

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

HELENA DE CÁSSIA AMÂNCIO BORGES

**CONSTRUÇÕES E AMBIÊNCIA PARA AVES DE CORTE: UMA REVISÃO
NARRATIVA DOS FATORES FÍSICOS E ESTRUTURAIS QUE
INFLUENCIAM O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO**

**BAMBUÍ-MG
2025**

HELENA DE CÁSSIA AMÂNCIO BORGES

**CONSTRUÇÕES E AMBIÊNCIA PARA AVES DE CORTE: UMA REVISÃO
NARRATIVA DOS FATORES FÍSICOS E ESTRUTURAIS QUE
INFLUENCIAM O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Zootecnia do IFMG – *Campus* Bambuí como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Matheus Campos
Mattioli

**BAMBUÍ-MG
2025**

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Bambuí*

B732c Borges, Helena de Cássia Amâncio.

Construções e ambiência para aves de corte: uma revisão narrativa dos fatores físicos e estruturais que influenciam o desempenho zootécnico [manuscrito] / Helena de Cássia Amâncio Borges – 2025.

81 f. : il.

Orientador: Matheus Campos Mattioli.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. Clima na produção animal. 2. Conforto térmico. 3. Ambiência zootécnica. 4. Estruturas agropecuárias. 5. Eficiência produtiva. I. Mattioli, Matheus Campos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. III. Título.

CDD 631.2

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Engenharia e Computação
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Helena De Cássia Amâncio Borges

CONSTRUÇÕES E AMBIÊNCIA PARA AVES DE CORTE: uma revisão narrativa dos fatores físicos e estruturais que influenciam o desempenho zootécnico

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para obtenção do grau de bacharela em Zootecnia.

Aprovado em 28/07/2025 pela banca examinadora:

Bambuí, 29 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Matheus Campos Mattioli, Professor Substituto**, em 29/07/2025, às 08:56, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

TCC - Graduação - Folha de Aprovação 2399043

SEI 23209.003953/2024-74 / pg. 1



Documento assinado eletronicamente por **Silvana Lucia dos Santos Medeiros, Professora**, em 29/07/2025, às 15:08, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Andressa Santanna Natel, Professora Substituta**, em 04/08/2025, às 17:27, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2399043** e o código CRC **21DE686F**.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Calor ganho ou incorporado pela ave	12
FIGURA 1.2 – Processos e mecanismos de perda de calor das aves	16
QUADRO 1.1 – Perda de calor dos frangos de corte à idade de mercado, em função da temperatura ambiente	18
FIGURA 1.3 – Perda de calor de frangos de corte, à idade de mercado, em função da temperatura ambiente	19
FIGURA 1.4 – Variação da produção de calor e temperatura corporal de uma ave adulta em função da temperatura ambiental externa	24
FIGURA 2.1 – Fontes de radiação por um animal sob um abrigo	27
FIGURA 2.2 – Correlação entre ITGU e conversão alimentar dos frangos de corte	29
QUADRO 2.1 – Valores de ITGU, umidade relativa e temperatura para as zonas higrotérmicas A, B, C, na situação de ar calmo ($v \leq 0,1$ m/s)	30
FIGURA 2.3 – Zonas higrotérmicas de conforto para a criação de frangos de corte, na situação de ar calmo ($v \leq 0,1$ m/s)	31
FIGURA 2.4 – Correlação entre temperatura ambiente (°C) e velocidade do ar (m/s), de preferência dos frangos, aos 28 dias de idade	31
QUADRO 2.2 – Valores de ITGU, umidade relativa e temperatura para as zonas higrotérmicas A, B, C, na situação de ar igual a 0,3 m/s	32
FIGURA 2.5 – Zonas higrotérmicas de conforto das aves ampliadas pelo movimento do ar	33
FIGURA 2.6 – Efeito da velocidade do ar na ampliação das zonas de conforto das aves	33
QUADRO 3.1 – Dimensões de um galpão e suas correlações	36
FIGURA 4.1 – Galpão de duas águas com lanternim	37
FIGURA 4.2 – Galpão de duas águas com cumieira arejada	37
FIGURA 4.3 – Esquema da distância mínima entre aviários	38
FIGURA 4.4 – Caminhamento do sol	40
FIGURA 4.5 – Dimensões do lanternim	42
FIGURA 4.6 – Emprego de árvores para sombreamento	43

FIGURA 4.7 – Escalonamento de pressão no sentido horizontal	47
FIGURA 4.8 – Detalhes dos elementos de ventilação natural, do plano neutro e do diagrama de pressão estática	45
FIGURA 4.9 – Ventilação do ático	46
FIGURA 4.10 – Trajetórias do fluxo de ar com aberturas em planos opostos	47
FIGURA 4.11 – Posicionamento do aviário em relação à direção do vento dominante	48
FIGURA 4.12 – Obstáculo à movimentação do ar no aviário	48
FIGURA 4.13 – Dispositivos para desviar a direção do vento	48
FIGURA 4.14 – Desvio do fluxo de ar por meio de quebra-ventos naturais	49
FIGURA 4.15 – Composição de quebra-ventos de árvores. Maiores alturas requerem espécies de vegetação intermediárias para formar um bom quebra-vento	49
FIGURA 4.16 – Fluxo de ar devido a diferentes localizações da entrada e saída de ar	50
FIGURA 4.17 – Deslocamento do fluxo de ar para a parte superior do aviário	50
FIGURA 4.18 – Sistema de ventilação por pressão negativa. O ventilador aspira o ar do interior de aviário criando um vácuo parcial	51
FIGURA 4.19 – Sistema de ventilação mecânica por exaustão	51
FIGURA 4.20 – Sistema de ventilação por pressão positiva. O ventilador insufla ar para dentro do aviário	52
FIGURA 4.21 – Sistema de ventilação positiva, transversal	52
FIGURA 4.22 – Sistema de ventilação positiva, longitudinal (ventilação tipo túnel) ...	53
QUADRO 3.2 – Água como componente do corpo da ave	56
QUADRO 3.3 – A água fornecida à ave deve obedecer ao seguinte “padrão”	57
FIGURA 4.23 – Caixa d’água com dupla saída	57
QUADRO 3.4 – Consumo médio de água para 1.000 frango	58
FIGURA 4.24 – Fossa	58
FIGURA 5.1 – Círculo de proteção	61
FIGURA 5.2 – Fusão de dois círculos em um	61
FIGURA 5.3 – Uso de cortina interna, externa, transversal e fusão círculos	62
FIGURA 5.4 – Campânula dentro do círculo de proteção	62
QUADRO 4.1 – Relação idade e temperatura ideal	63
FIGURA 5.5 – Distribuição uniforme e piar suave	63
FIGURA 5.6 – Piar agudo e aglomeração debaixo da campânula	63

