micro SD;
- Interface E/S via barras de pinos;
- LEDs e chaves;

Na figura 6, o sensor de temperatura é o componente U8, o sensor de luminosidade é o componente U1, ambos indicado pelos círculos vermelhos e o sensor de umidade está na outra face da placa, indicado pela seta vermelha.

Figura 7: Diagrama de blocos do hardware da RSSF Namimote



Fonte: BALLESTRIN, 2016

Conforme é apresentado na figura 7, a placa do Namimote pode ser conectada a um computador pela interface USB, deste modo, consegue-se enviar os dados dos sensores que podem ser registrados em arquivos txt no computador, através do software previamente desenvolvido. Outra forma de se gravar os dados é através de um cartão SD, com soquete integrado ao hardware.

4.1.2 Sensor de umidade HIH 5031

Para o monitoramento da umidade é utilizado o sensor HIH 5031, fabricado pela Honeywell. A figura 8 apresenta uma imagem do sensor.

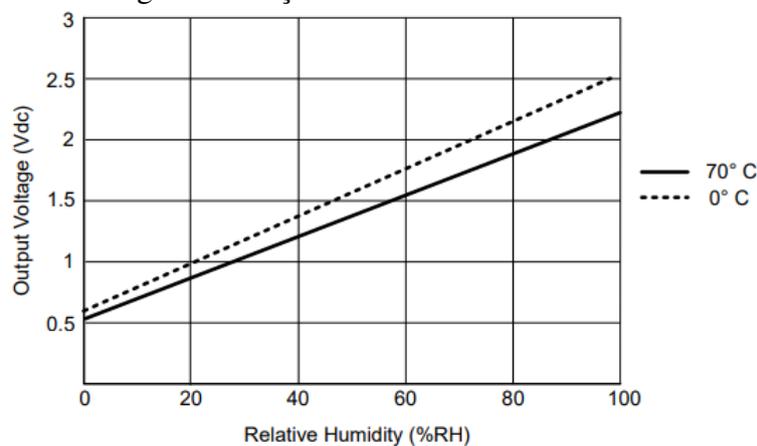
Figura 8: Sensor de umidade HIH 5031



Fonte: Datasheet, HIH 5031

O HIH 5031, realiza as medidas de umidade através de efeito capacitivo e internamente converte a variação de capacitância em valores de tensão. A função de transferência fornecida pelo fabricante é apresentada na figura 9.

Figura 9: função de transferência HIH 5031



Fonte: Datasheet, HIH 5031

A descrição da função de transferência em 25°C é apresentada na equação 8.

$$V_{out} = (V_{cc})(0.00636(UR) + 0,1515) \quad (8)$$

Podemos observar na figura 9 que sua função de transferência varia consideravelmente em função da temperatura, por esse motivo, o *datasheet* do componente fornece a equação 9 para corrigir essa variação.

$$U_{Rcorrectada} = \frac{UR}{(1,0546 - 0,00216T)} \quad (9)$$

O sensor de umidade HIH 5031 não faz essa correção de forma automática, logo, os dados do sensor de temperatura MAX6610 é utilizado para realizar esse ajuste.

4.1.3 Sensor de luminosidade BH1603FVC

Para o monitoramento da luminosidade, o Namimote conta com o sensor BH1603FVC fabricado pela Rohm Semiconductor. A figura 10 apresenta uma imagem do sensor.

Figura 10: Sensor de luminosidade BH1603FVC



Fonte: Datasheet BH1603FVC

O BH1603FVC usa um fotodiodo como transdutor de luminosidade e possui o circuito de condicionamento interno ao circuito integrado. Esse circuito de condicionamento tem ganho selecionável conforme as faixas de luminosidade as quais o sensor é exposto.

Figura 11: modo de operação BH1603FVC

GC2	GC1	Mode
0	0	Shutdown
0	1	H-Gain Mode
1	0	M-Gain Mode
1	1	L-Gain Mode

Fonte: *datasheet* BH1603FVC

Para cada modo de operação da figura 11 o sensor possui uma função de transferência.

- Modo de operação H - função de transferência

$$V_{out} = \frac{0,6EV R1}{10^6} \quad (10)$$

- Modo de operação M - função de transferência

$$V_{out} = \frac{0,06EV R1}{10^6} \quad (11)$$

- Modo de operação L - função de transferência

$$V_{out} = \frac{0,006EV R1}{10^6} \quad (12)$$

onde:

R1 - é o resistor de carga, cujo valor utilizado no hardware é 6,8 k e EV e o valor da luminosidade em LUX.

4.1.4 Sensor de temperatura MAX6610

Para o monitoramento da temperatura é utilizado o sensor MAX6610, fabricado pela MAXIM. A figura 12 apresenta uma imagem do sensor.

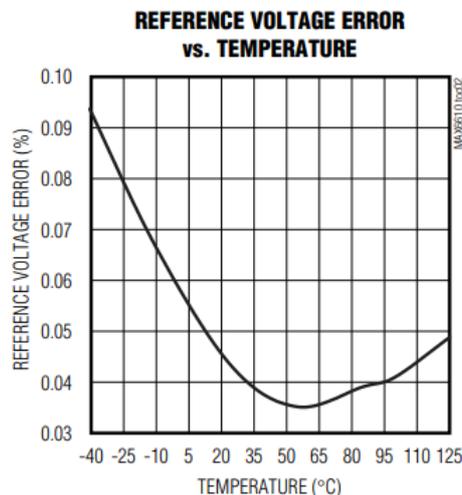
Figura 12: Sensor de temperatura MAX6610



Fonte: Datasheet, MAX6610

Além de ser utilizado como sensor temperatura, o MAX6610 inclui uma referência de tensão, utilizada como referência ao ADC do microcontrolador. Em toda faixa operacional de temperaturas, ele possui um erro na tensão de referência em torno de 0,1%, conforme é apresentado na figura 13.

Figura 13: Erro de tensão MAX6610



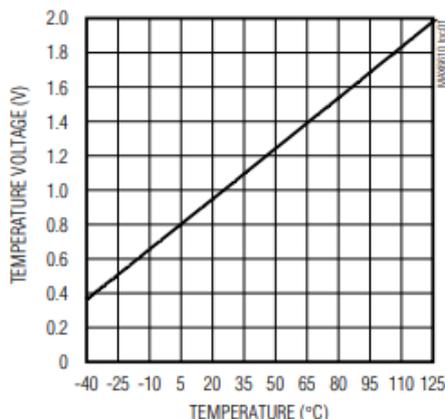
Fonte: Datasheet, MAX6610

A função de transferência de temperatura para tensão do componente pode ser visualizada na figura 14 e advém da equação 13.

$$V_{out} = 0,01T + 0,750 \quad (13)$$

Onde T é a temperatura em graus Celsius.

Figura 14: função de transferência MAX6610



Fonte: *datasheet* MAX6610

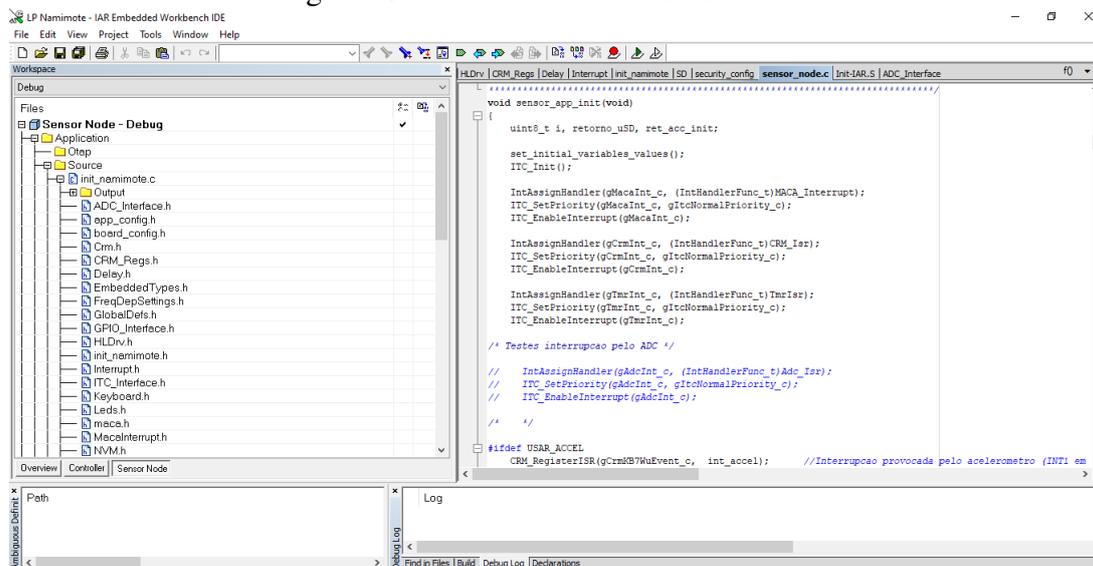
4.2 Software

O IDE IAR Embedded Workbench é utilizado para gravar o firmware as placas Nanimote nas configurações sensor e coletor, e o IDE Borland C++ Builder, utilizado para gerar o aplicativo executável para PC, responsável por armazenar os dados nos arquivos de texto. A planilha de cálculo Excel é utilizada para fazer um tratamento prévio nos dados coletados, separando os dados em arquivos para cada um dos sensores e em cada dia de coleta, e o Minitab é utilizado para realizar as análises estatísticas.

4.2.1 IAR Embedded Workbench IDE

O software utilizado para compilar, gravar e depurar os códigos, o IAR Embedded Workbench, é um ambiente de desenvolvimento integrado para a construção de aplicativos embarcados utilizando as linguagens Assembly, C e C++.

