



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

FABRÍCIO TIGGEMANN

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE AMBIÊNCIA  
PARA AVIÁRIOS DO TIPO PRESSÃO NEGATIVA**

Lajeado  
2015

FABRÍCIO TIGGEMANN

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE AMBIÊNCIA  
PARA AVIÁRIOS DO TIPO PRESSÃO NEGATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Área de concentração: Sistemas embarcados

ORIENTADOR: Ronaldo Husemann

Lajeado

2015

FABRÍCIO TIGGEMANN

**SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE AMBIÊNCIA  
PARA AVIÁRIOS DO TIPO PRESSÃO NEGATIVA**

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Ronaldo Husemann, UNIVATES

Doutor pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ronaldo Husemann, UNIVATES

Doutor pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Prof. Me. Fabrício Pretto, UNIVATES

Mestre pela PUCRS – Porto Alegre, Brasil

Prof. Me. Juliano Schirmbeck, UNIVATES

Mestre pela UNISINOS – São Leopoldo, Brasil

Coordenador do Curso de Engenharia de

Controle e Automação: \_\_\_\_\_

Prof. Me. Rodrigo Wolf Porto

Lajeado, novembro de 2015

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha  
namorada Débora, pelo apoio e paciência  
em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos os professores da instituição que de alguma forma contribuíram para minha formação. Em especial ao orientador Ronaldo Husemann e ao professor Fabrício Pretto pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Daiane Wilsmann e David Speller e pela ajuda e presteza no compartilhamento de informações.

Aos avicultores Marco Werman e Eduardo Werman por ceder as instalações para realização de testes práticos e pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus familiares que de alguma forma me auxiliaram nesta trajetória.

Aos amigos e colegas, pelo auxílio e pelos momentos compartilhados ao longo da minha formação.

## RESUMO

Aviários com sistema de ventilação forçada têm sua eficiência aumentada se tiverem controle de parâmetros, tais como temperatura e umidade. A inter-relação das diferentes variáveis de um aviário dificulta o uso de sistema de controle manual. Com base neste cenário se propõe o desenvolvimento de um sistema de controle automatizado para aviários com capacidade de monitorar as principais variáveis (temperatura, umidade, pressão estática e qualidade do ar), atuando sobre os sistemas de ventilação, *cooling*, nebulização, *inlets* e cortinas. O sistema proposto utiliza tecnologia embarcada, contendo elementos de hardware e software. O hardware desenvolvido pode ser dividido em três módulos: placas de controle, interface e sensoriamento. O controle é composto por um computador de placa única (Raspberry Pi), que se comunica com as placas de interface e sensoriamento através dos barramentos de comunicação I<sup>2</sup>C e EIA485, respectivamente. As placas de interface são utilizadas para a conexão de sinais digitais internos ao painel elétrico enquanto as placas de sensoriamento serão utilizadas para conexão de sinais digitais e analógicos externos, ao longo do aviário. O software desenvolvido foi dividido em três aplicações, uma aplicação embarcada nas placas de sensoriamento e outras duas embarcadas na placa de controle, responsáveis por realizar respectivamente o controle do sistema e a interface com o usuário. Ambas as aplicações embarcadas no circuito de controle foram desenvolvidas na linguagem de programação Java e utilizam um banco de dados MySQL. O aplicativo de interface foi desenvolvido com abordagem Web, permitindo sua utilização tanto em computadores como em dispositivos móveis. Experimentos foram realizados em um aviário com 2400 m<sup>2</sup>, apresentando uma funcionalidade adequada.

**Palavras-chave:** Controle de ambiência para aviários. Sistemas embarcados. Automação agrícola.

## ABSTRACT

Forced ventilation broiler houses have improved efficiency when parameters like temperature and humidity are constantly controlled. However the interrelations of different broiler house variables make difficult the manual control. Based on this scenario it is proposed the development of an automated control system dedicated for broiler houses, allowing the monitoring of distinct variables (temperature, humidity, pressure and air quality) while control the ventilation, cooling, heating, inlets and pressure control systems. Proposed system is based on embedded technology, including hardware and software solutions. Hardware can be divided in three parts: control, interface and sensor boards. Control board adopts as platform a single board computer (Raspberry Pi), which communicates with interface and sensor boards, using respectively EIA485 and I<sup>2</sup>C buses. Interface boards are used to connect digital signals, internal from electrical panel, while the sensor boards are used to interface analog and digital signals, external from electrical panel and distributed throughout the broiler house. Software is divided in three applications, the first one is embedded on the sensor board and the others are embedded on the control board being responsible, respectively for system controlling and user interfacing. Both control board embedded applications were developed using Java language and uses a MySQL database. The user interface was based on Web approach, allowing the use of mobiles and desktop computers to control the system. The proposed system was validated in a real broiler house with a size of 2400 m<sup>2</sup>, working as expected.

**Keywords:** Broiler houses climate control. Embedded systems. Poultry automation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimentação do ar em aviário tipo pressão negativa.....	14
Figura 2 – Projeto de automação do aviário.....	16
Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango.....	19
Figura 4 – (A) Exaustor sem cone; (B) Exaustor com cone.....	20
Figura 5 – Relação entre o metabolismo da ave e a temperatura ambiente.....	21
Figura 6 – Índices de entalpia de conforto.....	23
Figura 7 – Tipos de <i>inlets</i> .....	25
Figura 8 – Utilização da ventilação mínima e do sistema de aquecimento.....	26
Figura 9 – Ventilação positiva transversal.....	28
Figura 10 – Imagem termográfica da ventilação positiva transversal.....	29
Figura 11 – Ventilação positiva longitudinal.....	29
Figura 12 – Imagem termográfica de um aviário de pressão negativa (A) e um aviário de pressão positiva (B).....	31
Figura 13 – Exemplo de exaustor para aviário.....	32
Figura 14 – Conceito de painel de resfriamento evaporativo.....	34
Figura 15 – Painel evaporativo de celulose.....	34
Figura 16 – Parte superior do painel de argila expandida.....	35
Figura 17 – <i>Pad cooling</i> de cerâmica.....	35
Figura 18 – Cortina de entrada de ar.....	36
Figura 19 – Ocorrência de “zonas mortas” devido à baixa pressão.....	36
Figura 20 – Desarme de cortina.....	37
Figura 21 – Esquemático da placa de montagem e do sensor MQ-135.....	42
Figura 22 – Topologia do sistema de sensoriamento.....	43
Figura 23 – Esquemático do circuito de entrada analógica.....	44
Figura 24 – Esquemático do circuito de entrada digital.....	45
Figura 25 – Esquema elétrico do sinal de falha nos acionamentos.....	46
Figura 26 – Esquema elétrico da placa de interface de saída.....	48
Figura 27 – Raspberry Pi 2 B.....	48
Figura 28 – Fluxograma do algoritmo utilizado na placa de sensoriamento.....	51
Figura 29 – Topologia das aplicações embarcadas na placa de controle.....	52
Figura 30 – Fluxograma do algoritmo para comunicação com as placas de sensoriamento.....	53
Figura 31 – Diagrama ER resumido da base de dados.....	55
Figura 32 – Acesso à aplicação de interface através de um <i>smartphone</i> .....	56
Figura 33 – Tela de <i>status</i> do sistema.....	57
Figura 34 – Parâmetros de instalação – primeiro grupo de parâmetros.....	58
Figura 35 – Exibição de aplicações com diferentes quantidades de equipamentos.....	58
Figura 36 – Parâmetros de funcionamento – seleção das tabelas de parâmetros.....	59

Figura 37 – Aplicações dos parâmetros de funcionamento – habilitar/desabilitar sensores. ....	59
Figura 38 – Tabela de parâmetros de ventilação mínima. ....	60
Figura 39 – Alteração de parâmetros conforme idade das aves. ....	60
Figura 40 – Tabela de parâmetros de qualidade do ar. ....	61
Figura 41 – Tabela de parâmetros de iluminação. ....	61
Figura 42 – Tabela de parâmetros de temperatura e umidade. ....	62
Figura 43 – Tela de gerenciamento do lote. ....	62
Figura 44 – Tela do modo de funcionamento. ....	63
Figura 45 – Aparência dos ícones em função do modo de funcionamento. ....	63
Figura 46 – Exibição de alarme. ....	64
Figura 47 – Exemplo de aplicação do conversor de nível lógico. ....	65
Figura 48 – Placa de sensoriamento. ....	66
Figura 49 – Placa de entradas digitais. ....	67
Figura 50 – Placa de saídas digitais. ....	68
Figura 51 – Placa de controle. ....	70
Figura 52 – IHM (vista traseira). ....	71
Figura 53 – IHM (vista frontal). ....	71
Figura 54 – Fluxograma do algoritmo da tarefa de controle da comunicação I <sup>2</sup> C. ....	74
Figura 55 – Estrutura do pacote de dados de requisição. ....	75
Figura 56 – Tela principal da IHM. ....	76
Figura 57 – Tela de exibição de alarme na IHM. ....	76
Figura 58 – Tela de exibição de advertência na IHM. ....	76
Figura 59 – Parametrização do percentual de abertura da cortina de entrada de ar. ....	81
Figura 60 – Código de verificação da ID do dispositivo. ....	84
Figura 61 – Estrutura do pacote de dados de resposta. ....	85
Figura 62 – Interior do aviário utilizado para realização dos testes práticos. ....	86
Figura 63 – Painel elétrico com acionamentos. ....	87
Figura 64 – (A) vista frontal do controlador padrão utilizado; (B) vista interna do controlador padrão utilizado. ....	87
Figura 65 – Posicionamento dos sensores para realização do teste prático. ....	89
Figura 66 – Gráfico da temperatura média durante o monitoramento. ....	90
Figura 67 – Gráfico de variação da qualidade do ar durante o monitoramento. ....	90
Figura 68 – Gráfico para variações de Ton e Toff em função da qualidade do ar. ....	91
Figura 69 – Bancada provisória para realização do teste prático. ....	92
Figura 70 – Temperatura média durante o teste do controlador proposto. ....	93
Figura 71 – Umidade média durante o teste do controlador proposto. ....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperatura e umidade de conforto térmico das aves. ....	22
Tabela 2 – Necessidades de ar para as aves em função da temperatura. ....	24
Tabela 3 – Alteração das variáveis internas do aviário em função do tempo. ....	25
Tabela 4 – Temperatura efetiva: relação entre temperatura, umidade, velocidade do ar. ....	27
Tabela 5 – Relação entre vazão e potência de exaustores sob diferentes níveis de pressão. ...	32
Tabela 6 – Quantidade de sensores.....	39
Tabela 7 – Características técnicas do sensor de temperatura DS18B20. ....	40
Tabela 8 – Características técnicas do sensor de temperatura e umidade AM2305.....	41
Tabela 9 – Relação de I/Os do sistema.....	45
Tabela 10 – Sinais de retorno dos acionamentos.....	47
Tabela 11 – Comparativo entre placas de prototipação analisadas. ....	49
Tabela 12 – Níveis de acesso ao sistema de interface. ....	57
Tabela 13 – Relação de sinais de alarme e advertência.....	72
Tabela 14 – Endereços utilizados para comunicação P <sup>2</sup> C.....	74
Tabela 15 – Níveis de ventilação e suas características. ....	78
Tabela 16 – Tempos de atuação da cortina de entrada de ar. ....	82
Tabela 17 – Comparativo entre o controlador CC3 e o controlador proposto. ....	88

## LISTA DE ABREVIATURAS

CI:	Circuito Integrado
CLP:	Controlador Lógico Programável
CPU:	<i>Central Processing Unit</i>
CRC:	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
cv:	Cavalo Vapor
GPIO:	<i>General Purpose Input/Output</i>
I/O:	<i>Input/Output</i>
ID:	Identificação
IDE:	<i>Integrated Development Environment</i>
IEC:	Índice de Entalpia de Conforto
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IHM:	Interface Homem Máquina
IIC:	<i>Inter-Integrated Circuits</i>
LED:	<i>Light Emitter Diode</i>
LSB:	<i>Lowest Significant Bit/Byte</i>
MSB:	<i>Most Significant Bit/Byte</i>
NA:	Normalmente Aberto
NF:	Normalmente Fechado
pH:	Potencial Hidrogeniônico
ppm:	Partes Por Milhão
RAM:	<i>Random Access Memory</i>
ROM:	<i>Read Only Memory</i>
SCL:	<i>Serial Clock</i>
SDA:	<i>Serial Data</i>
SPI:	<i>Serial Peripheral Interface</i>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1	Desenvolvimento do setor avícola brasileiro .....	18
2.2	O frango de corte e a ambiência ideal do aviário .....	21
2.3	Tipificação dos sistemas de ventilação para criação de frangos de corte.....	27
2.3.1	Sistema convencional .....	27
2.3.2	Sistema de pressão positiva .....	28
2.3.3	Aviários com sistema de ventilação por pressão negativa .....	29
3	PROJETO .....	38
3.1	Hardware .....	38
3.1.1	Sensoriamento .....	38
3.1.2	Placas de interface .....	45
3.1.3	Placa de controle.....	48
3.1.4	Tela de interface local (IHM) .....	49
3.2	Software.....	50
3.2.1	Software da placa de sensoriamento.....	50
3.2.2	Software da placa de controle.....	51
3.2.3	Banco de dados .....	54
4	RESULTADOS .....	56
4.1	Sistema de interface desenvolvido .....	56
4.2	Sistema de controle desenvolvido .....	64
4.2.1	Hardware .....	64
4.2.2	Software.....	72
5	VALIDAÇÃO .....	86
5.1	Etapa 1 – Teste de bancada.....	88
5.2	Etapa 2 – Testes práticos em aviários com frangos.....	89
5.2.1	Monitoramento da ambiência do aviário .....	90
5.2.2	Controle da ambiência do aviário.....	91
6	CONCLUSÃO.....	94

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a avicultura de corte<sup>1</sup> foi uma das atividades agropecuárias de maior desenvolvimento das últimas décadas. Como desafios pode-se destacar o controle ambiental de temperatura e umidade dentro dos aviários (ABREU; ABREU, 2011). Quando a temperatura e a umidade atingem níveis fora da faixa de conforto, que variam conforme a idade das aves, estas entram em estado de estresse térmico, ou seja, gastam energia corporal para aquecer ou esfriar o organismo. O estresse térmico, aliado com a baixa qualidade do ar no aviário são fatores limitantes de produtividade (FURLAN, 2006).

As condições do ambiente no aviário, conhecidas como ambiência, quando corretamente controladas são um dos principais aspectos para aumentar a eficiência no empreendimento avícola (FURLAN, 2006).

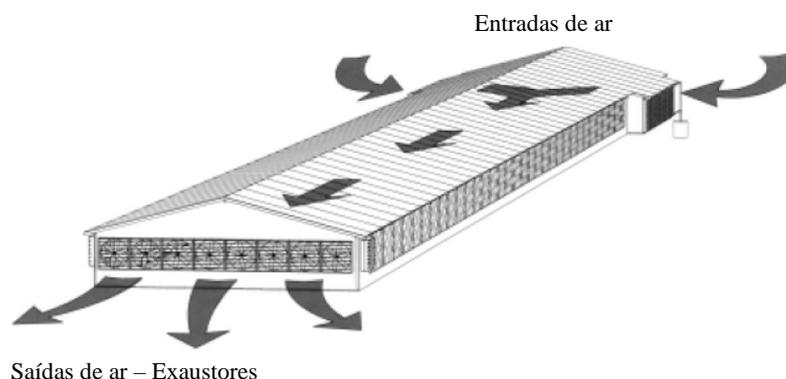
As variáveis de maior impacto sobre o desempenho das aves são: temperatura, umidade, iluminação e qualidade do ar (influenciada pela movimentação do ar). A faixa de temperatura varia conforme idade das aves (ABREU, 2015; MEDEIROS *et al.*, 2005). A umidade, aliada a movimentação de ar, tem grande importância na diminuição da temperatura interna do aviário, porém deve ser mantida dentro de certos parâmetros (ALECRIM *et al.*, 2013). A qualidade do ar, relacionada diretamente à movimentação do ar, é outro fator determinante para o sucesso no empreendimento. O dióxido de carbono proveniente da respiração das aves e a amônia proveniente das fezes são prejudiciais à saúde das aves. A movimentação do ar mantém estes gases, e também a umidade, em níveis aceitáveis (FURLAN, 2006; LIMA, 2011).

---

<sup>1</sup> Animal cuja criação se destina a produção de carnes e derivados.

Na avicultura de corte predomina atualmente a ventilação tipo túnel, caracterizado por um sistema de ventilação mecanizado, permanecendo as cortinas fechadas em tempo integral, bloqueando totalmente (*dark houses* e *solid wall houses*) ou parcialmente (climatizados, *brown houses* e *blue houses*) a entrada de luz externa (ABREU; ABREU, 2011). A ventilação pode ser tanto por sistema de pressão positiva (pressurização), que utiliza ventiladores dispostos ao longo do galpão, quanto por sistema de pressão negativa, que utiliza exaustores dispostos em apenas uma das extremidades do galpão e uma entrada de ar disposta na outra extremidade (Figura 1) (LIMA, 2011; ABREU 2015). Os exaustores retiram o ar do galpão, diminuindo a pressão interna, conhecida como pressão estática. O ar tende a mover-se de pontos de maior pressão para pontos de menor pressão, assim ele passa pela entrada de ar e move-se em direção aos exaustores, criando o efeito de “túnel de vento”. A entrada de ar é controlada por uma cortina, que é responsável pela pressão no interior do galpão. Quanto mais fechada a cortina, maior será a pressão interna pois menos ar pode entrar e, conseqüentemente, maior será a velocidade do ar. Segundo Cobb (2008) a pressão estática é influenciada pela abertura da cortina de entrada de ar e pela vazão dos exaustores em funcionamento, sendo responsável por determinar a velocidade do ar e, conseqüentemente, o tempo de troca do ar no interior do galpão. Visto que a ventilação é totalmente mecanizada, é fundamental um sistema de alarme para sinalização de eventuais problemas e falhas no sistema de controle (BICHARA, 2009).

Figura 1 – Movimentação do ar em aviário tipo pressão negativa.



Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Nestes sistemas o controle da ventilação é importante, pois remove os gases expelidos pelas aves e também o excesso de umidade, além de diminuir a sensação térmica. Outra ferramenta para redução da temperatura interna é a nebulização, que consiste em injetar

pequenas gotículas de água sobre o sistema de *pad cooling*<sup>2</sup> ou no ambiente interno do aviário, que absorvem o calor do ambiente (LIMA, 2011).

A iluminação interna também é muito importante, pois um controle eficiente da iluminação faz com que as aves se locomovam menos, gastando menos energia (COBB, 2008; ABREU, 2015).

Os sistemas de pressão negativa, apesar de gerar índices produtivos semelhantes aos sistemas de pressão positiva, permitem uma maior capacidade de frangos por m<sup>2</sup>, caracterizando assim este sistema como o mais eficiente (MIRAGLIOTTA, 2005).

Diferentes tecnologias podem ser utilizadas para implantação destas soluções. Zancanaro (2000) e Matuchaki (2011), por exemplo, utilizaram CLP's (Controladores Lógicos Programáveis) para o controle ambiental. Já Hara (2015) e Alecrim (2013) sugerem a confecção de sistemas microcontrolados para o controle de ambiência, que apresentam um desempenho similar a um custo reduzido.

No presente trabalho foi desenvolvido um sistema microcontrolado para controle de aviários. O sistema proposto é composto por uma placa de controle, um transmissor *WiFi*, placas de interface, placas de sensoriamento e uma Interface Homem-Máquina (IHM), cuja topologia pode ser visualizada na Figura 2. A placa de controle e o transmissor *WiFi* utilizados são comerciais. O transmissor *WiFi* é utilizado para permitir a comunicação com dispositivos externos ao sistema sem a utilização de redes cabeadas. As placas de interface e de sensoriamento são de desenvolvimento próprio.

A placa de controle é responsável por processar os sinais das entradas de acordo com as configurações do usuário, além do armazenamento destes dados. Há um servidor Web embarcado na placa de controle, deste modo é possível acessar a página de visualização na rede local utilizando, por exemplo, um *tablet*, celular ou computador.

As placas de interface são de dois modelos, um modelo para entrada de sinais e outro modelo para saída de sinais. A placa de entradas realiza a leitura das variáveis digitais do processo e o condicionamento dos sinais aos níveis de tensão da placa de controle. A placa de

---

<sup>2</sup> Equipamento localizado na entrada de ar que, em dias de calor, utiliza o princípio do resfriamento evaporativo para refrigerar o ar que entra no aviário (VIEIRA, 2009).

saída, por sua vez, agrega potência aos sinais de saída, para possibilitar, por exemplo, a interligação direta com um contator.

As placas de sensoriamento, as quais são conectados os sensores, ficam dispostas em diferentes seções do aviário. Estas placas são interligadas através de um barramento de comunicação EIA-485 à placa de controle.

Uma IHM foi desenvolvida para permitir ao usuário a visualização local de parâmetros, como temperatura e umidade, além de permitir o ajuste de alguns parâmetros de funcionamento.

Figura 2 – Projeto de automação do aviário.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Há diversas variáveis relevantes ao processo, tais como: temperatura ambiente, temperatura da água de bebida, umidade, qualidade do ar, pressão estática e iluminação. O sistema proposto utiliza como variáveis de controle a temperatura ambiente, umidade, qualidade do ar e pressão estática, enquanto que a temperatura da água de bebida é apenas monitorada.

Os sensores são dispostos em diversos pontos do aviário, possibilitando um melhor acompanhamento das variáveis. A temperatura e a umidade do ambiente são monitoradas em pontos distintos, para se obter informações médias. Segundo (COBB, 2008), o sensor de pressão estática deve ficar localizado em frente dos exaustores. A qualidade do ar é monitorada em dois pontos, próximo aos exaustores e na área do pinteiro. A temperatura da água de bebida é monitorada no reservatório principal.

O controle do ambiente interno é feito através do controle dos exaustores, fornos, sistema de nebulização, sistema de *cooling*<sup>3</sup>, *inlets*<sup>4</sup>, e controle das cortinas. O acionamento dos comedouros também é feito pelo sistema para possibilitar ao produtor o controle total dos acionamentos do aviário. A segurança do sistema é realizada pelo acionamento de um alarme e um desarme de cortina, equipamento que permite a queda das cortinas laterais em caso de falta de energia elétrica.

As aplicações de software podem ser divididas em três partes: uma embarcada na placa de sensoriamento e duas embarcadas na placa de controle (controle do sistema e interface com usuário).

O software que é executado na placa de sensoriamento apenas realiza a leitura dos sensores e transmite estes dados para a placa de controle.

As aplicações embarcadas na placa de controle foram ambas desenvolvidas utilizando a linguagem de programação Java. A interação entre estas duas aplicações é efetuada através de um banco de dados MySQL.

O software de controle gerencia os barramentos de comunicação, a IHM e, com base nos valores lidos e nos parâmetros definidos pelo usuário, realiza o controle do sistema. O software de interface foi desenvolvido utilizando uma abordagem Web, de forma a possibilitar seu uso multi-plataforma (independente de dispositivo e sistema operacional). Este software realiza a interface principal com o usuário, possibilitando a visualização da situação momentânea do aviário, bem como permite a alteração dos parâmetros de funcionamento deste.

A validação do sistema foi efetuada em um aviário de 150m de comprimento, 16 metros de largura e 2,5 metros de altura, comportando 48000 aves. Os testes do sistema proposto realizaram com sucesso o controle dos exaustores, *cooling* e cortina de entrada de ar.

No capítulo 2 deste trabalho será desenvolvida a revisão bibliográfica dos conceitos envolvidos na implementação da proposta. O capítulo 3 descreve o projeto, que consiste na especificação dos componentes e das topologias utilizadas. No capítulo 4 são apresentados os resultados. O capítulo 5 descreve a validação do sistema.

---

<sup>3</sup> Acionamento elétrico que realiza o bombeamento de água no *pad cooling*.

<sup>4</sup> Equipamentos dispostos ao longo do aviário para permitir a entrada de ar em determinados estágios de ventilação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

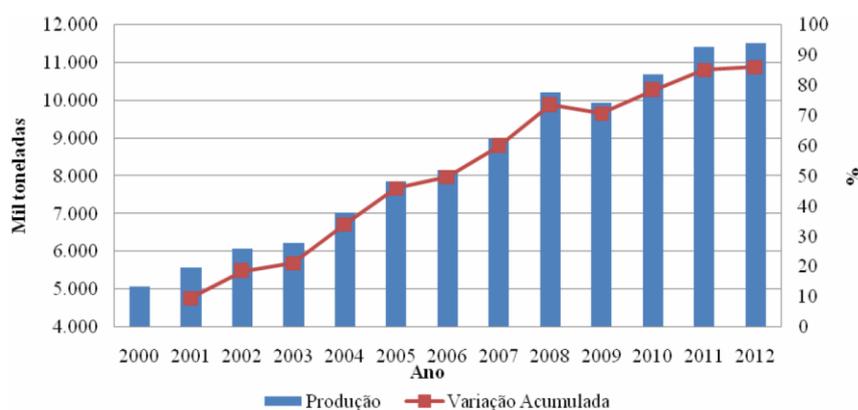
### 2.1 Desenvolvimento do setor avícola brasileiro

A história da avicultura industrial brasileira iniciou em 1950 e pode ser dividida em três fases. Durante a primeira fase, de 1950 a 1970, a criação de aves era quase uma atividade de subsistência. Porém foi neste período que iniciaram as atividades de desenvolvimento genético, que resultaram na redução da mortalidade, melhor conversão alimentar, diminuição da idade de abate e maior velocidade de crescimento. A segunda fase, de 1970 a 1990, se caracteriza pela implantação de instalações produtivas e a concentração de capital. Nesta fase iniciou o uso da tecnologia aliada a produção, além de um contínuo aperfeiçoamento das características genéticas das aves. Os programas de criação integrada, onde a empresa fornece os pintos, ração e acompanhamento técnico e o produtor se encarrega da criação e, ao final de cada lote é realizado um balanço financeiro, também tiveram início na segunda fase. Durante a terceira fase, a partir de 1990, houve a abertura da economia latino americana, o que proporcionou condições mais favoráveis aos setores agroindustriais, porém os expôs a concorrência mundial, o que obrigou as empresas a uma redefinição estratégica, além de uma reestruturação na cadeia produtiva do frango de corte (RODRIGUES, 2014).

O Brasil ocupa a posição de terceiro maior produtor desde 1992, com a China em segundo e os Estados Unidos no topo da lista. Entretanto, registrou um aumento de 167,37 % nas exportações no período de 2001 a 2005 e, em 2010 foi o maior exportador mundial de carne de frango congelada e o segundo maior produtor mundial de carne de frango processada (RODRIGUES, 2014). Este constante crescimento de produção pode ser visualizado na Figura 3.

O consumo de carne de frango também registrou significativo crescimento nos últimos 20 anos, se aproximando do consumo médio de carne bovina. Acredita-se que a qualidade do produto ofertado aliado ao preço é responsável por este aumento de consumo (MIELE; GIROTTI, 2009).

Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango.



Fonte: Rodrigues (2014).

Córdova (2013) afirma que somente após o ano de 2000 foi iniciada a busca por novas soluções em tecnologias de manejo e controle, mesmo assim divide os processos de evolução tecnológica em aviários em três épocas. A primeira época teve início na década de 70 com a implantação dos primeiros sistemas de alimentação automatizados, compostos por calhas e correias. Este sistema, apesar de reduzir o tempo necessário para alimentação das aves, era falho e pouco eficiente, pois causava lesões nas aves e havia uma má distribuição da ração. Na segunda época, foram desenvolvidos os comedouros tubulares, que apesar de serem de abastecimento manual, resolviam o problema das lesões e da má distribuição de ração. A terceira época, iniciada na década de 90, aperfeiçoou os comedores para o modelo utilizado atualmente, que são totalmente automatizados. Esta época implantou também a utilização de bebedouros *nipple*<sup>5</sup>, que aumentaram significativamente a sanidade do lote, além da implantação dos primeiros sistemas de climatização.

Os primeiros sistemas de climatização eram compostos por ventiladores, que posteriormente foram aliados a um sistema de nebulização, incorporando rusticamente o conceito de resfriamento evaporativo. Estes sistemas, porém, além de serem pouco eficientes eram de controle manual. Estes sistemas se tornaram mais eficientes após a implantação da

<sup>5</sup> Equipamento utilizado para fornecer água às aves, onde estas tem contato somente com a água a ser consumida.

ventilação tipo túnel, que provê uma maior velocidade do ar e conseqüentemente uma menor sensação térmica (FRANÇA, 2000).

Córdova (2010) afirma que ao final da década de 90 surgiu o conceito de ventilação por pressão negativa, utilizando-se então, de maneira mais eficiente, o conceito de resfriamento evaporativo. Inicialmente os exaustores não possuíam cone (Figura 4A). A adoção dos cones nos exaustores (Figura 4B) e da nebulização sob alta pressão aumentou significativamente a eficiência destes sistemas. A implementação de novas tecnologias aumentou a conversão alimentar das aves, além de aumentar a quantidade de frangos alojados por m<sup>2</sup>. Porém, para este tipo de aviário é de uso indispensável um sistema de controle.

Figura 4 – (A) Exaustor sem cone; (B) Exaustor com cone.



Fonte: Adaptado de (PLASSON, 2015b).

Os primeiros controladores possuíam um número baixo de acionamentos, tornando o controle mais oscilatório e menos eficiente. Com a evolução dos controladores, aumentou-se o número de saídas para acionamentos, o que possibilita uma utilização gradual dos equipamentos, além de uma maior quantidade de variáveis monitoradas (temperatura, umidade e pressão estática). Há um investimento constante nas tecnologias utilizadas no controle de aviários (CÓRDOVA, 2013).

Córdova (2013) afirma que um dos maiores avanços na avicultura de corte brasileira foi a implantação da iluminação dimerizada, que agora está sendo incrementada com a utilização de lâmpadas LED.

Uma das tendências na avicultura de corte é o monitoramento e controle da qualidade do ar de maneira a aumentar os resultados obtidos (NI, 2009).

Sistemas sofisticados utilizam alternativamente tecnologias como aquecimento do piso e sistemas de monitoramento para detecção dos níveis de atividade das aves bem como

eficientes sistemas de gestão e análise de dados tem tornado a criação de frangos de corte uma atividade mais fácil e rentável. Speller (2013) afirma ainda que tecnologias como pesagem em tempo real e monitoramento do consumo de ração e água, aliadas as demais tecnologias, permitem uma detecção e ações rápidas sob eventuais problemas.

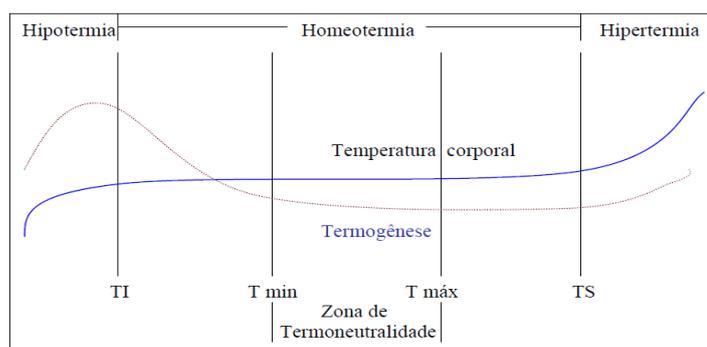
## 2.2 O frango de corte e a ambiência ideal do aviário

O frango de corte, assim como qualquer outro animal homeotérmico gasta energia para fazer os ajustes necessários para manter a temperatura corporal, que é de 41,7 °C. Em ambientes frios (hipotérmicos) ocorre a aceleração do metabolismo para produzir mais calor e em ambientes quentes (hipertérmicos), ocorre a perda de calor através da respiração, quando os animais abrem o bico para aumentar a dissipação de calor por evaporação (ABREU, 2011).

A faixa de temperatura e umidade em que o gasto energético com a manutenção da temperatura corporal é mínimo é determinada zona (faixa) de conforto térmico ou zona de termoneutralidade (Figura 5). Quando as aves estão submetidas à zona de conforto térmico, a perda de calor decorrente do metabolismo ocorre sem nenhum estresse (FURLAN, 2006).

Quando em ambientes quentes, o frango possui dois mecanismos de perda de calor: não evaporativo (sensível) e evaporativo (latente). Os mecanismos não evaporativos incluem condução, convecção e irradiação. Os mecanismos evaporativos incluem perda de calor por evaporação de água pela respiração. As perdas de calor por mecanismos evaporativos são prejudicadas em ambientes onde o nível de umidade do ar é alto, pois as aves não possuem glândulas sudoríparas, fazem a troca térmica pela respiração (BRIDI, 2007).

Figura 5 – Relação entre o metabolismo da ave e a temperatura ambiente.



Fonte: Bridi (2007).

A umidade no interior do galpão provém da respiração e excreção das aves e, em dias quentes, pode ser proveniente do sistema de resfriamento. A umidade proveniente da respiração tende a saturar o ar, já a umidade proveniente das excreções, apesar de ter influência na saturação do ar, é a principal responsável pela umidificação da cama do frango (composta por materiais como casca de arroz, maravalha, etc), que por sua vez é fundamental na qualidade do ar. A umidificação proveniente do sistema de resfriamento deve ser controlada, mantida abaixo de 70 %, pois tem papel fundamental na capacidade de refrigeração do sistema. Quando em níveis altos, diminui a capacidade de perda de calor evaporativo pela respiração, além de umedecer a cama. Quando em níveis baixos, segundo Santos (2008), provoca ressecamento das vias respiratórias causando desconforto e, em dias quentes, tende a diminuir a capacidade de resfriamento evaporativo do sistema e, além de aumentar a quantidade de poeira no ar (POULTRY CRC, 2006).