FIGURA 5.7 – Afastam-se da campânula e mostram-se sonolentos	63
FIGURA 5.8 – Piar agudo e aglomeração em forma de cunha	63
FIGURA 5.9 – Disposição da campânula dentro do círculo	64
FIGURA 5.10 – Detalhe da cortina e sua movimentação	65
FIGURA 5.11 – Bebedouro cônico (Capacidade 4 litros)	66
FIGURA 5.12 – Bebedouro pendular	67
FIGURA 5.13 – Bebedouro nipple	67
FIGURA 5.14 – Regulagem da altura do bebedouro	67
FIGURA 5.15 – Comedouro cônico	68
FIGURA 5.16 – Comedouro bandeja	68
FIGURA 5.17 – Comedouro tubular	68
FIGURA 5.18 – Comedouro automático	69
FIGURA 5.19 – Relação entre altura do frango e do comedouro	69
QUADRO 4.2 – Porcentagem de desperdício de ração em comedouros	70
FIGURA 5.20 – Distribuição de lâmpadas galpão 2,80m pé direito	71
FIGURA 5.21 – Distribuição de lâmpadas galpão 3,00m pé direito	71
FIGURA 5.22 – Distribuição de lâmpadas galpão 3,20m pé direito	71
QUADRO 4.3 – Nº médio de lumens por lâmpada segundo o tipo	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Efeito da umidade relativa e temperatura ambiente na perda de calor latente da ave adulta	20
TABELA 2 – Preferência dos frangos aos 28 dias de idade quanto a temperatura e velocidade do ar	22
TABELA 3 – Determinação do pé direito em função da largura adotada para o aviário.....	39
TABELA 4 – Necessidades de ar em função da temperatura e da idade das aves (litros/ave/minutos)	43
TABELA 5 – Necessidades de ventilação, em m ³ /hora/quilo de carne	44

BORGES, H. de C. A. Título, 2025. (Graduação em Zootecnia). Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Bambuí*, MG.

RESUMO Este trabalho tem como objetivo reunir e analisar informações publicadas sobre os principais fatores relacionados às construções e ao ambiente onde vivem as aves de corte, com foco especial em como esses elementos afetam sua saúde, conforto e produtividade. Através de uma revisão bibliográfica, foram consultadas obras técnicas, artigos científicos e documentos acadêmicos disponíveis em diferentes bases de dados, utilizando os descritores relacionados ao ambiente térmico, conforto animal e instalações avícolas, buscando compreender quais aspectos das instalações e do clima interferem diretamente no desempenho das aves. Dentre os temas abordados, destacam-se o efeito da temperatura, da umidade, da ventilação e da luz no comportamento e no crescimento dos animais. Também são discutidos elementos estruturais dos galpões, como a orientação das construções, o tipo de cobertura e o uso de materiais que ajudam a proteger as aves contra o excesso de calor ou frio. A partir das fontes consultadas, observou-se que ajustes simples na construção e no manejo do ambiente podem reduzir o estresse térmico e melhorar o aproveitamento da alimentação, refletindo diretamente nos resultados da produção. Foi possível considerar que o trabalho contribui para a melhoria das condições de criação, mostrando como um ambiente bem planejado e adaptado pode favorecer o bem-estar animal e gerar benefícios econômicos para os produtores.

Palavras-chave: Clima na produção animal; Conforto térmico; Ambiência zootécnica; Estruturas agropecuárias; Eficiência produtiva.

ABSTRACT

This study aims to gather and analyze published information on the main factors related to the construction and environment in which broiler chickens are raised, with a special focus on how these elements affect their health, comfort, and productivity. Through a literature review, technical books, scientific articles, and academic documents available in different databases were consulted, using descriptors related to the thermal environment, animal comfort, and poultry housing systems, seeking to understand which aspects of the facilities and climate directly influence bird performance. The topics addressed include the effects of temperature, humidity, ventilation, and lighting on the animals' behavior and growth. Structural elements of the housing, such as building orientation, roof type, and construction materials that help protect the birds from excessive heat or cold, are also discussed. Based on the consulted sources, it was observed that simple adjustments in building design and environmental management can reduce thermal stress and improve feed efficiency, directly impacting production outcomes. It is concluded that the study contributes to the improvement of production conditions by showing how a well-planned and adapted environment can promote animal welfare and generate economic benefits for producers.

Keywords: Animal production climate; Thermal comfort; Livestock environment; Agricultural structures; Productive efficiency.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAIS E MÉTODOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Bases fisiológicas das aves	11
3.1.1 <i>Ganhos e perdas de calor corporal</i>	11
3.1.1.1 Ganhos	11
3.1.1.2 Perdas de calor	12
3.1.1.2.1 Formas de dissipação de calor pelas aves	13
3.1.1.2.1.1 Radiação	13
3.1.1.2.1.2 Condução	14
3.1.1.2.1.3 Convecção	15
3.1.1.2.1.4 Evaporação	15
3.1.2 <i>Equilíbrio térmico das aves</i>	17
3.2 Efeito da temperatura ambiental	17
3.3 Efeito da umidade relativa	20
3.4 Efeito da ventilação	21
3.5 Efeito da radiação	22
3.6 Efeito combinado dos parâmetros ambientais	23
4 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS PARA UMA MELHOR CONVERSÃO ALIMENTAR DOS FRANGOS DE CORTE	25
4.1 Generalidades	25
4.2 Definição de índices higrotérmicos	25
4.2.1 <i>O Índice de Temperatura e Umidade – ITU</i>	25
4.2.2 <i>O Índice de Temperatura do Globo e Umidade – ITGU</i>	27
4.3 Correlação entre ITGU e conversão alimentar	28
4.4 Inclusão do movimento do ar na ampliação das zonas higrotérmicas	31
5 TIPIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES CLIMÁTICAS NO BRASIL	34
5.1 Generalidades	34
5.2 Parâmetros climáticos adotados	34
5.3 Situações climáticas tipificadas	35
6 INSTALAÇÕES	35
6.1 Galpão	36
6.1.1 <i>Localização das edificações</i>	39
6.1.2 <i>Largura do aviário, pé direito, comprimento e piso</i>	39
6.1.3 <i>Orientação</i>	40
6.1.4 <i>Fechamentos</i>	40
6.1.5 <i>Cobertura</i>	41
6.1.6 <i>Lanternim</i>	41