Figura 15: IAR Embedded Workbench IDE



Fonte: O autor

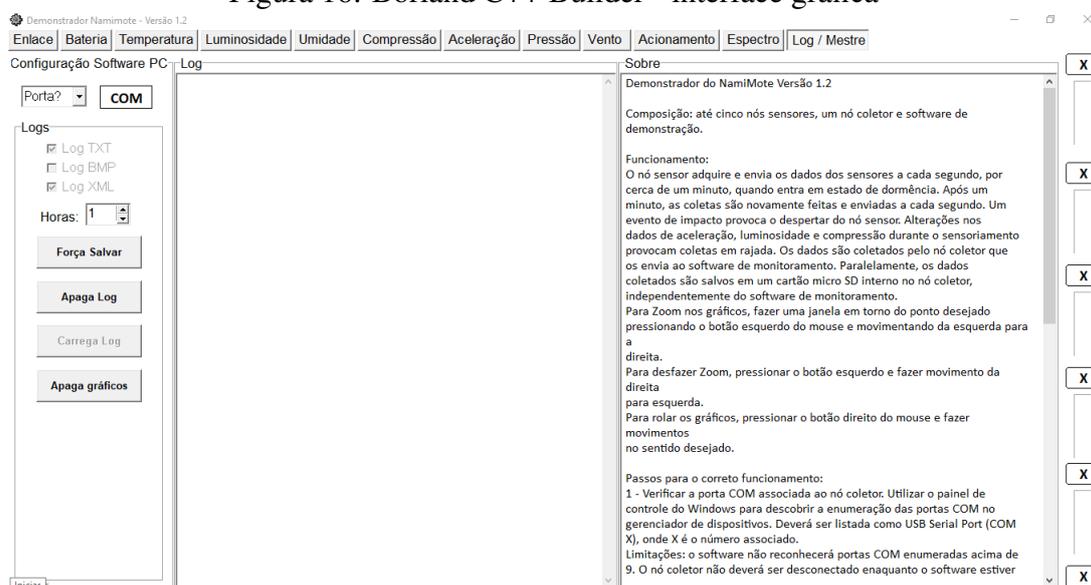
O software apresenta a facilidade para que, apenas marcando um *check box* que pode

ser observado no canto inferior esquerdo da figura 15, compila-se o código fonte para ser utilizado no coletor ou no sensor de dados.

4.2.2 Borland C++ Builder

O software utilizado para gerar gráficos e organizar dados enviados pelos sensores foi desenvolvido em C++. Trata-se de um ambiente de desenvolvimento voltado para geração de programas para computador com o sistema operacional Windows.

Figura 16: Borland C++ Builder - interface gráfica



Fonte: O autor

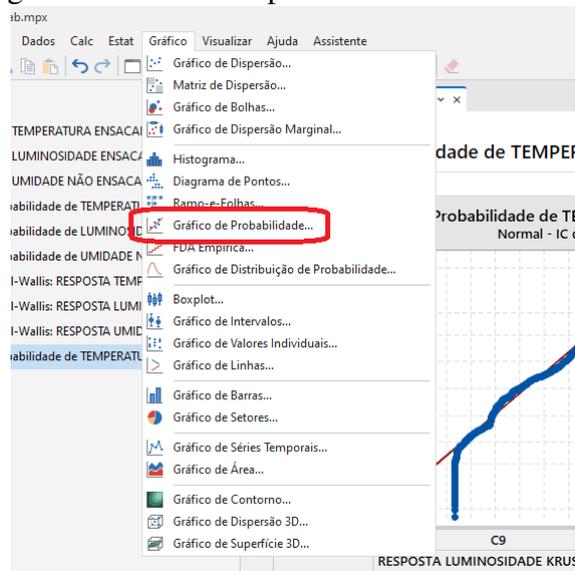
O ambiente de desenvolvimento tem a facilidade de já ter implementado de maneira gráfica todos os botões e menus de navegação utilizados neste trabalho. A figura 16 apresenta a parte gráfica do software desenvolvido para o computador. O espaço indicado na figura 16, nomeado de Log, é o objeto onde são gerados e armazenados os arquivos gravados no computador contendo os dados coletados dos sensores, utilizado também para verificar de maneira visual o funcionamento correto dos sensores.

4.2.3 Software de análise de dados estatísticos - MINITAB

O software utilizado para analisar os dados coletados foi o MINITAB versão 19.1. Trata-se de uma ferramenta de análise estatística versátil, empregada para realizar todas as análises necessárias para este trabalho. As ferramentas disponíveis no Minitab e utilizadas nesse trabalho são apresentadas nas figuras 17, 18, 19 e 20.

A ferramenta de análise de probabilidade foi utilizada para analisar a distribuição dos dados. Essa ferramenta informa o valor do índice de significância, também conhecido como “p”, e tem o seu *layout* apresentado na figura 17.

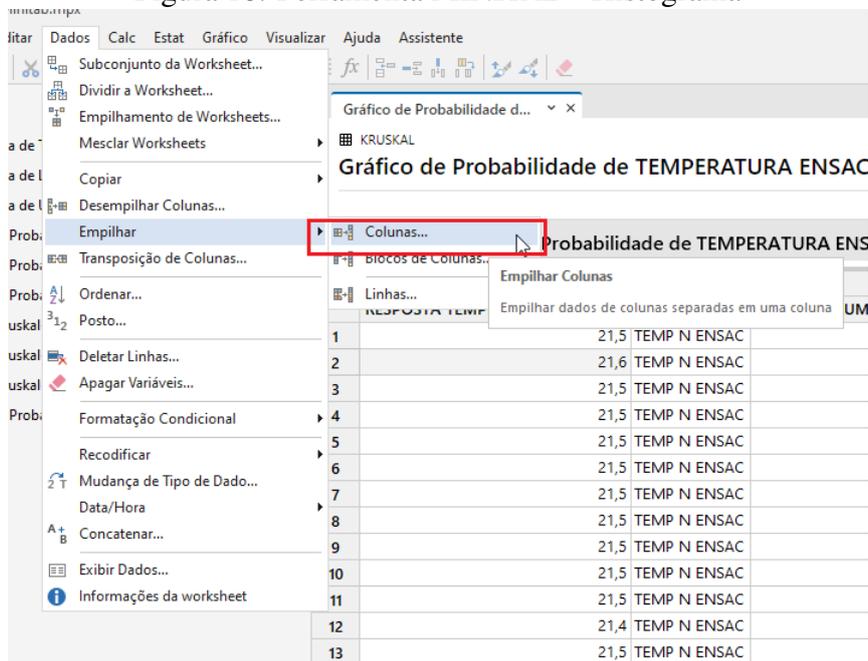
Figura 17: Análise de probabilidade - MINITAB



Fonte: O autor

A ferramenta utilizada para analisar a distribuição dos dados graficamente foi o histograma, com o seu *layout* apresentado na figura 18.

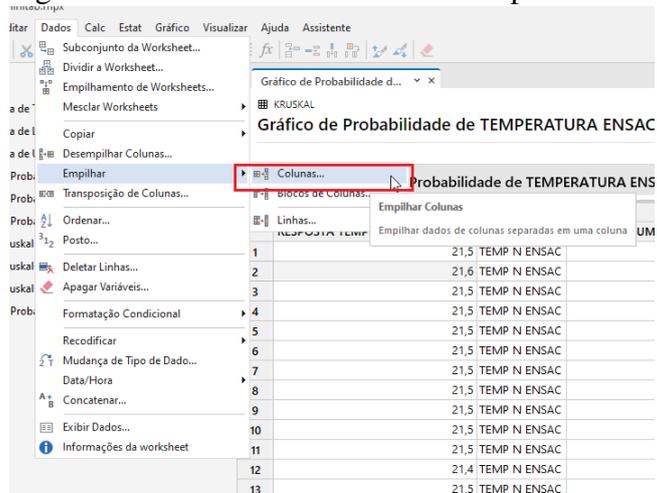
Figura 18: Ferramenta MINITAB - Histograma



Fonte: O autor

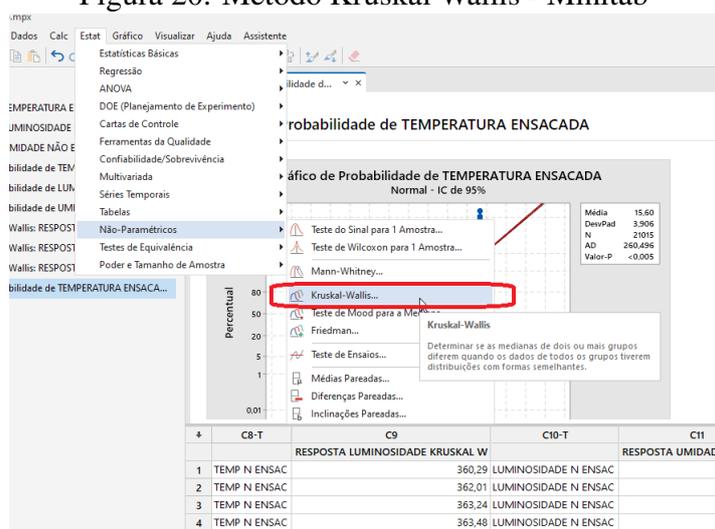
Para aplicar os métodos de análises estatísticas propostos nesse trabalho, é necessário classificar os dados em grupos, que, para esse estudo de caso, são divididos em dados dos sensores ensacados, que são os sensores com os cachos de bananas ensacados, e dados dos sensores não ensacados, os sensores que estão com os cachos de banana não ensacados. Devido ao elevado número de dados colhidos, inserir essa coluna de classificação seria bastante oneroso, para isso, utilizou-se a ferramenta do Minitab chamada empilhamento. Ela tem o seu *layout* apresentado na figura 19.

Figura 19: Ferramenta MINITAB - Empilhamento



Fonte: O autor

Figura 20: Metodo Kruskal Wallis - Minitab



Fonte: O autor

O método estatístico utilizado no estudo de caso apresentado nesse trabalho é o método Kruskal Wallis, que entrega como resposta se os dados dentro dos grupos analisados podem ou não serão influenciados pelo grupo. Esse método irá informar se os ensacamentos das bananas influenciam nas medidas de temperatura, umidade e luminosidade. A ferramenta tem o seu *layout* apresentado na figura 20.

As figuras 20 e 19 apresentam a interface gráfica do *software* utilizado para fazer a análise dos dados, indicando dentro do Minitab o local onde se aplica cada uma das ferramentas.

5 EXPERIMENTO

O presente capítulo apresenta a metodologia da avaliação experimental, desde a etapa de coleta de dados, tratamento de dados, até a análise do que foi coletado.

5.1 Coleta dos dados

Os dados foram coletados durante quatro dias seguidos em uma propriedade rural. Foram realizadas as coletas dos dados em cachos de bananas, conforme apresentado nas figuras 21 e 22. O experimento foi realizado utilizando 2 sensores Namimote ensacados e 2 não ensacados, conforme as figuras apresentam.