A faixa de conforto térmico é composta por índices ideais de temperatura e umidade, cujos valores podem ser visualizados na Tabela 1. Um evento possível é a temperatura estar dentro da faixa de conforto, porém a umidade fora desta faixa. Estas condições geram a necessidade de alterar a temperatura para compensar estas variações de umidade. Cobb (2008) recomenda que, quando a umidade estiver abaixo da faixa de conforto, a temperatura ideal é incrementada de 0,5 a 1 °C e quando a umidade estiver acima da faixa de conforto a temperatura ideal é decrementada de 0,5 a 1 °C. Estes ajustes devem ser feitos verificando, além da temperatura e umidade, as condições internas do aviário.

Tabela 1 – Temperatura e umidade de conforto térmico das aves.

Idade (dias)	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)
0	40 – 50	32 – 33
7	40 – 60	29 – 30
14	50 – 60	27 – 28
21	50 – 60	24 – 26
28	50 – 65	21 – 23
35	50 – 70	19 – 21
42	50 – 70	18
49	50 – 70	17
56	50 – 70	16

Fonte: Adaptado de Cobb (2008).

Segundo Queiroz, Filho e Vieira (2012) há diferentes percepções de temperatura sob as mesmas condições de movimentação do ar, porém com diferentes índices de umidade. A energia presente no ambiente em forma de temperatura e umidade, conhecida como entalpia, pode ser utilizada para determinar o Índice de Entalpia de Conforto (IEC), uma importante métrica para definir a zona de conforto para as aves, considerando também os níveis de umidade. O IEC varia conforme a idade, portanto há valores diferentes de IEC para cada semana de vida das aves. A Figura 6 apresenta parcialmente os valores de IEC relacionados com a primeira semana de vida das aves, sendo a relação completa encontrada no Anexo A. Os campos em verde representam os valores ideais, enquanto os campos em amarelo representam valores em que o frango está sob moderado estresse térmico e os campos em laranja representam valores críticos (de elevado estresse térmico). Os campos em vermelho, não visíveis na Figura 6, representam valores de entalpia letais, em que a probabilidade de morte por estresse térmico é muito alta.

Figura 6 – Índices de entalpia de conforto.

Temperatura (°C)														
UR (%)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
40	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6	73,7	76,8	80,0	83,4	86,9	90,4
41	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5	74,6	77,8	81,1	84,5	88,0	91,7
42	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4	75,5	78,8	82,1	85,6	89,2	92,9
43	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3	76,5	79,8	83,2	86,7	90,4	94,1
44	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2	77,4	80,8	84,2	87,8	91,5	95,4
45	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1	78,3	81,7	85,3	88,9	92,7	96,6
46	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9	79,3	82,7	86,3	90,0	93,9	97,8
47	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8	80,2	83,7	87,4	91,1	95,0	99,1
48	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7	81,2	84,7	88,4	92,2	96,2	100,3
49	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6	82,1	85,7	89,5	93,3	97,3	101,5
50	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5	83,0	86,7	90,5	94,4	98,5	102,7
51	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4	84,0	87,7	91,5	95,5	99,7	104,0
52	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2	84,9	88,7	92,6	96,6	100,8	105,2

Fonte: Adaptado de Queiroz, Filho e Vieira (2012).

Outro importante fator para o aumento de produtividade do frango é a qualidade do ar, que está principalmente relacionada aos níveis de amônia e dióxido de carbono. A amônia é proveniente da decomposição microbiana do ácido úrico eliminado pelas aves e está também diretamente relacionada à umidade e com o índice de potencial hidrogeniônico (pH) da cama, ou seja, quanto mais úmida a cama ou quanto maior o pH, pior. A recomendação dos níveis máximos de amônia é de 20 ppm. Acima de 60 ppm a ave fica predisposta a doenças respiratórias e acima de 100 ppm há redução da taxa e volume respiratório (LIMA, 2011). O dióxido de carbono é proveniente da respiração das aves e por ser mais denso que o ar, tende a

acumular-se na altura das aves. As recomendações são de no máximo 3000 ppm de CO<sup>2</sup> para exposição contínua (MENEGALI, 2009).

Para suprir a necessidade de ar e eliminar os gases tóxicos, proporcionando boa qualidade, em dias em que a temperatura no aviário esteja dentro ou até mesmo abaixo da zona de conforto térmico, utiliza-se a ventilação mínima. A Tabela 2 mostra a quantidade de ar necessária, em litros/ave/minuto, conforme a idade das aves e a temperatura do ambiente.

Tabela 2 – Necessidades de ar para as aves em função da temperatura.

Temperatura ambiente (C°)	Idade (semanas)			
	1	3	5	7
4,4	6,8	19,8	34	53,8
10	8,5	22,7	45,3	65,1
15,6	10,2	28,3	53,8	79,3
21,1	11,9	34	62,3	93,4
26,7	13,6	36,8	70,8	104,8
32,2	15,3	42,5	79,3	118,9
37,8	17	48,1	87,8	133,1
43,3	18,7	51	96,3	144,4

Fonte: Adaptado de Abreu e Abreu (2000).

A ventilação mínima deve ser dividida em estágios, geralmente três são suficientes. O primeiro estágio deve operar em função do tempo, onde o estágio permanece ativo por 20 % do tempo total do ciclo. Esse estágio deve ser dimensionado para garantir a troca de ar a cada 8 minutos. O segundo estágio da ventilação mínima deve operar em função da temperatura e não do tempo, o dimensionamento deve ser feito para propiciar a troca de ar a cada 5 minutos. O segundo estágio deve funcionar mensurando uma pequena histerese, e ser programado para acionar a uma temperatura dentro da faixa de conforto térmico, visto que sua principal função é remover o calor, umidade e gases gerados pelas aves, e não propiciar um elevado grau de resfriamento. Caso haja um aumento nos índices de CO<sup>2</sup> (>3000ppm), a taxa de ventilação mínima deve ser aumentada (COBB, 2008).

O terceiro estágio de ventilação mínima, conhecido como ventilação de transição, tem a função de aumentar a troca de ar do aviário, porém mantendo a velocidade do ar baixa, de maneira a manter o ambiente confortável. Este estágio opera em função da temperatura e deve ser dimensionado para proporcionar a troca de ar do aviário a, no máximo, cada dois minutos.

O uso de exaustores neste estágio varia conforme necessidade de temperatura, umidade e qualidade do ar (COBB, 2008).

A Tabela 3 retrata o incremento das variáveis internas conforme o tempo entre a ventilação mínima do primeiro estágio, considerando aves adultas.

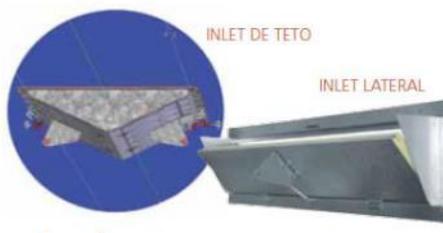
Tabela 3 – Alteração das variáveis internas do aviário em função do tempo.

	Intervalo entre ventilação mínima (min)			
	0	5	10	15
Temperatura (°C)	20	24	28	31
Umidade (%)	68	78	86	97
Amônia (ppm)	15	35	50	80
CO <sub>2</sub> (ppm)	800	1500	2600	3500

Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Durante a utilização destes três estágios, quando não é necessário o sistema de aquecimento, é indicado o uso de *inlets* (Figura 7), que são equipamentos de abertura controlada dispostos ao longo do aviário. Sua principal função é permitir a entrada de ar fresco ao longo de todo o aviário, mantendo assim a velocidade do ar mais baixa e com uma qualidade melhor. Quando o ar se desloca de uma ponta do aviário a outra a temperatura e a quantidade de gases no ar aumenta, os *inlets* proporcionam uma maior regularidade de temperatura e qualidade do ar ao longo do aviário. O uso dos *inlets* não é indicado quando necessário utilizar o sistema de umidificação do *pad cooling* (equipamento utilizado na entrada de ar para melhorar o resfriamento evaporativo), que possui uma capacidade de resfriamento maior (COBB, 2008).

Figura 7 – Tipos de *inlets*.

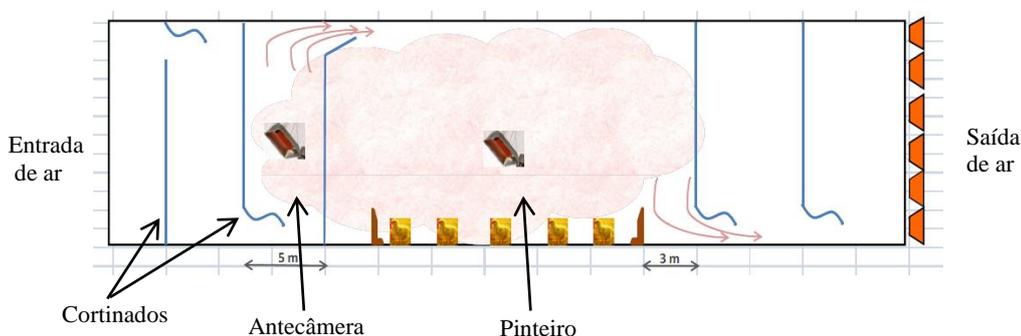


Fonte: Plasson (2012).

Segundo Bichara (2009), em ambientes frios, principalmente nos primeiros dias de vida dos frangos, é preciso aquecer o aviário para manter a temperatura na faixa de conforto

térmico. O sistema de aquecimento é composto geralmente por dois fornos, um localizado no pinteiro e outro na antecâmara do pinteiro (Figura 8Figura 8), que tem a função de pré aquecer o ar (em alguns casos são três fornos, dois no pinteiro e um na antecâmara).

Figura 8 – Utilização da ventilação mínima e do sistema de aquecimento.



Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Em ambientes quentes, quando o uso apenas dos exaustores não é suficiente, é necessária a utilização de outros recursos, como *pad cooling* e nebulização interna. Estes recursos utilizam o conceito de resfriamento evaporativo e se mostram muito eficientes, porém deve-se atentar a umidade relativa. Quando a umidade interna supera os 70 %, o sistema de nebulização interno deve ser desligado e, caso esta permaneça em níveis acima dos 70 % os sistemas de água (*cooling*) do *pad cooling* também devem ser desligados (POULTRY CRC, 2006).

A combinação de temperatura, umidade e velocidade do ar, denominada temperatura efetiva, pode diminuir significativamente a temperatura no interior do aviário, conforme Tabela 4. Em dias quentes, em que é necessária uma ampla diferença entre a temperatura interna do galpão em comparação com a temperatura externa, utiliza-se o sistema de nebulização e o *cooling* para manter a umidade elevada (em torno de 70 %) e o sistema de ventilação de maneira a gerar uma velocidade do ar próxima a 3 m/s, assim é possível uma redução de temperatura maior que 10 °C (ABREU; ABREU; MAZZUCO, 2009).

Além dos fatores relacionados à ambiência, outros fatores também influenciam no desempenho do frango de corte. Dentre estes fatores estão: temperatura da água de bebida e controle da iluminação (FURLAN, 2006).

Tabela 4 – Temperatura efetiva: relação entre temperatura, umidade, velocidade do ar.

Umidade relativa	Velocidade do ar (m/s)					
	0	0,5	1,1	1,5	2	2,5
30%	35	31,6	26,1	23,8	22,7	22,2
50%	35	32,2	26,6	24,4	23,3	22,2
70%	38,3	35,5	30,5	28,8	26,1	25
80%	40	37,2	31,1	30	27,2	25,2

Fonte: Adaptado de Cobb (2008).

Segundo (FURLAN, 2006) o consumo de água aumenta com a elevação da temperatura ambiente, portanto são necessários cuidados especiais quanto à temperatura e qualidade da água nestas situações, visto que a água ingerida auxilia na redução da temperatura corporal.

O controle da iluminação por períodos melhora significativamente o resultado do lote. Por proporcionar mais horas de sono as aves, melhora a conversão alimentar e diminui o estresse fisiológico (MORAES *et. al.*, 2008). A intensidade luminosa melhora o resultado, pois reduz a atividade e o desperdício de ração. Recomenda-se uma intensidade de não inferior 20 lux nos primeiros sete dias, após este período diminuir gradativamente a intensidade até 5 a 10 lux (VALERI; BICHARA, 2011; COBB, 2008).

### 2.3 Tipificação dos sistemas de ventilação para criação de frangos de corte

No Brasil existem, basicamente, três sistemas de ventilação para aviários. O primeiro, denominado convencional, utiliza somente a ventilação natural. O segundo, denominado ventilação do tipo pressão positiva, utiliza ventiladores. O terceiro e mais eficiente, denominado ventilação do tipo pressão negativa, utiliza exaustores.

#### 2.3.1 Sistema convencional

No sistema convencional não há nenhum controle artificial de temperatura (ventiladores e exaustores), a ventilação é feita apenas pela abertura das cortinas (ABREU; ABREU, 2011).

A criação de frangos neste modelo de aviário é de risco, pois não há nenhum recurso de ventilação forçada ou nebulização a ser utilizado em dias de calor extremo.

### 2.3.2 Sistema de pressão positiva

Neste sistema a ventilação é feita por ventiladores, dispostos no interior do aviário. A ventilação pode ser de forma transversal ou longitudinal.

Quando de forma transversal, as cortinas ficam abertas para que os ventiladores movimentem o ar de uma lateral em direção à outra lateral (Figura 9).

Figura 9 – Ventilação positiva transversal.

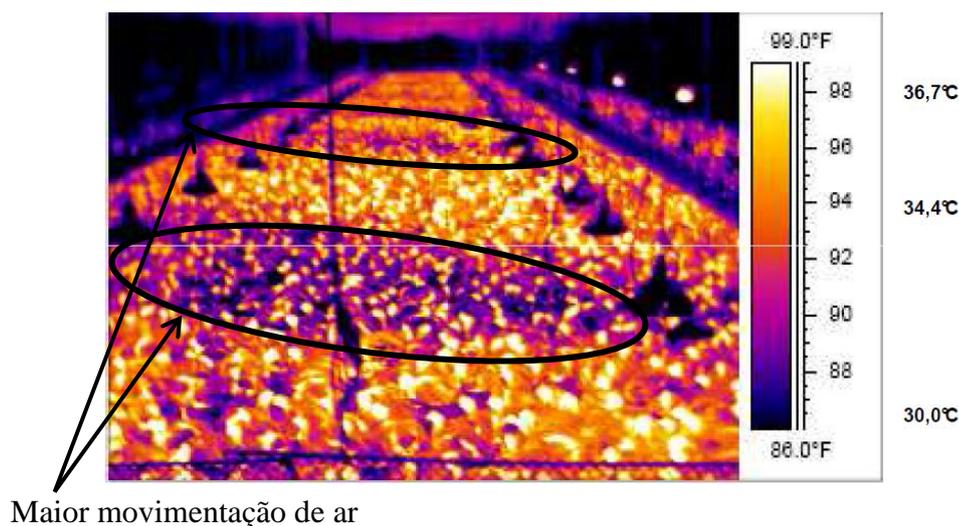


Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Este sistema de ventilação caracteriza-se por ter pouca uniformidade da temperatura, devido principalmente à baixa uniformidade do ar, como pode ser visualizado na Figura 10. É também muito influenciável a ventos externos.

Aviários com ventilação positiva longitudinal são também conhecidos como semi climatizados. Os ventiladores são dispostos ao longo do aviário, conforme Figura 11. Deste modo forma-se o efeito túnel de vento, muito parecido com o aviário de ventilação por pressão negativa. Este sistema apresenta as mesmas desvantagens da ventilação transversal.

Figura 10 – Imagem termográfica da ventilação positiva transversal.



Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Figura 11 – Ventilação positiva longitudinal.



Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

### 2.3.3 Aviários com sistema de ventilação por pressão negativa

Assim como no sistema de pressão positiva, a ventilação por pressão negativa pode ser transversal ou longitudinal. No Brasil, por questões climáticas, o mais indicado é a ventilação longitudinal, tipo túnel, pois, segundo Xin (2009), deste modo são possíveis maiores velocidades de ar e conseqüentemente, maior eficiência na redução de temperatura, com uma menor infraestrutura de resfriamento (exaustores e *pad coolings*).

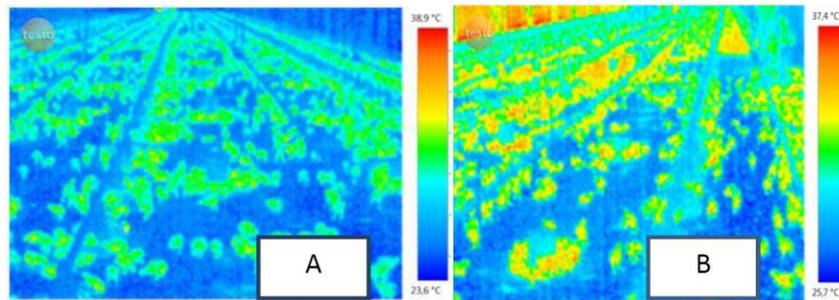
O conceito de ventilação por pressão negativa é adotado por diversos modelos de aviários, que se distinguem por bloquear parcialmente ou totalmente a entrada de luz externa (ABREU; ABREU, 2011).

Os aviários que bloqueiam parcialmente a entrada de luz são de três modelos: *brown houses*, *blue houses* e climatizados. Os aviários climatizados utilizam cortinado amarelo, onde não há nenhum sistema de controle da intensidade luminosa nem da entrada de luz externa. Aviários *blue houses* utilizam o conceito da teoria da cor de luz, no qual certos comprimentos de onda deixam as aves mais calmas, por isso utilizam cortinado azul. Os aviários *brown houses* utilizam cortinado preto do lado interno e branco do lado externo, bloqueando a passagem de luz pela cortina. Nestes aviários o controle da iluminação é feito com o uso de *dimmer*, para controlar a intensidade luminosa, porém não possuem sistema de *light trap* (armadilha de luz que inibe a entrada de luz na entrada e saída de ar) (ABREU; ABREU, 2011).

Os sistemas com controle total de iluminação podem ser de dois modelos: *dark houses* e *solid wall houses*. Os *dark houses* são idênticos aos *brown houses*, porém possuem sistema de *light trap*. Aviários do modelo *solid wall houses* utilizam paredes de alvenaria ao invés de cortinado. Em ambos os modelos a iluminação também possui controle de intensidade (ABREU; ABREU, 2011).

O sistema de ventilação por pressão negativa tipo túnel caracteriza-se pelo uso de exaustores dispostos em uma das extremidades do aviário e a entrada de ar na outra extremidade. Entre as principais características estão: a uniformidade na velocidade do ar, e um alto índice de redução de temperatura na entrada de ar utilizando o conceito de resfriamento evaporativo (COBB, 2008). A velocidade uniforme do ar garante maior uniformidade transversal de temperatura. Esta diferença de uniformidade de temperatura pode ser visualizada na Figura 12.

Figura 12 – Imagem termográfica de um aviário de pressão negativa (A) e um aviário de pressão positiva (B).



Fonte: Jacob (2014).

### 2.3.3.1 Exaustores

Os exaustores são responsáveis pela troca de ar do aviário. Segundo Vieira (2009), os exaustores devem ser dimensionados para que a velocidade do ar no interior do galpão possa atingir 3,5 m/s.

Os exaustores utilizados são de dois modelos: com e sem cone (Figura 4). O modelo com cone, conforme Tabela 5, é mais eficiente quando comparados exaustores de mesma potência e fabricante. O dimensionamento dos exaustores, de acordo com Lima (2011), pode ser feito utilizando a Equação 1.

$$N^{\circ} \text{ exaustores} = \frac{L \cdot H \cdot V}{c} \quad (1)$$

Onde,

L = largura do aviário (m);

H = altura do aviário (m);

V = velocidade do ar necessária (m/s);

C = vazão de cada exaustor (m<sup>3</sup>/min);

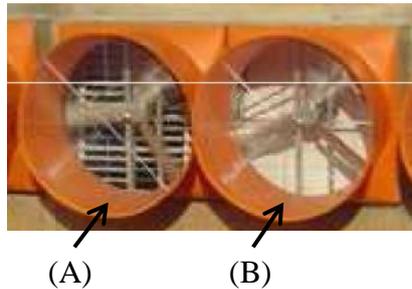
Os exaustores mais comuns no mercado são de 50" (127 cm) de diâmetro. Estes exaustores possuem um sistema de persianas, que abrem com o fluxo de ar quando o exaustor é ligado (Figura 13A) e se fecham quando este é desligado (Figura 13B). As persianas impedem a entrada de ar pelos exaustores desligados (BICHARA, 2009).

Tabela 5 – Relação entre vazão e potência de exaustores sob diferentes níveis de pressão.

Pressão (Pa)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)			
	Com cone		Sem cone	
	1 cv	1,5 cv	1 cv	1,5 cv
0	39700	47200	36950	44300
10	37900	44800	35050	42300
20	35800	42310	33100	39945
30	34700	40260	31500	38010

Fonte: Adaptado de (PLASSON, 2015b).

Figura 13 – Exemplo de exaustor para aviário.



Fonte: Adaptado de Bichara (2009).

Para verificar o tempo necessário para a troca de ar no aviário, segundo Cobb (2008) utiliza-se a Equação 2.

$$\text{Tempo em minutos} = \frac{L_{comp} * H * L_{larg}}{C} \quad (2)$$

Onde,

$L_{comp}$  = comprimento do aviário (m);

H = altura do aviário (m);

$L_{larg}$  = largura do aviário (m);

C = vazão de cada exaustor ou de um conjunto de exaustores (m<sup>3</sup>/min);

### 2.3.3.2 Entrada de ar

A entrada de ar consiste no conjunto do *pad cooling* e da cortina de entrada de ar. O sistema de *cooling* objetiva a redução da temperatura em dias quentes, já a cortina de entrada de ar serve para controlar a pressão estática do sistema.

O conjunto da entrada de ar deve ser dimensionado de forma que a entrada de ar seja a, no mínimo, 1,1 m do chão e a 0,4 m do teto (VIEIRA, 2009).

### 2.3.3.2.1 *Pad cooling*

O *pad cooling*, ou painel evaporativo, fica localizado junto à entrada de ar, para que, em dias quentes, o ar que entre no aviário passe por um processo de resfriamento evaporativo. Este sistema incrementa sua importância para temperaturas entre 30 e 40 °C (VIEIRA, 2009).

O dimensionamento da área do painel evaporativo (Equação 3) varia conforme a espessura do mesmo. Para painéis com 15 cm de espessura, a velocidade do ar não deve ser maior que 2 m/s, já para painéis com 10 cm esta velocidade cai para 1,25 m/s e para painéis com 5 cm de espessura é de apenas 0,75 m/s (COBB, 2008). Quando a velocidade máxima admissível para o painel é ultrapassada, a capacidade de evaporação da água diminui e ocorre a entrada excessiva de umidade no aviário (VIEIRA, 2009).

Para o correto dimensionamento a velocidade do ar a adentrar o aviário não deve ultrapassar 2 m/s no painel evaporativo, observando a altura mínima da entrada de ar. Acima de 2 m/s, a capacidade de evaporação da água diminui (VIEIRA, 2009).

$$A = \frac{C}{V} \quad (3)$$

Onde,

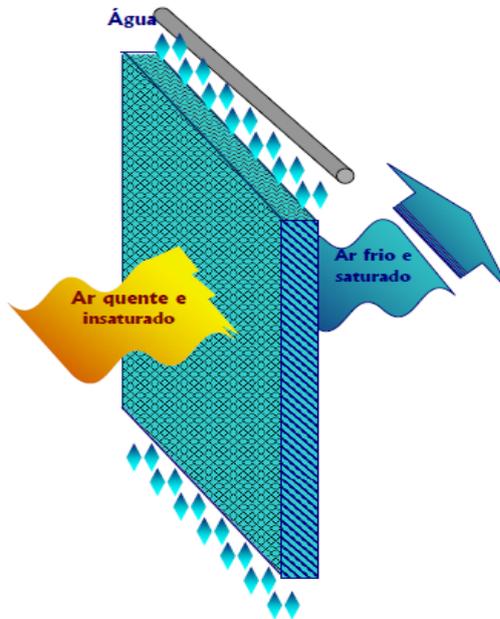
A = área do painel evaporativo (m<sup>2</sup>);

C = vazão máxima dos exaustores (m<sup>3</sup>/s);

V = velocidade máxima do ar no painel evaporativo (m/s);

O conceito de resfriamento evaporativo consiste em fazer a água absorver parte do calor do ar, resfriando-o. Este princípio de funcionamento pode ser visualizado na Figura 14. O acionamento elétrico para o equipamento que realiza o bombeamento de água do *pad cooling* é conhecido como *cooling*. Os *pad coolings* podem ser de celulose, de argila expandida ou cerâmica (BICHARA, 2009).

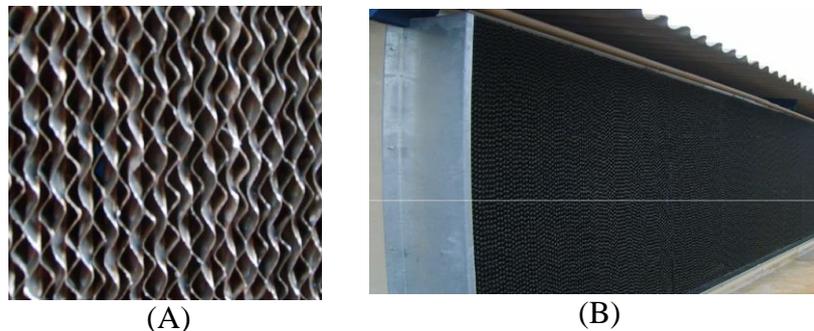
Figura 14 – Conceito de painel de resfriamento evaporativo.



Fonte: Abreu (1999).

No *pad cooling* de celulose (Figura 15B) a água é depositada na parte superior, desce por gravidade umedecendo as placas, que são micro porosas (Figura 15A), e se acumula na parte inferior para ser reutilizada. Quando o ar atravessa o painel, a água presente absorve o calor do ar e evapora. Este sistema possui eficiência na redução de temperatura de até 10 °C (BICHARA, 2009).

Figura 15 – Painel evaporativo de celulose.



Fonte: Pereira Neto (2011).

O painel de argila expandida (Figura 16) utiliza o mesmo conceito, onde água é depositada na parte superior e desce por gravidade. Estes painéis consistem em esferas de argila depositadas em uma estrutura metálica. A eficiência deste sistema é menor, de até 6 °C (BICHARA, 2009).

Figura 16 – Parte superior do painel de argila expandida.



Fonte: Pereira Neto (2011).

O *pad cooling* de cerâmica utiliza um conceito diferente, pois é montado com tijolos em ângulo de 45° (Figura 17A) e o resfriamento é feito nebulizando água sobre os tijolos (Figura 17B). A eficiência de resfriamento, assim como no painel de argila expandida, é de até 6 °C (BICHARA, 2009).

Figura 17 – *Pad cooling* de cerâmica.



(A)



(B)

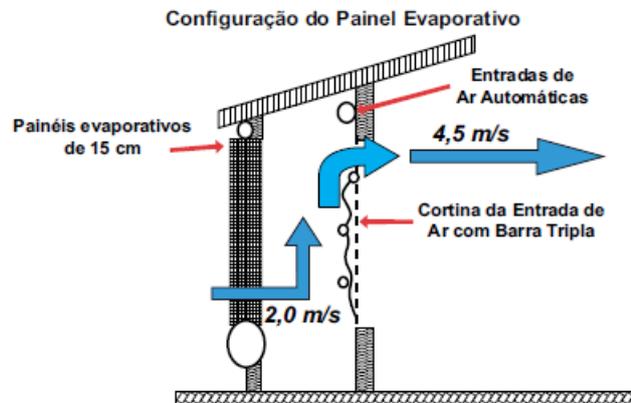
Fonte: Pereira Neto (2011).

### 2.3.3.2 Cortina de entrada de ar

A cortina de entrada de ar (Figura 18) é responsável pela pressão estática no interior do aviário. Conforme varia a necessidade térmica e a qualidade do ar no interior do galpão, há uma variação no número de exaustores ligados, deste modo deve haver uma movimentação da cortina de entrada de ar para manter a pressão estática nos valores desejados.

Para um correto dimensionamento da cortina de estrada de ar, com todos os exaustores em funcionamento, a velocidade do ar deve ser de 4,5 m/s (COBB, 2009).

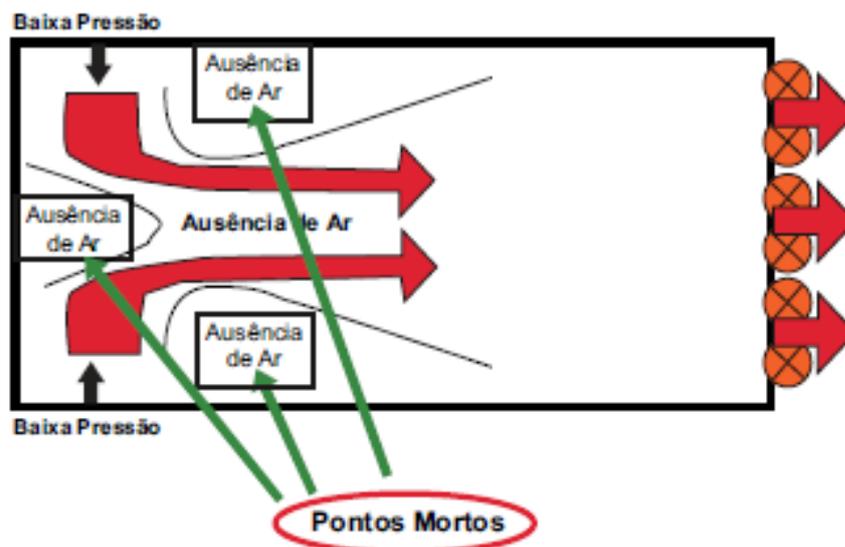
Figura 18 – Cortina de entrada de ar.



Fonte: Cobb (2008).

A pressão estática pode ser definida como a diferença de pressão entre a entrada de ar (pressão ambiente) e a pressão medida a 10 m dos exaustores. Esta diferença de pressão determina a velocidade com que o ar se movimenta no interior do aviário. Quando a pressão é muito alta a velocidade do ar também é alta, o que é prejudicial às aves. Por outro lado, quando a pressão é baixa, há uma não uniformidade na movimentação de ar no interior do galpão, gerando as chamadas “zonas mortas”, como pode ser visualizado na Figura 19 (COBB, 2008).

Figura 19 – Ocorrência de “zonas mortas” devido à baixa pressão.



Fonte: Adaptado de Cobb (2008).

### 2.3.3.3 Segurança

Em aviários com ventilação por pressão negativa há altos riscos financeiros, devido à mortalidade dos frangos quando há falta de energia elétrica. Este risco se deve ao fato deste tipo de aviário permanecer fechado, sendo as chances de morte ainda maiores em situações de calor (BICHARA, 2009).

Segundo Bichara (2009), para minimizar estes riscos alguns equipamentos de segurança são recomendados:

- Desarme de cortina (Figura 20): Este equipamento é instalado junto à catraca que suspende a cortina lateral. Em casos de falta de energia, após um período programado este gatilho aciona permitindo que a cortina abra por gravidade, permitindo a entrada de ar externo e minimizando os danos.
- Alarme: O alarme é um equipamento de segurança imprescindível, que deve ser acionado sob qualquer situação de inconformidade que possa por em risco a vida dos frangos. Geralmente é composto por uma sirene e uma bateria, para que possa ser acionado em situações com falta de energia elétrica.
- Grupo gerador com partida automática: O gerador é extremamente importante, pois em dias de muito calor ( $T > 32^{\circ}\text{C}$ ), a abertura das cortinas laterais pode não ser suficiente.

Figura 20 – Desarme de cortina.



Fonte: Bichara (2009).

## 3 PROJETO

O presente trabalho consiste no projeto de automação de um aviário com sistema de ventilação do tipo pressão negativa, visto que este sistema é mais eficiente. O objetivo principal é um projeto que seja flexível, atendendo aviários de diversos tamanhos.

O controle foi realizado utilizando o sistema de resfriamento/ventilação (exaustores, nebulizadores, *cooling* e *inlets*) e o sistema de aquecimento (fornos) com base em variáveis de temperatura, umidade, qualidade do ar e pressão estática. Há também um sistema de controle da iluminação e um acionamento do sistema de alimentação, para possibilitar uma centralização dos acionamentos.

O projeto é dividido em duas partes, hardware e software. O hardware foi dividido em: sensoriamento, controle e interface. As placas de sensoriamento são dispostas pelo aviário, já a parte de controle e interface ficou localizada em um painel central de controle, juntamente com a entrada de energia do aviário e todos os acionamentos de potência. O software se divide em: software de controle e software de interface, que ficam embarcados na placa de controle, e software das placas de sensoriamento.

### 3.1 Hardware

#### 3.1.1 Sensoriamento

A especificação da quantidade de sensores a ser utilizada (Tabela 6) considerou o monitoramento em diversos pontos ao longo do aviário de forma a ter uma medição mais precisa da situação real do sistema.

A temperatura é monitorada internamente, em frente aos exaustores, no pinteiro e, conforme (COBB, 2008) a um terço do galpão no lado em que se situa a entrada de ar e, todos posicionados a altura das aves (aproximadamente 0,3 m de altura). Externamente, a temperatura foi monitorada na entrada de ar, de maneira a possibilitar ao controlador monitorar a eficiência de refrigeração do sistema. A temperatura da água de bebida foi realizada no interior do reservatório principal.

A umidade é monitorada em dois pontos, um deles no pinteiro e o outro a um terço do galpão no lado em que se situa a entrada de ar e, todos posicionados a 1,3 m de altura (COBB, 2008).

O monitoramento da pressão estática é realizado a 10 m dos exaustores e posicionado a uma altura de 1,5 m, conforme (VIEIRA, 2009). A qualidade do ar é monitorada em dois pontos, em frente aos exaustores e em algum ponto localizado no espaço do pinteiro.

Tabela 6 – Quantidade de sensores.