6.2 Circunvizinhança	42
6.3 Sombreiro	42
6.4 Ventilação	43
6.4.1 <i>Ventilação natural ou espontânea</i>	44
6.4.1.1 Ventilação dinâmica	44
6.4.1.2 Ventilação térmica	45
6.4.1.3 Quebra-ventos	47
6.4.1.4 Ventilação de verão e inverno	47
6.4.2 <i>Ventilação artificial, mecânica ou forçada</i>	50
6.4.2.1 Sistema de pressão negativa ou exaustão	51
6.4.2.2 Sistema de pressão positiva ou pressurização	52
6.5 Aquecimento	53
6.5.1 <i>Aquecedores a lenha</i>	54
6.5.2 <i>Aquecedores elétricos</i>	54
6.5.3 <i>Aquecedores a gás</i>	54
6.5.4 Sistemas alternativos	54
6.6 Fábrica de ração	55
6.7 Armazenamento	55
6.8 Escritório	56
6.9 Captação, armazenamento e distribuição de água	56
6.10 Destino das aves mortas	58
6.11 Cercas	59
7 EQUIPAMENTOS E MANEJO	59
7.1 Manejo de instalações e equipamentos	59
7.2 Manejo da cama	60
7.3 Círculo de proteção	60
7.3.1 <i>Manejo do círculo de proteção</i>	60
7.4 Campânula	62
7.4.1 <i>Manejo da campânula</i>	64
7.4.2 <i>Termômetro</i>	64
7.5 Cortinas	65
7.6 Bebedouro	66
7.6.1 <i>Manejo dos bebedouros</i>	67
7.7 Comedouro	60
7.7.1 <i>Manejo dos comedouros</i>	69
7.7.2 <i>Manejo de arraçamento</i>	69
7.8 Iluminação	70
8 DISCUSSÃO	73
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

REFERÊNCIAS.....76

ANEXO – Determinação das áreas dos lanternins para ventilação natural 81

1. INTRODUÇÃO

A criação de frangos de corte é uma atividade bastante comum em muitas regiões do Brasil, sendo uma das principais fontes de renda para pequenos e grandes produtores. Para que os animais cresçam de forma saudável e produzam bem, é de extrema importância que o ambiente onde eles vivem esteja adequado. Fatores como o calor, a ventilação e o tipo de construção onde as aves são criadas podem impactar profundamente no resultado final da produção.

Este trabalho foi realizado em função de diversos criadores ainda enfrentam dificuldades por falta de informações simples sobre como melhorar as condições dos galpões e oferecer mais conforto para os frangos. Com pequenas mudanças na forma como o local é construído ou cuidado, é possível melhorar o bem-estar dos animais, evitar doenças e até economizar nos custos da produção.

Este trabalho está focado apenas na criação de frangos de corte em galpões comuns, usados em propriedades rurais, principalmente em regiões quentes ou úmidas, como acontece em boa parte do Brasil. O objetivo deste estudo é reunir e organizar informações de livros e artigos que falam sobre como o ambiente e as construções influenciam a criação de frangos. A ideia é mostrar o que pode ser feito para melhorar o espaço onde as aves vivem, garantindo mais saúde, menos estresse e melhor aproveitamento da alimentação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho é uma revisão narrativa que visa reunir e analisar criticamente informações técnicas sobre os aspectos construtivos e ambientais que influenciam o bem-estar e o desempenho produtivo de frangos de corte. A pesquisa bibliográfica foi feita em bases como Google Acadêmico, SciELO, Science Direct e CAPES Periódicos, priorizando publicações entre 2000 e 2024 nas áreas de Zootecnia, Engenharia Agrícola e Construções Rurais. Os termos de busca incluíram “ambiência avícola”, “instalações para frangos de corte”, “conforto térmico em aves”, “ventilação natural (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010)”, “galpões avícolas” e “termorregulação em aves”. Foram selecionadas fontes como livros técnicos, artigos científicos, relatórios e teses, com ênfase em conteúdos relevantes e atualizados.

Parte do conteúdo foi adaptada de textos já produzidos pelo autor e validada com as referências utilizadas. A organização seguiu os principais tópicos encontrados na literatura, como fisiologia térmica, parâmetros ambientais, índices de conforto e recomendações para o projeto de galpões (EMBRAPA, 2020).

3. REFENCIAL TEÓRICO

3.1. Bases fisiológicas das aves

As aves são animais homeotérmicos, ou seja, mantêm sua temperatura corporal constante dentro de limites estreitos. Em ambientes frios, perdem calor para o meio, e caso não consigam compensar essa perda com ajustes fisiológicos, sua temperatura corporal diminui. Para evitar isso, elas utilizam mecanismos para conservar calor. Já em ambientes quentes, precisam liberar o excesso de calor para manter o equilíbrio térmico e garantir o bom funcionamento dos órgãos vitais (TINOCO, 2001).

3.1.1 Ganhos e perdas de calor corporal

3.1.1.1 Ganhos

As aves geram calor corporal a partir de diversas fontes fisiológicas e ambientais. A produção de calor inicia com o metabolismo basal, que representa a energia gerada quando a ave está em repouso, num microclima confortável e sem estresse térmico (FRISTOE, BURGER e BALK, 2015). Em seguida, qualquer aumento na atividade muscular eleva a taxa metabólica e, conseqüentemente, a produção de calor corporal (TANAFE, WONDMENEH e DESSIE, 2023).

Outro fator relevante é a ingestão de alimentos, que desencadeia processos digestivos e absorptivos intensos. Essa digestão libera calor como subproduto da degradação energética dos nutrientes (QAID e AL-GARADI, 2021). Além disso, os processos anabólicos, como o armazenamento de energia e a formação de ovos, também envolvem reações bioquímicas que liberam calor (NOBLET, VAN MILGEN e DUBOIS, 2020).

O ambiente térmico externo, especialmente a radiação solar, interfere diretamente na temperatura corporal das aves, aumentando ainda mais a carga térmica total (LARA e ROSTAGNO, 2013). Assim, a ave precisa constantemente equilibrar a produção e a perda de calor para manter sua homeotermia (TANAFE *et al.*, 2023). Na Figura 1.1 é apresentada os ganhos de peso de aves de corte em diferentes temperaturas.