Figura 21: Sensor ensacado



Fonte: O autor

Utilizaram-se garrafas plásticas para proteger a integridade do sensor contra chuva, sereno e parasitas que pudessem encostar nas placas durante os ensaios, conforme é

Figura 22: Sensor não ensacado



Fonte: O autor

apresentado na figura 23. Ainda assim, as garrafas não impedem a entrada de luz e umidade.

Um sexto nodo Namimote foi configurado como coletor dos dados e conectado a um computador PC durante todo o processo de coleta dos dados. Os dados adquiridos pelos sensores foram enviados via enlace de rádio frequência para o coletor, responsável por concatenar os valores vindos de todos os sensores e enviar para o computador via interface USB, gravados periodicamente em um arquivo texto. Os sensores enviavam para o coletor aproximadamente 15 valores de umidade, temperatura e luminosidade por minuto. O software desenvolvido para o computador armazena esses dados em arquivo texto com uma frequência de 4 horas.

Todos os dados enviados dos sensores para o coletor possuem um número de identificação única. Os números de identificação 33 e 5, representam os sensores não ensacados e os números de identificação 31, 12 e 10, representam os sensores ensacados. Durante os testes, uma das placas ensacadas parou de fornecer dados válidos, informando valores fisicamente impossíveis. Esses dados foram descartados para a correta análise dos resultados.

5.1.1 Primeiro dia de coletas dos dados

No primeiro dia de coleta dos dados, foram coletados aproximadamente 189 mil dados ao total, nos quais, 63 mil são informações de temperatura, 63 mil são de luminosidade e 63 mil são de umidade. Os resultados dessa coleta podem ser visualizados na figuras 24, 25 e 26.

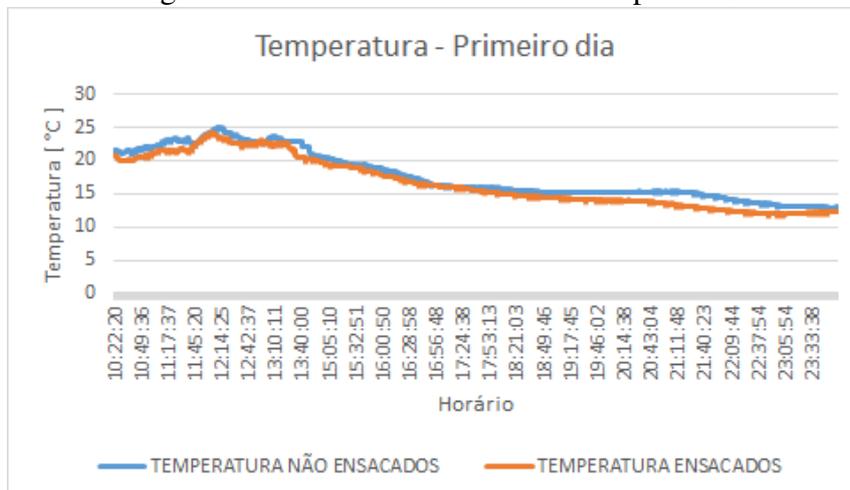
Figura 23: Garrafa de plástico para proteger o sensor



Fonte: O autor

Na figura 24, pode-se observar que no início da tarde, tem-se um decaimento significativo na temperatura dos sensores ensacados e também nos sensores não ensacados, isso se dá devido à chuva que se iniciou após as 13:00 horas.

Figura 24: Primeiro dia de coleta - temperatura



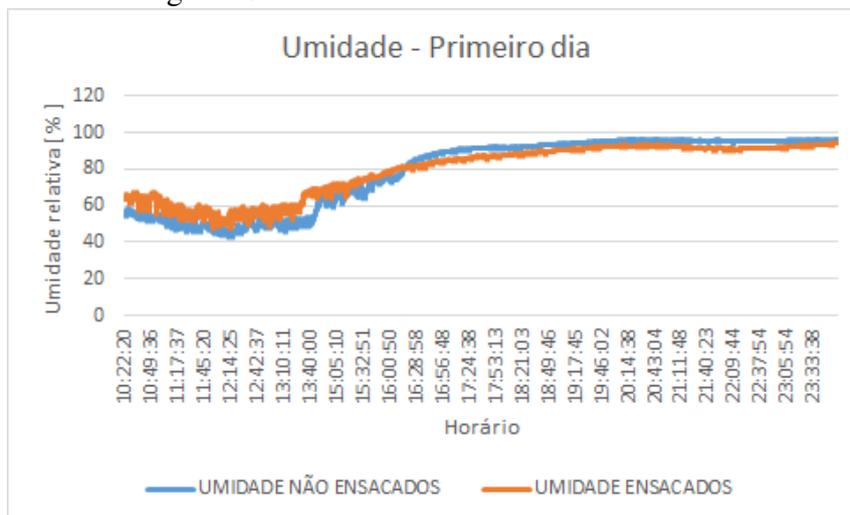
Fonte: O autor

Essa chuva se intensificou no entorno das 17:00 horas, e esse fenômeno pode ser observado na figura 25, que apresenta um aumento da umidade relativa do ar, e também na figura 26, que apresenta o decaimento da luminosidade devido a nuvens carregadas.

Vale ressaltar que no primeiro dia de coleta, os sensores de luminosidade que ficaram fora o ensacamento tiveram uma incidência de luminosidade menor do que os sensores que ficaram ensacados, essa diferença se dá devido ao sombreamento de elementos que estavam ao redor da bananeira analisada (folhas de outras árvores além das da própria bananeira).

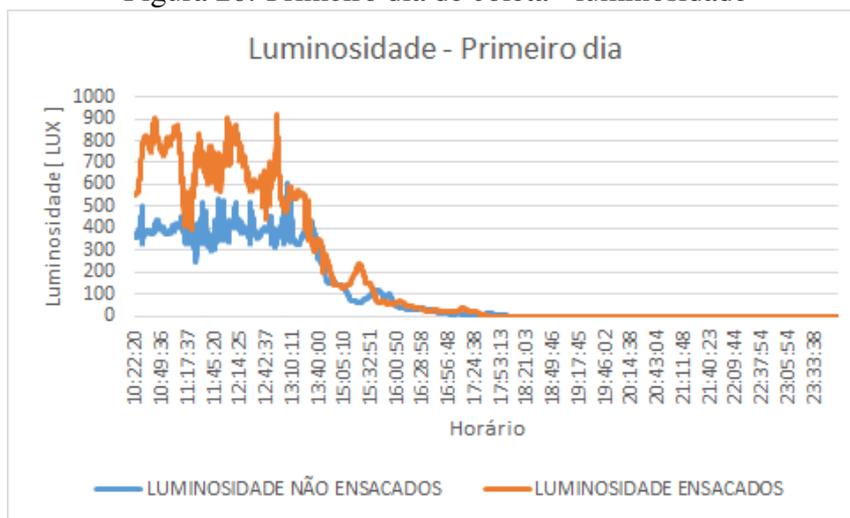
Pode-se observar também na figura 26 que após as 18:00 anoiteceu e os valores de incidência luminosa sobre os sensores ficaram zerados.

Figura 25: Primeiro dia de coleta - umidade



Fonte: O autor

Figura 26: Primeiro dia de coleta - luminosidade



Fonte: O autor

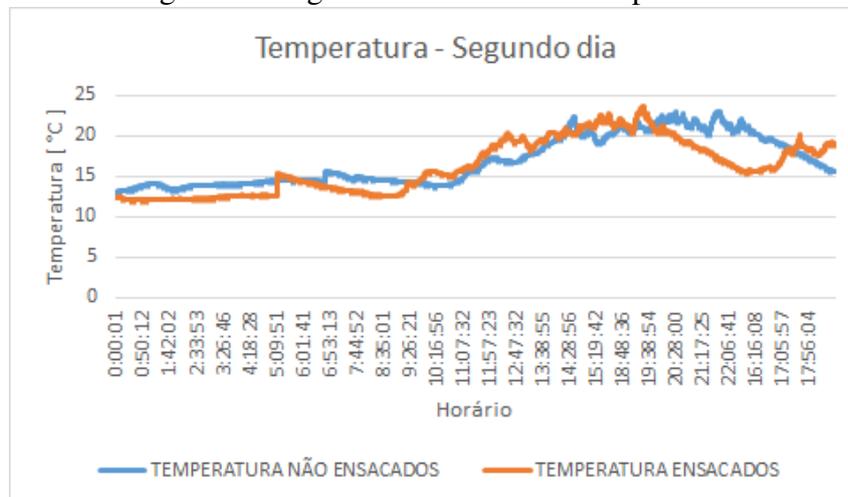
5.1.2 Segundo dia de coleta dos dados

No segundo dia de coleta, foram coletados aproximadamente 324 mil dados totais, nos quais, 108 mil são informações de temperatura, 108 mil são de luminosidade e 108 mil são de umidade. Os resultados desse dado podem ser visualizados nas figuras 27, 28 e 29.

Na figura 27, pode-se observar que no período da manhã a temperatura permaneceu relativamente constante e em torno de 13°C. Os dados dos sensores não ensacados possuíam uma temperatura ligeiramente maior do que os dados ensacados, isso é justificado pelo ensacamento, em que sua superfície consegue reter gotículas de água do sereno da madrugada, fazendo com que a temperatura interna seja ligeiramente menor. Após as 8:00 horas, devido à incidência solar sobre essas gotículas, ocorre evaporação. Essa característica deixa de ser observada e a temperatura dos dados dos sensores ensacados passam a ser ligeiramente maiores do que as dos dados dos sensores não ensacados. Esse fenômeno permanece ao longo de todo o restante do dia até que ocorra o anoitecer, e o

sereno faz com que a temperatura interna dos sensores ensacados seja ligeiramente menor do que as dos sensores não ensacados.

Figura 27: Segundo dia de coleta - temperatura



Fonte: O autor

Na figura 28, pode-se observar que durante a madrugada, a umidade captada pelos sensores ensacados e também pelos não ensacados, apresentaram valores similares e constantes por todo o período. Em torno das 05:30 da manhã, com o nascer do sol, é possível observar que os dados dos sensores ensacados tiveram uma diminuição considerável do valor de umidade. Essa variação pode ser explicada devida a incidência solar sobre as gotículas de água que o sereno da madrugada geraram sobre o sensor. Aproximadamente 30 minutos depois, pode-se observar esse mesmo efeito sobre os dados dos sensores não ensacados. Essa diferença se dá pela localização geográfica dos sensores: o sensor de umidade ensacado recebeu uma incidência solar antes do sensor não ensacado. Ao longo do dia ambos os sensores apresentaram valores de umidade semelhantes, até o início de anoitecer, onde o sensor de umidade ensacado apresentou valores levemente maiores, devido às gotículas de água oriundas do sereno se concentrarem novamente sobre a superfície do ensacamento.