Variável	Quantidade
Temperatura	9
Umidade	2
Qualidade do ar	2
Pressão	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 3.1.1.1 Sensor de temperatura

A faixa de temperatura ideal para criação de frangos de corte, segundo Cobb (2008), é de 16 a 33 °C. Esta temperatura encontra-se dentro da faixa de variação de temperatura ambiente, cuja mínima foi de 2,2 °C e máxima de 40,8 °C em 2013 e 2014 na região do Vale do Taquari, segundo dados fornecidos pelo Centro de Informações Hidrometeorológicas da Univates (Lajeado/ RS).

Para a especificação dos sensores de temperatura, foi realizado um comparativo dentre alguns sensores comerciais. As principais características avaliadas foram: a faixa de operação, a precisão e o tipo sinal de saída. Efetuando a análise de diversos sensores, verificou-se que a opção mais indicada para esta aplicação seriam sensores digitais, com capacidade para

detectar pequenas variações de temperatura (menor que 0,1 °C). O sinal de saída digital possui maior imunidade a ruído em relação aos sinais analógicos (CARTER; BROWN, 2001).

Dentre os sensores de temperatura avaliados optou-se pelo sensor DS18B20 (Tabela 7), com utilização a 3 fios (alimentação, *ground* (GND) e dados), que utiliza o barramento *One-Wire* para transmissão de dados.

Este protocolo é baseado em comunicação serial, em fio único, referenciada ao terminal terra (GND) da alimentação. É utilizado por diversos componentes e sensores devido ao baixo consumo de energia. Cada sensor possui uma memória ROM (*Read Only Memory*) de 64 bits, ou seja, 8 bytes. O byte menos significativo (LSB) contém um código que identifica a família do dispositivo. Os próximos 6 bytes (48 bits) contém um endereço individual do dispositivo. O byte mais significativo (MSB) contém um código para checagem baseado nos outros 7 bytes (CRC) (MAXIM, 2008b).

Tabela 7 – Características técnicas do sensor de temperatura DS18B20.

DS18B20 – Características	
Sinal	Digital ( <i>One-Wire Bus</i> )
Resolução	Selecionável (9 a 12 bits)
Precisão	± 0,5°C (-10 a 85 °C)
Faixa de operação	-55°C a 125 °C
Tensão de alimentação	3,0 a 5,5 V

Fonte: Adaptado de Maxim (2008b).

### 3.1.1.2 Sensor de umidade

Segundo Cobb (2008), a faixa de umidade ideal é de 40 a 70 %, conforme a idade das aves. Considerando a ampla faixa de medição necessário, optou-se por um sensor com faixa de operação de 10 a 99 %.

Para medição da umidade, foi utilizado o sensor AM2305. Este sensor utiliza um sensor de umidade capacitivo e é encapsulado juntamente com um sensor de temperatura. Ambos os sensores são conectados a um microcontrolador interno ao encapsulamento, de 8 bits, que realiza a calibração em tempo real e disponibiliza os dados via barramento

*One-Wire* (AOSONG ELETRONICS, 2013). As especificações técnicas deste sensor podem ser verificadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Características técnicas do sensor de temperatura e umidade AM2305.

AM2305 – Características		
	Temperatura	Umidade Relativa (%)
Sinal	Digital ( <i>One-Wire Bus</i> )	Digital ( <i>One-Wire Bus</i> )
Resolução	0,1 °C	0,1 %
Precisão	±0,3 °C	± 2.0 %
Faixa de operação	-40 a 125 °C	0 a 99,9 %
Tensão de alimentação	3,3 a 5,5 V	3,3 a 5,5 V

Fonte: Adaptado de Aosong Eletronics (2013).

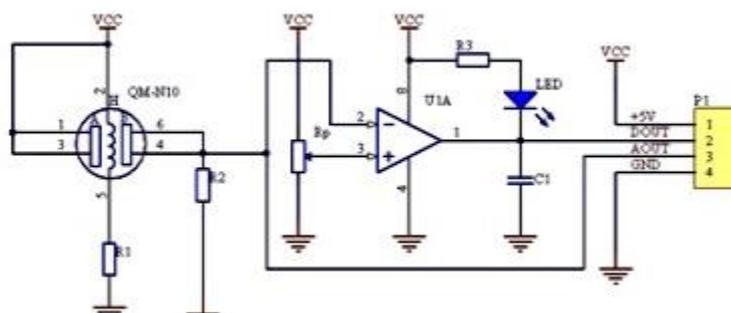
### 3.1.1.3 Sensor de qualidade do ar

Segundo Lima (2011) a concentração de amônia deve ficar abaixo de 20 ppm e a concentração de CO<sub>2</sub> abaixo de 3000 ppm.

Para o monitoramento da qualidade do ar foi utilizado o sensor MQ-135, que é um sensor específico para qualidade do ar. Este sensor detecta, entre outros gases, amônia e CO<sub>2</sub>, sendo mais sensível à amônia, cuja faixa de detecção é de 10 a 300 ppm. O princípio de funcionamento é gerar uma variação na resistência interna de acordo a concentração dos gases.

Foi utilizada uma versão comercial deste sensor montado em uma placa de circuito impresso. A tensão de alimentação é de 5 Vcc e há dois sinais de saída, um analógico (0 a 5 V) e outro digital cujo ponto de acionamento pode ser ajustado através de um resistor variável presente na placa. O esquemático deste circuito se encontra na Figura 21.

Figura 21 – Esquemático da placa de montagem e do sensor MQ-135.



Fonte: Adaptado de Catethysis (2015).

### 3.1.1.4 Sensor de pressão estática

A pressão estática varia conforme a largura do aviário, quanto mais largo maior, sendo de 7,5 Pa para aviários de 10 m de largura e 25 Pa para aviários de 24 m de largura (COBB, 2008).

O sensor de pressão diferencial a ser utilizado é do modelo SB70, fabricado pela empresa Full Gauge. Este sensor é analógico e possui uma faixa de medição de -99 a 999 Pa. O sinal de saída é linear e varia de 0,5 a 4,5 V.

A variação de sinal deste sensor é de 3,6 mV/Pa, menor que a resolução mínima de 4,89 mV do conversor A/D das placas de sensoriamento. Visto que a pressão máxima é de aproximadamente 25 Pa, o sinal de saída a esta pressão é de aproximadamente 1 V. Optou-se por um circuito condicionador de sinais, com um ganho de 3 vezes, alterando a variação de sinal para 10,8 mV/Pa. Deste modo é possível a percepção de variações de até 0,5 Pa, o que é suficiente para a aplicação em questão.

### 3.1.1.5 Placas de sensoriamento

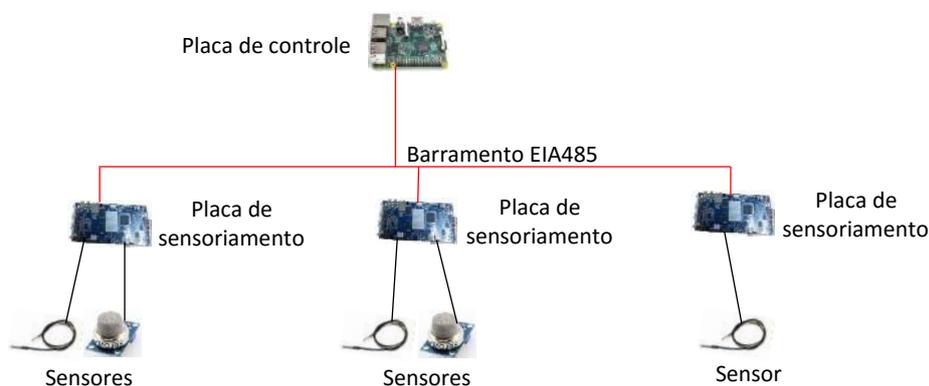
Segundo Pereira Neto (2011) geralmente os aviários possuem mais de 100 m de comprimento, visto que a ventilação em túnel é mais eficiente em aviários longos. Considerando as distâncias optou-se pela utilização de um barramento de comunicação

EIA485 de maneira a evitar interferências e perdas de sinal no sistema (QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013).

O barramento EIA 485 utiliza a tensão diferencial de dois condutores para transmissão de informação, deste modo possibilitando transmissões em longas distâncias (até 1200 m) (QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013).

Para tanto, o aviário é dividido longitudinalmente em seções, duas ou três, conforme necessidade. Em cada seção é disposta uma placa de conexão para os sensores que por sua vez é conectada ao barramento para comunicação com a placa de controle (Figura 22). A gestão de informações é feita via software e tratada no respectivo capítulo.

Figura 22 – Topologia do sistema de sensoriamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Cada placa de sensoriamento conta com três portas analógicas de 10 bits e faixa de medição de 0 a 5 V, cinco portas de comunicação com interface de comunicação serial para o barramento *One-Wire* e oito portas digitais para propósitos gerais (24 V). Duas portas analógicas são isoladas utilizando um buffer (ganho de tensão unitário), a outra pode ser configurada via hardware para ter um ganho unitário ou um ganho igual a 3, para conexão do sensor de pressão estática. Dentre as cinco portas para comunicação *One-Wire*, três são utilizadas para sensores de temperatura, uma para sensor de umidade e a outra é reserva. As portas de propósito geral são utilizadas para ligação dos sensores dos comedouros, entre outros.

Para as portas analógicas foi desenvolvido um filtro de ruído passa-baixas de primeira ordem com frequência de corte de 20 Hz, para minimizar ruídos (SEDRA; SMITH, 2004). Para o cálculo dos componentes foi utilizada Equação 4 (SEDRA E SMITH, 2004), com um

resistor (R) de  $4k7 \Omega$ . A este filtro foi acrescentado um resistor de *pull down*, de maneira a manter uma carga mínima no circuito e evitar o acúmulo de tensões parasitas no capacitor. O esquemático do filtro pode ser visualizado na Figura 23.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4a)$$

$$20 = \frac{1}{2\pi * 4700 * C} \quad (4b)$$

$$C = 2 \mu F \quad (4c)$$

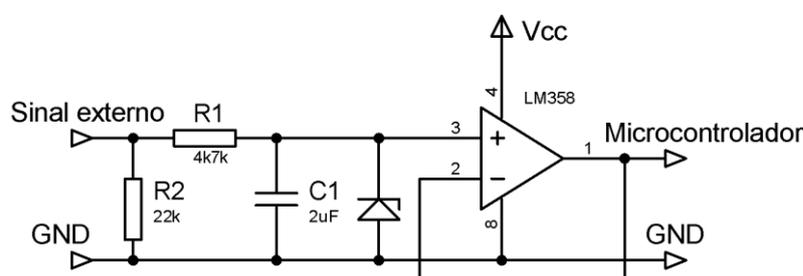
Onde,

$f_c$  = frequência de corte (Hz);

R = resistência (ohm);

C = capacitância (farad);

Figura 23 – Esquemático do circuito de entrada analógica.

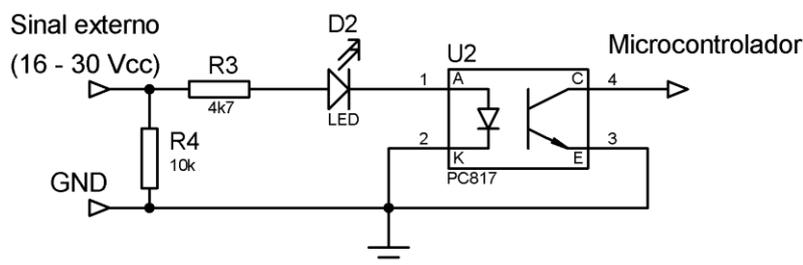


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

As entradas digitais de propósito geral contaram com um circuito de optoacoplamento, para isolação dos níveis de tensão. Este circuito, conforme retratado na Figura 24, permite uma faixa de tensão de entrada de 16 a 30 V. Há um LED (*Light Emitter Diode*) para indicação de entrada ativa. O resistor R3 possui a função de limitar a corrente de polarização do optoacoplador (entre 3,5 mA a 16V e 6,4 mA a 30 V). O resistor R4 tem a função de *pull down*. Este circuito utiliza a função *pull up* do microcontrolador, deste modo quando a entrada está inativa o nível de sinal é alto.

A ligação das placas de sensoriamento com o painel central utiliza cinco fios: Rx, Tx, GND, 24 Vcc (tensão contínua) e reset. A tensão de 5 Vcc será gerada na própria placa, eliminando possíveis problemas de queda de tensão na fiação. O sinal de reset foi revisto para que a placa de controle possa reiniciar a placa de sensoriamento sob eventuais problemas.

Figura 24 – Esquemático do circuito de entrada digital.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 3.1.2 Placas de interface

Para a estruturação da interface entre controle e atuadores foi realizado um levantamento da quantidade de entradas e saídas necessárias (Tabela 9). A ventilação será dividida em 14 grupos, para possibilitar um acionamento individual, de maneira a tornar a variação no sistema de ventilação menos brusca possível. O sistema de nebulização foi dividido em 5 grupos de acionamento, tornando mais eficiente o controle de umidade. O sistema de aquecimento conta com quatro saídas, possibilitando assim ligar dois fornos com dois motores cada. O avicultor pode assim programar a temperatura de acionamento separadamente, o que aumentará a flexibilidade do sistema aos mais diversos tipos de galpão.

Tabela 9 – Relação de I/Os do sistema.

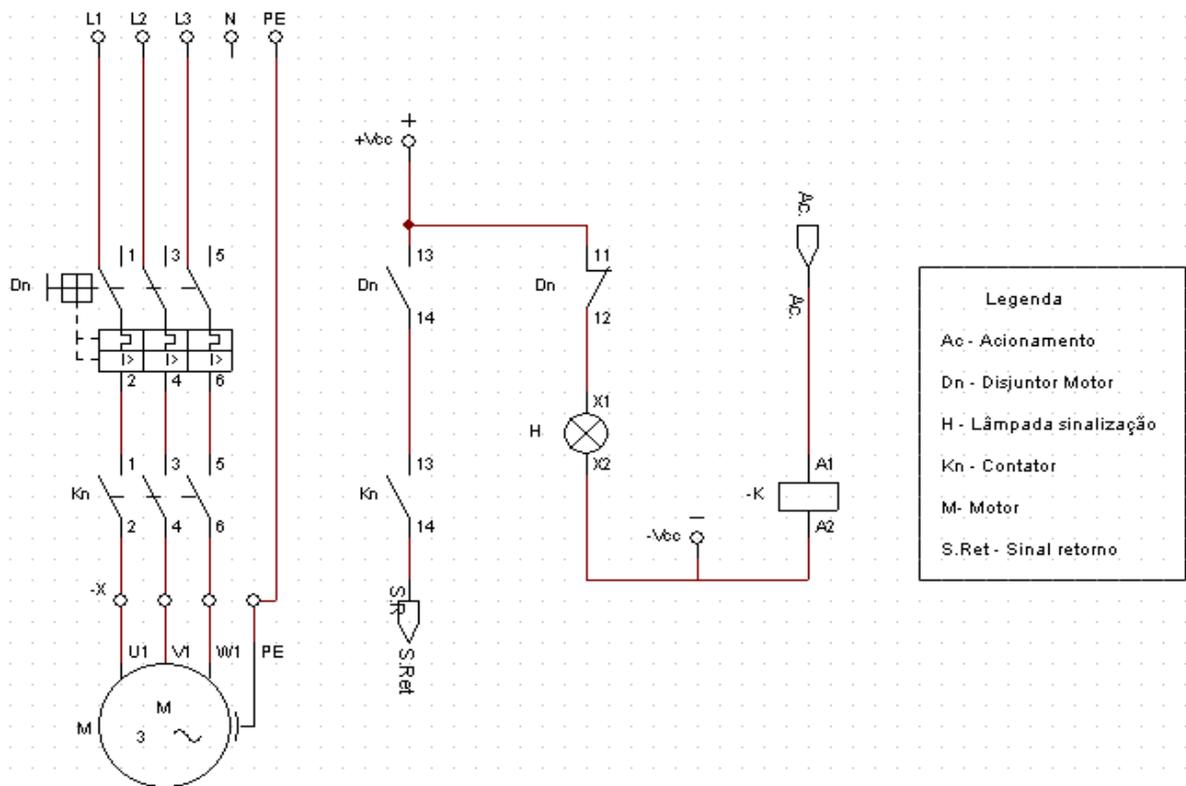
Equipamento	Tipo	Quantidade
Exaustor	Saída Digital	14
<i>Cooling</i>	Saída Digital	2
Nebulizador	Saída Digital	3
Forno(motor principal + motor chama)	Saída Digital	4
Cortina entrada ar (abre + fecha)	Saída Digital	2
<i>Inlets</i> (abre + fecha)	Saída Digital	4
Comedouros	Saída Digital	6
Desarme cortina	Saída Digital	1
Alarme	Saída Digital	1
Advertência	Saída Digital	1
Sensor de limite de nível da cortina de entrada de ar	Entrada Digital	4
Relé falta de fase	Entrada Digital	1
Sensor abertura e fechamento <i>inlets</i>	Entrada Digital	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O total de entradas e saídas é 47, sendo 9 entradas e 38 saídas. Optou-se em adicionar um acionamento para advertência, que pode ser relacionado a um sinal luminoso indicando problema de menor porte (que não comprometa o sistema de controle).

Por motivos de segurança, optou-se por um sinal de retorno dos acionamentos, para possibilitar ao controlador o monitoramento de cada saída. Este sinal, conforme Figura 25, provém da fonte de alimentação, passa por um contato NA (Normalmente Aberto) do disjuntor motor, saída deste contato é interligada a um contato NA do contator, sendo a saída deste interligada a placa de interface de entrada. Deste modo é possível detectar falhas ou problemas no contator ou no disjuntor motor quando estes estão ou deveriam estar ligados e, exibir ao usuário problemas no dispositivo de proteção. A listagem de sinais de retorno pode ser verificada na Tabela 10.

Figura 25 – Esquema elétrico do sinal de falha nos acionamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Tabela 10 – Sinais de retorno dos acionamentos.

Equipamento	Tipo	Quantidade
Sinal de retorno – Exaustor	Entrada Digital	14
Sinal de retorno – Nebulizador	Entrada Digital	5
Sinal de retorno - Acionamentos Forno	Entrada Digital	4
Sinal de retorno - Acionamentos Cortina entrada ar	Entrada Digital	1
Sinal de retorno - Acionamentos <i>Inlets</i>	Entrada Digital	2
Sinal de retorno – Comedouros	Entrada Digital	6
Alarme e Advertência	Entrada Digital	2
Iluminação	Saída Digital	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Para os acionamentos referentes aos *inlets* e a cortina de entrada de ar, por se tratar de um acionamento com reversão no sentido de giro, foi considerado um único sinal de retorno. No total, serão necessárias 35 entradas digitais para os sinais de retorno.

Foram necessárias 82 portas de I/O, considerando todas as entradas digitais e saídas digitais listadas. Considerando a grande quantidade de I/Os necessária, são utilizados expansores de I/O interligados à placa de controle por um barramento de comunicação.

O barramento a ser utilizado é o IIC (*Inter Integrated Circuits*), também conhecido por I<sup>2</sup>C. Este protocolo utiliza endereçamento via software, sendo necessários apenas 2 fios para comunicação entre os dispositivos, SCL (*Serial Clock*) e SDA (*Serial Data*). Suporta 128 dispositivos na rede e a taxa de comunicação padrão de 100 Kbps (NXP SEMICONDUCTORS, 2014).

Cada placa de interface conta com um expensor de I/O que converte a informação serial proveniente do barramento em informação paralela para ativar saídas digitais, ou vice versa para as entradas.

O expensor de I/O a ser utilizado é o MCP23017. Este CI (Circuito Integrado) possui duas portas bidirecionais (A e B) de oito bits cada, que podem ser configuradas como entradas ou saídas. Possui interface I<sup>2</sup>C que suporta velocidades de 100 kHz, 400 kHz e 1,7 MHz (MICROCHIP, 2007a). O endereçamento padrão do protocolo IIC é de 7 bits. O CI MCP23017 possui os 4 bits mais significativos estáticos (internos ao chip), os 3 bits menos significativos são compostos de um endereçamento via hardware, utilizando os



Figura 27 – Raspberry Pi 2 B.



Fonte: Pcworld (2015).

A CPU (*Central Processing Unit*) da Raspberry Pi 2 opera a um *clock* de 900 MHz, que apesar de operar a uma frequência menor que a BeagleBone Black, apresenta uma maior capacidade de processamento por possuir 4 núcleos. A memória RAM é de 1 GB. Apesar de não possuir memória Flash, possui uma ampla capacidade de armazenamento em cartão *microSD* (até 64 GB). As interfaces de comunicação são: 4 portas USB, 1 porta *Ethernet*, 2 portas *PC*, 1 porta *SPI* (*Serial Peripheral Interface*), 1 porta serial além de diversas *GPIOs* (*General Purpose Input/Output*).

Tabela 11 – Comparativo entre placas de prototipação analisadas.

Característica	Raspberry Pi 1 B+	Raspberry Pi 2 B	BeagleBone Black
CPU	ARM 11	Cortex A7	Cortex A8
Núcleos CPU	1	4	1
Clock	700 MHz	900 MHz	1000 MHz
Memória	512 Mb	1 Gb	512 Mb
Portas USB	4	4	1
Memória Flash	-----	-----	2 Gb
Armazenamento	microSD	microSD	microSD
Rede	10/100	10/100	10/100
GPIO	40 pin	40 pin	2x46 pin

Fonte: Adaptado de Hunt (2014).

Raspberry Pi é a denominação de uma família de placas de prototipação com sistema operacional embarcado. Todas as versões, A, A+, B, B+ e 2B, operaram com versões LINUX, tais como Ubuntu, Fedora, Debian, entre outros, sendo o sistema operacional padrão é o Raspian, uma derivação do LINUX Debian, desenvolvido especificamente para esta família.

### **3.1.4 Tela de interface local (IHM)**

Foi elaborada uma tela de interface local para ser fixada na porta do painel elétrico que contém o restante do sistema. O objetivo é permitir ao usuário verificar e alterar os principais parâmetros do sistema sem a necessidade de acessar o sistema de monitoramento principal.

Para exibição dos parâmetros foi utilizado um display alfanumérico de 20 colunas e 4 linhas. A interface com o usuário é através de botões tácteis presentes na placa em que o display é fixo.

## **3.2 Software**

A parte do projeto que se refere a software é dividida em duas partes. Uma delas corresponde às placas de sensoriamento e a outra a placa de controle. As placas de sensoriamento apenas efetuam as leituras dos sensores e respondem às requisições da placa de controle (topologia *master-slave*). A placa de controle realiza o gerenciamento da comunicação bem como o controle do sistema e a interface com o usuário.

Visto que o meio físico entre sensoriamento e controle é um barramento EIA-485 operando em modo *half-duplex* (transmissão de dados em apenas um sentido), é necessária a alternância de leitura e escrita no barramento por parte de todos os dispositivos conectados.

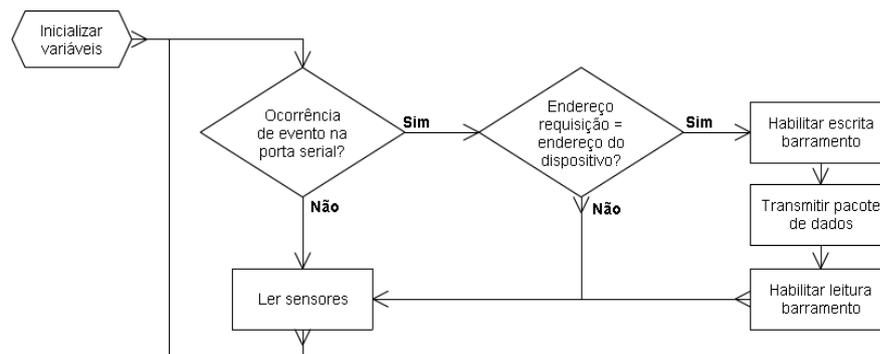
### **3.2.1 Software da placa de sensoriamento**

O software da placa de sensoriamento faz a leitura dos sensores e responde as requisições efetuadas pela placa de controle. O desenvolvimento foi feito utilizando a ferramenta Atmel Studio, desenvolvido pela Atmel para programação de seus microcontroladores (ATMEL CORPORATION, 2015).

O algoritmo principal realiza a leitura dos sensores e monitoramento da porta serial, caso haja algum evento, o dispositivo compara o endereço da solicitação com o seu endereço. No caso dos endereços serem iguais, o dispositivo habilita a escrita no barramento, após

efetua a transmissão do pacote de dados e em seguida habilita a leitura do barramento novamente (Figura 28).

Figura 28 – Fluxograma do algoritmo utilizado na placa de sensoriamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Para evitar oscilações nas leituras dos sensores analógicos foi implementado um algoritmo auxiliar que fará uma média aritmética das 10 ultimas leituras (Equação 5).

$$V = \frac{p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n+1} \quad (5)$$

Onde,

$V$  = Valor efetivo;

$p$  = valor em determinada posição do vetor;

$n$  = quantidade de posições do vetor;

### 3.2.2 Software da placa de controle

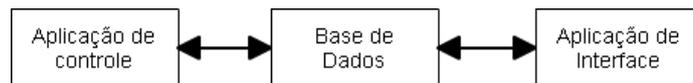
A parte de software da placa de controle é dividida em duas aplicações, uma para controle e outra para interface com o usuário. O intermédio entre as aplicações foi feito via banco de dados (Figura 29).

A linguagem de programação utilizada para ambas as aplicações foi a linguagem Java. Esta linguagem foi adotada devido aos recursos, ao desempenho e a portabilidade, visto que é uma linguagem independente de plataforma. Segundo Trough (2013), Java é uma das

linguagens de programação de melhor desempenho na Raspberry Pi, sendo superada apenas pelas linguagens C e C++.

Ambas as aplicações foram desenvolvidas utilizando a IDE (*Integrated Development Environment*) Netbeans, que foi desenvolvido pela Oracle e possibilita o desenvolvimento de aplicações em diversas linguagens.

Figura 29 – Topologia das aplicações embarcadas na placa de controle.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 3.2.2.1 Aplicação de controle

A aplicação de controle utiliza a linguagem Java e as bibliotecas referentes ao projeto PI4J, que visam a integração da linguagem Java com o hardware da Raspberry Pi (PI4J, 2015).

Esta aplicação é dividida em cinco tarefas independentes, executadas paralelamente. A primeira foi responsável pela comunicação com o barramento dos sensores, a segunda pelo gerenciamento do barramento de I/Os, a terceira controla a IHM, a quarta fez o controle do sistema e a quinta tarefa teve duas funções, monitorar as demais tarefas e gerenciar a comunicação com o banco de dados.

A passagem de parâmetros entre as tarefas ocorre por meio de vetores. As tarefas realizaram leituras e escritas periódicas nestes vetores.

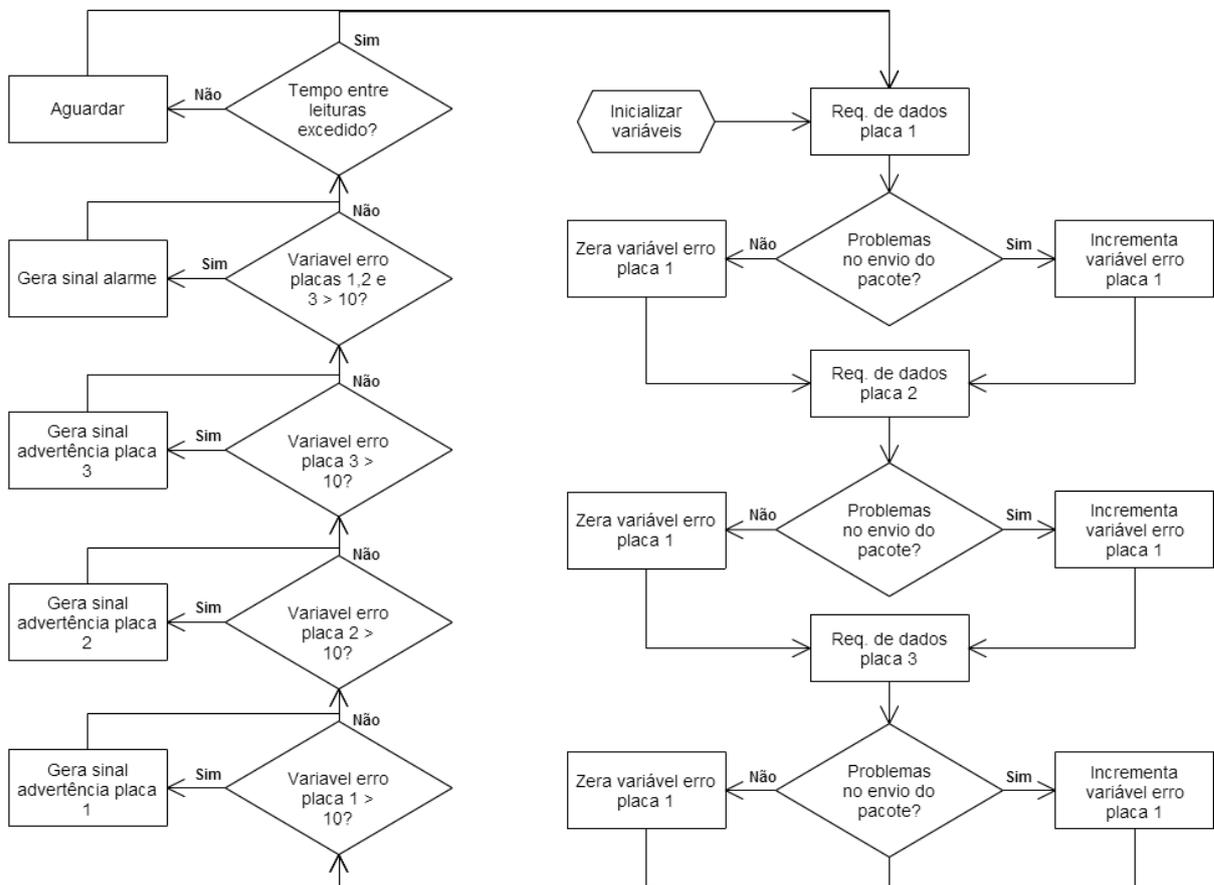
O controle do sistema é feito comparando as leituras provenientes dos sensores com os valores inseridos pelo usuário, que são adquiridas por consultas periódicas ao banco de dados.

É realizada também uma atualização periódica em uma tabela de linha única do banco de dados (tabela de registros para visualização), em que são registrados os valores de leitura dos sensores bem como o status (ligado ou desligado) de todos os equipamentos.

O controle do barramento com as placas de interface utiliza um algoritmo de atualização cíclica de todos os dispositivos, onde a retransmissão de dados em caso de falha de envio é determinada pelo próprio protocolo. É possível ocorrerem falhas de endereçamento, em que o dispositivo em questão não seja localizado na rede. Neste caso os demais dispositivos são atualizados, de maneira cíclica. Caso haja um erro de endereçamento por cinco tentativas consecutivas, o alarme é disparado.

O algoritmo de leitura dos sensores faz a solicitação de envio de pacote a determinado dispositivo. Depois de recebido, o pacote é verificado se está completo (bloco de início e fim). Caso ambos os quesitos estiverem corretos, a variável de erro da placa referida é zerada e caso houver alguma falha no pacote a variável é incrementada. Se a variável de erro de alguma das placas for maior que 10 um sinal de advertência é gerado. Caso haja um sinal de advertência para todas as placas é gerado um sinal de alarme (Figura 30).

Figura 30 – Fluxograma do algoritmo para comunicação com as placas de sensoriamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 3.2.2.2 Aplicação de interface

Esta aplicação realiza a interface com o usuário, permitindo a visualização do estado momentâneo do aviário bem como a alteração dos parâmetros de controle. O monitoramento se dá através de consultas à tabela de registros para visualização, que é feita periodicamente, de 6 em 6 segundos.

O usuário pode ajustar parâmetros de temperatura, umidade, tempo e intensidade de iluminação, qualidade do ar, ventilação mínima, tempo de abertura e entre abertura dos *inlets* e temperatura crítica inferior e superior para acionamento do alarme. Estes parâmetros são alterados nas respectivas tabelas do banco de dados.

Por se tratar de uma aplicação Java Web, é utilizado o *webserver* Apache Tomcat, que é um servidor para execução de páginas dinâmicas, desenvolvido pela *Sun Microsystems* e de distribuição livre. É desenvolvido na plataforma Java, baseado em *Servlets* e em *JavaServer Pages* (JSP). Possibilita o desenvolvimento de páginas Web baseadas em HTML, XML entre outros tipos. *Servlets* podem ser considerados reforçadores dos servidores Web para a plataforma Java. JSP é uma tecnologia que auxilia na criação de páginas dinâmicas, convertendo arquivos *script* em módulos executáveis (APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2015; BELEM, 2011).

O controle de acesso é feito com através de *login* e senha. O *login* está vinculado a um nível de permissão. Os níveis de permissão são divididos em quatro: apenas visualização da situação atual do sistema, alteração dos parâmetros de funcionamento, edição das tabelas de parâmetros e gerenciamento do lote e um nível de permissão total.

### 3.2.3 Banco de dados

O banco de dados utilizado é o MySQL, que é um banco de dados de código aberto, desenvolvido pela Oracle, cujo as principais características são alta performance e escalabilidade. É suportado por diversas plataformas e linguagens de programação (ORACLE, 2015).

Optou-se pelo uso do banco de dados MySQL pela facilidade de implantação em sistemas embarcados, pelo desempenho e pelos recursos de software (ORACLE, 2014), além

da disponibilidade de documentação e *cases* de implantação correlacionados à família Raspberry Pi.

Foi elaborada uma única base de dados, contendo todas as tabelas necessárias. Esta base de dados é utilizada por ambas as aplicações. O *script* desta base de dados pode ser visualizado no Apêndice F.