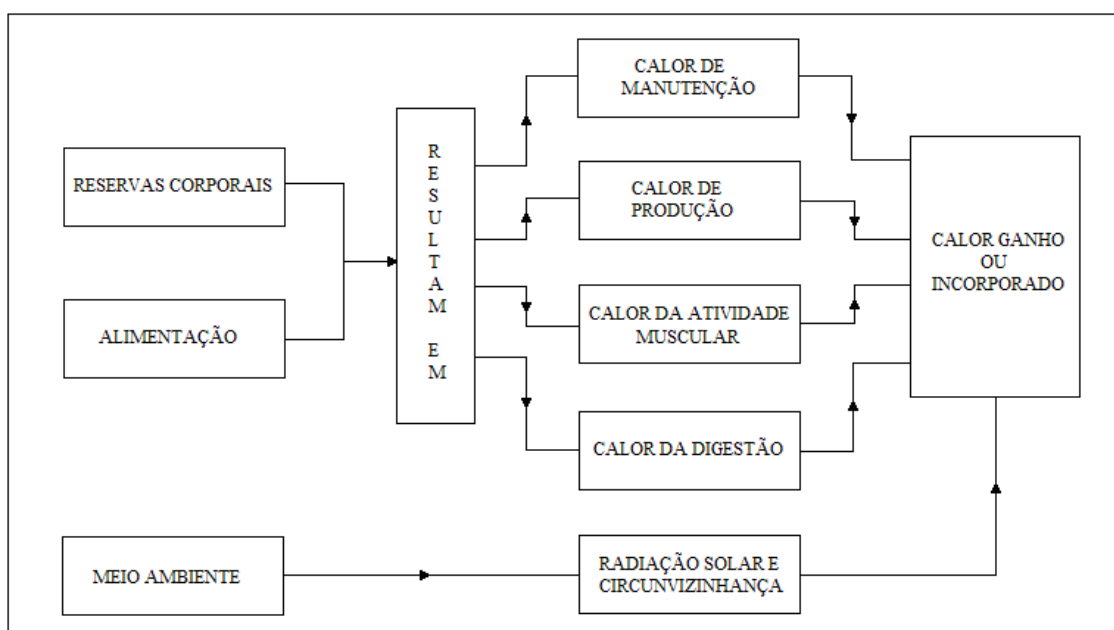


FIGURA 1.1 - Calor ganho ou incorporado pela ave

Fonte: Adaptado de BAÊTA; SOUZA, 2010, p. 25.

3.1.1.2. Perdas de calor

Para se proteger das variações de temperatura, as aves modificam seu comportamento e utilizam mecanismos fisiológicos. Em calor, galinhas reduzem a atividade, mantêm as asas afastadas para dissipar calor e aumentam o consumo de água, que é essencial para a resistência ao calor (LARA e ROSTAGNO, 2013; TANAFE, WONDMEH e DESSIE, 2023). Como não possuem glândulas sudoríparas e as áreas descobertas de penas representam apenas cerca de 10% da superfície corporal, a dissipação de calor é limitada (LOURENÇO *et al.*, 2020). Molhar a crista e penas e buscar áreas frescas são estratégias comuns para o resfriamento (QAID e AL-GARADI, 2021).

O principal mecanismo fisiológico para controlar o calor corporal é o aumento da frequência respiratória, promovendo a perda de calor por evaporação (TANAFE *et al.*, 2023).

Em ambiente frio, as aves reduzem a área corporal exposta, arrepiam as penas para aumentar o isolamento térmico e podem introduzir a cabeça sob a asa para conservar calor (FRISTOE, BURGER e BALK, 2015; LOURENÇO *et al.*, 2020). O agrupamento entre aves também ajuda a conservar calor (LARA e ROSTAGNO, 2013). Além disso, sentar sobre as pernas diminui as perdas de calor, já que ficar de pé aumenta a perda em 40 a 50% (FRISTOE *et al.*, 2015).

3.1.1.1.1 Formas de dissipação de calor pelas aves

3.1.1.1.1.1 Radiação

As aves perdem calor por radiação térmica sempre que sua temperatura superficial é superior à das superfícies ao seu redor. Esse mecanismo é baseado na emissão de ondas eletromagnéticas resultantes do calor interno do corpo. Para que essa troca de energia ocorra, o meio entre os corpos deve ser transparente à radiação, o que é favorecido pela transparência do ar a vários comprimentos de onda (COLLIER e GEBREMEDHIN, 2014).

Durante essa troca, os corpos emitem e recebem calor simultaneamente. A quantidade de energia radiante emitida por um corpo depende de sua estrutura molecular, da composição do material e de sua temperatura absoluta (TICKLE e CODD, 2019).

No caso das aves, a perda de calor por radiação está diretamente relacionada à área superficial do corpo, à emissividade da pele e penas, bem como à temperatura absoluta da ave e do meio ao redor (STURKIE, 2000).

A emissividade é um parâmetro físico que determina a capacidade de uma superfície de emitir calor radiante. Para calcular essa perda térmica, utiliza-se a equação de Stefan-Boltzmann adaptada à fisiologia animal (Equação 1):

$$Q_r = A \cdot \sigma \cdot (e_b \cdot T_b^4 - e_s \cdot T_s^4) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

Q_r = perda de calor por radiação (W),

A = área radiante efetiva da ave (m^2),

σ = constante de Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$),

e_b = emissividade da superfície da ave,

T_b = temperatura absoluta média da superfície radiante da ave (K),

e_s = emissividade do meio circundante,

T_s = temperatura absoluta média do meio circundante (K).

3.1.1.2.1.2. Condução

A condução é o processo de transferência de calor entre zonas de um mesmo corpo ou entre corpos em contato íntimo, devido ao movimento vibratório das moléculas. As moléculas com maior temperatura transferem energia cinética para as de menor temperatura por meio de choques, causando a transmissão de calor sem deslocamento material (STURKIE, 2000).

Nas aves, a perda de calor por condução ocorre pela transferência direta da superfície corporal para o ar ou objetos sólidos em contato. Entretanto, devido à baixa condutividade térmica do ar, essa perda é praticamente desprezível quando ocorre entre a pele da ave e o ambiente (COLLIER e GEBREMEDHIN, 2014).

Além disso, a condutividade térmica da pele coberta por penas também é baixa, fazendo com que a condução responda por uma parcela pequena da transferência de calor dos tecidos até a superfície corporal da ave. A condução só se torna significativa quando a ave está em contato direto e prolongado com uma superfície sólida, como ao “sentar-se” (TICKLE e CODD, 2019).

A perda de calor por condução pode ser expressa pela equação 2:

$$Q_{cd} = A \cdot C (T_b - T_s) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q_{cd} = perda de calor por condução (W),

A = área superficial através da qual se dá a passagem de calor (m^2),

C = condutância das penas ($W/m^2 K$),

T_b = temperatura superficial do corpo da ave (K),

T_s = temperatura média da superfície em contato (K).

3.1.1.2.1.3. Convecção

A transmissão de calor por convecção ocorre quando há contato molecular entre um corpo sólido e um fluido, como o ar, iniciando-se pela condução no ponto de contato (STURKIE, 2000). Existem duas formas principais: convecção natural e convecção forçada.

Na convecção natural, o ar em contato com o corpo da ave aquece, dilata e perde densidade, subindo e sendo substituído por ar mais frio, promovendo a troca de calor (COLLIER e GEBREMEDHIN, 2014).

Na convecção forçada, o ar tem movimento próprio, como em ventiladores ou vento, e a taxa de perda de calor depende da velocidade do ar, da diferença de temperatura entre a ave e o ar, e da área superficial exposta (TICKLE e CODD, 2019). Essa perda pode ser calculada pela equação 3:

$$Q_c = A \cdot K_c \cdot (v)^{1/2} (T_b - T_a) \quad \text{Equação 3}$$

onde:

Q_c = perda de calor por convecção (W),

A = área superficial em contato com o ar (m^2),

K_c = coeficiente de transferência de calor por convecção ($W/m^2 \cdot (m/s)^{1/2}$),

v = velocidade do vento (m/s),

T_b = temperatura superficial média absoluta da ave (K),

T_a = temperatura absoluta do ar (K).