Na figura 29, pode se observar que a luminosidade permaneceu nula durante toda a madrugada, e que após o início da manhã apresentou um valor elevado no sensor ensacado. Isso se dá devido a sua localização geográfica, fazendo com que alguma fonte de luz externa desconhecida gerasse esse valor elevado.

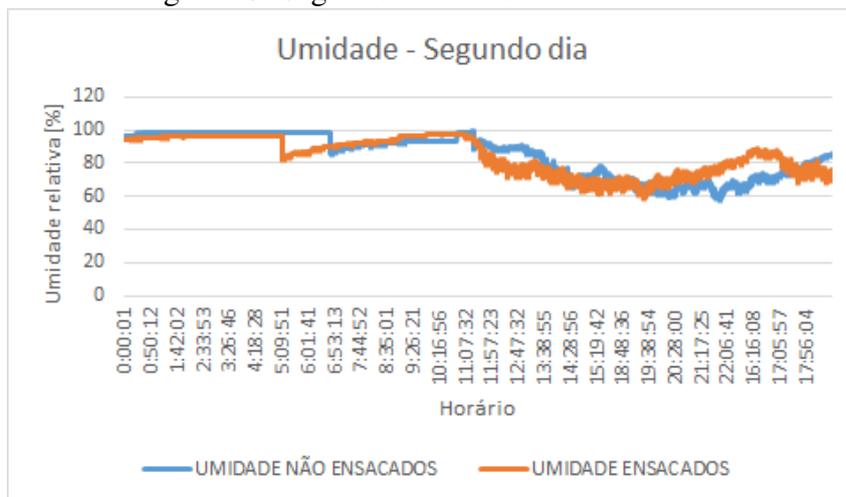
Vale ressaltar que no segundo dia de coletas de dados, por volta de 5 horas da manhã, foi perdido algumas amostras de dados, ocasionando inconsistência visuais nos gráficos.

5.1.3 Terceiro dia de coletas dos dados

No terceiro dia de coleta, foram coletados aproximadamente 135 mil dados totais, nos quais, 45 mil são informações de temperatura, 45 mil são de luminosidade e 45 mil são de umidade. Os resultados podem ser visualizados na figuras 30, 31 e 32.

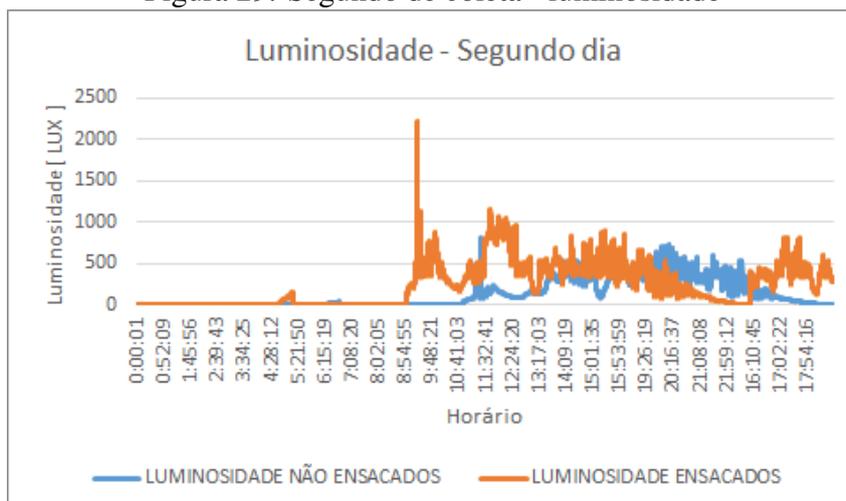
Na figura 30, pode-se observar uma diferença significativa no valor da temperatura dos dados dos sensores ensacados em relação aos dados dos sensores não ensacados. A temperatura dos sensores ensacados é menor que nos não ensacados. Essa característica se dá até o início da tarde, onde a temperatura dos sensores não ensacados ultrapassam

Figura 28: Segundo dia de coleta - umidade



Fonte: O autor

Figura 29: Segundo de coleta - luminosidade



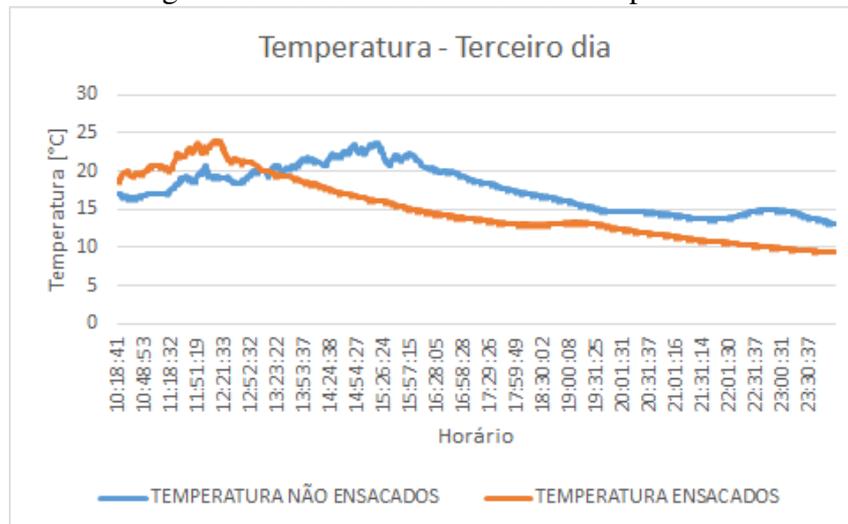
Fonte: O autor

a temperatura dos ensacados, e essa diferença se mantém ao longo do dia. Nota-se nesses dois gráficos, que o fator ensacamento produz um “atraso” no valor da temperatura.

Na figura 31, pode-se verificar o mesmo efeito observado na temperatura para a umidade, onde os dados de umidade de sensores não ensacados possuem um atraso quando comparados com os ensacados. Ao longo da manhã, os sensores não ensacados apresentaram um valor ligeiramente maior do que os ensacados, e essa diferença é alterada no decorrer do dia, quando, perto das 13:00 horas, os valores da umidade dos sensores ensacados se tornam maiores do que os dos não ensacados.

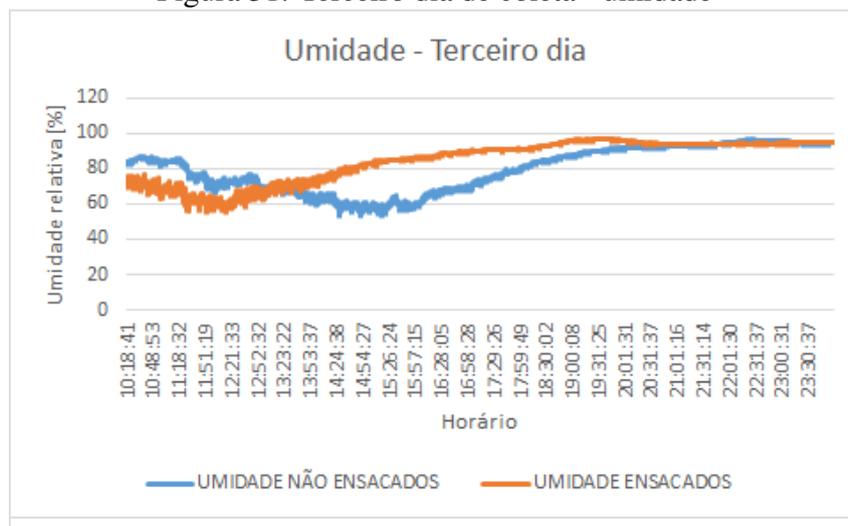
Os dados de luminosidade dos sensores ensacados, conforme apresentado na figura 32, possuem um valor ligeiramente maior do que os dados de luminosidade dos sensores não ensacados. Isso pode ser justificado, como comentado nos dados dos dias anteriores, devido a efeitos de sombreamento externo sobre os sensores não ensacados.

Figura 30: Terceiro dia de coleta - temperatura



Fonte: O autor

Figura 31: Terceiro dia de coleta - umidade



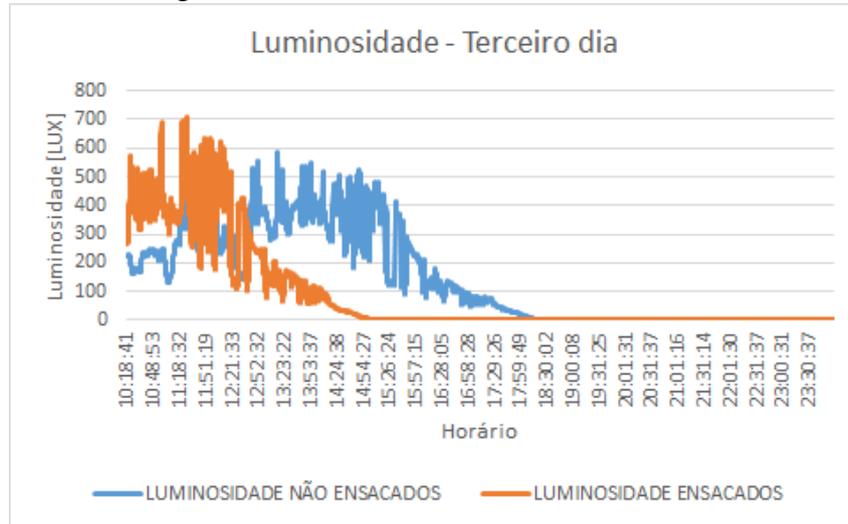
Fonte: O autor

5.1.4 Quarto dia de coleta dos dado

No quarto dia de coleta, foram coletados aproximadamente 162 mil dados totais, nos quais, 54 mil são informações de temperatura, 54 mil são de luminosidade e 54 mil são de umidade, os resultados desses dados, podem ser visualizados nas figuras 33, 34 e 35. Na figura 33, pode-se observar que durante o período da madrugada e início da manhã, a temperatura dos dados dos sensores não ensacados foi ligeiramente maior. Conforme o dia foi amanhecendo, o valor da temperatura dos sensores ensacados foi aumentando até perto das 6:00 horas da manhã, onde o valor da temperatura dos sensores ensacados foi maior que os não ensacados.