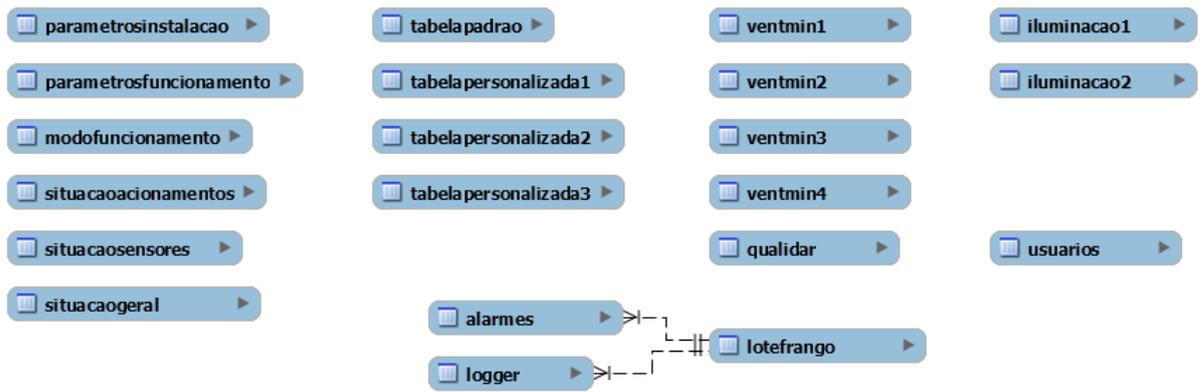
Na Figura 31 pode ser visualizado o diagrama ER da base de dados utilizada. Há quatro tabelas com parâmetros de temperatura e umidade (“tabelapadrao”, “tabelapersonalizada1”, “tabelapersonalizada2”, “tabelapersonalizada3”), das quais apenas a “tabelapadrao” não é editável pelo usuário. Há quatro tabelas com parâmetros de ventilação mínima e duas tabelas com parâmetros de iluminação, todas configuráveis pelo usuário.

O objetivo de haver mais de uma tabela de parâmetros para cada variável é permitir ao usuário selecionar qual destas tabelas deve ser utilizada como parâmetro de funcionamento do sistema. Assim é possível criar diferentes tabelas de parâmetros, sendo necessário alterar apenas a tabela a ser utilizada pelo sistema ao invés de alterar todos os valores.

Há dependências entre apenas três tabelas: “loteFrango”, “alarmes” e “logger”. Estas tabelas possuem dependências, pois cada alarme e cada registro de dados está relacionado a determinado lote de frangos. O restante das tabelas não possuem dependências em virtude de sua utilização isolada, não necessitando de informações pertinentes a outras tabelas.

As tabelas intituladas “parametrosinstalacao”, “parametrosfuncionamento”, “modofuncionamento”, “situacaoacionamentos”, “situacaoosensores” e “situacaoogerl” são tabelas de linha única, sendo as três primeiras utilizadas para parametrização do sistema por parte do usuário. As demais tabelas citadas são utilizadas para passagem de informações dinâmicas (dados sobre status/situação e funcionamento do sistema), são atualizadas periodicamente (a cada 5 segundos) pela aplicação de controle e a aplicação de interface realiza a leitura destas tabelas para exibição dos dados. Este método de passagem de parâmetros foi adotado para um maior desempenho.

Figura 31 – Diagrama ER resumido da base de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 4 RESULTADOS

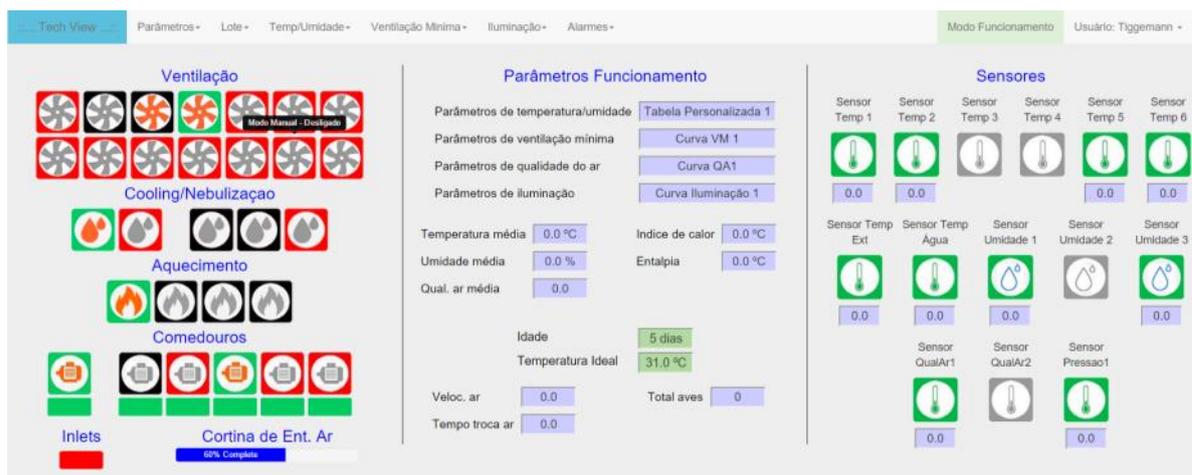
### 4.1 Sistema de interface desenvolvido

A interface Web foi elaborada para ser responsiva, se adequando assim a diferentes tamanhos de tela, desde *smartphones* (Figura 32) a computadores. Após a tela de *login* o usuário visualiza a tela de *status* (Figura 33), onde é possível visualizar o menu de funções na parte superior, o estado de todos os acionamentos na coluna esquerda, a situação do sistema e parâmetros de funcionamento na coluna central e a situação e leitura dos sensores na coluna direita. Esta aplicação é também dividida em quatro níveis de acesso (Tabela 12), o que aumenta a segurança do sistema, limitando o acesso a funções essenciais a pessoas autorizadas.

Figura 32 – Acesso à aplicação de interface através de um *smartphone*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 33 – Tela de *status* do sistema.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Usuários com nível de acesso A podem apenas visualizar o status atual do sistema e alterar sua senha de *login*, estes usuários não possuem nenhum controle remoto sobre o sistema. O nível de acesso B possibilita ao usuário, além das funções do nível A, alterar o modo de funcionamento dos equipamentos (manual ligado, manual desligado e automático) e alterar os parâmetros de funcionamento, os quais possibilitam alterar as tabelas de parâmetros utilizadas, habilitar/ desabilitar sensores e parametrizar a temperatura de acionamento dos equipamentos. A visualização e gerenciamento das informações referentes ao lote de frango estão disponíveis apenas a usuários com permissão nível C ou superior. O nível de acesso D libera acesso total ao sistema, inclusive aos parâmetros de instalação.

Tabela 12 – Níveis de acesso ao sistema de interface.

Função	Nível de Acesso			
	A	B	C	D
Vizualizar parâmetros	X	X	X	X
Alterar tabela de parâmetros utilizada	----	X	X	X
Editar tabelas de parâmetros	----	----	X	X
Alterar modo de funcionamento	----	X	X	X
Alterar parâmetros de funcionamento	----	X	X	X
Alterar parâmetros de instalação	----	----	----	X
Gerenciamento de lotes	----	----	X	X
Alterar senha de acesso	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

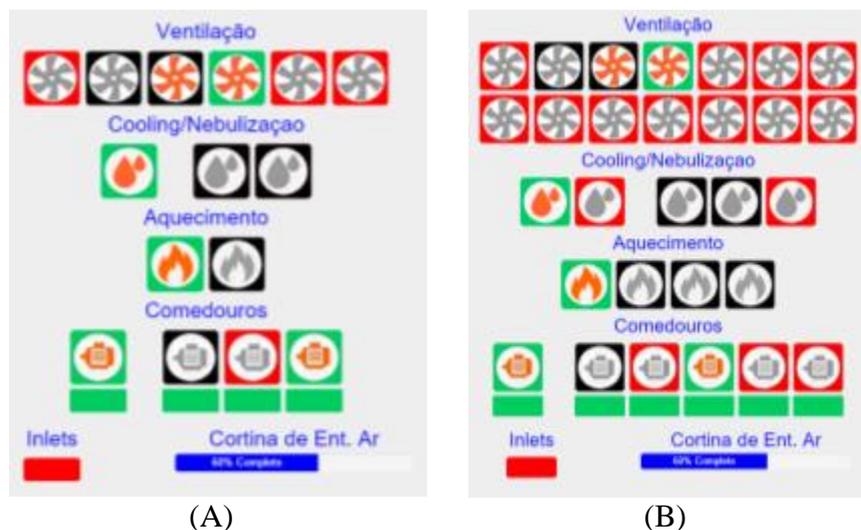
Os parâmetros de instalação são acessíveis somente a usuários com nível de permissão D, visto que são a base para a estruturação da aplicação de interface e de controle. Estes parâmetros são divididos em dois grupos, no primeiro grupo (Figura 34) são definidas as quantidades de equipamentos utilizadas (exaustores, nebulizadores, comedouros, sensores, etc.). Com base nestes valores a aplicação de interface é ajustada, alterando sua aparência. Na Figura 35A é possível visualizar a tela ajustada conforme parâmetros de instalação visíveis na Figura 34, já na Figura 35B é possível visualizar a tela ajustada para uma diferente quantidade de equipamentos.

Figura 34 – Parâmetros de instalação – primeiro grupo de parâmetros.

Quantidade de Exaustores	<input type="text" value="6"/>	
Quantidade de Cooling	<input type="text" value="1"/>	
Quantidade de Nebulizadores	<input type="text" value="2"/>	
Quantidade Fornos de Aquecimento	<input type="text" value="2"/>	
Quantidade de Sensores de Temperatura Internos	<input type="text" value="4"/>	<input type="checkbox"/> Sensor Temperatura Água
Quantidade de Sensores de Umidade	<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Sensor Temperatura Externa
Quantidade de Sensores de Qualidade do Ar	<input type="text" value="1"/>	
Quantidade de Sensores de Pressão Estática	<input type="text" value="0"/>	
Quantidade de Comedouros	<input type="text" value="3"/>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 35 – Exibição de aplicações com diferentes quantidades de equipamentos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O segundo grupo dos parâmetros de instalação corresponde ao endereçamento dos sensores e aos parâmetros do aviário e dos equipamentos utilizados. Para cada sensor é configurado um dispositivo (placa de sensoriamento) e também um endereço.

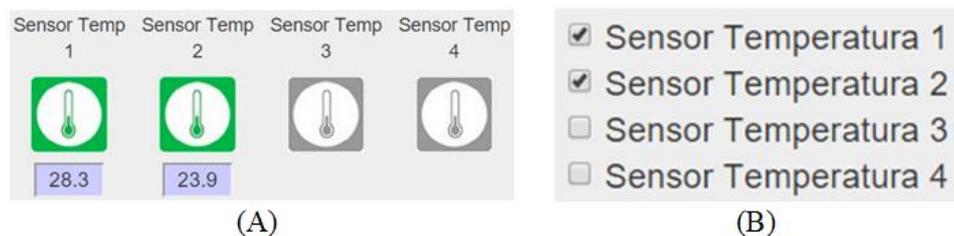
O conjunto de parâmetros de funcionamento permite ao usuário selecionar as tabelas de parâmetros (Figura 36) de temperatura/umidade, iluminação, ventilação mínima e qualidade do ar, além de ajustes relacionados aos equipamentos, como por exemplo, habilitar ou desabilitar sensores (B). A diferença visual entre um sensor habilitado e um sensor desabilitado pode ser observado na Figura 37A. Outros ajustes relacionados aos parâmetros de funcionamento são: sobre temperatura de acionamento de exaustores, nebulizadores, *coolings*, fornos e *inlets*, tempo entre aquisições do *datalogger* e tempo de ativação do alarme.

Figura 36 – Parâmetros de funcionamento – seleção das tabelas de parâmetros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 37 – Aplicações dos parâmetros de funcionamento – habilitar/desabilitar sensores.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Usuários com permissão de acesso C ou D podem editar as tabelas de parâmetros utilizadas pelo sistema. Nestas tabelas são inseridos os valores pertinentes ao sistema de controle, como temperatura, umidade e dados de ventilação, iluminação e qualidade do ar.

Ao abrir determinada tabela (Figura 38), o usuário pode visualizar os parâmetros conforme a idade da ave. Caso tenha permissão de acesso, o campo de idade é um *link* para a tela de alteração de parâmetros (Figura 39).

Há quatro tabelas de ventilação mínima, todas parametrizáveis. Os ajustes são: a quantidade de grupos de exaustores (limitada em três unidades), o tempo que a ventilação mínima fica ativa e o tempo entre ciclos (Figura 38).

Figura 38 – Tabela de parâmetros de ventilação mínima.

Ventilação Mínima 1			
Idade	Quant. Mínima Grupos	Tempo Ligado	Tempo Desligado
1	1	10	10
2	1	10	10
3	1	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 39 – Alteração de parâmetros conforme idade das aves.

Idade = 1 dias

Quant Grupos      Tempo Ligado      Tempo Desligado

1                      10                      10

Alterar Sair

Ventilação Mínima 1			
Idade	Quant. Mínima Grupos	Tempo Ligado	Tempo Desligado
1	1	10	10
2	1	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Caso esteja configurado ao menos um sensor de qualidade do ar nos parâmetros de instalação, é habilitada a tela de parâmetros para qualidade do ar. O usuário pode configurar cinco conjuntos de parâmetros distintos para o controle da qualidade do ar (Figura 40), que não variam conforme a idade das aves. Os parâmetros inseridos são três: um valor base, um valor percentual de decremento da qualidade do ar e um valor percentual de incremento da qualidade do ar. O valor base deve ser entre 0 e 99 (onde 0 representa uma melhor qualidade do ar em relação a 99, ou seja, conforme este número aumenta a qualidade do ar piora), este valor é estipulado pelo usuário verificando a leitura do sensor de qualidade do ar e comparando com o ambiente interno do aviário. O percentual de decremento (piora) da qualidade do ar e o percentual de incremento da ventilação mínima são utilizados para definir o grau de influência do controle da qualidade do ar<sup>6</sup> na ventilação mínima.

<sup>6</sup> Abordado na página 79.

Figura 40 – Tabela de parâmetros de qualidade do ar.

Id	Valor Base	% Decremento da Qualidade do Ar	% Incremento da VM
1	50	10	1
2	50	10	10
3	50	1	1
4	50	1	1
5	50	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O usuário pode parametrizar dois horários independentes para ligar e desligar o sistema de iluminação, conforme a idade das aves. Foi previsto também um controle de intensidade luminosa, onde é possível ajustar um valor percentual para cada horário ajustado (Figura 41).

Figura 41 – Tabela de parâmetros de iluminação.

Idade	Hora Liga 1	Intensidade 1	Hora Desliga 1	Hora Liga 2	Intensidade 2	Hora Desliga 2
1	00:00	0	00:00	12:00	100	12:00
2	00:00	0	00:00	12:00	100	12:00
3	00:00	0	00:00	12:00	100	12:00
4	00:00	0	00:00	12:00	100	12:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Há quatro tabelas com parâmetros de temperatura e umidade, das quais três são configuráveis pelo usuário. Há diferentes parâmetros de temperatura e umidade (mínima, ideal e máxima) conforme a idade das aves (Figura 42).

Os parâmetros de temperatura mínima e máxima são utilizados para controle do sistema de alarme, enquanto o parâmetro de temperatura ideal é utilizado como *set point* de temperatura.

O parâmetro de umidade máxima é utilizado no controle dos sistemas de nebulização e *cooling*. É gerado um sinal de advertência<sup>7</sup> caso a umidade esteja abaixo do mínimo ou acima do máximo.

<sup>7</sup> Abordado no capítulo 4.2.2.1

Figura 42 – Tabela de parâmetros de temperatura e umidade.

Idade	Tempeatura Máxima	Temperatura Ideal	Temperatura Mínima	Umidade Máxima	Umidade Ideal	Umidade Mínima
1	34	32	30	66	57	48
1	34	33	30	66	57	48
2	34	32	30	66	57	48
3	33	32	30	66	57	49
4	33	31	29	67	58	49

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gerenciamento do lote (Figura 43) é acessível somente a usuários com permissão C e D, visto que o parametro “Data Início” (preenchido automaticamente na criação do lote) é utilizado para calcular a idade das aves. O campo Quantidade deve ser preenchido no momento em que o lote é iniciado, visto que este valor é utilizado pelo sistema de controle. O campo Data Fim é preenchido automaticamente no encerramento do lote. Os demais campos não são obrigatórios, servem apenas para auxiliar o usuário em comparativos entre lotes.

Figura 43 – Tela de gerenciamento do lote.

### Gerenciamento Lote

Lote Atual = 3

Data Início	<input type="text" value="29/09/2015"/>	Quantidade	<input type="text" value="0"/>	Raça	<input type="text"/>
Data Fim	<input type="text"/>	Mortalidade	<input type="text" value="0"/>	C.A.	<input type="text" value="0.0"/>
Peso Unit	<input type="text" value="0.0"/>	Valor Unitário	<input type="text" value="0.0"/>	Peso Total	<input type="text" value="0.0"/>
Valor Total	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="button" value="Salvar"/> <input type="button" value="Encerrar Lote"/>			

#### Lotes Encerrados

Lote	Data Início	Data Fim	Quant.	Raça	CA	Peso Médio	Mortalidade	Peso Unit	Valor Unit	Valor Total
1	04/09/2015	07/10/2015	30000		0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0
2	29/09/2015	07/10/2015	80000	Cobb	130.0	120.0	1000	0.0	1.1	100000.0

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A tela relacionada ao modo de funcionamento do sistema (parcialmente visível na Figura 44) permite ao usuário selecionar o modo que os equipamentos devem operar: desligado, automático ou ligado. Estes ajustes são visíveis na tela principal, onde o modo desligado é representado por um ícone de borda e conteúdo cinza, o modo automático é

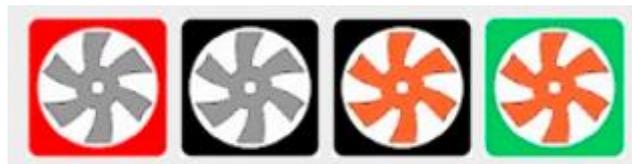
representado pela borda preta, cujo conteúdo é cinza quando desligado e laranja quando ligado, e o modo ligado é representado pelo ícone de borda verde e conteúdo laranja (Figura 45).

Figura 44 – Tela do modo de funcionamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 45 – Aparência dos ícones em função do modo de funcionamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os *inlets* apresentam um ícone vermelho quando fechados e um ícone verde quando abertos. Os comedouros possuem dois ícones por coluna, o superior possui uma interpretação de cores idênticas aos demais equipamentos e contém como conteúdo um motor elétrico. O ícone inferior se refere ao sensor de linha, utilizado para ativar o motor da respectiva linha. Este ícone é verde quando o sensor estiver ativo (linha cheia de ração) e vermelho quando o sensor estiver inativo (linha vazia, necessária à ativação do motor).

Alarmes e advertências são exibidos na posição central da tela de status (Figura 46). A mensagem de alarme é caracterizada por letras brancas sobre fundo vermelho, enquanto as mensagens de advertência são caracterizadas por letras pretas sobre um fundo amarelo.

Figura 46 – Exibição de alarme.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 4.2 Sistema de controle desenvolvido

O sistema de controle desenvolvido é composto por hardware e software, os quais serão abordados separadamente para uma melhor compreensão.

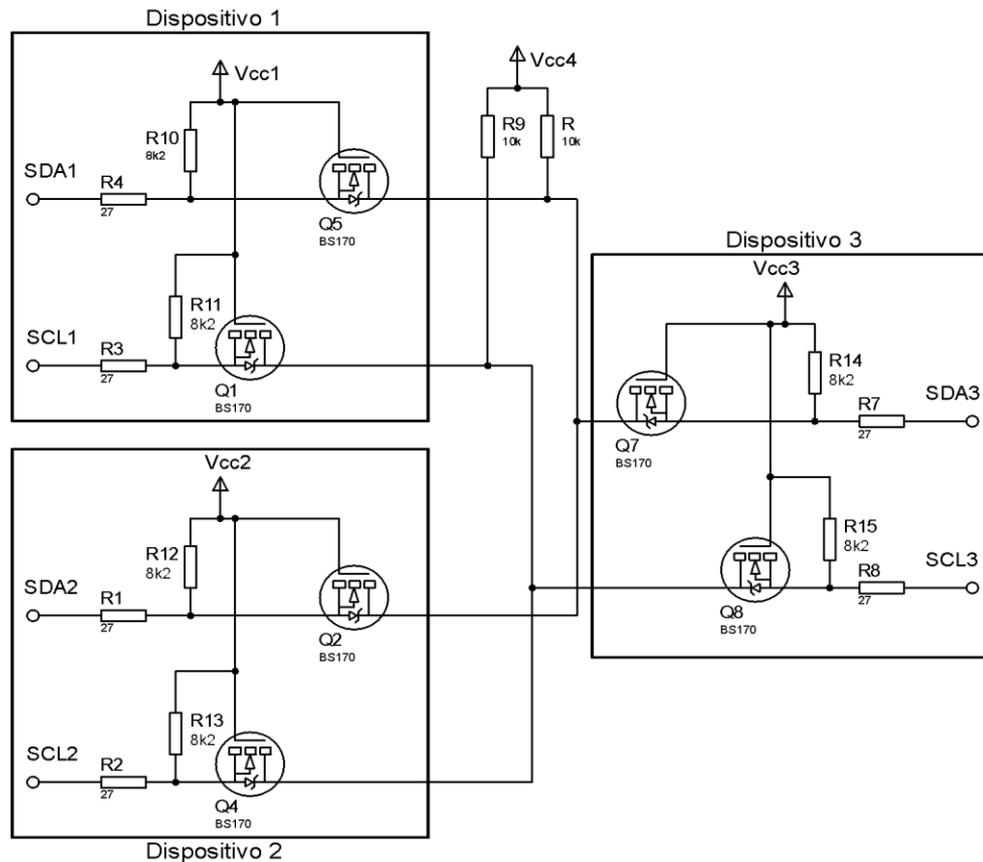
### 4.2.1 Hardware

O hardware foi desenvolvido a partir de simulações de circuitos feitas utilizando a ferramenta Isis do simulador de circuitos Proteus (LABCENTER ELECTRONICS, 2002). Após as simulações foram feitos experimentos práticos de maneira a confirmar os resultados das simulações e fazer os devidos ajustes.

Posteriormente foi feito o esquemático e *layout* das placas de circuito impresso, utilizando o software CadSoft Eagle (CADSOFT COMPUTER, 2015).

Em todas as placas que utilizam o barramento de comunicação I<sup>2</sup>C, foi implementado um conversor de nível lógico (Figura 47) baseado em transistores tipo mosfet. Este conversor elimina o risco de sobretensões nos pinos de comunicação dos CIs.

Figura 47 – Exemplo de aplicação do conversor de nível lógico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Visto que cada placa possui circuitos e características diferentes, serão apresentadas isoladamente.

#### 4.2.1.1 Placas de sensoriamento

As placas de sensoriamento (Figura 48), cujo esquemático pode ser visualizado no Apêndice A, possuem oito entradas digitais de propósito geral, três entradas para sensores de temperatura, uma entrada para sensor de umidade, uma entrada para sensor de pressão ou de nível da cortina de entrada de ar, de reserva há uma entrada para o barramento *One-Wire* e duas entradas analógicas.

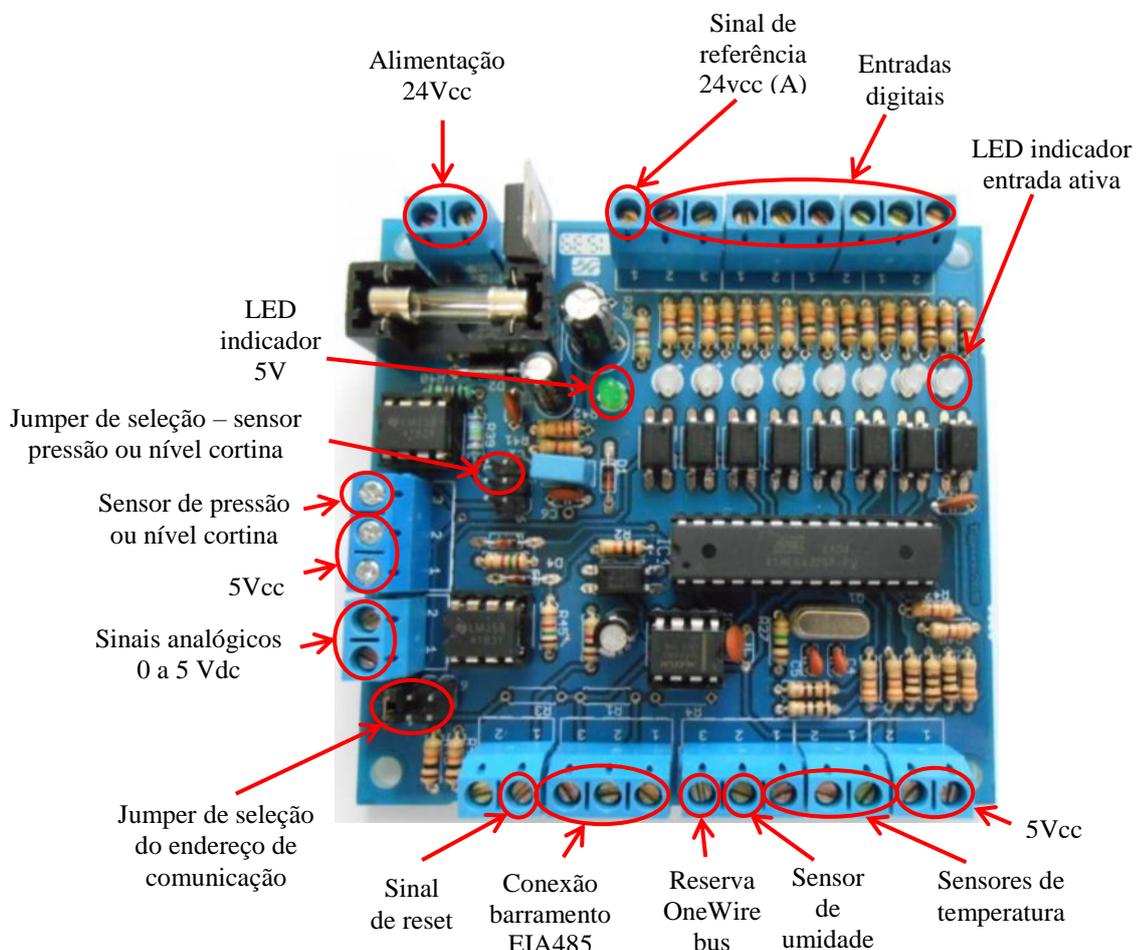
O microcontrolador utilizado é o Atmega 328P, trabalhando a um *clock* de 16 MHz. Possui 6 portas analógicas de 10 bits e 13 portas digitais, sendo duas destas utilizadas para comunicação serial. A comunicação com a placa de controle é realizada através do

barramento EIA485, utilizando o transceptor MAX485. O endereçamento do circuito no barramento via hardware, com um *jumper*, o que o torna intercambiável, de fácil instalação e reposição.

Os CIs LM358 são utilizados para gerar um ganho de tensão no sinal do sensor de pressão estática e como buffer de tensão nas demais entradas analógicas. Deste modo há um isolamento das portas analógicas do microcontrolador. O sensor de pressão estática e sensor de nível de cortina de entrada de ar compartilham a mesma porta analógica, sendo a seleção entre eles feita através de um *jumper*.

Há uma entrada de reset externo para que, em caso de falha, a placa de controle possa reiniciar as placas de sensoriamento.

Figura 48 – Placa de sensoriamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

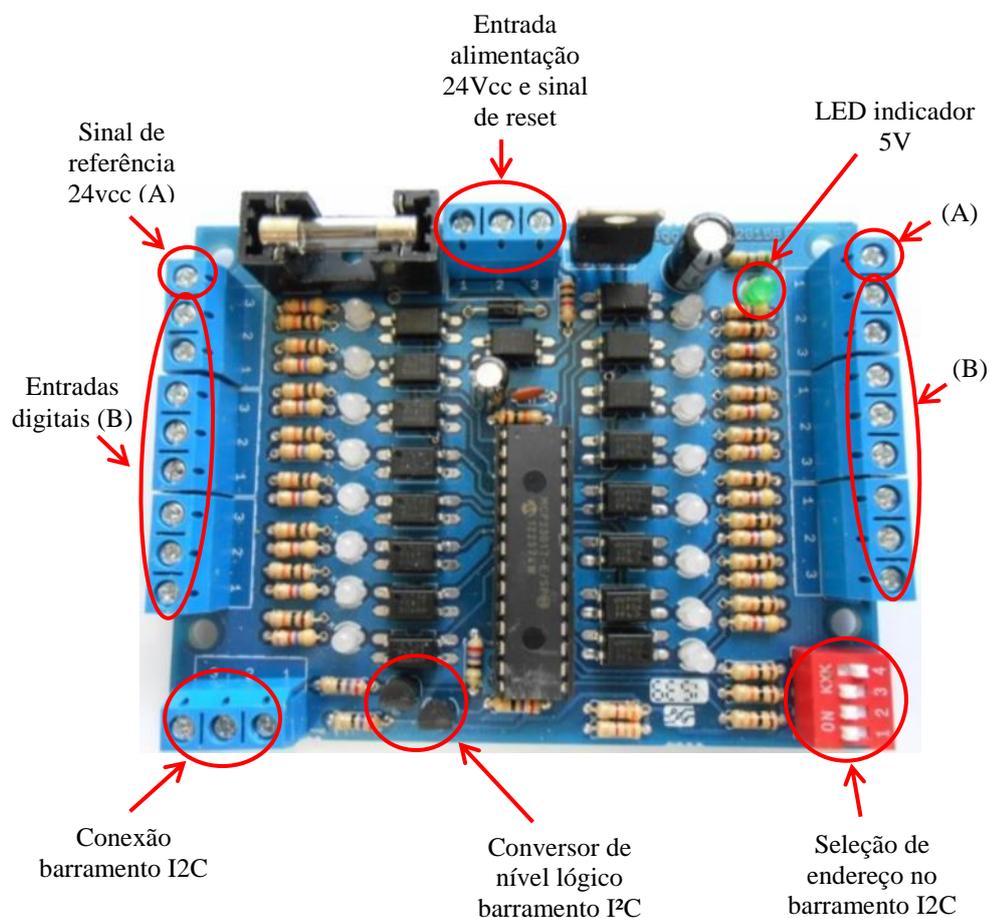
#### 4.2.1.2 Placas de Entradas Digitais

Cada placa de entradas digitais (Figura 49), cujo esquemático pode ser visualizado no Apêndice B, conta com 16 entradas digitais optoacopladas, que podem ser acionadas com sinais de 16 a 30 Vcc. Foram elaboradas a partir de um expensor de I/O MCP23017, que se comunica com o barramento I<sup>2</sup>C.

O endereçamento da placa é feito através de uma chave DIP (*Dual In-line Package*), o que facilita a instalação e reposição.

As entradas digitais utilizam o resistor de *pull up* interno do CI MCP23017, ou seja, quando estão ativas a tensão na porta de entrada é nula. Há um LED para sinalizar que estão ativas.

Figura 49 – Placa de entradas digitais.



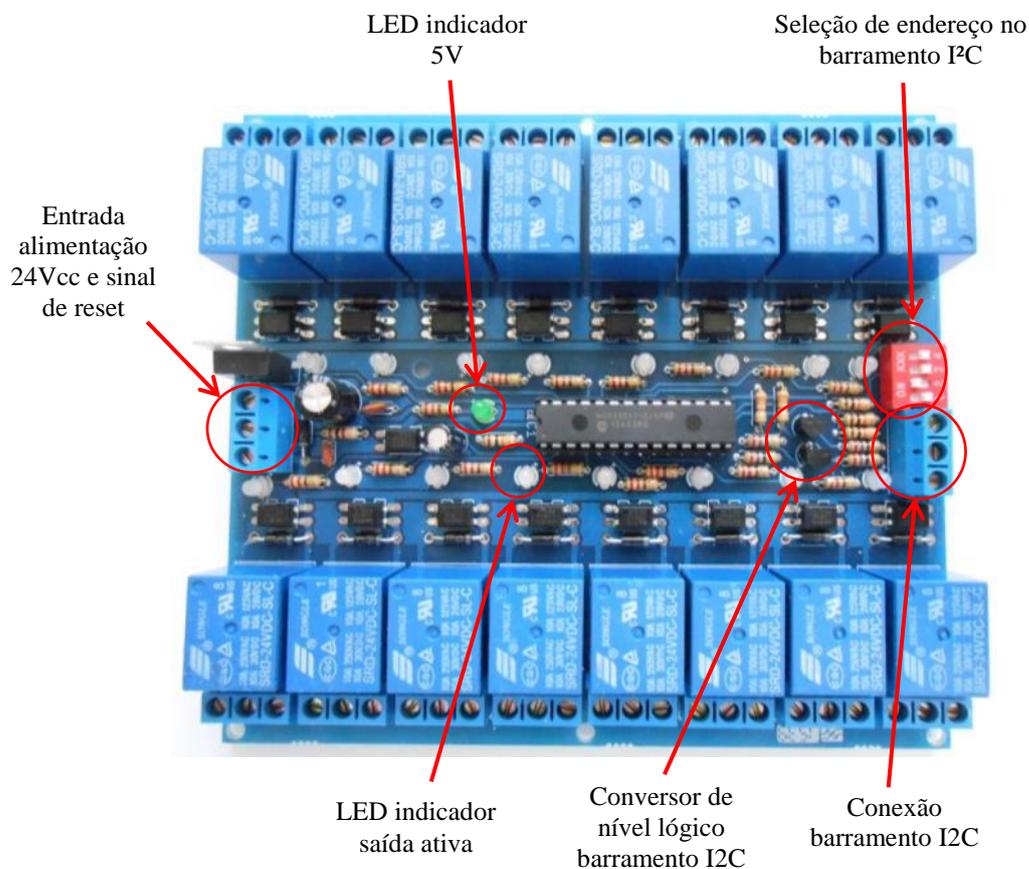
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 4.2.1.3 Placas de Saídas Digitais

A placa de saídas digitais (Figura 50), cujo esquemático pode ser visualizado no Apêndice C, assim como as placas de entradas digitais, utiliza um expensor de I/O MCP23017, sendo que o endereçamento também é feito com uma chave DIP. Estas placas também possuem um conversor de nível para a porta I<sup>2</sup>C.