3.1.1.2.1.4. Evaporação

As aves não possuem glândulas sudoríparas, por isso a perda de calor pela evaporação da umidade da pele é pequena e não é um mecanismo importante para regular a temperatura corporal. O principal mecanismo de arrefecimento evaporativo ocorre pela respiração ofegante, que elimina vapor de água pelas membranas das vias respiratórias (COLLIER & GEBREMEDHIN, 2014).

A quantidade de calor perdida depende da diferença de umidade entre o ar na superfície corporal e o ambiente, além da velocidade do ar que passa sobre essa superfície (STURKIE, 2000).

A perda de calor por evaporação é calculada pela equação 4:

$$Q_e = V_p \cdot (Q_{sat} T_b - Q_a) \times 0,682 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Q_e = perda de calor por evaporação (W),

V_p = taxa de ventilação pulmonar (m^3/h),

$Q_{sat} T_b$ = quantidade de umidade no ar saturado à temperatura corporal da ave (g/m^3),

Q_a = quantidade de umidade no ar ambiente (g/m^3),

0,682 = calor latente de vaporização da água (em Wh/g).

Assim, o calor corporal das aves é dissipado por processos sensíveis (radiação, condução, convecção) que alteram a temperatura do ambiente, e por evaporação, que não altera a temperatura do ar.

A Figura 1.2 apresenta, de forma esquemática, a perda de calor pelas aves.

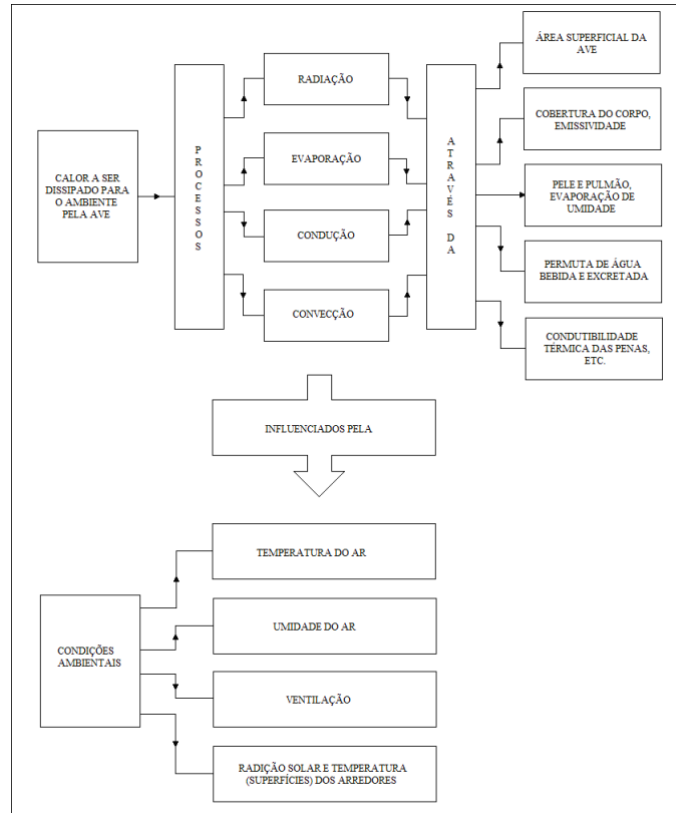


FIGURA 1.2 - Processos e mecanismos de perda de calor das aves

Fonte: Adaptado de BAÊTA; SOUZA, 2010, p. 31.

3.1.2. Equilíbrio térmico das aves

Para manter a homeotermia, ou seja, a temperatura interna constante, a quantidade de calor produzida pela ave deve ser igual à quantidade de calor dissipada para o ambiente, garantindo o equilíbrio térmico (YAHAV, 2009).

Sturkie (2000) representa esse equilíbrio pela equação 5:

$$M \pm S = Q_e \pm Q_r \pm Q_c \pm Q_{cd} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

M = quantidade de calor produzida,

S = calor armazenado no corpo,

Q_e = quantidade de evaporação de umidade, sendo sempre perda de calor e, portanto, sempre positiva,

Q_r = perda de calor por radiação,

- Positivo: a temperatura superficial da ave é maior que a temperatura do meio circundante. O corpo da ave perde calor,

- Negativo: o inverso do caso anterior. A ave ganha calor como resultado da radiação,

Q_c = perda de calor por convecção,

- Positivo: a temperatura superficial da ave é maior que a temperatura do meio,

- Negativo: ocorre o contrário do caso anterior,

Q_{cd} = perda de calor por condução,

- Positivo ou negativo, dependendo da temperatura do ar e dos objetos em contato com a ave, em relação à temperatura superficial da ave.

3.2. Efeito da temperatura ambiental

A temperatura ambiental, especialmente a do ar, é a variável mais importante para a regulação térmica em aves (FERREIRA, 2006). Em ambientes frios, a perda de calor ocorre principalmente por condução, convecção e radiação (calor sensível). Já em

ambientes quentes, a evaporação se torna o principal meio de dissipação térmica (NÄÄS, 2009).

Estudos demonstram que a temperatura ambiente influencia diretamente o desempenho das aves. Galinhas criadas a 29,4 °C desenvolveram cristas maiores, auxiliando na perda de calor (STURKIE, 2000). Frangos criados acima de 26,7 °C tiveram menor ganho de peso (DEATON *et al.*; HUSTON *et al.*, 1995). A faixa ideal de temperatura para desempenho está entre 15,5 °C e 26,5 °C (MILLIGAN & WINN).

A temperatura corporal varia com o ambiente. A letal máxima para adultos é em torno de 47 °C (STURKIE, 2000; SMITH e OLIVER, 1976). Em temperaturas ambientes próximas da corporal (~40 °C), a ave depende quase exclusivamente da perda evaporativa (YAHAV, 2009).

STROM propôs a unidade “vpe” para medir a perda de calor em frangos e comprovou que a elevação da temperatura reduz a eficiência de crescimento, conversão alimentar e bem-estar.

A Quadro 1.1 apresenta o resumo da perda de calor dos frangos de corte à idade de mercado, em função da temperatura ambiente, proposta por (STROM, 1990).

Quadro 1.1 - Perda de calor dos frangos de corte à idade de mercado, em função da temperatura ambiente.

Temperatura ambiente °C	Perda de calor *				
	Sensível		Latente		TOTAL
	W/kg	%	W/kg	%	W/kg
10	6,67	77	2,00	23	8,67
15	6,08	73	2,29	27	8,37
20	5,42	65	2,92	35	8,34
25	4,33	52	3,96	48	8,29
30	2,63	33	5,38	67	8,00
35	0,29	04	6,92	96	7,21

Fonte: Furlan (2006).