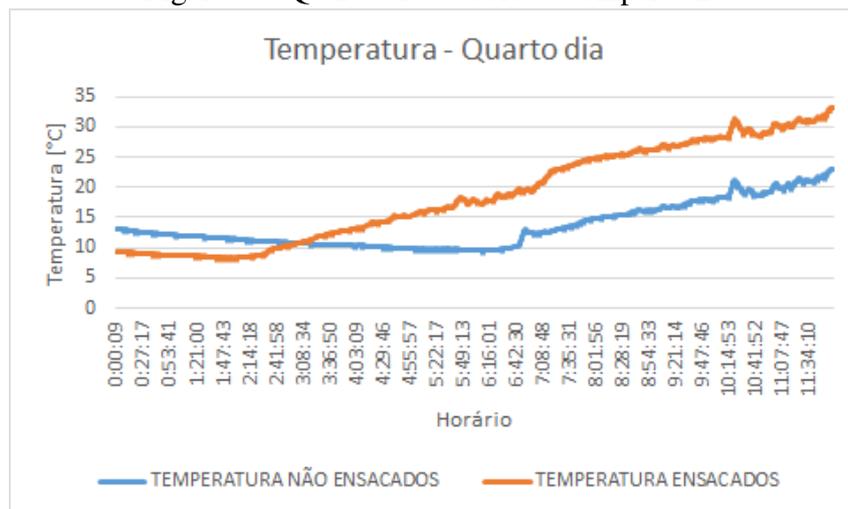
Na figura 34, pode-se observar que durante toda a madrugada os valores da umidade foram constantes e muito similares em ambos os casos. Conforme o dia foi amanhecendo, o valor da umidade dos dados ensacados foi diminuindo e os dados não ensacados permaneceu constante.

Figura 32: Terceiro de coleta - luminosidade



Fonte: O autor

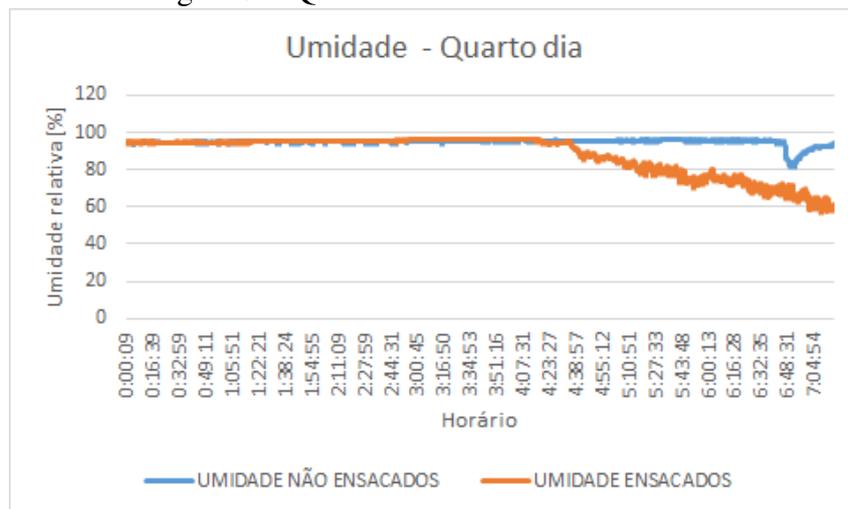
Figura 33: Quarto dia de coleta - temperatura



Fonte: O autor

Na figura 35, pode-se observar que durante toda a madrugada que a luminosidade dos sensores não ensacados permaneceu nula, enquanto as dos dados ensacados tiveram variações, isso pode ser justificado conforme foi comentado nos dias anteriores, os quais são devido à posição geográfica desse sensor incidência de fonte de luz externas e desconhecidas.

Figura 34: Quarto dia de coleta - umidade



Fonte: O autor

Figura 35: Quarto de coleta - luminosidade



Fonte: O autor

5.2 Tratamento dos dados coletados

De posse de todos os dados coletados, antes de iniciar as análises estatísticas, foi necessário efetuar algumas modificações nos arquivos fornecidos pelo software do computador, alterações essas apresentadas nessa seção.

5.2.1 Tratamento inicial dos dados

Os arquivos de textos fornecidos pelo software do computador, são apresentados na figura 36. É possível observar na figura que o software do computador grava os arquivos de texto a cada 4 horas. Esse valor foi definido para evitar um tempo muito curto em cada gravação, para que não gerasse muitos arquivos. Por outro lado, o período não poderia ser muito longo, porque se algum hardware fosse danificado ou ficasse sem bateria, todos os dados do período seriam perdidos. Dito isso, foi definido o valor de 4 horas como adequado.

Conforme apresentado na figura 37, todos os arquivos de texto salvos pelo software

Figura 36: Arquivos de texto fornecidos pelo software do computador

LOG_ID1392448	30/09/2022 12:48
LOG_ID1392481	30/09/2022 13:21
LOG_ID1392510	30/09/2022 13:50
LOG_ID1392559	30/09/2022 14:39
LOG_ID1392804	30/09/2022 18:44
LOG_ID1392868	30/09/2022 19:48
LOG_ID1393044	30/09/2022 22:44
LOG_ID1393284	01/10/2022 02:44
LOG_ID1393524	01/10/2022 06:44
LOG_ID1393715	01/10/2022 09:55
LOG_ID1393750	01/10/2022 10:30
LOG_ID1393764	01/10/2022 10:44
LOG_ID1393878	01/10/2022 12:38
LOG_ID1394004	01/10/2022 14:44
LOG_ID1394244	01/10/2022 18:44
LOG_ID1394372	01/10/2022 20:52
LOG_ID1394484	01/10/2022 22:44
LOG_ID1395416	02/10/2022 14:16
LOG_ID1395461	02/10/2022 15:01
LOG_ID1395656	02/10/2022 18:16
LOG_ID1395896	02/10/2022 22:16
LOG_ID1396136	03/10/2022 02:16
LOG_ID1396376	03/10/2022 06:16
LOG_ID1396616	03/10/2022 10:16
LOG_ID1396718	03/10/2022 11:59

Fonte: O autor

do computador, tem esse cabeçalho, dificultando a leitura dos desses arquivos pelo Excel e pelo Minitab. Desse modo, foi necessário abrir um a um e remover o cabeçalho.

Figura 37: Cabeçalho dos arquivos salvos

```

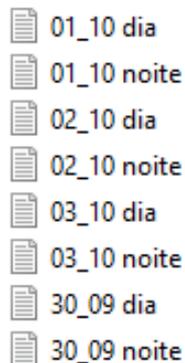
B94372 - Gravou LOG no HD
01/10/2022 20:52:30 10 163 0 -73 180,9 4,09 62720,59 147,78
01/10/2022 20:52:32 12 224 0 -81 13,4 4,09 0,98 90,59
01/10/2022 20:52:33 10 168 0 -81 180,9 4,09 62720,59 147,78
01/10/2022 20:52:34 5 4 0 -63 14,3 3,87 4,9 94,25
01/10/2022 20:52:34 33 28 0 -74 14,4 4,01 0 92,22
01/10/2022 20:52:36 10 175 0 -75 180,9 4,09 62720,59 147,78

```

Fonte: O autor

O único parâmetro que os dados salvos seguem é o horário de 4 horas, sendo assim, dados adquiridos no dia anterior e que ainda não foram salvos por não terem passado esse período, quando fossem salvos, estariam juntos com os dados da madrugada do dia seguinte. Assim, foram criados dois diretórios separando os dados coletados na parte da manhã e os dados coletados na parte da noite, de tal forma que todos os dados seriam analisados dentro do mesmo dia. A figura 38 mostra os arquivos que separam os dados coletados nos diferentes turnos dentro do mesmo dia.

Figura 38: Dados separados por turno



Fonte: O autor

Figura 39: Dados dos sensores dentro do mesmo arquivo

20:52:46	10
20:52:49	10
20:52:52	33
20:52:52	12
20:52:52	10
20:52:55	10
20:52:59	10
20:53:01	33

Fonte: O autor

Os dados que o coletor envia para o software do computador são dispostos na sequência que ele recebe dos sensores, isso significa que nos arquivos salvos, os dados recebidos dos sensores ensacados estariam misturados com os dados dos sensores não ensacados, conforme é apresentado na figura 39, onde os números destacados em vermelho representam os identificadores únicos de cada um dos sensores utilizados. Para organizar e separar os dados em dois grupos: ensacados e não ensacados, utilizaram-se os filtros disponíveis no Excel, conforme é apresentado na figura 40.

Com todos os dados coletados e separados em seus respectivos grupos, foi utilizado o software Minitab, mas antes de iniciar a análise, o software Minitab demanda uma coluna ao lado do dado a ser processado, referenciando a qual grupo esses dados pertencem. Para o caso desse estudo, têm-se os seguintes grupos: dados de temperatura ensacados e dados de temperatura não ensacados, dados de umidade ensacados e dados de umidade não ensacados e, por fim, dados de luminosidade ensacados e dados de luminosidade não ensacados. Como o experimento resultou em um número expressivamente elevado de dados

Figura 40: Filtro para organizar sensores ensacados e não ensacados

	A	B	C	D	E
	DATA	HORA	IDSENSOR	TEMP	LUMINOSIDADE
30/C				21,2	1473,04
30/C				21,2	1477,94
30/C				21,2	1482,84
30/C				21,2	1487,75
30/C				21,2	1490,2
30/C				21,3	1495,1
30/C				21,4	1507,35
30/C				21,4	1509,8
30/C				21,4	1517,16
30/C				21,5	1519,61
30/C				21,5	1529,41
30/C				21,5	1531,86
30/C				21,5	1524,51
30/C				21,5	1558,82
30/C				21,6	1566,18
30/C				21,5	1580,88
30/C				21,6	1575,98
30/C				21,5	1583,33
30/C				21,6	1588,24
30/C				21,6	1590,69
30/09/2022	10:25:36	5	21,6	1583,33	
30/09/2022	10:25:46	5	21,7	1588,24	

Fonte: O autor

coletados, inserir no Excel essa coluna classificando qual é o tipo de cada dado tornou-se inviável, então utilizou-se uma ferramenta do próprio Minitab chamada “empilhamento”, conforme é apresentado na figura 19.