Cada circuito possui 16 saídas digitais a relé, que por sua vez possui um contato normalmente aberto e outro normalmente fechado. Há um LED de indicação para cada saída, bem como um diodo em antiparalelo com o relé, para proteção. Este diodo, conhecido como diodo de roda livre, tem a função de evitar que a tensão na carga se torne instantaneamente negativa, devido à indutância.

Figura 50 – Placa de saídas digitais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

#### 4.2.1.4 Placas de Controle

O sistema de controle conta com um circuito (APÊNDICE D) elaborado para permitir a conexão do computador embarcado Raspberry Pi. O conjunto de ambos é denominado placa de controle (Figura 51).

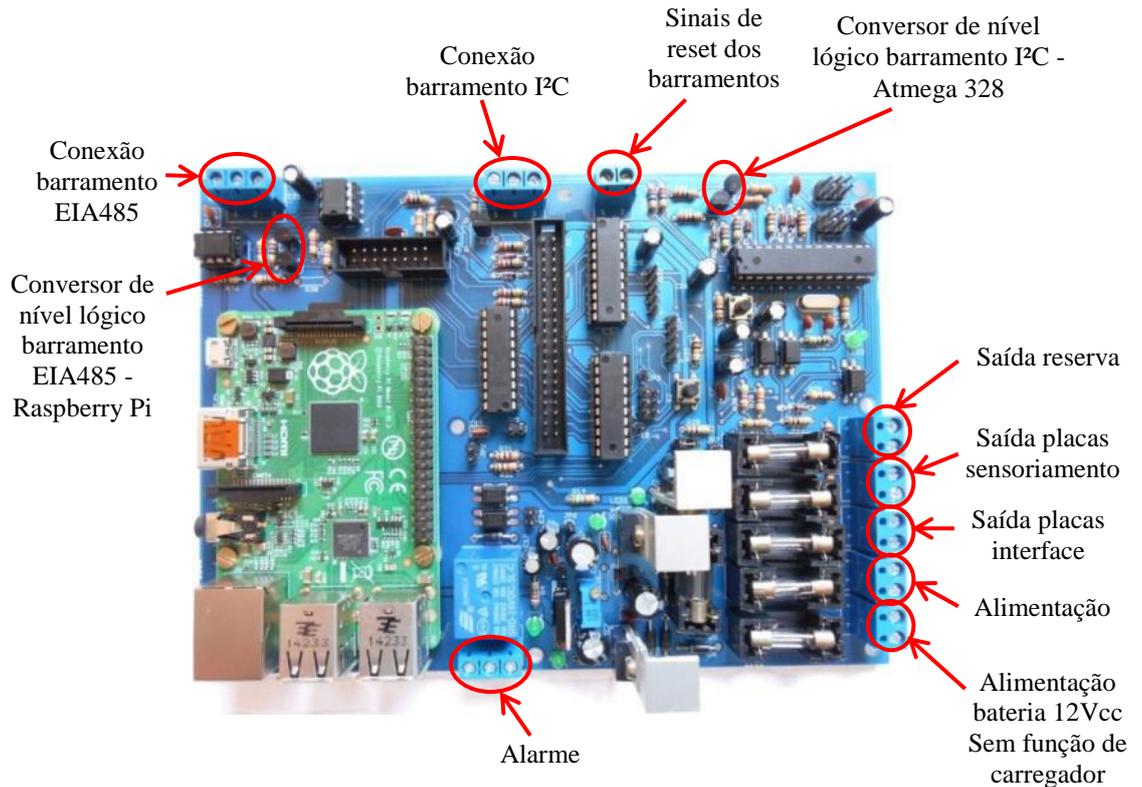
O nível de tensão padrão do projeto, para sinais, é de 5 V, visto que a Raspberry Pi possui um interface de 3,3 V foram necessários conversores de nível lógico. São utilizados transceptores de barramento SN74HC245N para converter os sinais digitais de 3,3 V a 5 V e vice versa. Para converter o nível lógico dos barramentos de comunicação, tanto o barramento EIA485 quanto o barramento I<sup>2</sup>C, foram utilizados conversores de nível lógico, conforme Figura 47.

O circuito contém também um microcontrolador Atmega 328P, que comunica com ambos os barramentos. São realizadas leituras da tensão de entrada e da tensão da bateria, bem como verificação da presença de tensão nas saídas de força para as demais placas. Estes valores são encaminhados à placa de controle para visualização do usuário e gerenciamento do alarme. Assim como a Raspberry Pi, o controlador auxiliar também pode acionar o alarme caso detecte alguma falha.

O alarme é controlado através de um relé eletromecânico, utilizando o contato NF. Este relé é acionado por dois optoacopladores em série, um comandado pela placa Raspberry Pi e o outro pelo microcontrolador auxiliar. É necessário que ambos os sinais estejam em nível alto para que o alarme seja desligado, ou seja, no caso de alguma falha detectada ou ocorrida com qualquer um dos sistemas o alarme dispara.

A alimentação possui um fusível de proteção principal, bem como fusíveis secundários para cada circuito. A entrada da bateria também é protegida por um fusível e atua somente em caso de falta de energia. O circuito da placa principal não possui a função de carregar a bateria, o que deve ser feito por um circuito auxiliar.

Figura 51 – Placa de controle.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

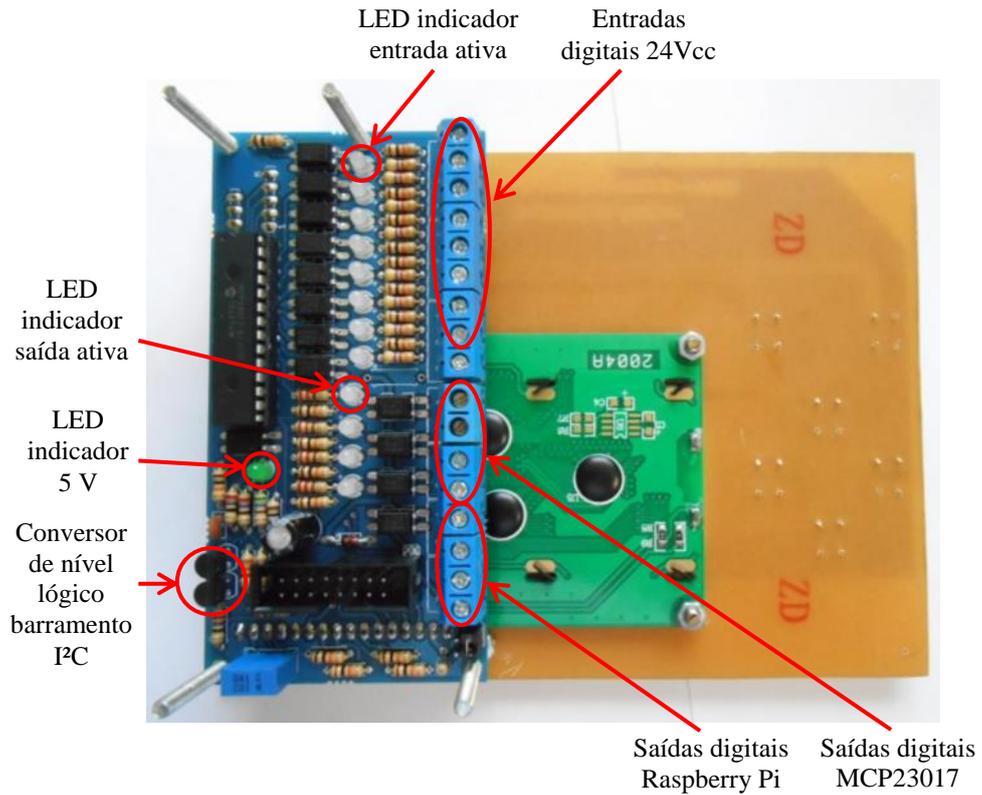
#### 4.2.1.5 IHM

O projeto da IHM (APÊNDICE E) consiste em duas placas de circuito impresso e um display alfanumérico de LCD com tamanho de 20x4 caracteres. A conexão com a placa de controle é realizada através de um cabo flat de 16 vias.

A placa traseira (em azul na Figura 52) possui um expansor de I/Os MCP23017, do qual oito portas são utilizadas como entradas digitais para sinais 24Vcc, duas portas são utilizadas como saídas digitais e seis portas são interconectadas à placa frontal, onde são utilizadas como botões de interface (Figura 53).

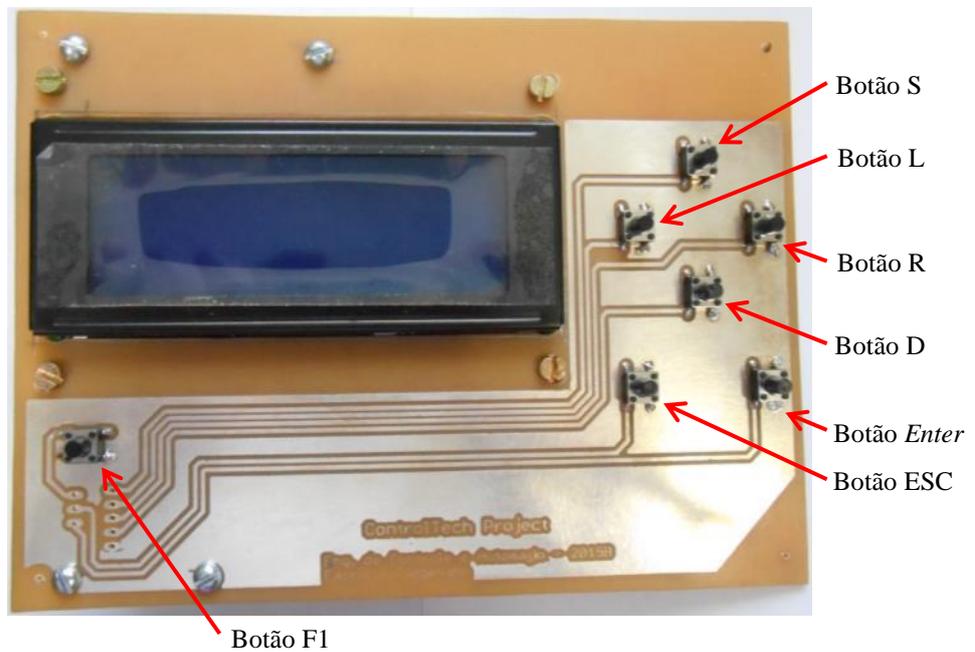
Há também dois sinais digitais provenientes diretamente da placa de controle, um sinal de entrada e outro de saída. O sinal de saída deve ser utilizado em um indicador luminoso de falha e o sinal de entrada deve ser utilizado como *reset* da aplicação. Esta é uma forma de interação do usuário com o controlador em caso de falha.

Figura 52 – IHM (vista traseira).



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 53 – IHM (vista frontal).



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 4.2.2 Software

O software de controle desenvolvido pode ser dividido em duas aplicações, uma embarcada na placa de controle e outra embarcada na placa de sensoriamento.

### 4.2.2.1 Software da Placa de Controle

A aplicação de controle que realiza o gerenciamento do sistema utiliza o conceito multi tarefas. Na lógica utilizada cada tarefa pode gerar independentemente sinais de alarme e advertência, sinais estes listados na Tabela 13.

Tabela 13 – Relação de sinais de alarme e advertência.

<b>Alarmes</b>	<b>Advertências</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha de comunicação com o banco de dados;</li> <li>• Falha de comunicação com o barramento I<sup>2</sup>C;</li> <li>• Falha generalizada no barramento EAI485;</li> <li>• Problemas no sistema de alimentação;</li> <li>• Erro de sistema em alguma tarefa de processamento;</li> <li>• Subtemperatura e sobret temperatura;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falha isolada no barramento EIA485;</li> <li>• Falha em algum acionamento, desde que este possa ser compensado<sup>8</sup> e não afete o desempenho do sistema;</li> <li>• Umidade fora dos limites estabelecidos;</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O sistema utiliza cinco tarefas distintas, processadas paralelamente. Estas tarefas são:

- 1) Tarefa principal;
- 2) Gerenciamento da comunicação I<sup>2</sup>C;

<sup>8</sup> O funcionamento da compensação de acionamentos é abordado no subcapítulo 4.2.2.1.5.

3) Gerenciamento da comunicação EIA485;

4) Controle da IHM;

5) Lógica de controle;

A passagem de parâmetros entre as tarefas é realizada através de vetores globais, acessíveis de toda a aplicação.

#### **4.2.2.1.1 Tarefa Principal**

Na tarefa principal são iniciadas as variáveis globais, criadas as demais tarefas e gerenciada a comunicação com o banco de dados.

As tarefas de gerenciamento e controle são iniciadas e posteriormente monitoradas, para verificar se ainda estão ativas. No caso da tarefa não estar executando, ela é iniciada novamente.

A comunicação com o banco de dados é efetuada ciclicamente, com intervalos de tempo pré-definidos. A consulta às tabelas de parâmetros é efetuada a cada 15 segundos, a gravação da situação dos acionamentos, sensores e situação geral é efetuada a cada 5 segundos, estes parâmetros de tempo são fixos. A gravação do *datalogger* é efetuada no intervalo de tempo definido pelo usuário.

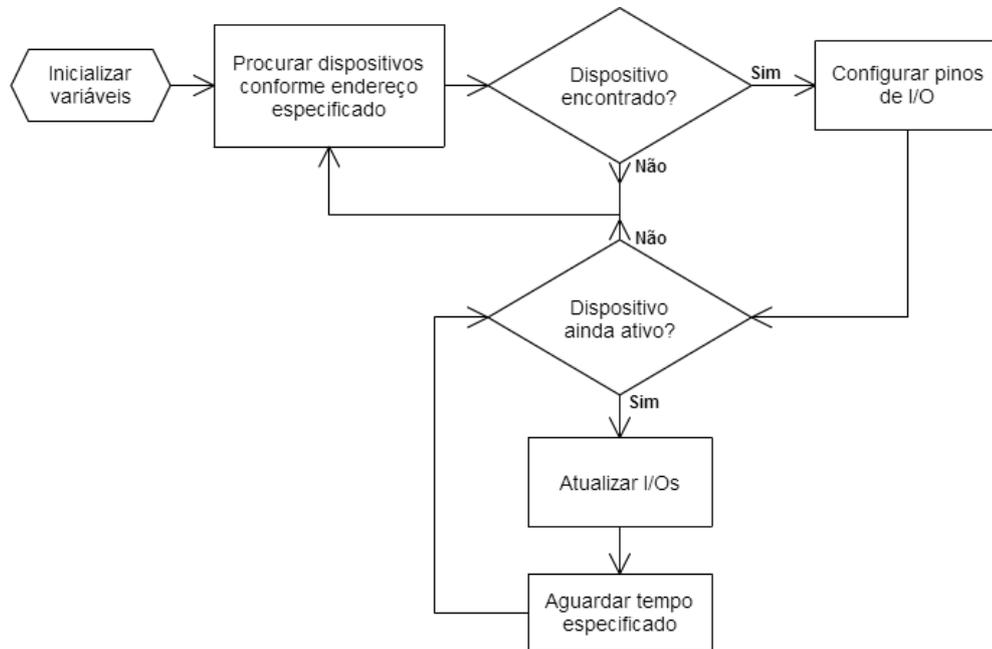
#### **4.2.2.1.2 Gerenciamento da Comunicação IIC**

O algoritmo de controle do barramento IIC, conforme pode ser visualizado na Figura 54, após inicializar as variáveis efetua uma busca dos dispositivos. Se o dispositivo for encontrado, é feita a configuração das portas de I/O e posteriormente estas são atualizadas periodicamente. Caso o dispositivo não for encontrado ou haver perda de comunicação, uma busca cíclica é efetuada até o dispositivo ser encontrado e a comunicação estabelecida.

Cada dispositivo conectado ao barramento tem sua própria função de busca e comunicação. O tempo entre atualização também varia para cada dispositivo, a atualização das placas de interface ocorre a cada 200 ms, a atualização do sistema de monitoramento

redundante ocorre a cada 500 ms e a atualização da IHM ocorre a cada 30 ms. O tempo entre atualizações da IHM é menor para facilitar a detecção de quando algum botão é pressionado.

Figura 54 – Fluxograma do algoritmo da tarefa de controle da comunicação I<sup>2</sup>C.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os endereços de identificação dos dispositivos no barramento I<sup>2</sup>C utilizados podem ser visualizados na Tabela 14.

Tabela 14 – Endereços utilizados para comunicação I<sup>2</sup>C.

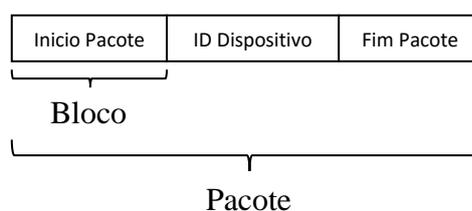
Endereço	Endereço Binário	Função
0x06	0000110	Monitoramento redundante
0x20	0100000	Placa de Entradas 1
0x21	0100001	Placa de entradas 2
0x22	0100010	Placa de saídas 1
0x23	0100011	Placa de saídas 2
0x27	0100111	IHM

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

#### 4.2.2.1.3 Gerenciamento da Comunicação EIA485

A comunicação no barramento EIA485 utiliza um protocolo proprietário desenvolvido pelo autor, em que a placa de controle envia uma requisição de dados ao barramento, em forma de pacote. Este pacote contém três blocos: um bloco de início de pacote, um bloco de identificação e um bloco de fim de pacote (Figura 55).

Figura 55 – Estrutura do pacote de dados de requisição.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Após o envio do pacote de requisição, a porta serial é monitorada para o recebimento do pacote de resposta, que é enviado pela placa de sensoriamento.

O pacote de resposta obedece ao mesmo formato, e depois de recebido é verificado. Se validado, os dados do pacote são alocados em um vetor, conforme os dados inseridos nos parâmetros de instalação, onde é atribuído um dispositivo e um endereço para cada sensor. Os dados deste sensor são posteriormente utilizados para o controle do sistema.

São enviadas quatro requisições, três para as placas de sensoriamento e uma para o sistema de redundância. Caso haja uma falha de comunicação com uma das placas, é gerado um sinal de advertência, porém caso o problema de comunicação seja com mais de um dispositivo é gerado um sinal de alarme.

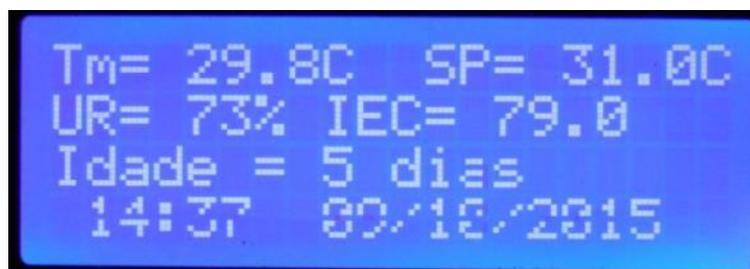
A velocidade de transmissão utilizada é de 38400 kbps, que permite um tempo de um ciclo de requisições e respostas, para os quatro dispositivos previstos, de 100ms.

#### 4.2.2.1.4 Controle da Interface IHM

O controle das telas exibidas no display utilizando como base os botões presentes na IHM. A tela principal (Figura 56) exibe a temperatura média (Tm), a temperatura ideal (SP), a umidade média (UR), o IEC calculado, a idade, hora e data. Esta tela é regularmente exibida,

sendo alterada apenas quando há alguma advertência ou alarme, ou usuário pressionar o botão *Enter*.

Figura 56 – Tela principal da IHM.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No caso de haver algum alarme ou advertência, é exibida a devida identificação na terceira linha, bem como uma mensagem de identificação na quarta linha. Caso o alarme seja referente a uma falha generalizada no barramento de comunicação dos sensores, a exibição das leituras efetuadas é suspensa (Figura 57). No caso de ser um alarme referente a qualquer outra ocasião ou haver alguma advertência, é exibida apenas uma mensagem nas linhas inferiores do display (Figura 58).

Figura 57 – Tela de exibição de alarme na IHM.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 58 – Tela de exibição de advertência na IHM.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O usuário pode navegar entre as demais telas e alterar parâmetros. Para isso, é necessário pressionar o botão *Enter* e posteriormente o botão S ou D. As informações apresentadas em cada tela estão listadas a seguir:

- Tela 2 – exibição das leituras de pressão estática, qualidade do ar e umidade para cada sensor.
- Tela 3 – exibição das leituras de temperatura para cada sensor.
- Tela 4 – exibição dos valores de nível mínimo, ideal e máximo para as variáveis de temperatura e umidade.
- Tela 5 – exibição dos valores de TON e TOFF e quantidade de grupos de exaustores para a ventilação mínima.

Para alterar algum valor da respectiva tela, é necessário manter pressionado o botão F1, entrando assim no modo de edição. Quando pressionado F1, o primeiro campo do lado esquerdo superior começa a piscar, então utiliza-se as teclas L e D para navegar até o campo desejado. Quando o campo desejado estiver selecionado, pressiona-se *Enter* e utiliza-se as teclas S e D para alterar o valor. Quando alterado o valor, pressiona-se novamente *Enter* para salvá-lo. Quando alterados os valores, solta-se a tecla F1 para sair do modo de edição. Se nenhuma tecla for pressionada por mais de 20 segundos, o sistema retorna a tela principal.

O valor alterado é mantido em memória apenas para aquele dia e lote, ou seja, não é gravado no banco de dados e é sobrescrito quando a idade das aves for incrementada.

#### **4.2.2.1.5 Lógica de controle**

A tarefa de execução da lógica principal executa ciclicamente os algoritmos de controle de todos os equipamentos, do sistema de alarme e o cálculo de variáveis auxiliares, tais como velocidade do ar, entalpia e tempo de troca do ar.

Para compreender melhor o funcionamento do sistema, serão feitas algumas definições:

- $\beta$  = valor desejado definido pelo usuário + tolerância atribuída por ele a determinado equipamento.
- $\Upsilon$  = valor desejado definido pelo usuário – tolerância atribuída por ele a determinado equipamento.
- TA = temperatura ambiente (temperatura média medida).

Visto que há um sinal de retorno para cada acionamento, caso algum equipamento seja acionado e após 3 segundos não é detectado o sinal de retorno, é gerada uma advertência falha no equipamento. Quando um equipamento entra em falha, outro equivalente é acionado de maneira a gerar uma compensação. Caso a quantidade de equipamentos instalada não consiga compensar as falhas, para suprir as necessidades térmicas do sistema, é gerado um sinal de alarme.

#### 4.2.2.1.5.1 Ventilação

A ventilação é dividida em 4 estágios, conforme Tabela 15. O usuário pode ajustar  $\beta$  referente à transição entre os estágios de ventilação junto aos parâmetros de funcionamento.

Tabela 15 – Níveis de ventilação e suas características.

Estágio da ventilação	Características
0	Apenas ventilação mínima, ajustes referentes à qualidade do ar são aplicáveis. <i>Inlets</i> permanecem ativos e cortina de entrada de ar permanece fechada, abrindo apenas caso a pressão estática máxima for excedida.
1	Apenas ventilação mínima, porém o tempo de ventilação desligada é diminuído em 30%, ajustes referentes à qualidade do ar são aplicáveis. <i>Inlets</i> e cortina de entrada de ar com as mesmas configurações do estágio 0.
2	Ventilação de transição. Os <i>inlets</i> e a cortina de entrada de ar estão operacionais.
3	Ventilação tipo túnel. <i>Inlets</i> são fechados e cortina de entrada de permanece ativa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O controle dos exaustores é realizado utilizando uma combinação dos parâmetros de temperatura e ventilação mínima. O controle por temperatura funciona da seguinte maneira:

- Ligar – Quando TA está maior do que  $\beta$  do exaustor 1, este liga. Assim sucessivamente aos demais exaustores.
- Desligar – Quando a TA está menor do que  $\beta$  do exaustor n, o exaustor n+1 desliga. Ex: Se  $\beta$  do exaustor 10 = 30°C, quando TA for menor que 30°C, o exaustor 11 desliga.

O controle por ventilação mínima utiliza os parâmetros de ventilação mínima inseridos pelo usuário e também os parâmetros de qualidade do ar, tanto os inseridos pelo usuário quanto os provenientes do sensor. O funcionamento é da seguinte maneira:

- O período total de ventilação mínima ( $T_{total}$ ) é a soma do período desligado ( $T_{off}$ ) com o período ligado ( $T_{on}$ ). Quando não há sensor de qualidade do ar,  $T_{on}$  e  $T_{off}$  são idênticos aos inseridos pelo usuário na tabela de VM.

Quando há algum sensor de qualidade do ar instalado, o valor da leitura (0 a 1024) é ajustado a uma escala de 0 a 100, definido como qualidade do ar média (QAA). Após, juntamente com as variáveis provenientes da tabela de controle de qualidade do ar<sup>9</sup> é calculado  $\Delta Vent$  (equação 6), que é utilizado para fazer um ajuste nos tempos  $T_{on}$  e  $T_{off}$ . No caso do resultado de  $\Delta Vent$  ser negativo, o que ocorre quando a QAA é menor que o valor base, nenhum ajuste na ventilação mínima é realizado.

$$\Delta Vent = \frac{\left[ \left( \left( \frac{QAA}{VB} \right) - 1 \right) * 100 \right]}{2 * DQA * IVM} * Ton \quad (6)$$

Onde,

$\Delta Vent$  = Variação da ventilação mínima;

QAA = Qualidade do ar atual média, proveniente da leitura do sensor;

VB = valor base (ajustado pelo usuário);

DQA = percentual de decréscimo da qualidade do ar (ajustado pelo usuário);

IVM = percentual de incremento da ventilação mínima (ajustado pelo usuário);

---

<sup>9</sup> Abordada na página 60.

O tempo real de ventilação mínima é obtido utilizando a equação 7 e a equação 8 , que realizam respectivamente um aumento de  $T_{on}$  e uma diminuição de  $T_{off}$ , aumentando assim a taxa de ventilação. O tempo total de ciclo não é alterado.

$$Tempo\ real\ ventilação\ mínima\ ligada = T_{on} + \Delta Vent \quad (7)$$

Onde,

$\Delta Vent$  = Variação da ventilação mínima;

$T_{on}$  = tempo da ventilação mínima ligada, valor inserido pelo usuário;

$$Tempo\ real\ ventilação\ mínima\ desligada = T_{off} - \Delta Vent \quad (8)$$

Onde,

$\Delta Vent$  = Variação da ventilação mínima;

$T_{off}$  = tempo da ventilação mínima desligada, valor inserido pelo usuário;

#### **4.2.2.1.5.2 Inlets**

O funcionamento dos *inlets* é feito através do acionamento de duas saídas digitais, sendo uma delas para abri-los e outra para fechá-los. Há um sinal digital que sinaliza que estão totalmente abertos ou totalmente fechados, na presença deste sinal a respectiva saída digital deve ser desligada.

O acionamento dos *inlets* ocorre quando o nível de ventilação for igual a 0, 1 ou 2. Caso algum exaustor esteja ligado em tempo integral os *inlets* permanecem abertos, caso contrário, são abertos 5 segundos antes do acionamento dos exaustores e fechados assim que os exaustores desligam.

#### **4.2.2.1.5.3 Cortina de entrada de ar**

O funcionamento da cortina de entrada de ar pode ser de duas maneiras distintas, uma delas quando há um sensor de pressão estática e outra quando o percentual de abertura é configurado nos parâmetros de instalação.

No caso de não haver nenhum sensor de pressão estática instalado, o funcionamento ocorre de acordo com o percentual de fechamento programado nos parâmetros de instalação. Quando o sistema é iniciado, é executada uma função que abre completamente a cortina e posteriormente a fecha, verificando o tempo necessário, em segundos. Após concluído este processo, o sistema calcula o tempo de atuação necessário para abrir 1 % da cortina.

Como pode ser visualizado na Figura 59, é programado o percentual de fechamento da cortina para cada exaustor. Estes valores são obtidos mensurando a pressão estática no momento da instalação e verificando a abertura necessária. Há também um campo em que é inserido um percentual a ser descontado caso os *inlets* estejam abertos, durante a ventilação de transição.

Quando o nível de ventilação for correspondente a 0 ou 1 a cortina permanece completamente fechada. Quando o nível de ventilação é igual a dois, é verificado o percentual de abertura necessária para a cortina e descontado o percentual relacionado aos *inlets*. Caso o nível de ventilação seja igual a 3 o percentual relacionado aos *inlets* não é descontado.

Quando é acionado um exaustor, é acionado o sinal de abertura da cortina por um período, que é calculado comparando o percentual de abertura multiplicado pelo tempo necessário para abertura de 1% da cortina. O mesmo princípio ocorre quando a cortina é fechada.

Figura 59 – Parametrização do percentual de abertura da cortina de entrada de ar.

Percentual abertura da cortina de entrada de ar por exaustor ativo	
Exaustor 1	95
Exaustor 2	90
Exaustor 3	83
Exaustor 4	70

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Quando há um sensor de pressão estática instalado, caso a variação entre valor de leitura da pressão estática e valor ideal seja menor que 10%, o sistema não atua na cortina. O tempo de atuação mínimo ( $\Delta$ ) é definido nos parâmetros de instalação. Há uma relação entre o percentual de variação, o tempo de atuação real e o intervalo entre atuação (Tabela 16).

Tabela 16 – Tempos de atuação da cortina de entrada de ar.

Percentual de variação (%)	Tempo de atuação (s)	Intervalo entre atuação (s)
>10	$\Delta$	12
>15	$\Delta * 1,1$	12
>20	$\Delta * 1,2$	12
>25	$\Delta * 1,3$	12
>30	$\Delta * 1,3$	10
>35	$\Delta * 1,3$	8
>45	$\Delta$	5
>60	$\Delta$	4
>75	$\Delta$	3
>95	$\Delta$	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

#### 4.2.2.1.5.4 *Cooling* e nebulização

O sistema de *cooling* e nebulização têm um funcionamento similar, podem funcionar por tempo ou de maneira constante. O usuário pode ajustar  $\beta$  para ambos os tipos de funcionamento, bem como os tempos: ligado e desligado.

O funcionamento ocorre da seguinte maneira, quando TA (temperatura ambiente) for maior que  $\beta$  (temperatura desejada + variação programada) relacionado ao funcionamento por tempo, inicia-se o funcionamento pelo modo temporizado. Quando TA se torna maior que  $\beta$  relacionado ao funcionamento constante, o funcionamento se torna constante. Caso  $\beta$  relacionado ao funcionamento constante seja inferior a  $\beta$  relacionado ao funcionamento por tempo, o sistema aciona diretamente no modo constante.

#### **4.2.2.1.5.5 Aquecimento**

O sistema de aquecimento é ativado quando TA é inferior ao  $\gamma$  referente. Permanece ativo até que TA seja maior do que  $\Upsilon +$  histerese referente ao determinado forno. Por exemplo, sendo  $\Upsilon = 25^{\circ}\text{C}$  e a histerese =  $1^{\circ}\text{C}$ , o sistema liga quando TA for menor que  $25^{\circ}\text{C}$  e só desliga quando TA for maior que  $26^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.2.2.1.5.6 Iluminação**

A iluminação é controlada diretamente a partir dos horários inseridos pelo usuário. Quando a iluminação estiver ativa, é acionada uma saída digital.

O software prevê também o controle da intensidade, através de um dispositivo conectado ao barramento IIC. Visto que a intensidade luminosa não é monitorada, o controle é feito percentualmente, conforme o valor inserido pelo usuário na tabela de parâmetros de iluminação.

#### **4.2.2.1.5.7 Comedouros**

O acionamento dos comedouros é feito quando o respectivo sensor estiver inativo por um período maior que 15 segundos. O desligamento é feito imediatamente após o sensor ativar.

#### **4.2.2.1.5.8 Cálculo das informações complementares recebidas**

Algumas informações complementares, tais como IEC, velocidade média do ar e tempo de troca do ar são exibidas ao usuário de maneira complementar.

O IEC, segundo Weather Prediction Center (2014), é calculado utilizando o valor médio de temperatura e umidade, além do valor de pressão barométrica, que foi fixado em 760 mmHg (pressão barométrica ao nível do mar), como pode ser visualizado na Equação 9.

$$IEC = 1.006 * T + \left( \frac{UR}{PB} * 10^{\frac{7.5 * T}{237.3 + T}} \right) * (71.78 + (0.052 * T)) \quad (9)$$

Onde,

*IEC* = Índice de Entalpia de Conforto;

*T* = Temperatura (°C);

*UR* = Umidade Relativa (%);

*PB* = Pressão Barométrica (mmHg);

Os valores de tempo de troca do ar e velocidade média do ar são calculados utilizando parâmetros como quantidade de exaustores ligados, vazão dos exaustores e dimensões do aviário.

#### 4.2.2.2 Software da Placa de Sensoriamento

A velocidade de comunicação da porta serial, que é utilizada para comunicação com a placa de controle, é de 38400 kbps. Na inicialização é verificada também a ID do dispositivo (definida via hardware), conforme leitura de uma das portas analógicas, cujo valor é comparado com um dos três limites pré-estabelecidos (Figura 60).