Os valores da QUADRO 1.1 estão representados na Figura 1.3.

Figura 1.3 – Perda de calor de frangos de corte, à idade de mercado, em função da temperatura ambiente.

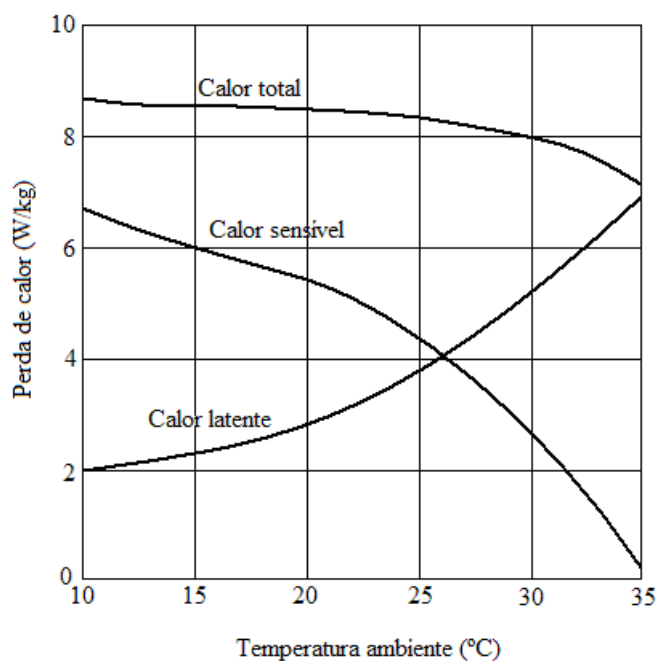


FIGURA 1.3 - Perda de calor de frangos de corte, à idade de mercado, em função da temperatura ambiente.

Fonte: Adaptado de BAÊTA; SOUZA, 2010, p. 32.

Os dados do Quadro 1.1 e da Figura 1.3 demonstram que, à medida que a temperatura ambiente aumenta, ocorre uma transição gradual do predomínio da perda de calor sensível (radiação, condução e convecção) para a perda de calor latente (evaporação). Essa transição geralmente se inicia por volta dos 27 °C, temperatura na qual as aves começam a ofegar, elevando sua frequência respiratória como resposta ao estresse térmico (NÄÄS, 2009).

À medida que a temperatura ambiente aumenta, as aves passam a perder menos calor por meios sensíveis (radiação, condução e convecção) e mais por evaporação. Essa transição ocorre por volta dos 27 °C, quando as aves começam a ofegar para dissipar o calor (NÄÄS, 2009).

Em ambientes frios, cerca de 77% do calor é perdido por meios sensíveis. Já em climas quentes e úmidos, a evaporação se torna o principal mecanismo de resfriamento, embora sua eficiência seja limitada pela umidade do ar (COSTA e HUNTON, 1995).

A ventilação é fundamental nesses casos, pois ajuda a remover o vapor de água da superfície respiratória e melhora a troca de calor com o ambiente (NÄÄS, 2009).

3.3. Efeito da umidade relativa

A umidade relativa do ar é a segunda variável mais importante do ambiente térmico, sendo especialmente crítica em regiões tropicais quentes e úmidas (FERREIRA, 2006). Ela interfere diretamente na eficiência da perda de calor latente pelas aves, principalmente em altas temperaturas, onde o resfriamento ocorre quase que exclusivamente por evaporação (NÄÄS, 2009).

Estudos mostram que, em temperaturas próximas a 41 °C, o aumento da umidade relativa dificulta a dissipação de calor, reduzindo o desempenho zootécnico. Em um experimento, frangos criados a 26,7 °C com 76% de umidade relativa tiveram 20% mais ganho de peso do que aqueles expostos a 35 °C e 38% de umidade (REECE; DEATON; KUBENA, 1980).

Segundo MILLIGAN e WINN (2000), a alta umidade é prejudicial ao desempenho das aves em temperaturas acima de 24 °C. Já abaixo de 26 °C, seu impacto é menos evidente.

COSTA e HUNTON (1995) reforçam que, com o ar seco, a ave consegue eliminar calor eficientemente por evaporação. Porém, em ambientes úmidos e quentes, o ofego torna-se insuficiente para compensar a sobrecarga térmica, limitando a capacidade de termorregulação da ave.

A Tabela 1 mostra os efeitos da umidade e da temperatura sobre a perda de calor latente nas aves.

TABELA 1 - Efeito da umidade relativa e temperatura ambiente na perda de calor latente da ave adulta

Condições climáticas	Temperatura °C	Umidade relativa %	Perda de calor latente como % do total
Normal seco	20	40	25
Normal úmido	20	87	25
Temperado seco	24	40	50
Temperado úmido	24	84	22
Quente seco	34	40	80
Quente úmido	34	90	39

Fonte: Furlan (2006).

A combinação de altas temperaturas e alta umidade relativa dificulta a perda de calor pelas aves, aumentando o risco de estresse térmico, redução no consumo de ração, ganho de peso e até mortalidade (NÄÄS, 2009).

Em ambientes quentes, a evaporação é o principal meio de dissipar calor. Porém, quando o ar está úmido, essa via torna-se ineficiente, forçando a ave a reduzir sua atividade (NÄÄS, 2009).

A umidade ideal para frangos está entre 50% e 80%, mas variações extremas afetam tanto o conforto térmico quanto a sanidade, favorecendo doenças quando alta e ressecamento das vias respiratórias quando baixa (FERREIRA, 2006).

3.4. Efeito da ventilação

Embora os efeitos do movimento do ar sobre o conforto térmico das aves ainda não tenham sido completamente definidos, estudos indicam que ele é eficaz na dissipação de calor, tanto evaporativo quanto não evaporativo, especialmente em regiões como a cabeça (NÄÄS, 2009).

Durante períodos de alta temperatura diurna, o aumento da ventilação próxima às aves melhora o crescimento, sem alterar significativamente a conversão alimentar (NÄÄS, 2009). Em contrapartida, ventos frios prejudicam o desempenho dos frangos, pois promovem perda excessiva de calor, redirecionando a energia que seria usada para o crescimento para manutenção da temperatura corporal (STURKIE, 2000).

Experimentos conduzidos por WILSON et al. (1992), citados por ZIRLIS et al. (1995), revelaram que:

I) Ventos frios de 1,5 m/s ou mais reduzem o ganho de peso; II) Aves da linhagem Leghorn são mais sensíveis ao vento do que as New Hampshire; III) A mortalidade foi maior em aves expostas a ventos de até 2,5 m/s; IV) Após as duas primeiras semanas de vida, correntes de ar normais não causam efeitos negativos evidentes.

Em experimentos com frangos de 28 dias, foi observado que as aves preferem áreas com fluxo de ar adequado, conforme dados da Tabela 2.