Após realizar o empilhamento para cada uma das variáveis analisadas, temperatura, umidade e luminosidade, o Minitab classifica esses dados como dados de sensores ensacados e dados de sensores não ensacados, conforme apresentado na figura 41.

Uma vez que os dados estão classificados no Minitab com seus respectivos grupos, pode-se aplicar as ferramentas estatísticas.

Figura 41: Classificação dos dados em grupos

C7	C8-T	C9	C10-T	C11	C12-T
RESPOSTA TEMPERATURA KRUSKAL		RESPOSTA LUMINOSIDADE KRUSKAL W		RESPOSTA UMIDADE KRUSKAL	
21,5	TEMP N ENSAC	360,29	LUMINOSIDADE N ENSAC	63,10	UMIDADE ENSAC
21,6	TEMP N ENSAC	362,01	LUMINOSIDADE N ENSAC	63,76	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	363,24	LUMINOSIDADE N ENSAC	64,23	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	363,48	LUMINOSIDADE N ENSAC	63,93	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	365,44	LUMINOSIDADE N ENSAC	63,79	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	366,67	LUMINOSIDADE N ENSAC	63,46	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	368,63	LUMINOSIDADE N ENSAC	64,48	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	370,59	LUMINOSIDADE N ENSAC	64,67	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	372,30	LUMINOSIDADE N ENSAC	64,67	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	374,02	LUMINOSIDADE N ENSAC	65,38	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	375,25	LUMINOSIDADE N ENSAC	65,24	UMIDADE ENSAC
21,4	TEMP N ENSAC	376,72	LUMINOSIDADE N ENSAC	65,62	UMIDADE ENSAC
21,5	TEMP N ENSAC	379,16	LUMINOSIDADE N ENSAC	65,78	UMIDADE ENSAC

Fonte: O autor

6 RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos após a análise de todos os dados coletados.

6.1 Distribuição estatística dos dados

Inicialmente, estava planejado fazer uma análise estatística dos dados utilizando o método de análise de variância, também conhecido como ANOVA, devido a sua robustez e pelas conclusões que se podem inferir ao fazer essa análise. Para isso, verificou-se se os dados seguiam uma distribuição normal. Com o auxílio do Minitab, foi feito um histograma e uma análise de probabilidade para verificar a possibilidade de realizar uma análise através da ANOVA.

Nas subseções seguintes, são apresentadas as análises feitas para os dados de sensores ensacados e não ensacados, as variáveis temperatura, luminosidade e umidade.

6.1.1 Análise da distribuição normal para a temperatura

Para verificar se os dados de temperatura seguem uma distribuição normal, foi analisado graficamente através dos histogramas e analiticamente com as curvas de análise de probabilidade. As figuras 42, 43 e 44 apresentam os resultados obtidos.

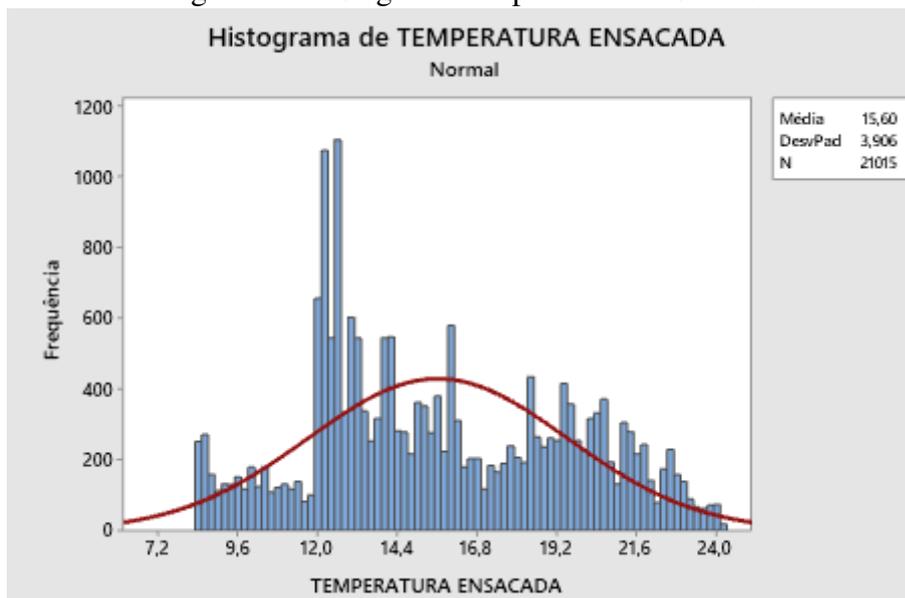
É possível observar nos histogramas de temperatura, que ambos os casos, ensacados e não ensacados, os dados não seguem uma distribuição normal, isso se comprova analiticamente na figura 44, onde é apresentado um valor de p menor que 0,05. Logo, para analisar os dados de temperatura, deve-se utilizar métodos de análise não paramétricos.

6.1.2 Análise da distribuição normal para umidade

Para verificar se os dados de umidade seguem uma distribuição normal, novamente, foi feita a análise graficamente através dos histogramas e analiticamente com as curvas de análise de probabilidade. As figuras 45, 46 e 47 apresentam os resultados obtidos.

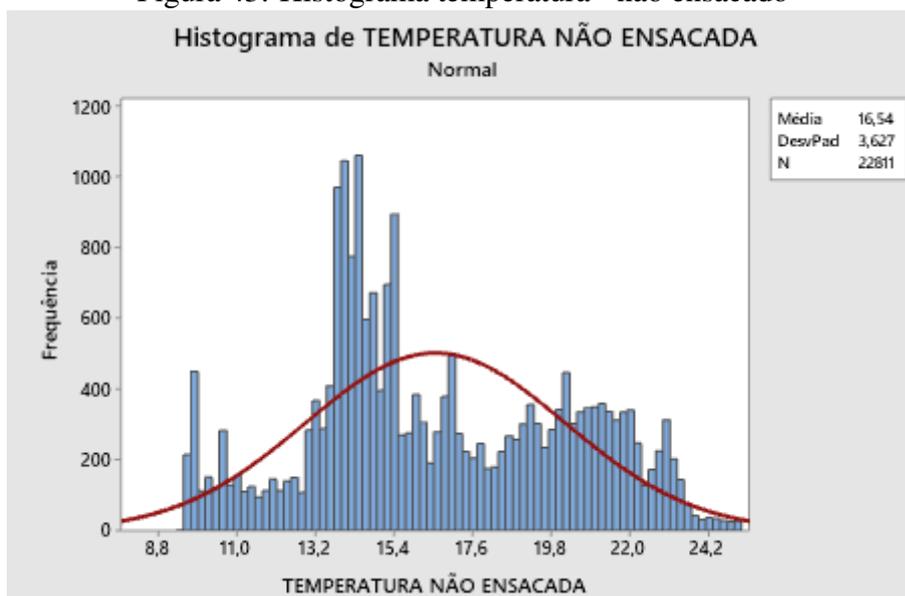
É possível observar nos histogramas de umidade, que ambos os casos, ensacados e não ensacados, os dados não seguem uma distribuição normal, e isso se comprova analiticamente na figura 47, onde é apresentado um valor de p menor que 0,05. Logo, para analisar os dados de umidade, deve-se utilizar métodos de análise não paramétricos.

Figura 42: Histograma temperatura - ensacado



Fonte: MINITAB (2019)

Figura 43: Histograma temperatura - não ensacado

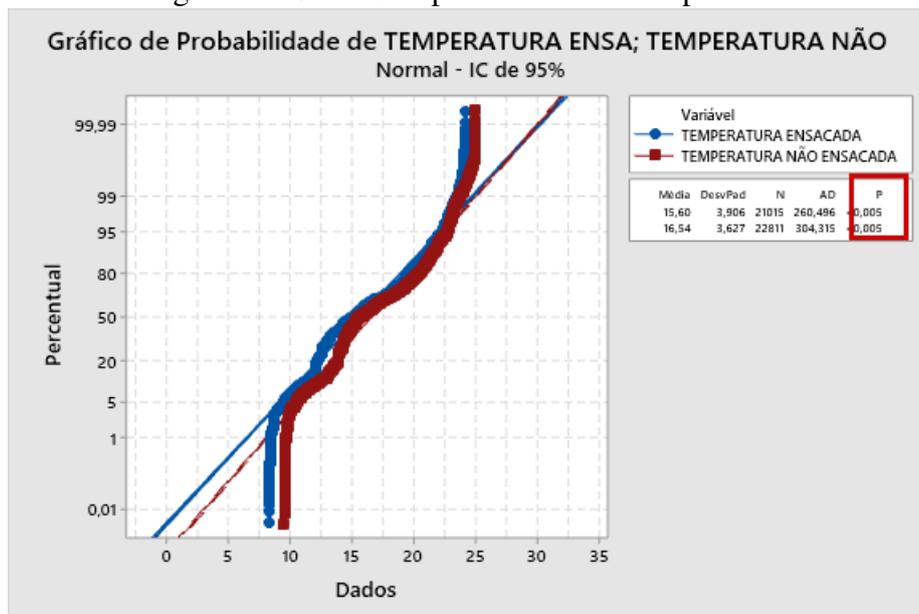


Fonte: MINITAB (2019)

6.1.3 Análise da distribuição normal para luminosidade

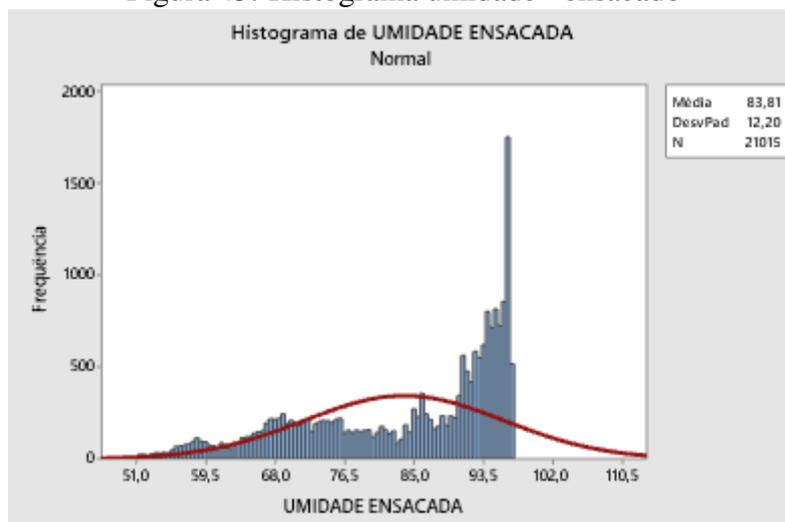
Para verificar se os dados de luminosidade seguem uma distribuição normal, foi avaliado graficamente pelos histogramas, e analiticamente com as curvas de análise de probabilidade. As figuras 48, 49 e 50 apresentam os resultados obtidos.