Figura 60 – Código de verificação da ID do dispositivo.

```

1      void verificaIDdispositivo() {
2          int val = analogRead(pinoIDdispositivo);
3          if (val < 200) {
4              dispositivo = "11";
5              dispositivoRet = "1";
6          } else if (200 < val && val < 850) {
7              dispositivo = "22";
8              dispositivoRet = "2";
9          } else if (850 < val) {
10             dispositivo = "33";
11             dispositivoRet = "3";
12         }
13     }

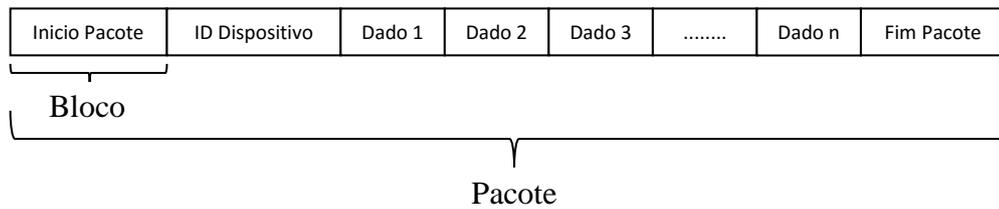
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Após a inicialização, o sistema trabalha ciclicamente, realizando funções constantes e outras periódicas. Entre as constantes estão a leitura das entradas digitais e uma verificação de requisições no barramento de comunicação. As periódicas são a leitura dos sensores de temperatura e dos sensores analógicos, que são realizadas a cada 2 segundos e a leitura dos sensores de umidade, que é realizada a cada 13 segundos.

Quando detectada alguma requisição no barramento de comunicação, é verificado se é um pacote válido, ou seja, tem um bloco de início e fim. Após é identificado o endereço de requisição, caso o endereço seja idêntico ao endereço do dispositivo, um pacote de resposta, com formato conforme Figura 61 é enviado.

Figura 61 – Estrutura do pacote de dados de resposta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 5 VALIDAÇÃO

A validação do projeto foi efetuada em duas etapas. A primeira consistiu em testes de bancada e a segunda etapa consistiu em um teste prático em um aviário com frangos de 12 dias de idade.

Os testes práticos foram realizados em um aviário localizado na Linha Delfina – Estrela. O aviário (Figura 62) é do tipo *dark house*, com 150 metros de comprimento, 16 metros de largura e em média 2.5 metros de altura, com capacidade de alojar 48000 aves. Possui dois fornos para aquecimento, um sistema de *cooling*, um sistema de nebulização, dez exaustores de 50" de diâmetro (motor de 1,5cv) e quatro linhas de comedouros. A Figura 62 retrata também a dispersão das aves sob uma ambiência ideal.

Figura 62 – Interior do aviário utilizado para realização dos testes práticos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os acionamentos são centralizados em um painel elétrico (Figura 63) localizado ao lado do controlador. O controlador padrão utilizado é do modelo CC3, fabricado pela empresa Fancontrol (Figura 64 A). Na Figura 64B é possível visualizar a parte interna do controlador.

Figura 63 – Painel elétrico com acionamentos.

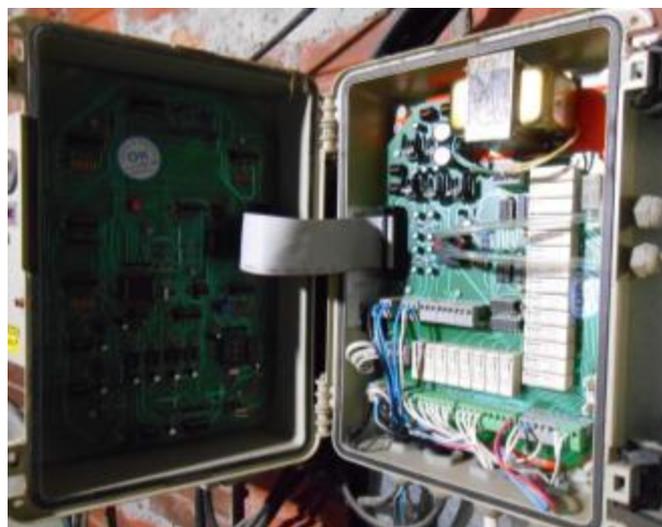


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 64 – (A) vista frontal do controlador padrão utilizado; (B) vista interna do controlador padrão utilizado.



(A)



(B)

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A Tabela 17 exibe um comparativo entre o controlador CC3 utilizado e o controlador proposto.

Tabela 17 – Comparativo entre o controlador CC3 e o controlador proposto.

Item	Fancontrol CC3	Controlador proposto
Grupos de ventilação	8	14
Grupos de <i>cooling</i>	1	2
Grupos de nebulização	2 (1 pode operar por timer cíclico)	3 (todos podem operar por timer cíclico)
Grupos de aquecimento	2	4
Grupos de iluminação	*	1
Comedouros	*	5
Sensores de temperatura	3	6
Sensores de umidade	1	3
Sensores de pressão estática	1 (integrado)	1
Sensores de qualidade do ar	*	2
Monitoramento remoto	*	sim
Controle remoto	*	sim

\* Informação não disponível

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 5.1 Etapa 1 – Teste de bancada

Os testes em bancada foram realizados considerando todas as variáveis relevantes (temperatura, umidade, qualidade do ar e pressão estática). Os valores de temperatura, umidade e qualidade do ar foram simulados utilizando os sensores enquanto os valores de pressão estática foram inseridos via software. Os sinais de retorno dos acionamentos também foram simulados.

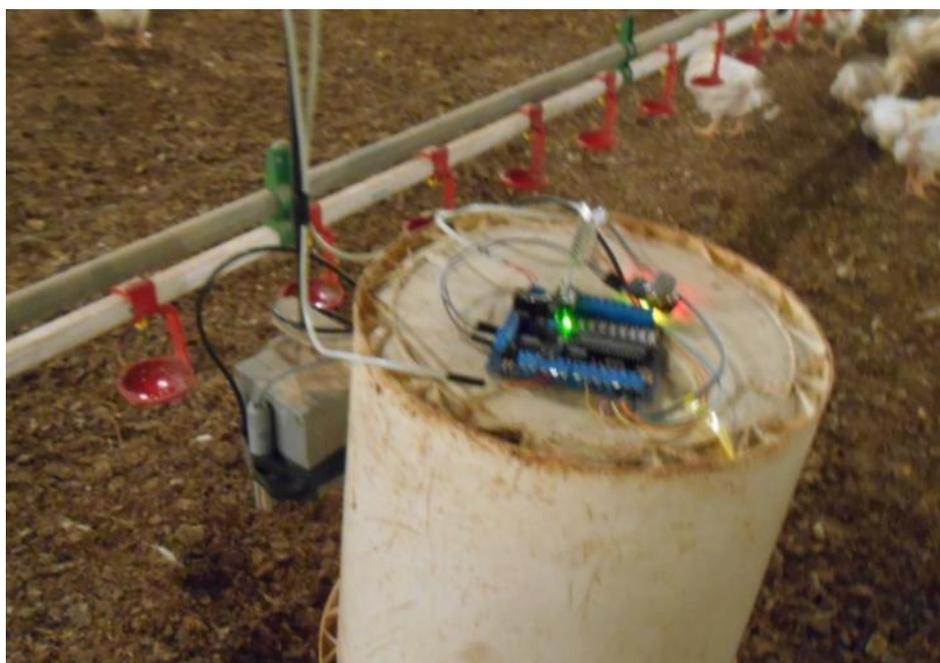
A execução destes testes possibilitou confirmar o funcionamento de todos os equipamentos, o que por sua vez tornou possível a realização de testes práticos.

## 5.2 Etapa 2 – Testes práticos em aviários com frangos

A realização do segundo teste prático, desta vez num aviário com aves, ocorreu nos dias 11 e 12 de novembro. No dia 11 foi realizada a instalação do sistema de sensoriamento e o monitoramento das condições do aviário para servir como padrão de comparação. No dia 12 foram interligados os acionamentos e o sistema de controle proposto realizou o controle do aviário.

Foram instaladas duas placas de sensoriamento, posicionando os sensores nos mesmos pontos em que estão posicionados os sensores padrão. Uma das placas de sensoriamento, a qual foi conectado um sensor de temperatura, foi posicionada a aproximadamente 25 metros da extremidade em que se situa a entrada de ar. A segunda placa de sensoriamento, a qual foi conectado um sensor de temperatura, um sensor de umidade e um sensor de qualidade do ar, foi posicionada a aproximadamente 30 metros a extremidade do aviário em que se localizam os exaustores. Os sensores de temperatura e umidade foram posicionados a uma altura de aproximadamente 25 cm do chão enquanto o sensor de qualidade do ar foi posicionado a aproximadamente 40 cm do chão (Figura 65).

Figura 65 – Posicionamento dos sensores para realização do teste prático.

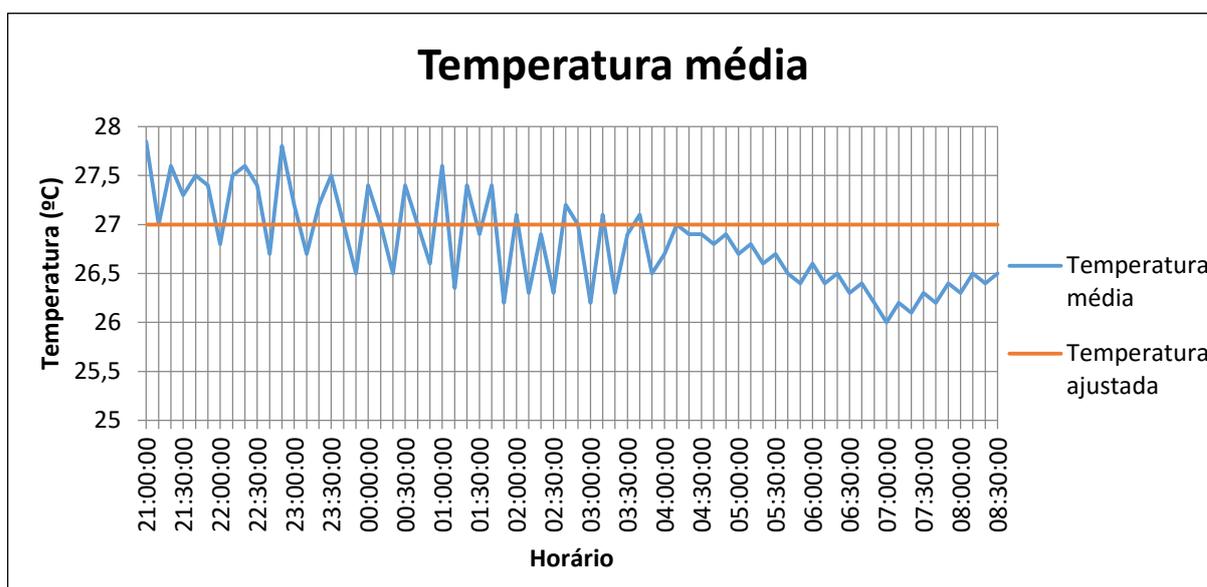


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 5.2.1 Monitoramento da ambiência do aviário

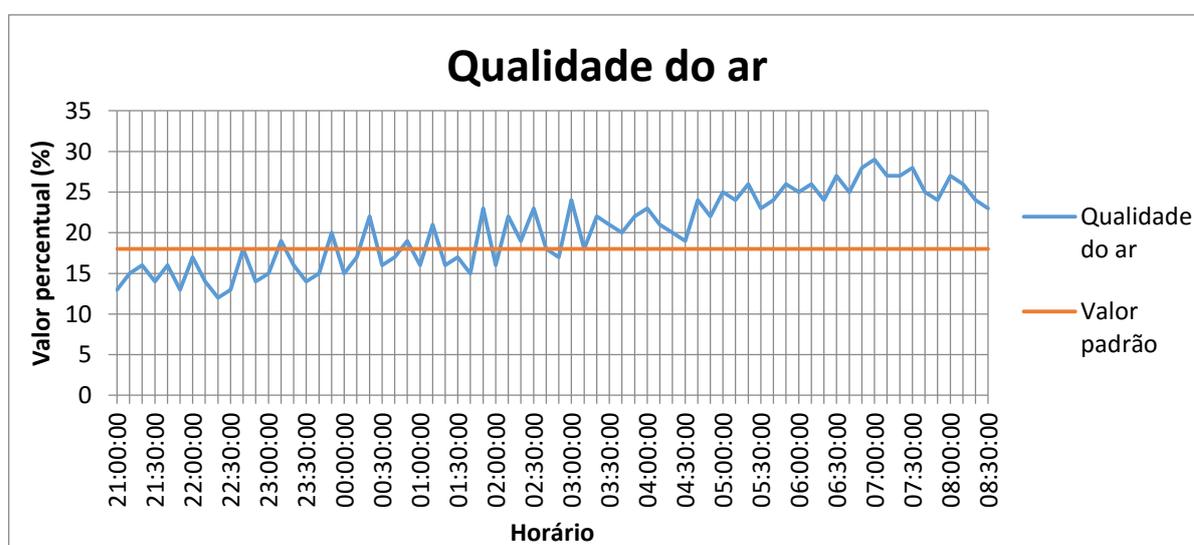
O monitoramento da ambiência com o controlador padrão do aviário iniciou dia 11 às 21h30min horas e foi finalizado dia 12 às 08h30min. A partir dos dados coletados foram gerados gráficos de temperatura e qualidade do ar (Figura 66 e Figura 67).

Figura 66 – Gráfico da temperatura média durante o monitoramento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Figura 67 – Gráfico de variação da qualidade do ar durante o monitoramento.

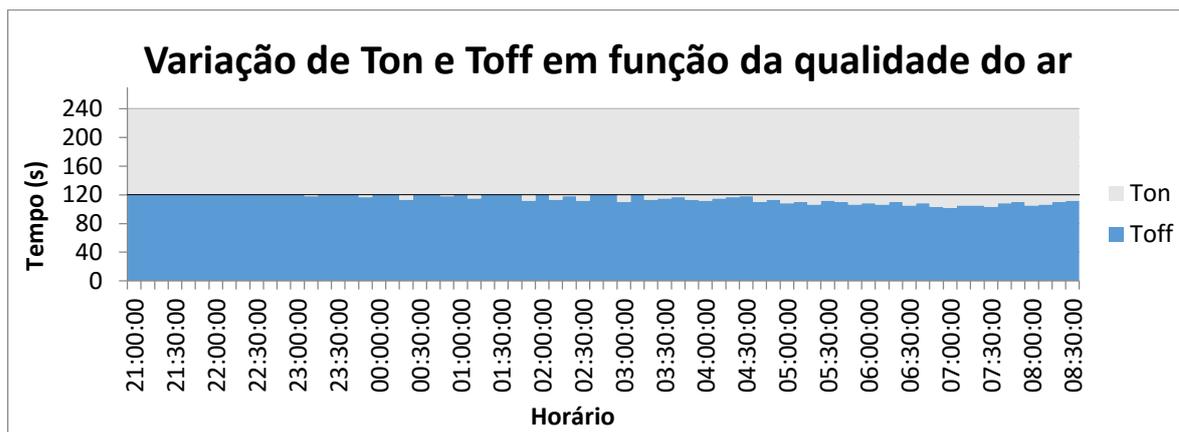


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

O gráfico de temperatura (Figura 66) mostra poucas oscilações, mantendo-se próxima a ideal. O gráfico de qualidade do ar (Figura 67), por sua vez, mostra uma piora ocorrida no período da madrugada, quando a temperatura externa era menor. Isto ocorreu porque a programação efetuada pelo proprietário do aviário utilizou um percentual de tempo ligado muito baixo, de 50% (ciclo total quatro de minutos, sendo dois minutos ligado e dois minutos desligado).

Para fins de comparação o controlador desenvolvido, além de fazer as leituras e registros do sistema CC3, calculou e registrou a variação entre os tempos de ventilação mínima que iriam ocorrer caso fosse utilizado o sistema desenvolvido para controlar a qualidade do ar. Foram utilizados os seguintes parâmetros: valor base = 18, taxa de decremento da qualidade do ar = 20 e taxa de incremento da ventilação = 10. Com base nestes dados foi elaborado um gráfico (Figura 68) para melhor visualizar estes ajustes de tempo. Percebe-se claramente que haveria uma diminuição de TOff e um aumento de TOn, o que aumentaria a taxa de ventilação melhorando assim a qualidade do ar.

Figura 68 – Gráfico para variações de Ton e Toff em função da qualidade do ar.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

### 5.2.2 Controle da ambiência do aviário

O teste de controle do sistema proposto realizado no dia 12 iniciou as 13:30 horas e foi finalizado as 20:30 horas, totalizando 7 horas de duração.

Neste teste, assim como no primeiro teste, foram controlados os exaustores, o *cooling* e a cortina de entrada de ar. Os tempos de abertura da cortina de entrada de ar foram

configurados utilizando como parâmetro os valores de pressão exibidos pelo controlador CC3. A utilização dos *inlets* não foi possível pois estavam em manutenção durante o período de testes. Os sinais de retorno não foram utilizados de maneira a facilitar a instalação física durante os testes.

Figura 69 – Bancada provisória para realização do teste prático.



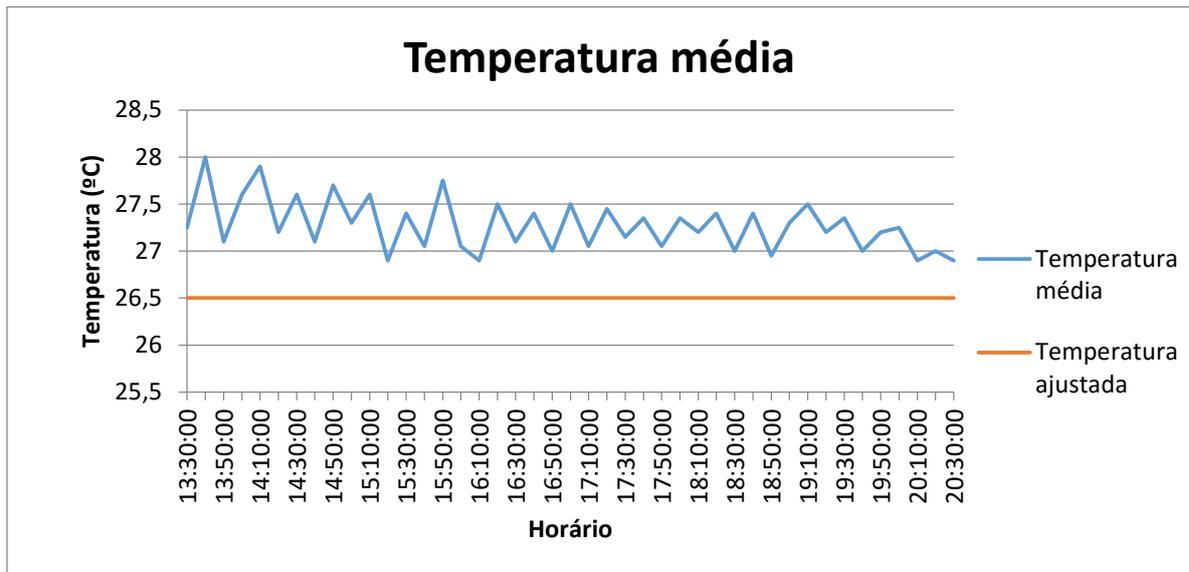
Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A Figura 70 ilustra as informações de temperatura controlada pelo sistema desenvolvido em comparação com o valor desejado (26,5 °C). As variações se devem principalmente ao fato do funcionamento ser por histerese com saída digital (on/off), sendo normal ocorrerem variações (BOJORGE, 2013).

Ao comparar a Figura 66 com a Figura 70, percebe-se que na solução controlada pelo CC3, em boa parte do tempo, a temperatura média oscila em torno do valor de temperatura desejado, enquanto na solução controlada pelo hardware proposto, a temperatura oscila um pouco acima do valor de temperatura desejado.

A comparação direta entre os dois sistemas, entretanto, não pode ser conclusiva, pois como se observa nas medições da Figura 66 o melhor período de funcionamento do CC3 ocorreu no período da noite, quando a interação com os exaustores é menor (período das 23h40min às 3h30min). Os dados do gráfico da Figura 70 não contemplaram este período, tendo sido coletados durante dia, quando a temperatura externa é maior.

Figura 70 – Temperatura média durante o teste do controlador proposto.

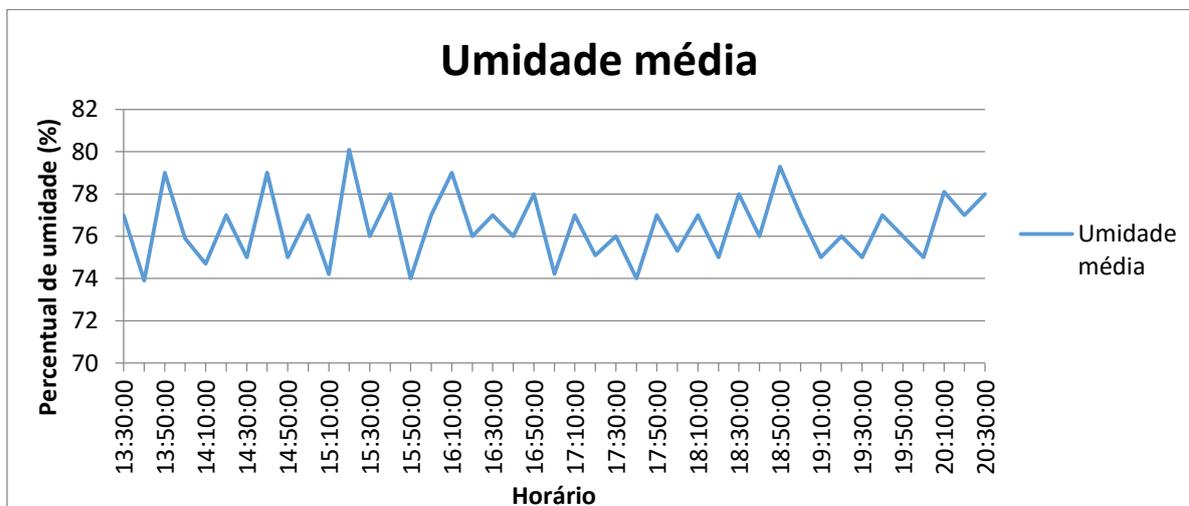


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A variação de umidade ficou na faixa de 74 e 80% durante todo o teste. Apesar de estes valores serem elevados, considerando a idade das aves, estes são aceitáveis para situações de clima quente e úmido como o do dia dos testes.

A qualidade do ar, visto que a taxa de ventilação era alta, permaneceu dentro dos parâmetros ajustados (abaixo de 18).

Figura 71 – Umidade média durante o teste do controlador proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

## 6 CONCLUSÃO

O sistema proposto utilizou tecnologias embarcadas interligadas por barramentos de comunicação com a finalidade de realizar o monitoramento e controle de aviários utilizando sistema de ventilação do tipo pressão negativa.

Ao término dos testes realizados sobre o presente trabalho pode-se concluir que o sistema proposto, utilizando tecnologias embarcadas para realizar o monitoramento e controle de aviários com sistema de ventilação do tipo pressão negativa, mostrou desempenho satisfatório.

A utilização de um computador embarcado comercial foi uma decisão de projeto adequada, pois, além de ser um dispositivo com alta capacidade de processamento, possui um sistema operacional instalado, facilitando a criação de aplicações de controle e interface, além da utilização de um banco de dados para armazenamento das informações.

A criação da interface de monitoramento utilizando uma abordagem Web torna o sistema de monitoramento flexível, podendo operar em diferentes sistemas operacionais, até mesmo com dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*.

O conjunto de aplicação de controle e de interface se mostrou configurável, atendendo assim a aviários com diferentes tamanhos e quantidades de equipamentos para controle de ambiência.

A utilização do barramento de comunicação EIA 485 se mostrou uma boa decisão de projeto, permitindo a conexão de diversos sensores espalhados pelo aviário com uma quantidade reduzida de cabos. Outra vantagem deste barramento de comunicação, por ser de uso industrial, é a imunidade a ruídos.

Sugere-se algumas alterações a serem realizadas em projetos futuros de maneira tornar o sistema melhor e mais seguro. Estas alterações são:

- Aumentar a configurabilidade do software para permitir atribuir diferentes funções as I/Os de acordo com as necessidades do sistema. Assim é possível, por exemplo, configurar qual a saída digital que determinado equipamento estará ligado.
- Aumentar a inteligência dos módulos de I/O, utilizando, por exemplo, um microcontrolador ao invés de um expensor de I/O. Isto permitiria também definir um estado seguro para as saídas digitais junto aos parâmetros de instalação para o caso de ocorrer alguma falha de comunicação. Nesta abordagem, todos os elementos do projeto se comunicariam através do barramento EIA485 ou algum padrão de comunicação sem fio.
- Melhorar a tela de interface local, para permitir ao usuário uma interação completa com o sistema, utilizando, por exemplo, uma tela LCD colorida.
- Acrescentar um sistema de controle da intensidade luminosa.
- Implantar um sistema para mensurar em tempo real a quantidade de água e ração consumidos, possibilitando um melhor acompanhamento da saúde das aves.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; MAZZUCO, H. **Uso do resfriamento evaporativo (adiabático) na criação de frangos de corte**. Embrapa – Aves e Suínos. Concórdia, 1999. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/437183/1/doc59.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Ventilação na avicultura de corte. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**, Concórdia, ISSN: 0101-6245. 50p. 2000. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58306/1/doc63.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2015.
- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G.; Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, 2011. ISSN 1806-9290. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreossistemas.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2015.
- ALECRIM, P. D.; CAMPOS, A. T.; JÚNIOR, T. Y. **Sistema automatizado embarcado em microcontrolador para controle e supervisão do ambiente térmico para aviários**, Jaboticabal, p. 33-45, 2013. Disponível em: <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/400/243>>. Acesso em: 09 jan. 2015.
- AMAZON. **MQ-135 sensor air quality sensor hazardous gas detection module for arduino**. 2015. Disponível em: <<http://www.amazon.com/MQ-135-Quality-Hazardous-Detection-Arduino/dp/B00JQUNMUK>>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- AOSONG ELETRONICS. **Temperature and humidity module -AM2305 Product Manual**. 2013. 10. Disponível em: <[http://dl.btc.pl/kamami\\_wa/am2305\\_ds.pdf](http://dl.btc.pl/kamami_wa/am2305_ds.pdf)>. Acesso em: 04 maio 2015.
- APACHE SOFTWARE FOUNDATION. **Apache Tomcat**. Disponível em: <<http://tomcat.apache.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2015.
- ATMEL CORPORATION. **Atmel Studio 7 – Easier to use and more powerful than ever**. 2015. Disponível em: <<http://www.atmel.com/microsite/atmel-studio/>>. Acesso em: 12 out. 2015.

- BELEM, A. R. Z. **Sistema de monitoramento de temperatura e umidade em aviários**. 2011. 66p. Monografia (Engenharia da Computação), Centro Universitário de Brasília – UniCEUB. Brasília. 2011. Disponível em: <<http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3148/2/20614457.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- BICHARA, T. **Ambiência e novos aviários para frangos de corte**. 2009. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.cnpsa.embrapa.br%2Fdown.php%3Ftipo%3Deventos%26cod\\_arquivo%3D117&ei=NsAlVeLIIKrgwS60oG4Bg&usg=AFQjCNEi23nelF3onHzaxfGAtphyIT9Fmw&sig2=9ynHwsS26Ukmz6x8Biyw1A&bvm=bv.90237346,d.eXY](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.cnpsa.embrapa.br%2Fdown.php%3Ftipo%3Deventos%26cod_arquivo%3D117&ei=NsAlVeLIIKrgwS60oG4Bg&usg=AFQjCNEi23nelF3onHzaxfGAtphyIT9Fmw&sig2=9ynHwsS26Ukmz6x8Biyw1A&bvm=bv.90237346,d.eXY)>. Acesso em: 17 jan. 2015.
- BIG DUTCHMAN BRASIL LTDA. **Viper Touch**. Araraquara, SP, 2015. Disponível em: <<http://bigdutchman.com.br/produtos/sobre/viper-touch/64>>. Acesso em: 02 maio 2015.
- BOJORGE, N. **Malhas de Controle Realimentado (Feed-Back)** – Diagrama de Blocos. 45p. 2013. Disponível em: <[http://www.professores.uff.br/controldeprocessos-eq/images/stories/Control\\_Aula08\\_-Controle-FB\\_1sem2013.pdf](http://www.professores.uff.br/controldeprocessos-eq/images/stories/Control_Aula08_-Controle-FB_1sem2013.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- BRIDI, A. M. **Adaptação e Aclimação Animal**. 15 p. 2007. Disponível em: <[http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia\\_arquivos/AdaptacaoAclimatacaoAnimal.pdf](http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoAclimatacaoAnimal.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2015.
- CADSOFT COMPUTER. **Eagle: easily applicable graphical layout editor**. 1<sup>th</sup> edition. 68p. 2011. Disponível em: <[https://www.cadsoftusa.com/fileadmin/journalist/Documents/V6\\_tutorial\\_en.pdf](https://www.cadsoftusa.com/fileadmin/journalist/Documents/V6_tutorial_en.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2015.
- CARTER, B; BROWN T. **Handbook of operational amplifier applications**. 2001. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/an/sboa092a/sboa092a.pdf>>. Acesso em: 12 abr 2015.
- CATETHYSIS. **Sensor de dióxido de carbono MQ-135**. 2015. Disponível em: <<http://catethysis.ru/stm32-mq135/>>. Acesso em: 13 abr. 2015.
- COBB. **Manual de Manejo de frangos de Corte**. 2008. 66p. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2015.