TABELA 2 - Preferência dos frangos aos 28 dias de idade quanto a temperatura e velocidade do ar

Temperatura °C	Velocidade do ar m/s
15	0,28
21	0,51
24	0,75

Fonte: OLIVEIRA, R. A.; FURLAN, R. L.; MACARI, M. (2000).

A velocidade do ar até 1,0 m/s não causa danos às aves, mas se aumentar para 2,5 m/s, a temperatura ambiente pode subir de 24°C para 35°C, resultando em estresse térmico. Em temperaturas moderadas (cerca de 20°C), a perda de calor por radiação é a principal via de dissipação de calor sensível, dependendo da diferença entre a temperatura das penas da ave e do ambiente (SCALES *et al.*, 2015).

Nesses casos, o movimento e a velocidade do ar têm pouca influência direta, embora possam aumentar a perda de calor em temperaturas baixas. Em ambientes quentes e secos, a dissipação do calor ocorre principalmente por evaporação, com o movimento do ar sendo importante para remover a umidade das vias respiratórias e manter o ambiente seco. Já em áreas quentes e úmidas, o movimento e a velocidade do ar são cruciais, pois a convecção torna-se quase a única forma eficaz de dissipar o calor corporal das aves (NÄÄS, 2009; STURKIE, 2000).

3.5. Efeito da radiação

Poucos dados mostram o impacto da carga de energia radiante no desempenho de frangos na idade de abate, especialmente em condições de alta temperatura e umidade. Aves criadas em galpões com laterais abertas, tetos sem isolamento e ventilação estão expostas principalmente ao calor radiante da cobertura, além dos efeitos do piso e paredes.

Estudos de Griffin e Vardaman (1995), indicam que galpões sem isolamento apresentam maior mortalidade, mesmo com pequena diferença de temperatura no piso.

Os efeitos do calor radiante adicional demonstraram que, sob diferentes ciclos de temperatura e umidade, frangos sofreram redução no ganho de peso e na conversão alimentar, e aumento da mortalidade, especialmente em ambientes com maior umidade relativa.

Harwood e Reece (1992), confirmam que coberturas isoladas reduzem a mortalidade na fase final de crescimento, corroborando estudos de Sturkie e Vardaman (2000), que mostram influência significativa da radiação térmica sobre a mortalidade dos frangos.

Além disso, Sturkie (2000), ressalta que o tempo de sobrevivência das aves está relacionado à quantidade de calor por radiação recebida. Entretanto, alguns estudos indicam que a radiação térmica adicional não afeta significativamente o ganho de peso ou conversão alimentar em ciclos de temperatura entre 24°C e 35°C para frangos entre a 4ª e 8ª semana de idade. Essa influência complexa da radiação será melhor discutida posteriormente (GRIFFIN; VARDAMAN, 1995; STURKIE, 2000).

3.6. Efeito combinado dos parâmetros ambientais

A temperatura, umidade, ventilação e radiação atuam de forma integrada no ambiente e influenciam diretamente o desempenho das aves. Nenhum desses fatores deve ser analisado isoladamente. Esmay (1989), propôs o conceito de temperatura ambiental efetiva externa, que considera variáveis como temperatura do ar, umidade, ventilação e radiação. Com base nesse conceito, foi definida a zona de termoneutralidade, no qual a ave mantém sua temperatura corporal com mínimo esforço fisiológico (YAHAV, 2009).

Essa zona representa o conforto térmico ideal, com equilíbrio entre produção e perda de calor.

A relação entre a temperatura ambiental efetiva externa e a resposta fisiológica das aves é ilustrada na Figura 1.4, que mostra a variação da produção de calor e da temperatura corporal de uma ave adulta em função da temperatura ambiente. Observa-se que, dentro da zona de termoneutralidade, o animal consegue manter a homeotermia sem grande esforço metabólico, diferentemente dos extremos de frio (hipotermia) ou calor (hipertermia), em que ocorre maior gasto energético para manutenção da temperatura corporal.

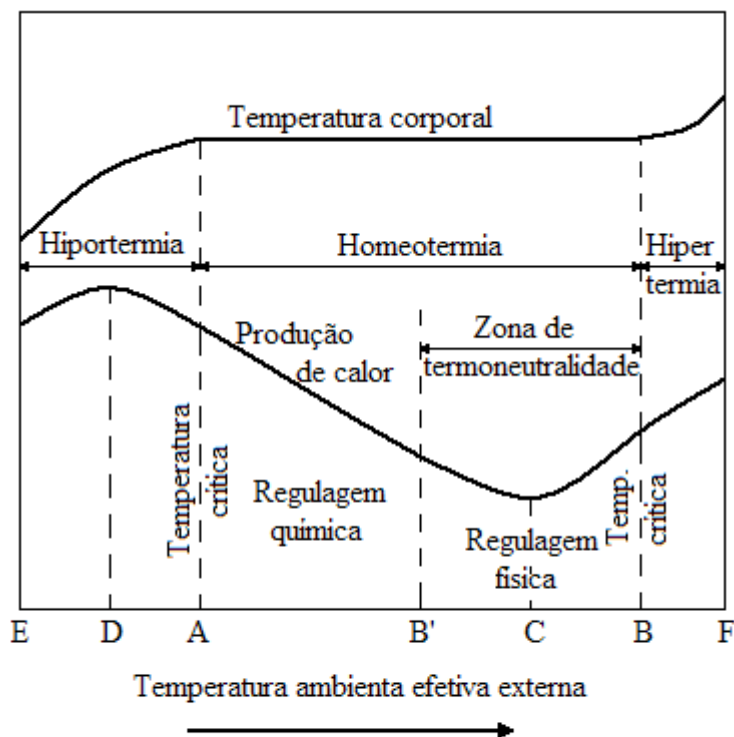


FIGURA 1.4 - Variação da produção de calor e temperatura corporal de uma ave adulta em função da temperatura ambiental externa.

Fonte: Tinôco, I.F.F., 2001, p. 26.

O limite inferior da zona de termoneutralidade para aves adultas está entre 16,5 °C e 20 °C, enquanto o limite superior varia na literatura entre 26 °C e 34 °C. Abaixo dessa faixa, a ave aumenta a produção de calor para manter a homeotermia, o que leva ao maior consumo de alimento e atividade metabólica (YAHAV, 2009). Segundo Tinôco (2001), esse aumento na produção de calor ocorre por meio da termogênese metabólica, um mecanismo de adaptação que eleva o gasto energético para compensar a perda de calor ao ambiente.

Quando a temperatura ambiente continua a cair além do ponto crítico inferior, a ave não consegue mais compensar as perdas de calor. Nesse estágio, a temperatura corporal começa a diminuir, levando à hipotermia e, eventualmente, à morte se a temperatura externa atingir o ponto letal (YAHAV, 2009).