Figura 44: Gráfico de probabilidade - temperatura



Fonte: MINITAB (2019)

Figura 45: Histograma umidade - ensacado



Fonte: MINITAB (2019)

É possível observar nos histogramas de luminosidade, que ambos os casos, ensacados e não ensacados os dados não seguem uma distribuição normal, isso se comprova analiticamente na figura 50, onde é apresentado um valor de p menor que 0,05. Logo, para analisar os dados de luminosidade, devemos utilizar métodos de análise não paramétricos.

6.2 Análise dos dados - Kruskal Wallis

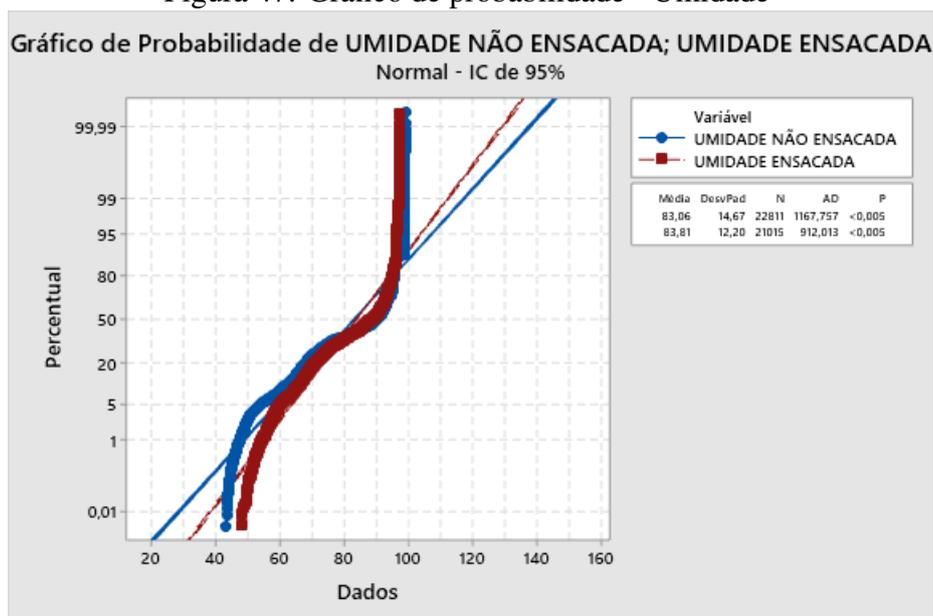
Assumindo que os dados coletados não seguem uma distribuição normal, como foi comprovado graficamente e analiticamente nas subseções anteriores, o método escolhido foi o Kruskal Wallis, o correspondente da ANOVA para dados não paramétricos. Para aplicar esse método nos dados coletados, foi utilizado o software Minitab, que já possui

Figura 46: Histograma umidade - não ensacado



Fonte: MINITAB (2019)

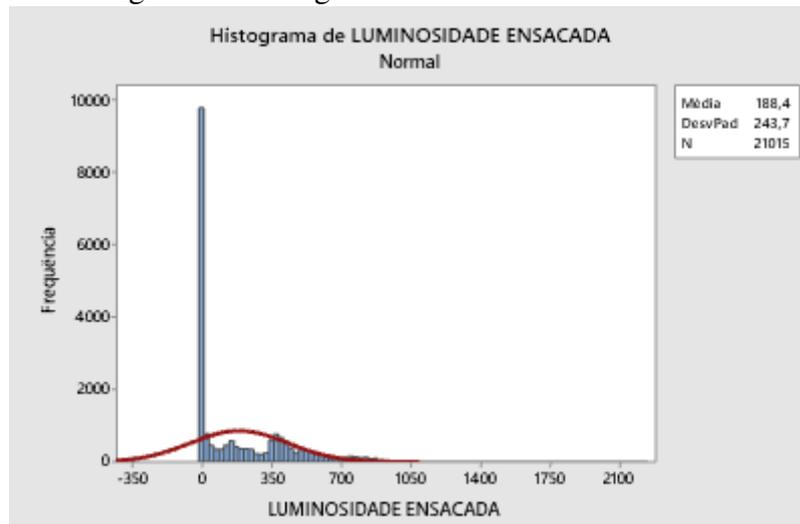
Figura 47: Gráfico de probabilidade - Umidade



Fonte: MINITAB (2019)

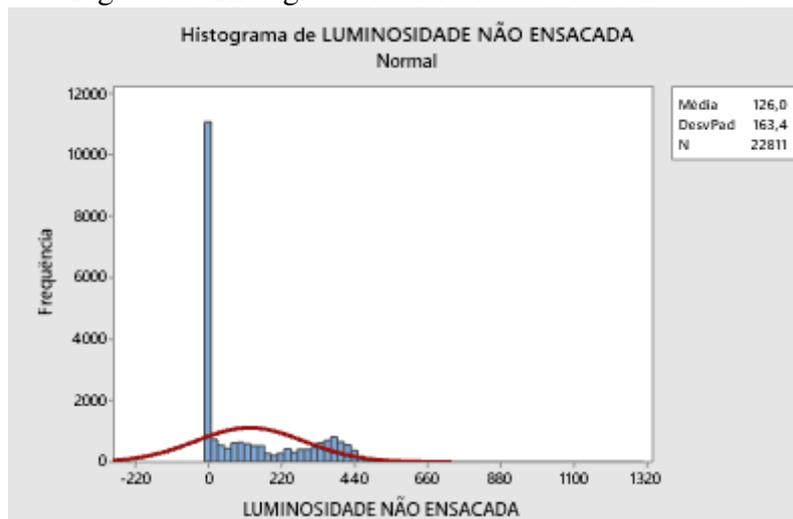
essa metodologia implementada em seu algoritmo. Esse método pode ser encontrado na ferramenta Minitab no seu menu principal, conforme apresentado na figura 51.

Figura 48: Histograma luminosidade - ensacado



Fonte: MINITAB (2019)

Figura 49: Histograma luminosidade - não ensacado



Fonte: MINITAB (2019)

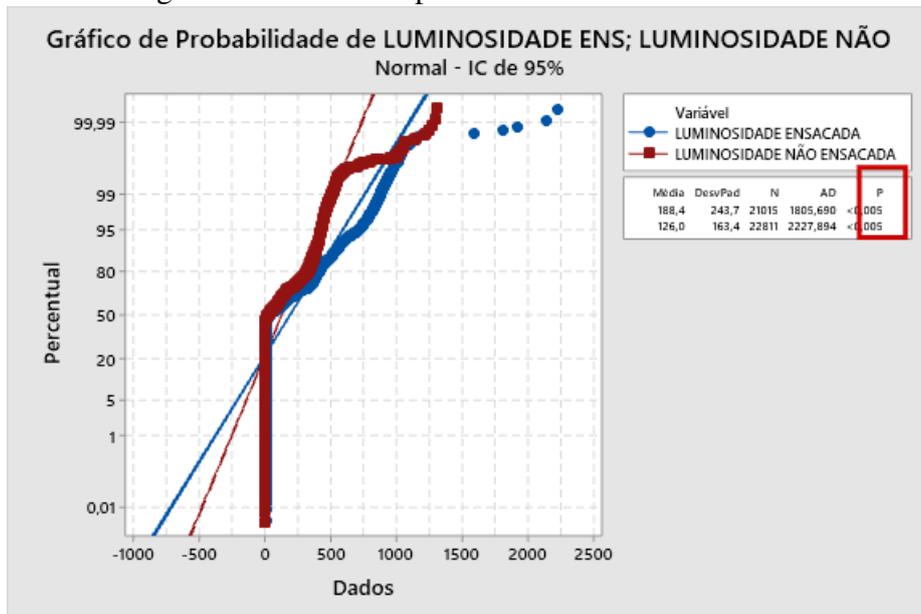
Ao utilizar o método no software, é necessário informar dois parâmetros. O primeiro é a resposta, e nesse campo deve-se indicar em qual coluna do Minitab encontram-se os dados a serem analisados. O segundo campo é o fator, e nesse campo deve-se informado a coluna de classificação do grupo dos dados, conforme foi explicado na figura 41. Essa janela de parâmetros dos dados de entrada a serem processados é apresentada na figura 53.

Os resultados obtidos após rodar a análise do Minitab são apresentados nas figuras 54,55 e 56.

Para os dados de temperatura, umidade e luminosidade o valor de p foi menor que 0,05, logo, pode-se inferir com uma significância de 95% que a hipótese nula pode ser descartada e que o ensacamento das bananas geram efeitos estatisticamente significantes no valor da temperatura, umidade e luminosidade.