- COOPER, M. A.; WASHBURN, K. W.. **The Relationships of Body Temperature to Weight Gain, Feed Consumption, and Feed Utilization in Broilers Under Heat Stress**. Department of Poultry Science, The University of Georgia, Athens, Georgia. p. 237-242. 1998. Disponível em: <<http://ps.oxfordjournals.org/content/77/2/237.full.pdf+html>>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- CÓRDOVA, P. D. S. **A evolução dos sistemas de equipamentos para criação de frangos de corte com foco na inovação**. 2013. 68p. Monografia (Bacharelado em administração) Curso de Administração - Linha de Formação Específica em Comércio Exterior, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/2243/Paula%20Dem%C3%A9rio%20Serafim%20C%C3%B3rdova.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

CORESERVLETS.COM. *Configuring & Using Apache Tomcat*. 2015. Coreservlets.com INC., 2015. Disponível em: <<http://www.coreservlets.com/Apache-Tomcat-Tutorial/>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

EPCOS AG. *NTC Thermistors for Temperature Measurement*. 61p. 2006. Disponível em: <<http://eecs.oregonstate.edu/education/docs/datasheets/10kThermistor.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2015.

FANCONTROL. Ind. Com. Importação e Exp. Ltda. **Controlador CC3**. Passo Fundo, RS, 2015. Disponível em: <<http://www.fancontrol.com.br/produto/3/50/controlador-cc3>>. Acesso em: 11 out. 2015.

FANCONTROL. Ind. Com. Importação e Exp. Ltda. **Controlador CC4**. Passo Fundo, RS, 2015. Disponível em: <<http://www.fancontrol.com.br/produto/3/49/controlador-cc4>>. Acesso em: 27 abr. 2015.

FIGUEIREDO, M. H. A. *et al.* Avaliação da aptidão bioclimática da cidade de carpina – PE para a produção de frangos de corte utilizando simulação computacional. **XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão – JEPEX 2013 – UFRPE**. Recife, 3p. 2013. Disponível em: <<http://www.eventosufrpe.com.br/2013/cd/resumos/R1746-2.pdf>>. Acesso em 27 ag. 2015.

FRANÇA, L. R. **A evolução da base técnica da avicultura de corte no Brasil: transformações, determinantes e impactos**. 2000. 141p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Federal de Uberlândia. – UFU, Uberlândia, 2000. Disponível em: <<http://www.levy.blog.br/arquivos/artigo-download/downs-33-0.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2015.

FRANÇA, L. R. **Manejo de frangos de corte**. 2012. Disponível em: <<http://levy.blog.br/arquivos/aula-fesurv/downs-118-0.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2015.

FURLAN, R. L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte, In **VII Simpósio Brasil Sul De Avicultura**, Chapecó, p. 104-135, abr. 2006. Disponível em: <<http://www.levy.blog.br/arquivos/aula-fesurv/downs-96-0.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2015.

HARA, A. T. *et al.* **Automação da ambiência em aviários de corte no sudoeste do Paraná utilizando módulos de controle baseados em DSP**. Disponível em: <[http://www.sbiagro.org.br/pdf/iv\\_congresso/art027.pdf](http://www.sbiagro.org.br/pdf/iv_congresso/art027.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2015.

HUNT D. *Raspberry Pi 2 Benchmarked*. 2014. Disponível em: <<http://www.davidhunt.ie/raspberry-pi-2-benchmarked/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

INOBRAM AUTOMAÇÕES. **SMAAI-05**. Pato Branco, Paraná, 2015. Disponível em: <[http://www.inobram.com.br/smaai\\_5.php](http://www.inobram.com.br/smaai_5.php)>. Acesso em: 27 abr. 2015.

JACOB, F. G. *et al.* Impacto do tipo de ventilação em galpões para frangos de corte na temperatura de cama. **Anais XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014**. Campo Grande – MS. 2014. Disponível em: <<http://www.sbea.org.br/conbea/2014/anais/R0400-1.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

KUNH, D. P.. **Avaliação das condições biomecânicas na avicultura de corte: um estudo na atividade de aquecimento de aviários**. 2010. 121p. Dissertação (Mestrado em Eng. da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Eng. da Produção, Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UTFPR, Ponta Grossa. 2010. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/159/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

LABCENTER ELECTRONICS. **Intelligent Schematic Input System: User Manual**. 477p. 2002. Disponível em: <<http://read.pudn.com/downloads149/ebook/644008/proteus.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

LIMA, K. A. O. **Avaliação de sistemas de ventilação mecanizada por pressão positiva e negativa utilizados na avicultura de corte**. 2011. 184p. Dissertação (Doutorado em engenharia agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000785729>>. Acesso em: 13 fev. 2015.

LUIJTEN H. **How to measure temperature with your Arduino and a DS18B20**. 2015. Disponível em: <<http://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-ds18b20-temperature-sensor/>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

MATUCHAKI, G. **Projeto de um sistema de climatização de aviário**. 2011. 38p. Monografia (Tecnólogo em Automação Industrial), Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Medianeira. 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/581/1/MD\\_COMIN\\_2011\\_2\\_12.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/581/1/MD_COMIN_2011_2_12.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2015.

MAXIM. **DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer**. San Jose, Califórnia, EUA, 2008b. Disponível em: <<http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2015.

MAXIM. **Guidelines for Reliable Long Line 1-Wire Networks**. 2008a. Disponível em: <<http://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/148>>. Acesso em: 03 maio 2015.

MEDEIROS, C. M. *et al.*. **Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte**, Viçosa, p. 277-286, out./dez., 2005. Disponível em: <<https://bioclimatologia.files.wordpress.com/2012/11/efeitos-da-temperatura-aves-de-corte.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

MENEGALI, I. *et al.* Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período de aquecimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, p.984–990, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13s0/v13s0a22.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2015.

MICROCHIP. **MCP23017/MCP23S17 16-Bit I/O Expander with Serial Interface**. 48p. 2007a. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21952b.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

MICROCHIP. **MCP4725 – 12-Bit Digital-to-Analog Converter with EEPROM Memory in SOT-23-6**. 2007b. Disponível em: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/233449/MICROCHIP/MCP4725.html>>. Acesso em: 13 maio 2015.

MICROCHIP. **Section 23. Serial Peripheral Interface (SPI)**. 2007. 32p. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39699b.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015.

MICROCHIP. **Serial Peripheral Interface (SPI)**. 2007. 32p. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39699b.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015.

MIELE, M; GIROTTO, A. F. **Análise da situação atual e perspectivas da avicultura de corte**. 2009. 8p. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/analise\\_situacao\\_atual\\_perspectivas\\_avicultura\\_de\\_corte\\_000fzpf3ufi02wx5ok0cpoo6a551x8he.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/analise_situacao_atual_perspectivas_avicultura_de_corte_000fzpf3ufi02wx5ok0cpoo6a551x8he.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2015.

MIRAGLIOTTA, M. Y. **Avaliação das condições do ambiente interno em dois galpões de produção comercial de frangos de corte, com ventilação e densidade populacional diferenciados**. 2005. 244p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola), Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP, Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000374606>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

MORAES, D.T. *et al.* Efeitos dos programas de luz sobre desempenho, rendimento de carcaça e resposta imunológica em frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Belo Horizonte, v.60, n.1, p.201-208, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352008000100028](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352008000100028)>. Acesso em: 13 fev. 2015.

NI, Ji-Qin. *et al.* **Air Quality Monitoring and On-Site Computer System for Livestock and Poultry Environment Studies. Agricultural and Biosystems Engineering Publications**. 2009. Disponível em: <[http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1609&context=abe\\_eng\\_pubs](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1609&context=abe_eng_pubs)>. Acesso em: 20 mar. 2015.

NXP SEMICONDUCTORS. **UM10204 – I<sup>2</sup>C-bus specification and user manual**. 64p. Rev. 6 — 4 abril 2014. Disponível em: <[http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2015.

ORACLE. **MySQL**. 2015. Disponível em: <<https://www.mysql.com/>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

ORACLE. **Top 10 Reasons to Use MySQL as an Embedded Database**. 2014. 18p. Disponível em: <<http://www.mysql.com/why-mysql/white-papers/top-10-reasons-to-use-mysql-as-an-embedded-database/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

PCWORLD. **Raspberry Pi 2 review: The revolutionary \$35 micro-PC, supercharged**. 2015. Disponível em: <<http://www.pcworld.com/article/2886260/raspberry-pi-2-review-the-revolutionary-35-micro-pc-supercharged.html>>. Acesso em: 10 maio 2015.

PEREIRA NETO, S. F. **Benefícios e pontos críticos da implantação do sistema de pressão negativa para frangos de corte**. Itabom, 2011. Disponível em: <[http://www.tortuga.com.br/encontro\\_tecnico\\_frango\\_corte/palestras/SistemaDePressaoNegativaParaFrangosDeCorte.pdf](http://www.tortuga.com.br/encontro_tecnico_frango_corte/palestras/SistemaDePressaoNegativaParaFrangosDeCorte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2015.

PHILIPS SEMICONDUCTORS. **AN10216-01 – I<sup>2</sup>C Manual**. 51p. 24 março 2003. Disponível em: <[http://www.nxp.com/documents/application\\_note/AN10216.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10216.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2015.

PI4J. **The PI4J Project**. 2015. Disponível em: <<http://pi4j.com/>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

PLASSON, Equipamentos para Avicultura. **Controlador Platinum**. Criciúma, SC, 2015a. Disponível em: <<http://www.plasson.com.br/pt/produtos/1-climatizacao/1-controladores-de-ambiente/5-controlador-platinum>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

PLASSON, Equipamentos para Avicultura. **Exaustores**. Criciúma, SC, 2015b. Disponível em: <<http://www.plasson.com.br/pt/produtos/1-climatizacao/11-exaustores/8-exaustores>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

PLASSON. Ventilação de inverno. **Revista do Avisite**. 2012. Disponível em: <<http://www.avisite.com.br/plasson/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

POULTRY CRC. **Climate in poultry houses**. 2006. Disponível em: <<http://www.poultryhub.org/production/husbandry-management/housing-environment/climate-in-poultry-houses/>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

QUEIROZ, M. L. V.; FILHO, J. A. D. B.; VIEIRA, F. M. C. Avaliação do conforto térmico de frangos de corte de forma direta e prática. **Produção Animal Avicultura – A Revista do Avisite**, ano VI, n. 66, out/2012. Disponível em: <[http://www.neambe.ufc.br/arquivos\\_publicacao/20121019082929.pdf](http://www.neambe.ufc.br/arquivos_publicacao/20121019082929.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2015.

QUINTANILHA, I. M.; ESTEVÃO FILHO, R. M. **A norma TIA/EIA-485-A**. 2013. Disponível em: <<http://www.peb.ufrj.br/cursos/eel710/Protocolo485.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2015.

RASPBERRY PI FOUNDATION. **Raspberry Pi 2 Model B**. 2015. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

RODRIGUES, Wesley O. P. *et al.*. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18. p. 1666 -1684. Goiânia. Jul.2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/EVOLUCAO.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

SCHUTTE, H. AN97055 – *Bi-directional level shifter for I<sup>2</sup>C-bus and other systems*. **PHILIPS SEMICONDUCTORS**. 16p. 4 de agosto 1997. Disponível em: <<http://www.kip.uni-heidelberg.de/lhcb/Publications/external/AN97055.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

SEDRA, A.S; SMITH, K. C. *Microelectronic Circuits*. 5. ed. Oxford: Oxford University Press, 2004. E-book. Disponível em: <<https://athena.ecs.csus.edu/~bransone/pub/ebooks/Microelectronic%20Circuits.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

SILVA, I. S. L.; KASCHNY J. R. A. Aplicação do protocolo I<sup>2</sup>C em sistemas microcontrolados. **VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas, 7p. 2012. Disponível em: <<http://physika.info/physika/documents/Itallo2012.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015.

SOUZA. V. L. F. *et al.* **Efeitos da automatização nas diferentes estações do ano sobre os parâmetros de desempenho, rendimento e qualidade da carne de frangos de corte**, Maringá, p. 175-181, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/7241/7241>>. Acesso em: 13 fev. 2015.

SPELLER, David. *How I Use Data to Drive My Business*. 2014. Disponível em: <<http://pork.ahdb.org.uk/media/72749/david-speller-bpex-innovations-conference-2014.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2015.

SPELLER, David. *My Business – Applied Poultry*. 2013. Disponível em: <<http://www.csppa.co.uk/wp-content/uploads/David-Speller-Applied-Poultry.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2015.

ST MICROELETRONICS. **TN0897 Technical Note - ST SPI Protocol**. 2013. 28p. Disponível em: <[http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical\\_note/DM00054618.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical_note/DM00054618.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2015.

ST MICROELETRONICS. **TN0897 Technical Note: ST SPI Protocol**. S.L. 2013. 28p. Disponível em: <[http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical\\_note/DM00054618.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/technical_note/DM00054618.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2015.

TEXAS INSTRUMENTS. **LM35 - Precision Centigrade Temperature Sensors**. Dallas, Texas, 2015. 31p. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>> .Acesso em: 02 maio 2015.

TEZER, O. S. **SQLite vs MySQL vs PostgreSQL: A Comparison Of Relational Database Management Systems**. 2014. Disponível em: <<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql-a-comparison-of-relational-database-management-systems>>. Acesso em: 15 maio 2015.

TROUCH. **Raspberry Pi benchmark**. 2013. Disponível em: <<http://trouch.com/2013/01/12/raspberry-pi-benchmark/>>. Acesso em: 14 maio 2015.

VALERI, P. B.; BICHARA, T. Aves têm melhor desempenho com iluminação adequada. 2011. Disponível em: <<http://www.nftalliance.com.br/artigos/aves/aves-tem-melhor-desempenho-com-iluminacao-adequada>> Acesso em: 10 abr. 2015.

VIEIRA, Nilton P. Conceitos de aviários “Pressão Negativa”. **Aviagen Brasil – Circular Técnica**. Jun.2009. Disponível em: <[http://en.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Portuguese/junho2009-conceitosdeaviariospressaonegativa.pdf](http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/junho2009-conceitosdeaviariospressaonegativa.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2015.

WEATHER PREDICTION CENTER. *The Heat Index Equation*. 1p. Maryland. 2014. Disponível em:< [http://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex\\_equation.shtml](http://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml)>. Acesso em: 26 ag. 2015.

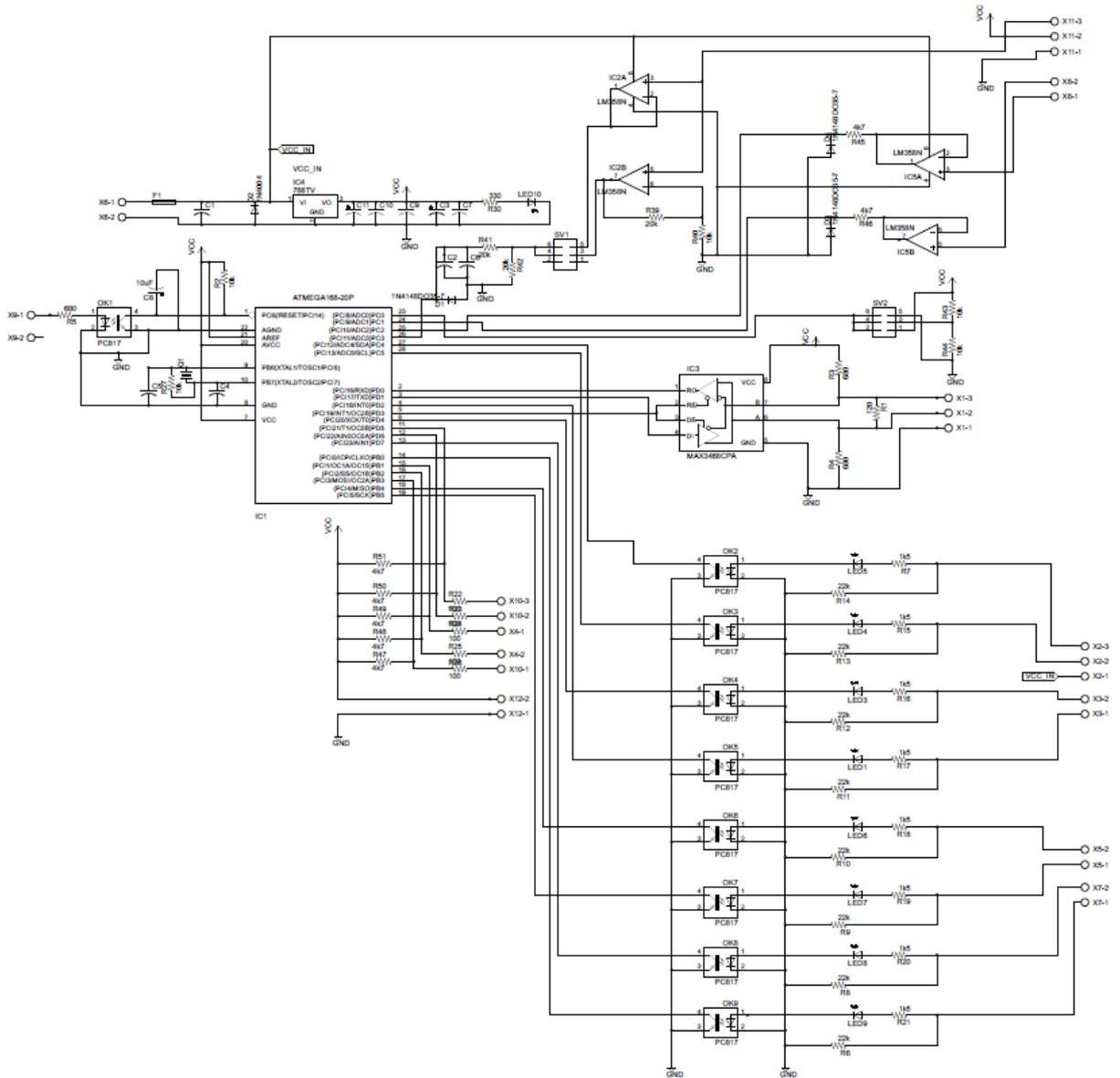
WONG, L. *1-Wire(Protocol)*. Dallas Semiconductor. Disponível em: <[coecsl.ece.illinois.edu/ge423/.../1-wire\\_full.doc](http://coecsl.ece.illinois.edu/ge423/.../1-wire_full.doc)>. Acesso em: 04 maio 2015.

XIN, H. *Cooling poultry in tropical climates*. **Iowa State University**. 2009. Disponível em:<<http://www.ans.iastate.edu/section/Ensminger/CostaRica/Xin.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2015.

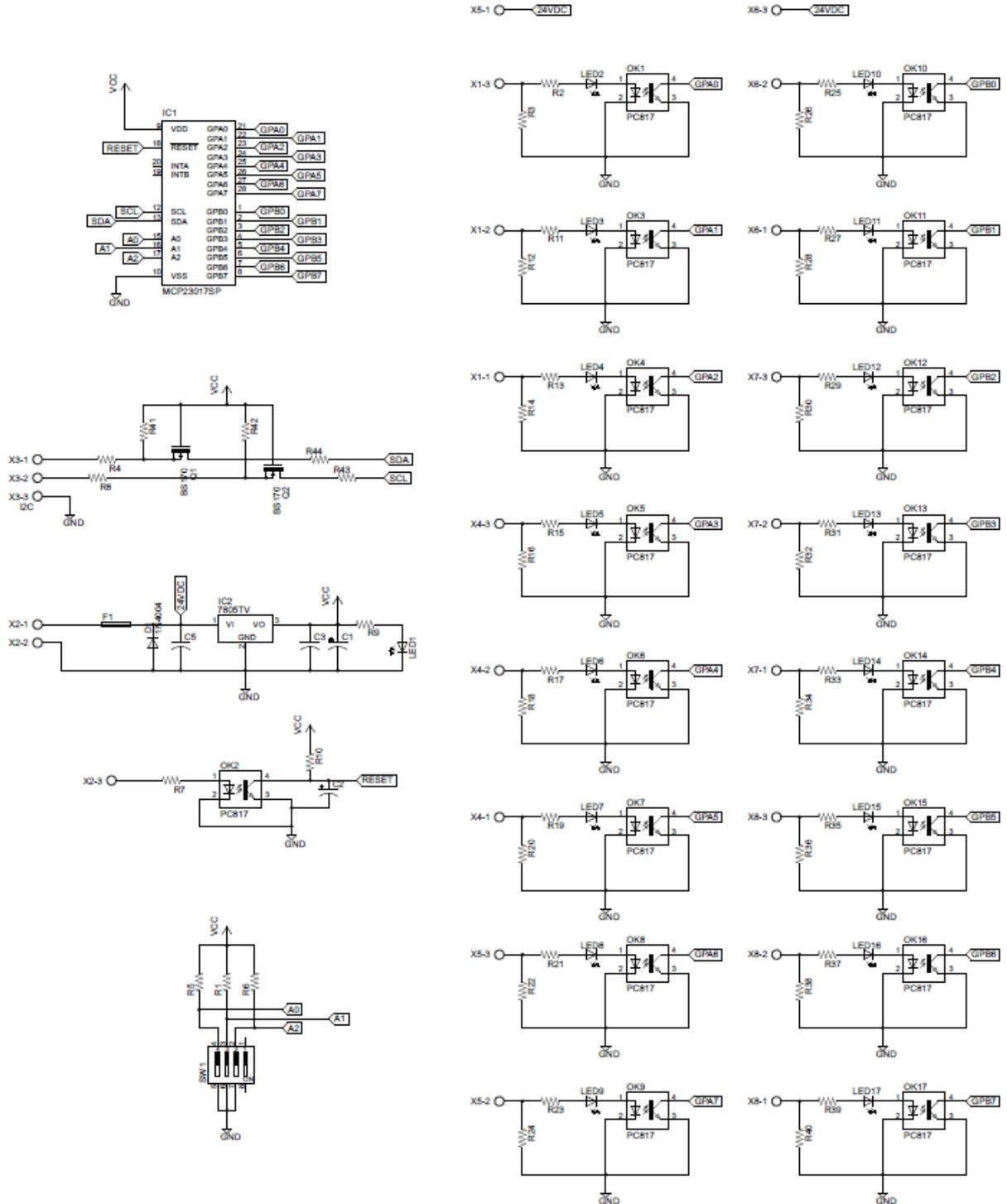
ZANCANARO, A. **Protótipo de um sistema de controle parcial de ambiência, em aviário de criação de frangos de corte, usando CLP**. 2000. 116p. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação), Universidade Regional de Blumenau. Blumenau. 2000. Disponível em: <<http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2000-1airtonzancanarovf.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

## **APÊNDICES**

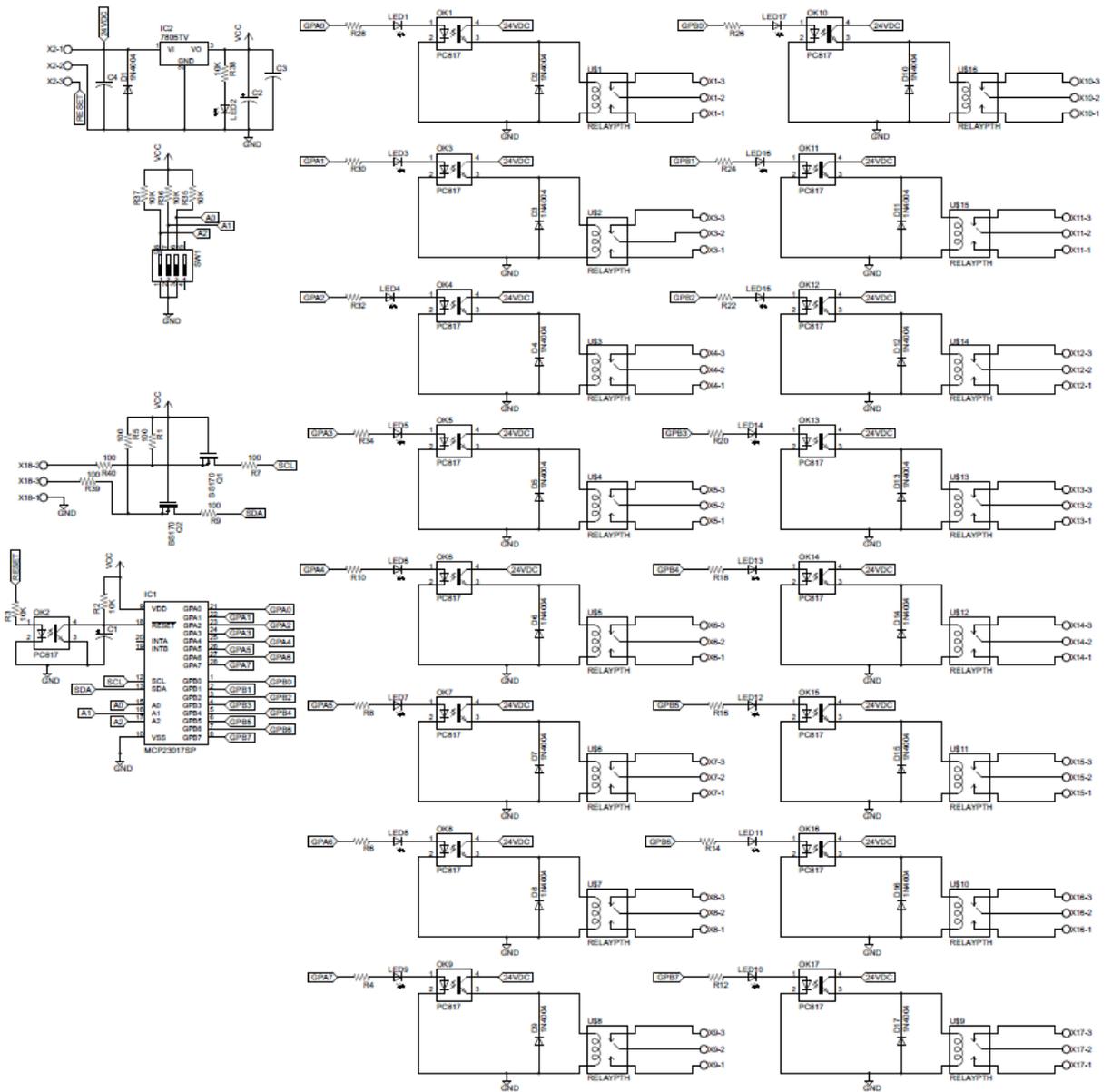
## APÊNDICE A: Esquemático da placa de sensoriamento



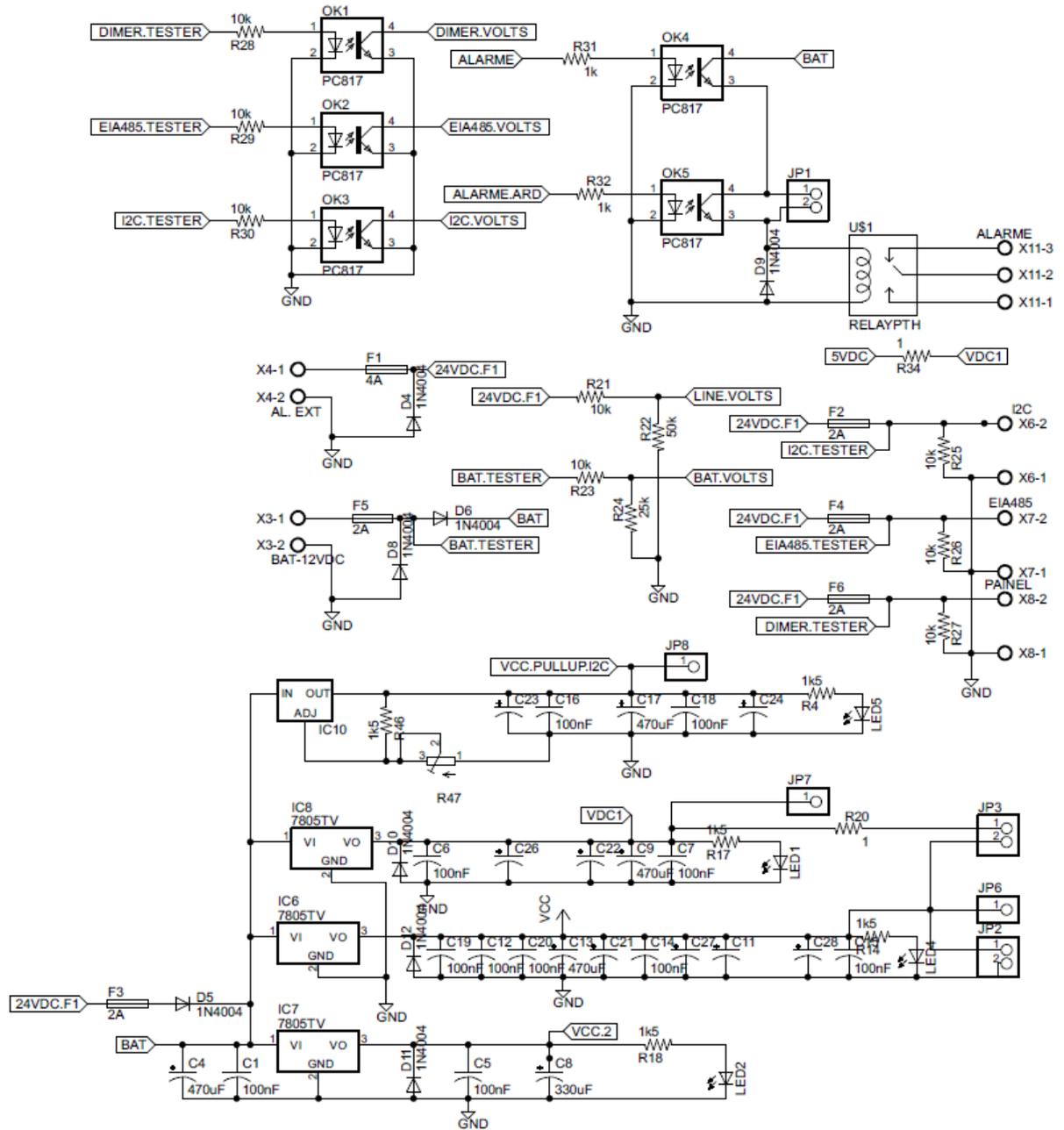
## APÊNDICE B: Esquemático da placa de entradas digitais

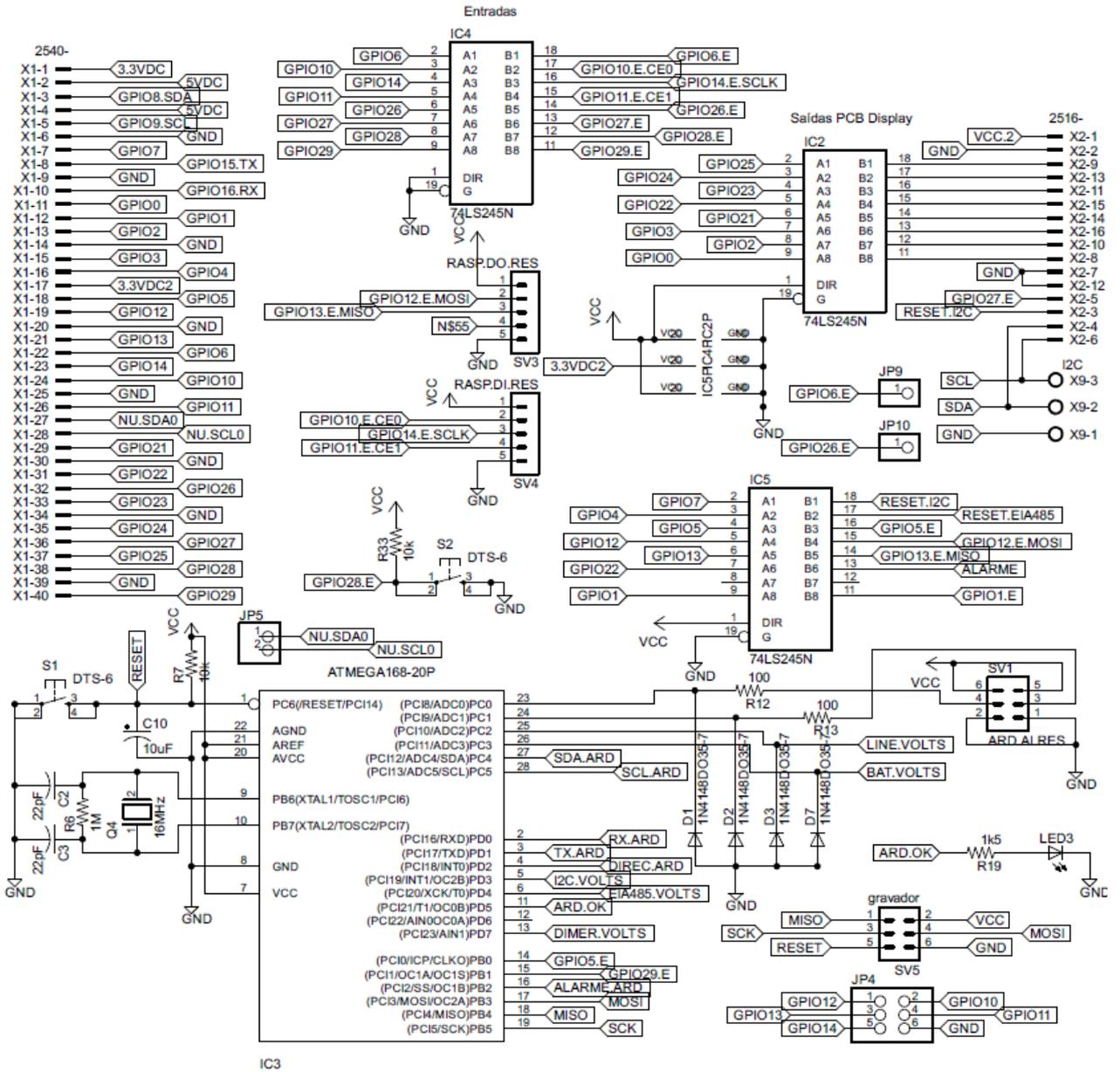


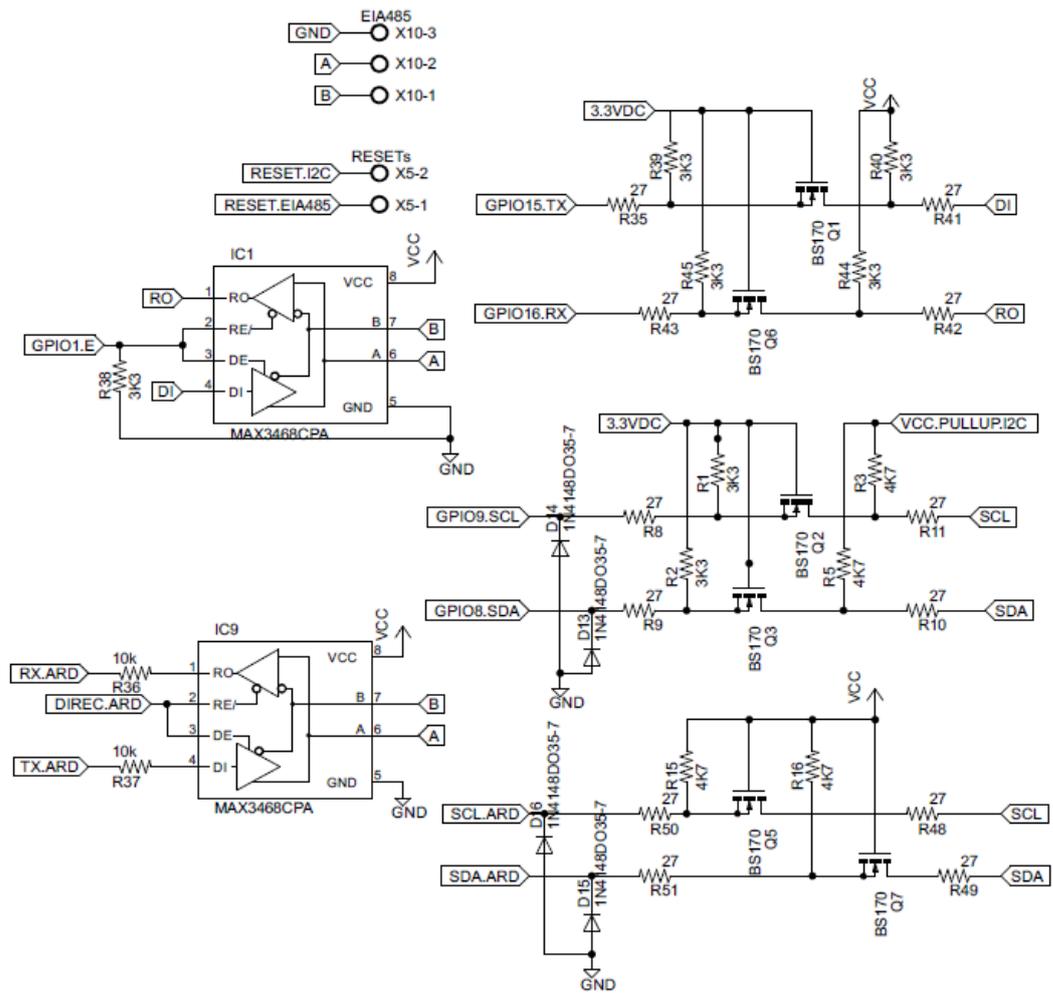
## APÊNDICE C: Esquemático da placa de saídas digitais



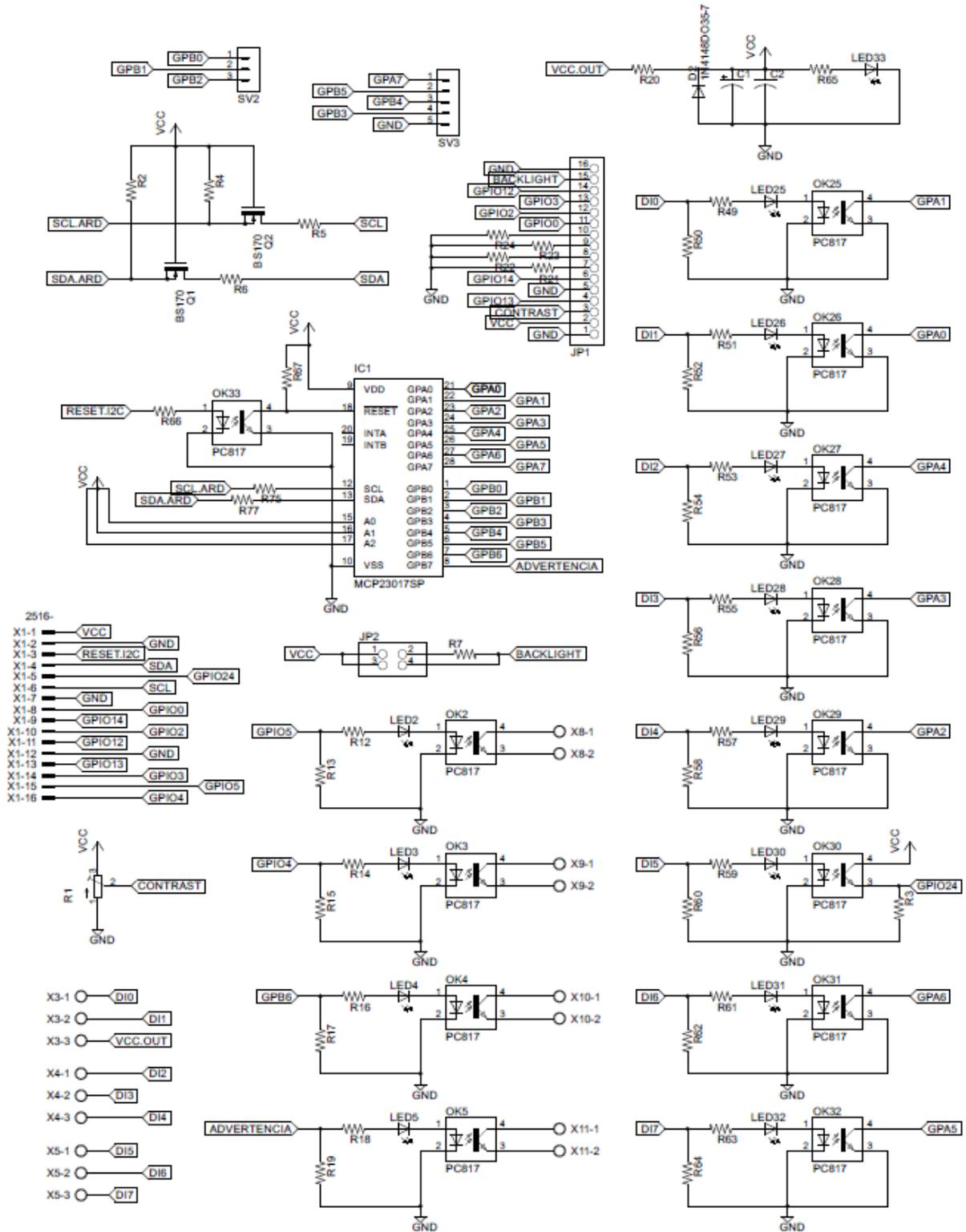
## APÊNDICE D: Esquemático da placa de controle



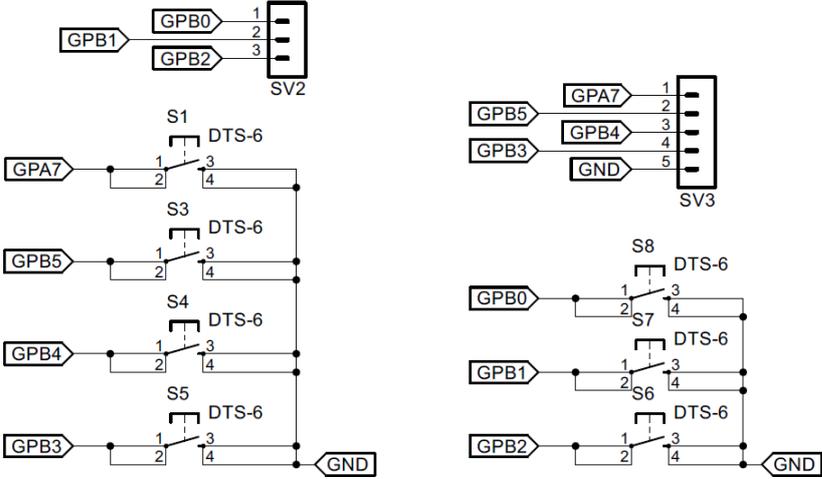




## APÊNDICE E: Esquemático da placa traseira da IHM



**APÊNDICE E: Esquemático da placa frontal da IHM**



## APÊNDICE F: Script do banco de dados