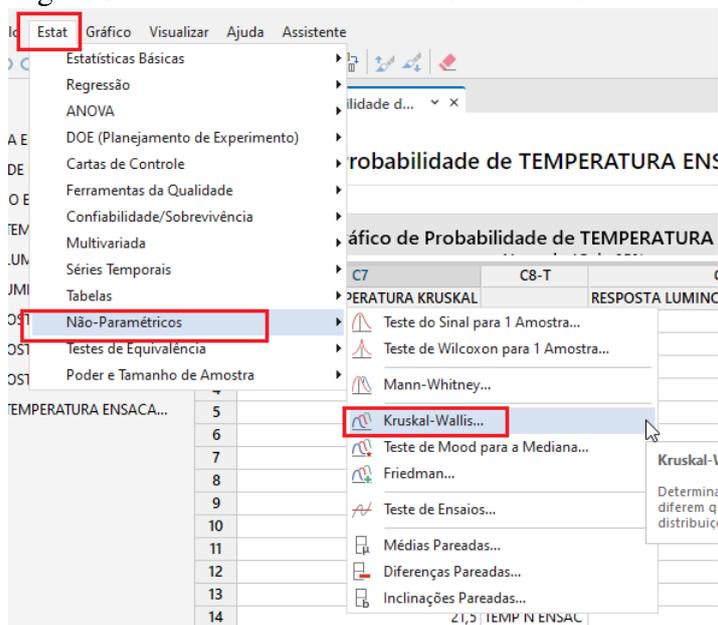
Na figura 52 são apresentadas média, desvio padrão e variância de todos os dados

Figura 50: Gráfico de probabilidade - Luminosidade



Fonte: MINITAB (2019)

Figura 51: Método de análise Kruskal Wallis - Minitab



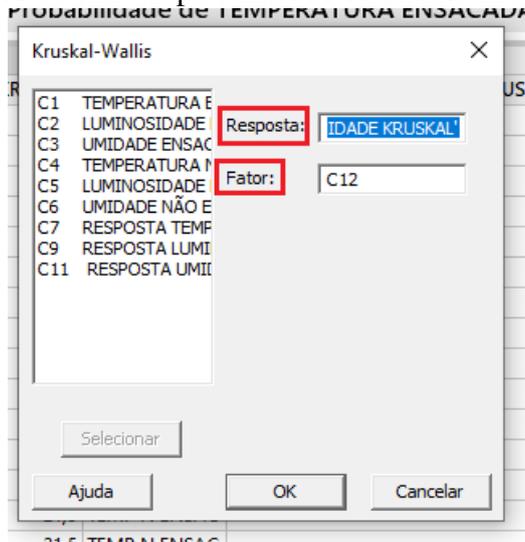
Fonte: MINITAB (2019)

Figura 52: Dados gerais - Média - Desvio padrão - Variância

	Ensacados			Não ensacados		
	Temperatura	Luminosidade	Umidade	Temperatura	Luminosidade	Umidade
Média	15,6	188,36	83,81	16,5	126	83,06
Desvio padrão	3,91	243,68	12,21	3,63	163,40	14,66
Variância	15,25	59377,87	149	13,15	26700,65	215

Fonte: O autor

Figura 53: Parametros de entrada para método de análise Kruskal Wallis - Minitab



Fonte: MINITAB (2019)

Figura 54: Resposta Kruskal Wallis - temperatura

KRUSKAL

Teste de Kruskal-Wallis: RESPOSTA TEMPERATURA KRUSKAL versus C8

Estatísticas Descritivas

C8	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
TEMP ENSAC	21015	15,0	20120,9	-28,47
TEMP N ENSAC	22811	15,6	23565,0	28,47
Global	43826		21913,5	

Teste

Hipótese nula H_0 : todas as médias são iguais
 Hipótese alternativa H_a : no mínimo uma média é diferente

Método	GL	Valor H	Valor-p
Não ajustado para empates	1	810,57	0,000
Ajustado para empates	1	810,66	0,000

Fonte: MINITAB (2019)

medidos ao longo dos 4 dias de coleta. É possível observar que o desvio padrão médio da temperatura ficou menor de 4 °C para ambos os casos. O desvio padrão para a luminosidade teve um valor de aproximadamente 243 lux para os dados ensacados e de aproximadamente 163 lux para os dados não ensacados. Já o desvio padrão para os dados de umidade relativa ficaram em aproximadamente em 83% para ambos os casos. Como é possível verificar visualmente nos gráficos apresentados na seção 5, os dados de luminosidade, tanto para os dados ensacados quanto para os dados não ensacados, tiveram uma maior variação quando comparados com os dados de umidade e temperatura. Isso é refletido nos valores de média, desvio padrão e de variância. O desvio padrão dos dados de temperatura e umidade para ambos os casos foram bem próximos, diferentemente dos dados de luminosidade que tiveram uma diferença significativa quando comparados os dados ensacados dos dados não ensacados.

Figura 55: Resposta Kruskal Wallis - umidade

KRUSKAL

Teste de Kruskal-Wallis: RESPOSTA UMIDADE KRUSKAL versus C12**Estatísticas Descritivas**

C12	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
UMIDADE ENSAC	21015	88,54	21682,4	-3,67
UMIDADE N ENSAC	22811	89,99	22126,4	3,67
Global	43826		21913,5	

TesteHipótese nula H_0 : todas as médias são iguaisHipótese alternativa H_0 : no mínimo uma média é diferente

Método	GL	Valor H	Valor-p
Não ajustado para empates	1	13,47	0,000
Ajustado para empates	1	13,47	0,000

Fonte: MINITAB (2019)

Figura 56: Resposta Kruskal Wallis - luminosidade

KRUSKAL

Teste de Kruskal-Wallis: RESPOSTA LUMINOSIDADE KRUSKAL W versus C10**Estatísticas Descritivas**

C10	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
LUMINOSIDADE ENSAC	21015	33,33	25310,2	53,95
LUMINOSIDADE N ENSAC	22811	16,67	18784,2	-53,95
Global	43826		21913,5	

TesteHipótese nula H_0 : todas as médias são iguaisHipótese alternativa H_0 : no mínimo uma média é diferente

Método	GL	Valor H	Valor-p
Não ajustado para empates	1	2910,35	0,000
Ajustado para empates	1	2957,40	0,000

Fonte: MINITAB (2019)

7 CONCLUSÃO

O desperdício de alimentos é um problema muito grave que precisa ser minimizado para que possamos reduzir a fome mundial. Entender e manipular variáveis que auxiliam na diminuição desse desperdício se torna imprescindível para que esse objetivo seja consolidado. No estudo de caso apresentado nesse trabalho, foi testada a influência do ensacamento de bananas nas variáveis de umidade, temperatura e luminosidade. O ensacamento é uma prática comum no cultivo dessa fruta, porém sem grande respaldo científico significativo até o momento. Percebeu-se que, pelos dados coletados, os ensacamentos das bananas geravam influência estatisticamente significativa nas variáveis mensuradas. Para o caso da luminosidade, embora o dado estatístico nos diz que o ensacamento foi uma variável significativa, ela é facilmente alterada por outros fatores externos que não foram considerados ao fazer essa análise, tais como o sombreamento dos sensores por pássaros, nuvens, orientação solar, folhagens e outras variáveis que alteram a incidência luminosa nos sensores. Logo, inferir que mesmo sendo estatisticamente significativa para o experimento, esta variável pode ser descartada, pois sofreu muitas alterações por variáveis externas não consideradas nesse experimento. Para o caso da temperatura e umidade, foi possível observar nos dados coletados que as duas estão correlacionadas, sempre que temos um aumento na temperatura, verificamos uma diminuição no valor da umidade e sempre que temos um decaimento no valor da temperatura, observa-se um aumento no valor da umidade. Outro ponto a considerar nos dados da umidade é que os dados dos sensores não ensacados apresentaram um atraso em relação aos sensores ensacados, onde os perfis das curvas são similares e defasados no tempo. Vale ressaltar que a metodologia apresentada no estudo de caso desse trabalho pode ser reproduzida utilizando qualquer outro tipo de fruto e analisar qualquer outro tipo de influência em diferentes variáveis. O hardware dos nós de sensores, o software para o computador e os drivers de baixo nível para coletar os dados dos sensores, já haviam sido desenvolvidos previamente pelo grupo de pesquisas, o que facilitou o desenvolvimento deste trabalho. O objetivo traçado para esse estudo de caso foi alcançado, pois é a metodologia para testar as variáveis que foi desenvolvida desde a coleta de dados, tratamento das informações e análise estatística necessária para poder inferir conclusões sobre as variáveis mensuradas. Também se conclui que o estudo de caso ainda carece de alguns ajustes. Um deles é efetuar a coleta dos dados por um período maior, pois a variação da umidade, temperatura e luminosidade por fatores climáticos são muito mais significantes do que quando analisados os dados por poucos dias. Outra melhoria no estudo de caso é utilizar um sensores com uma incerteza padrão de medida menor. E por fim, outra melhoria que se poderia realizar nesse experimento é efetuar o mesmo estudo de caso em outras localidades, onde os fatores externos não mensurados influenciassem de forma diferenciada na incidência de luminosidade.

8 REFERENCIAS

BALLESTRIN, R. V. F. Redes de sensores sem fio de baixo custo para caracterização de vibrações em transporte de cargas críticas. [S.l.]: Trabalho de Diplomação, Curso de Engenharia Elétrica, UFRGS, 2016.

LOPES, N. de F. Desenvolvimento de sensores sem fio para o monitoramento de transporte de frutas e legumes. [S.l.]: Trabalho de Diplomação, Curso de Engenharia Elétrica, UFRGS, 2018.

FILHO, O. V. Logística de alimentos perecíveis: tudo o que você precisa saber. 2016. Disponível em: <https://osmarvincifilho.com.br/blog/>. Acesso 10/10/22

Oliveira e Cereda, 1999, Recobrimento comestíveis na conservação pós colheita.

FAO, 2010. Bananas. Disponível <http://www.embrapa.br/planilhas/Banana2008.pdf>. Acesso 10/10/22

GANGA, R.M.D. Resultados parciais sobre o comportamento de seis cultivares de banana (*Musa spp*) em Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Acesso 10/10/22

MARIA GERALDA VILELA, ROSILENE FERREIRA SOUTO, JOÃO L. P. MENEGUCCI. INFLUÊNCIA DO ENSACAMENTO DO CACHO NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DA BANANEIRA PRATA IRRIGADA NA REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS.

Ana Catarina, Leila Aparecida, Moacir Pasqua, Renata Alves Lara, INFLUÊNCIA DO TEMPO, TEMPERATURA E UMIDADE NA QUALIDADE DAS AMOSTRAS DE CITOMETRIA DE FLUXO DE BANANEIRA.

MÜLLER, I. et al. Namimote: A low-cost sensor node for wireless sensor networks. In: Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking. [S.l.]: Springer, 2012

ONU, B. FAO: 30% de toda a comida produzida no mundo vai parar no lixo. 2017. acessado 10/09/2022 Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-30-de-toda-a-comida-produzida-no-mundo-vai-parar-no-lixo>

Lau da Costa, sensor de impactos integrados a rssf para monitoramento de condições de transporte. Trabalho de Diplomação

(TSE,MORSE,1989), acessado em 10/09/2022, disponível em <http://engineering.nyu.edu/mechatronics/Description/>

Sidney Siegel e N. John Castellan, JR (2008) livro estatística paramétrica e não paramétrica 2008.