```
CREATE TABLE tabelaPadrao(  
    id SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NOT NULL,  
    tempMax FLOAT NOT NULL,  
    tempIdeal FLOAT NOT NULL,  
    tempMin FLOAT NOT NULL,  
    umidadeMax FLOAT NOT NULL,  
    umidadeIdeal FLOAT NOT NULL,  
    umidadeMin FLOAT NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (id)  
);  
  
CREATE TABLE tabelaPersonalizada1 (  
    id SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NOT NULL,  
    tempMax FLOAT NOT NULL,  
    tempIdeal FLOAT NOT NULL,  
    tempMin INT FLOAT NULL,  
    umidadeMax FLOAT NOT NULL,  
    umidadeIdeal FLOAT NOT NULL,  
    umidadeMin FLOAT NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (id)  
);  
  
CREATE TABLE tabelaPersonalizada2 (  
    id SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NOT NULL,  
    tempMax FLOAT NOT NULL,  
    tempIdeal FLOAT NOT NULL,  
    tempMin INT FLOAT NULL,  
    umidadeMax FLOAT NOT NULL,  
    umidadeIdeal FLOAT NOT NULL,  
    umidadeMin FLOAT NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (id)  
);  
  
CREATE TABLE tabelaPersonalizada3 (  
    id SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NOT NULL,  
    tempMax FLOAT NOT NULL,  
    tempIdeal FLOAT NOT NULL,  
    tempMin INT FLOAT NULL,  
    umidadeMax FLOAT NOT NULL,  
    umidadeIdeal FLOAT NOT NULL,  
    umidadeMin FLOAT NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (id)  
);  
  
CREATE TABLE qualidAr (  
    id SERIAL NOT NULL,  
    valorBase INT NULL,  
    taxaIncVent INT NULL,  
    taxaDecQualAr INT NULL,  
    PRIMARY KEY (id)  
);  
  
CREATE TABLE ventMin1 (  
    idVentMin SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    quantMinGrupos INT NULL,  
    tempoON INT NULL,  
    tempoOFF INT NULL, PRIMARY KEY (idventmin)  
);
```

```
CREATE TABLE ventMin2 (  
    idVentMin SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    quantMinGrupos INT NULL,  
    tempoON INT NULL,  
    tempoOFF INT NULL,  
    PRIMARY KEY (idventmin)  
);  
  
CREATE TABLE ventMin3 (  
    idVentMin SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    quantMinGrupos INT NULL,  
    tempoON INT NULL,  
    tempoOFF INT NULL,  
    PRIMARY KEY (idventmin)  
);  
  
CREATE TABLE ventMin4 (  
    idVentMin SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    quantMinGrupos INT NULL,  
    tempoON INT NULL,  
    tempoOFF INT NULL,  
    PRIMARY KEY (idventmin)  
);  
  
CREATE TABLE iluminacao1 (  
    idiluminacao1 SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    horaliga1 TIME NULL,  
    horadesliga1 TIME NULL,  
    intensidade1 INT NULL,  
    horaliga2 TIME NULL,  
    horadesliga2 TIME NULL,  
    intensidade2 INT NULL,  
    PRIMARY KEY (idiluminacao1)  
);  
  
CREATE TABLE iluminacao2 (  
    Idiluminacao2 SERIAL NOT NULL,  
    idade INT NULL,  
    horaliga1 TIME NULL,  
    horadesliga1 TIME NULL,  
    intensidade1 INT NULL,  
    horaliga2 TIME NULL,  
    horadesliga2 TIME NULL,  
    intensidade2 INT NULL,  
    PRIMARY KEY (idiluminacao2)  
);  
  
CREATE TABLE usuarios (  
    idUsuario SERIAL NOT NULL,  
    nome VARCHAR(45) NOT NULL,  
    login VARCHAR(15) NOT NULL,  
    senha VARCHAR(15) NOT NULL,  
    permissao VARCHAR(5) NOT NULL,  
    PRIMARY KEY (idUsuario)  
);
```

```
CREATE TABLE situacaoAccionamentos (  
  idsituacaoAtual SERIAL NOT NULL,  
  exaustor1 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor2 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor3 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor4 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor5 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor6 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor7 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor8 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor9 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor10 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor11 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor12 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor13 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor14 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor15 TINYINT(1) NULL,  
  exaustor16 TINYINT(1) NULL,  
  nebulizador1 TINYINT(1) NULL,  
  nebulizador2 TINYINT(1) NULL,  
  nebulizador3 TINYINT(1) NULL,  
  cooling1 TINYINT(1) NULL,  
  cooling2 TINYINT(1) NULL,  
  forno1 TINYINT(1) NULL,  
  forno2 TINYINT(1) NULL,  
  forno3 TINYINT(1) NULL,  
  forno4 TINYINT(1) NULL,  
  forno5 TINYINT(1) NULL,  
  forno6 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro1 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro2 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro3 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro4 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro5 TINYINT(1) NULL,  
  comedouroPrinc TINYINT(1) NULL,  
  inlets INT NULL,  
  cortinaEntAr INT NULL,  
  PRIMARY KEY (idsituacaoAtual)  
);
```

```
CREATE TABLE situacaoSensores (  
  idsituacaoSensores SERIAL NOT NULL,  
  temperatura1 FLOAT,  
  temperatura2 FLOAT,  
  temperatura3 FLOAT,  
  temperatura4 FLOAT,  
  temperatura5 FLOAT,  
  temperatura6 FLOAT,  
  temperaturaAgua FLOAT NULL,  
  temperaturaExt FLOAT NULL,  
  umidade1 FLOAT,  
  umidade2 FLOAT,  
  umidade3 FLOAT,  
  qualAr1 FLOAT,  
  qualAr2 FLOAT,  
  pressao1 FLOAT,  
  comedouro1 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro2 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro3 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro4 TINYINT(1) NULL,  
  comedouro5 TINYINT(1) NULL,  
  comedouroPrinc TINYINT(1) NULL,  
  PRIMARY KEY (idsituacaoSensores)  
);
```

```
CREATE TABLE parametrosInstalacao (  
  id SERIAL NOT NULL,  
  quantExaustores INT NULL,  
  quantNebulizadores INT NULL,  
  quantCooling INT NULL,  
  quantAquecimento INT NULL,  
  quantSensorTemp INT NULL,  
  quantSensorUmidade INT NULL,  
  quantSensorQualAr INT NULL,  
  quantSensorPressaoEst INT NULL,  
  quantComedouros INT NULL,  
  devTemp1 INT NULL,  
  adrTemp1 INT NULL,  
  devTemp2 INT NULL,  
  adrTemp2 INT NULL,  
  devTemp3 INT NULL,  
  adrTemp3 INT NULL,  
  devTemp4 INT NULL,  
  adrTemp4 INT NULL,  
  devTemp5 INT NULL,  
  adrTemp5 INT NULL,  
  devTemp6 INT NULL,  
  adrTemp6 INT NULL,  
  devUmid1 INT NULL,  
  adrUmid1 INT NULL,  
  devUmid2 INT NULL,  
  adrUmid2 INT NULL,  
  devUmid3 INT NULL,  
  adrUmid3 INT NULL,  
  devQAr1 INT NULL,  
  adrQAr1 INT NULL,  
  devQAr2 INT NULL,  
  adrQAr2 INT NULL,  
  devPr1 INT NULL,  
  adrPr1 INT NULL,  
  devCom1 INT NULL,  
  adrCom1 INT NULL,  
  devCom2 INT NULL,  
  adrCom2 INT NULL,  
  devCom3 INT NULL,  
  adrCom3 INT NULL,  
  devCom4 INT NULL,  
  adrCom4 INT NULL,  
  devCom5 INT NULL,  
  adrCom5 INT NULL,  
  devComP INT NULL,  
  adrComP INT NULL,  
  devEntAr INT NULL,  
  adrNivMinEAr INT NULL,  
  adrNivMaxEAr INT NULL,  
  adrNivEAr INT NULL,  
  devTempAgua INT NULL,  
  adrTempAgua INT NULL,  
  devTempExt INT NULL,  
  adrTempExt INT NULL,  
  sensTempAgua INT NULL,  
  sensTempExt INT NULL,  
  vazaoExaustores INT NULL,  
  tipoConstrucao INT NULL,  
  aviarioComp INT NULL,  
  aviarioLarg INT NULL,  
  aviarioAltura INT NULL,  
  percEx1 INT NULL,  
  percEx2 INT NULL,  
  percEx3 INT NULL,  
  percEx4 INT NULL,  
  percEx5 INT NULL,
```

```

    percEx6 INT NULL,
    percEx7 INT NULL,
    percEx8 INT NULL,
    percEx9 INT NULL,
    percEx10 INT NULL,
    percEx11 INT NULL,
    percEx12 INT NULL,
    percEx13 INT NULL,
    percEx14 INT NULL,
    percVedacao INT NULL,
    PRIMARY KEY (id)
);

CREATE TABLE loteFrango (
    idLote SERIAL NOT NULL,
    dataInicio DATE NULL,
    dataFim DATE NULL,
    quantidade INT NULL,
    raca VARCHAR(45) NULL,
    ca FLOAT NULL,
    pesoMedio FLOAT NULL,
    mortalidade INT NULL,
    pesoTotal FLOAT NULL,
    valorUnit FLOAT NULL,
    valorTotal FLOAT NULL,
    loteEncerrado VARCHAR(5),
    PRIMARY KEY (`idLote`)
);

CREATE TABLE alarmes(
    id SERIAL NOT NULL,
    idLote BIGINT UNSIGNED NOT NULL,
    tipo VARCHAR(5) NOT NULL,
    descricao VARCHAR(60) NOT NULL,
    data DATE NOT NULL,
    hora TIME NOT NULL,
    PRIMARY KEY (id),
    FOREIGN KEY (idLote) REFERENCES loteFrango (idLote)
);

CREATE TABLE parametrosFuncionamento (
    id SERIAL NOT NULL,
    tmoEntreLeituras INT NULL,
    tmoInicioAlarme INT NULL,
    tmoDesarmeCortina INT NULL,
    curvaParamTU INT NULL,
    curvaParamIllumi INT NULL,
    curvaParamVentMin INT NULL,
    curvaParamQualAr INT NULL,
    temp1 TINYINT(4) NULL,
    temp2 TINYINT(4) NULL,
    temp3 TINYINT(4) NULL,
    temp4 TINYINT(4) NULL,
    temp5 TINYINT(4) NULL,
    temp6 TINYINT(4) NULL,
    tempAgua TINYINT(4) NULL,
    tempExt TINYINT(4) NULL,
    umidade1 TINYINT(4) NULL,
    umidade2 TINYINT(4) NULL,
    umidade3 TINYINT(4) NULL,
    qualAr1 TINYINT(4) NULL,
    qualAr2 TINYINT(4) NULL,
    pressao1 TINYINT(4) NULL,
    erroLigaEx1 FLOAT NULL,
    erroLigaEx2 FLOAT NULL,
    erroLigaEx3 FLOAT NULL,
    erroLigaEx4 FLOAT NULL,

```

```

erroLigaEx5 FLOAT NULL,
erroLigaEx6 FLOAT NULL,
erroLigaEx7 FLOAT NULL,
erroLigaEx8 FLOAT NULL,
erroLigaEx9 FLOAT NULL,
erroLigaEx10 FLOAT NULL,
erroLigaEx11 FLOAT NULL,
erroLigaEx12 FLOAT NULL,
erroLigaEx13 FLOAT NULL,
erroLigaEx14 FLOAT NULL,
erroLigaCooling1 FLOAT NULL,
erroLigaCooling2 FLOAT NULL,
erroNeb1Timer FLOAT NULL,
erroNeb1Cons FLOAT NULL,
erroNeb2Timer FLOAT NULL,
erroNeb2Cons FLOAT NULL,
erroNeb3Timer FLOAT NULL,
erroNeb3Cons FLOAT NULL,
erroLigaFor1 FLOAT NULL,
erroLigaFor2 FLOAT NULL,
erroLigaFor3 FLOAT NULL,
erroLigaFor4 FLOAT NULL,
tempVentTrans FLOAT NULL,
tempVentTunel FLOAT NULL,
histereseVentTrans FLOAT NULL,
histereseVentTunel FLOAT NULL,
pressaoVM FLOAT NULL,
pressaoTrans FLOAT NULL,
pressaoTunel FLOAT NULL,
erroDesIVM FLOAT NULL,
erroLiga2EstVM FLOAT NULL,
histeresePressao FLOAT NULL,
tmoAtuacaoPressao FLOAT NULL,
histereseUmidade FLOAT NULL,
tmoNebOn INT NULL,
tmoNebOff INT NULL,
histereseForno1 FLOAT NULL,
histereseForno2 FLOAT NULL,
histereseForno3 FLOAT NULL,
histereseForno4 FLOAT NULL,
PRIMARY KEY (id)
);

```

```

CREATE TABLE modoFuncionamento(
  id SERIAL NOT NULL,
  exaustor1 INT NOT NULL,
  exaustor2 INT NOT NULL,
  exaustor3 INT NOT NULL,
  exaustor4 INT NOT NULL,
  exaustor5 INT NOT NULL,
  exaustor6 INT NOT NULL,
  exaustor7 INT NOT NULL,
  exaustor8 INT NOT NULL,
  exaustor9 INT NOT NULL,
  exaustor10 INT NOT NULL,
  exaustor11 INT NOT NULL,
  exaustor12 INT NOT NULL,
  exaustor13 INT NOT NULL,
  exaustor14 INT NOT NULL,
  cooling1 INT NOT NULL,
  cooling2 INT NOT NULL,
  nebulizador1 INT NOT NULL,
  nebulizador2 INT NOT NULL,
  nebulizador3 INT NOT NULL,
  forno1 INT NOT NULL,
  forno2 INT NOT NULL,
  forno3 INT NOT NULL,

```

```

forno4 INT NOT NULL,
inlets INT NOT NULL,
cortAr INT NOT NULL,
iluminacao1 INT NOT NULL,
iluminacao2 INT NOT NULL,
flushing INT NOT NULL,
timer1 INT NOT NULL,
timer2 INT NOT NULL,
termostato1 INT NOT NULL,
termostato2 INT NOT NULL,
comedouroP INT NOT NULL,
comedouro1 INT NOT NULL,
comedouro2 INT NOT NULL,
comedouro3 INT NOT NULL,
comedouro4 INT NOT NULL,
comedouro5 INT NOT NULL,
PRIMARY KEY (id)
);

CREATE TABLE logger(
  id SERIAL NOT NULL,
  idLote BIGINT UNSIGNED NOT NULL,
  data DATE NULL,
  hora TIME NULL,
  temp1 FLOAT NULL,
  temp2 FLOAT NULL,
  temp3 FLOAT NULL,
  temp4 FLOAT NULL,
  temp5 FLOAT NULL,
  temp6 FLOAT NULL,
  tempAgua FLOAT NULL,
  tempExt FLOAT NULL,
  tempMedia FLOAT NULL,
  tempRes FLOAT NULL,
  umid1 FLOAT NULL,
  umid2 FLOAT NULL,
  umid3 FLOAT NULL,
  umidMedia FLOAT NULL,
  qualAr1 FLOAT NULL,
  qualAr2 FLOAT NULL,
  qualArMedia FLOAT NULL,
  pressao FLOAT NULL,
  ex1 TINYINT(4) NULL,
  ex2 TINYINT(4) NULL,
  ex3 TINYINT(4) NULL,
  ex4 TINYINT(4) NULL,
  ex5 TINYINT(4) NULL,
  ex6 TINYINT(4) NULL,
  ex7 TINYINT(4) NULL,
  ex8 TINYINT(4) NULL,
  ex9 TINYINT(4) NULL,
  ex10 TINYINT(4) NULL,
  ex11 TINYINT(4) NULL,
  ex12 TINYINT(4) NULL,
  ex13 TINYINT(4) NULL,
  ex14 TINYINT(4) NULL,
  cool1 TINYINT(4) NULL,
  cool2 TINYINT(4) NULL,
  neb1 TINYINT(4) NULL,
  neb2 TINYINT(4) NULL,
  neb3 TINYINT(4) NULL,
  ilum1 TINYINT(4) NULL,
  ilum2 TINYINT(4) NULL,
  forno1 TINYINT(4) NULL,
  forno2 TINYINT(4) NULL,
  forno3 TINYINT(4) NULL,
  forno4 TINYINT(4) NULL,

```

```
inlets TINYINT(4) NULL,  
cortAr INT NULL,  
PRIMARY KEY (id),  
FOREIGN KEY (idLote) REFERENCES loteFrango (idLote)  
);
```



## **ANEXOS**

**ANEXO A: Tabelas de entalpia de conforto para frangos de corte – 1ª semana**

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (1ª semana) - IEC de 77 a 88,3 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
40	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6	73,7	76,8	80,0	83,4	86,9	90,4
41	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5	74,6	77,8	81,1	84,5	88,0	91,7
42	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4	75,5	78,8	82,1	85,6	89,2	92,9
43	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3	76,5	79,8	83,2	86,7	90,4	94,1
44	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2	77,4	80,8	84,2	87,8	91,5	95,4
45	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1	78,3	81,7	85,3	88,9	92,7	96,6
46	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9	79,3	82,7	86,3	90,0	93,9	97,8
47	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8	80,2	83,7	87,4	91,1	95,0	99,1
48	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7	81,2	84,7	88,4	92,2	96,2	100,3
49	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6	82,1	85,7	89,5	93,3	97,3	101,5
50	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5	83,0	86,7	90,5	94,4	98,5	102,7
51	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4	84,0	87,7	91,5	95,5	99,7	104,0
52	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2	84,9	88,7	92,6	96,6	100,8	105,2
53	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6	82,1	85,8	89,7	93,6	97,7	102,0	106,4
54	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4	83,0	86,8	90,7	94,7	98,9	103,2	107,7
55	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2	83,9	87,7	91,6	95,7	100,0	104,3	108,9
56	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1	84,8	88,6	92,6	96,8	101,1	105,5	110,1
57	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9	85,7	89,6	93,6	97,8	102,2	106,7	111,4
58	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7	86,6	90,5	94,6	98,9	103,3	107,8	112,6
59	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6	87,4	91,4	95,6	99,9	104,4	109,0	113,8
60	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4	88,3	92,4	96,6	100,9	105,5	110,2	115,0
61	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3	89,2	93,3	97,6	102,0	106,6	111,3	116,3
62	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1	90,1	94,3	98,6	103,0	107,7	112,5	117,5
63	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9	91,0	95,2	99,6	104,1	108,8	113,7	118,7
64	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8	91,9	96,1	100,5	105,1	109,9	114,8	120,0
65	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6	92,8	97,1	101,5	106,2	111,0	116,0	121,2
66	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4	93,6	98,0	102,5	107,2	112,1	117,2	122,4
67	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3	94,5	98,9	103,5	108,3	113,2	118,3	123,7
68	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1	95,4	99,9	104,5	109,3	114,3	119,5	124,9
69	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0	96,3	100,8	105,5	110,4	115,4	120,7	126,1
70	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8	97,2	101,7	106,5	111,4	116,5	121,8	127,3
71	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6	98,1	102,7	107,5	112,4	117,6	123,0	128,6
72	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5	99,0	103,6	108,5	113,5	118,7	124,2	129,8
73	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3	99,8	104,6	109,5	114,5	119,8	125,3	131,0
74	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1	100,7	105,5	110,4	115,6	120,9	126,5	132,3
75	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0	101,6	106,4	111,4	116,6	122,0	127,7	133,5
76	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8	102,5	107,4	112,4	117,7	123,1	128,8	134,7
77	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7	103,4	108,3	113,4	118,7	124,2	130,0	135,9
78	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5	104,3	109,2	114,4	119,8	125,3	131,1	137,2
79	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3	105,2	110,2	115,4	120,8	126,5	132,3	138,4
80	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2	106,0	111,1	116,4	121,9	127,6	133,5	139,6
81	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0	106,9	112,0	117,4	122,9	128,7	134,6	140,9
82	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8	107,8	113,0	118,4	123,9	129,8	135,8	142,1
83	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7	108,7	113,9	119,3	125,0	130,9	137,0	143,3
84	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5	109,6	114,9	120,3	126,0	132,0	138,1	144,6
85	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3	110,5	115,8	121,3	127,1	133,1	139,3	145,8

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (2ª semana) - IEC de 66,9 a 77 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
40	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6	73,7	76,8
41	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5	74,6	77,8
42	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4	75,5	78,8
43	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3	76,5	79,8
44	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2	77,4	80,8
45	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1	78,3	81,7
46	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9	79,3	82,7
47	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8	80,2	83,7
48	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7	81,2	84,7
49	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6	82,1	85,7
50	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5	83,0	86,7
51	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4	84,0	87,7
52	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2	84,9	88,7
53	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6	82,1	85,8	89,7
54	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4	83,0	86,8	90,7
55	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2	83,9	87,7	91,6
56	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1	84,8	88,6	92,6
57	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9	85,7	89,6	93,6
58	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7	86,6	90,5	94,6
59	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6	87,4	91,4	95,6
60	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4	88,3	92,4	96,6
61	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3	89,2	93,3	97,6
62	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1	90,1	94,3	98,6
63	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9	91,0	95,2	99,6
64	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8	91,9	96,1	100,5
65	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6	92,8	97,1	101,5
66	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4	93,6	98,0	102,5
67	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3	94,5	98,9	103,5
68	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1	95,4	99,9	104,5
69	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0	96,3	100,8	105,5
70	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8	97,2	101,7	106,5
71	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6	98,1	102,7	107,5
72	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5	99,0	103,6	108,5
73	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3	99,8	104,6	109,5
74	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1	100,7	105,5	110,4
75	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0	101,6	106,4	111,4
76	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8	102,5	107,4	112,4
77	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7	103,4	108,3	113,4
78	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5	104,3	109,2	114,4
79	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3	105,2	110,2	115,4
80	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2	106,0	111,1	116,4
81	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0	106,9	112,0	117,4
82	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8	107,8	113,0	118,4
83	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7	108,7	113,9	119,3
84	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5	109,6	114,9	120,3
85	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3	110,5	115,8	121,3

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (3ª semana) - IEC de 57,7 a 66,9 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
40	40,7	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6	73,7
41	41,1	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5	74,6
42	41,6	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4	75,5
43	42,0	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3	76,5
44	42,4	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2	77,4
45	42,9	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1	78,3
46	43,3	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9	79,3
47	43,8	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8	80,2
48	44,2	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7	81,2
49	44,6	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6	82,1
50	45,1	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5	83,0
51	45,5	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4	84,0
52	45,9	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2	84,9
53	46,4	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6	82,1	85,8
54	46,8	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4	83,0	86,8
55	47,3	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2	83,9	87,7
56	47,7	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1	84,8	88,6
57	48,1	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9	85,7	89,6
58	48,6	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7	86,6	90,5
59	49,0	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6	87,4	91,4
60	49,5	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4	88,3	92,4
61	49,9	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3	89,2	93,3
62	50,3	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1	90,1	94,3
63	50,8	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9	91,0	95,2
64	51,2	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8	91,9	96,1
65	51,6	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6	92,8	97,1
66	52,1	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4	93,6	98,0
67	52,5	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3	94,5	98,9
68	53,0	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1	95,4	99,9
69	53,4	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0	96,3	100,8
70	53,8	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8	97,2	101,7
71	54,3	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6	98,1	102,7
72	54,7	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5	99,0	103,6
73	55,2	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3	99,8	104,6
74	55,6	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1	100,7	105,5
75	56,0	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0	101,6	106,4
76	56,5	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8	102,5	107,4
77	56,9	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7	103,4	108,3
78	57,3	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5	104,3	109,2
79	57,8	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3	105,2	110,2
80	58,2	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2	106,0	111,1
81	58,7	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0	106,9	112,0
82	59,1	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8	107,8	113,0
83	59,5	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7	108,7	113,9
84	60,0	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5	109,6	114,9
85	60,4	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3	110,5	115,8

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTA														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (4ª semana) - IEC de 49,5 a 57,7 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
40	38,6	40,7	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6
41	39,0	41,1	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5
42	39,5	41,6	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4
43	39,9	42,0	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3
44	40,3	42,4	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2
45	40,7	42,9	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1
46	41,1	43,3	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9
47	41,5	43,8	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8
48	41,9	44,2	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7
49	42,3	44,6	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6
50	42,8	45,1	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5
51	43,2	45,5	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4
52	43,6	45,9	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2
53	44,0	46,4	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6	82,1
54	44,4	46,8	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4	83,0
55	44,8	47,3	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2	83,9
56	45,2	47,7	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1	84,8
57	45,6	48,1	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9	85,7
58	46,1	48,6	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7	86,6
59	46,5	49,0	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6	87,4
60	46,9	49,5	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4	88,3
61	47,3	49,9	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3	89,2
62	47,7	50,3	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1	90,1
63	48,1	50,8	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9	91,0
64	48,5	51,2	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8	91,9
65	48,9	51,6	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6	92,8
66	49,4	52,1	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4	93,6
67	49,8	52,5	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3	94,5
68	50,2	53,0	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1	95,4
69	50,6	53,4	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0	96,3
70	51,0	53,8	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8	97,2
71	51,4	54,3	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6	98,1
72	51,8	54,7	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5	99,0
73	52,2	55,2	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3	99,8
74	52,7	55,6	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1	100,7
75	53,1	56,0	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0	101,6
76	53,5	56,5	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8	102,5
77	53,9	56,9	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7	103,4
78	54,3	57,3	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5	104,3
79	54,7	57,8	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3	105,2
80	55,1	58,2	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2	106,0
81	55,5	58,7	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0	106,9
82	56,0	59,1	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8	107,8
83	56,4	59,5	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7	108,7
84	56,8	60,0	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5	109,6
85	57,2	60,4	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3	110,5

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (5ª semana) - IEC de 39,6 a 54,9 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
40	36,6	38,6	40,7	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7
41	37,0	39,0	41,1	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5
42	37,4	39,5	41,6	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4
43	37,8	39,9	42,0	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2
44	38,2	40,3	42,4	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0
45	38,6	40,7	42,9	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9
46	39,0	41,1	43,3	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7
47	39,3	41,5	43,8	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5
48	39,7	41,9	44,2	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4
49	40,1	42,3	44,6	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2
50	40,5	42,8	45,1	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1
51	40,9	43,2	45,5	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9
52	41,3	43,6	45,9	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7
53	41,7	44,0	46,4	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6
54	42,1	44,4	46,8	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4
55	42,5	44,8	47,3	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2
56	42,8	45,2	47,7	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1
57	43,2	45,6	48,1	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9
58	43,6	46,1	48,6	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7
59	44,0	46,5	49,0	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6
60	44,4	46,9	49,5	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4
61	44,8	47,3	49,9	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3
62	45,2	47,7	50,3	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1
63	45,6	48,1	50,8	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9
64	45,9	48,5	51,2	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8
65	46,3	48,9	51,6	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6
66	46,7	49,4	52,1	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4
67	47,1	49,8	52,5	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3
68	47,5	50,2	53,0	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1
69	47,9	50,6	53,4	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0
70	48,3	51,0	53,8	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8
71	48,7	51,4	54,3	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6
72	49,0	51,8	54,7	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5
73	49,4	52,2	55,2	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3
74	49,8	52,7	55,6	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1
75	50,2	53,1	56,0	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0
76	50,6	53,5	56,5	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8
77	51,0	53,9	56,9	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7
78	51,4	54,3	57,3	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5
79	51,8	54,7	57,8	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3
80	52,1	55,1	58,2	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2
81	52,5	55,5	58,7	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0
82	52,9	56,0	59,1	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8
83	53,3	56,4	59,5	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7
84	53,7	56,8	60,0	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5
85	54,1	57,2	60,4	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3

NEAMBE - UFC														
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE GALPÕES DE FRANGOS DE CORTE														
Faixa de Conforto para Frangos de corte (6ª semana) - IEC de 37,4 a 52,1 KJ/Kg ar seco														
Temperatura (°C)														
UR (%)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
40	34,7	36,6	38,6	40,7	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8
41	35,1	37,0	39,0	41,1	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6
42	35,4	37,4	39,5	41,6	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4
43	35,8	37,8	39,9	42,0	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2
44	36,1	38,2	40,3	42,4	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0
45	36,5	38,6	40,7	42,9	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8
46	36,9	39,0	41,1	43,3	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6
47	37,2	39,3	41,5	43,8	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4
48	37,6	39,7	41,9	44,2	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2
49	38,0	40,1	42,3	44,6	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0
50	38,3	40,5	42,8	45,1	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7
51	38,7	40,9	43,2	45,5	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5
52	39,1	41,3	43,6	45,9	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3
53	39,4	41,7	44,0	46,4	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1
54	39,8	42,1	44,4	46,8	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9
55	40,2	42,5	44,8	47,3	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7
56	40,5	42,8	45,2	47,7	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5
57	40,9	43,2	45,6	48,1	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3
58	41,2	43,6	46,1	48,6	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1
59	41,6	44,0	46,5	49,0	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9
60	42,0	44,4	46,9	49,5	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7
61	42,3	44,8	47,3	49,9	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4
62	42,7	45,2	47,7	50,3	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2
63	43,1	45,6	48,1	50,8	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0
64	43,4	45,9	48,5	51,2	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8
65	43,8	46,3	48,9	51,6	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6
66	44,2	46,7	49,4	52,1	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4
67	44,5	47,1	49,8	52,5	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2
68	44,9	47,5	50,2	53,0	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0
69	45,3	47,9	50,6	53,4	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8
70	45,6	48,3	51,0	53,8	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6
71	46,0	48,7	51,4	54,3	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4
72	46,3	49,0	51,8	54,7	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1
73	46,7	49,4	52,2	55,2	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9
74	47,1	49,8	52,7	55,6	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7
75	47,4	50,2	53,1	56,0	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5
76	47,8	50,6	53,5	56,5	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3
77	48,2	51,0	53,9	56,9	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1
78	48,5	51,4	54,3	57,3	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9
79	48,9	51,8	54,7	57,8	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7
80	49,3	52,1	55,1	58,2	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5
81	49,6	52,5	55,5	58,7	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3
82	50,0	52,9	56,0	59,1	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1
83	50,4	53,3	56,4	59,5	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8
84	50,7	53,7	56,8	60,0	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6
85	51,1	54,1	57,2	60,4	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4