Esse processo reflete a atuação do controle químico da temperatura corporal, característico de situações fora da zona de conforto térmico (MEDEIROS *et al.*, 2005).

4. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS PARA UMA MELHOR CONVERSÃO ALIMENTAR DOS FRANGOS DE CORTE

4.1. Generalidades

O ambiente do animal compreende todas as condições externas que afetam seu desempenho e bem-estar. Entre esses fatores, o ambiente térmico tem papel central, pois influencia diretamente o crescimento, desenvolvimento e produção, especialmente em aves (FERREIRA, 2006).

Aves, como animais homeotérmicos, precisam manter um equilíbrio entre o calor que produzem e o que dissipam ao meio. Esse equilíbrio é impactado pelas condições da termovizinhança, ou seja, o microclima ao redor do corpo do animal. O estresse térmico, seja por calor ou frio, ocorre quando a temperatura efetiva do ambiente ultrapassa os limites da zona de conforto térmico.

Os principais fatores que influenciam essa temperatura efetiva são: temperatura do bulbo seco, umidade relativa, radiação térmica e movimento do ar (TINÔCO, 2001; BAÊTA; SOUZA, 2010).

Como a interação entre esses fatores é complexa e ainda pouco estudada de forma aplicada, é difícil definir com precisão os limites de estresse térmico para cada espécie. No entanto, a conversão alimentar é um indicador eficaz do impacto do ambiente no desempenho animal (CORDEIRO, 2003).

4.2. Definição de índices higrotérmicos

4.2.1. O Índice de Temperatura e Umidade – ITU

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um parâmetro amplamente utilizado para estimar o conforto térmico animal, especialmente em ambientes quentes (Equação 6). Ele considera a temperatura do ar e a umidade relativa, que influenciam diretamente a capacidade do animal de dissipar calor (THOM, 1959; BAÊTA; SOUZA, 2010).

Valores altos de ITU indicam estresse térmico, podendo prejudicar o desempenho, a saúde e o bem-estar dos animais (SILVA *et al.*, 2015). O ITU formado por temperatura de bulbo seco e pela temperatura de orvalho (Equação 7).

$$ITU = T_{bs} + 0,36 T_{po} - 330,08 \quad \text{Equação 6}$$

Sendo:

T_{bs} = temperatura do bulbo seco (K),

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho (K).

Onde:

$$T_{po} = [237,3 \cdot \log(ea / 0,6108)] / [7,5 - \log(ea / 0,6108)] \quad \text{(Equação 7)}$$

$$ea = e^s - A \cdot P (T_s - T_u)$$

Sendo:

ea = pressão atual de vapor em KPa,

e^s = pressão máxima de vapor à temperatura de bulbo úmido (T_u) do psicrômetro (KPa),

T_s = temperatura de bulbo seco ou temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$),

T_u = temperatura do bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$),

P = pressão atmosférica (KPa),

A = coeficiente do instrumento, podendo-se utilizar o valor de $0,00067^{\circ}\text{C}^{-1}$ para psicrômetros aspirados e $0,0008^{\circ}\text{C}^{-1}$ para psicrômetros não aspirados.

O ITU avalia o desconforto térmico considerando a temperatura do ar e a umidade relativa, fatores cruciais para o bem-estar animal (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Mesmo em ambientes cobertos, os animais podem receber radiação indireta, como a refletida do solo e das estruturas ao redor, o que eleva a carga térmica (YAHAV, 2009).

Isso é mais intenso em regiões tropicais, onde a radiação pode superar o calor metabólico e comprometer o desempenho animal (SILVA *et al.*, 2015).

A Figura 2.1 mostra os principais componentes da carga de radiação sobre a ave em um abrigo coberto.

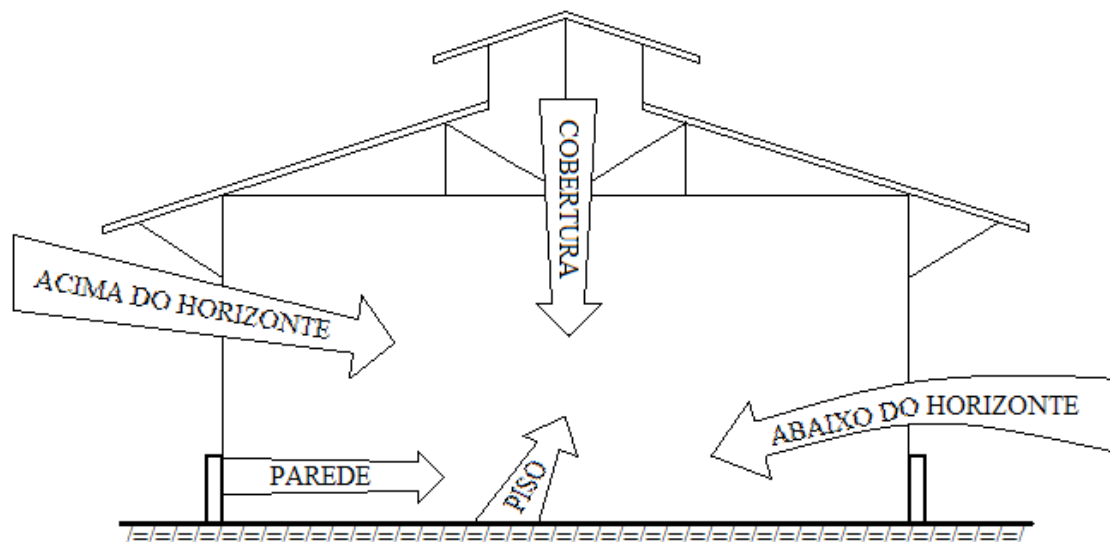


FIGURA 2.1 - Fontes de radiação recebida por um animal sob um abrigo

Fonte: TINÓCO (2001).

O ITU, não reflete a carga térmica radiante, portanto não pode ser usado para prever o desconforto e conseqüente perda de produção e reprodução dos animais em climas quentes.

4.2.2. O Índice de Temperatura do Globo e Umidade – ITGU

O Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) foi desenvolvido para corrigir limitações do ITU, integrando à temperatura do bulbo seco também a temperatura do bulbo úmido, radiação e movimento do ar (BAÊTA; SOUZA, 2010).

O ITGU utiliza o termômetro de globo preto, uma esfera negra de 15 cm contendo um termômetro, que mede os efeitos combinados da radiação, temperatura e vento sobre o animal. A diferença entre a temperatura do globo e a do ar indica a influência da radiação (YAHAV, 2009).

Assim, o ITGU representa melhor a carga térmica que o animal suporta, especialmente em ambientes com alta radiação (SILVA *et al.*, 2015).

O Índice de Temperatura do Globo e Umidade, ITGU, resultou na equação 8 que é formado pela temperatura de globo negro e temperatura de ponto de orvalho (Equação 9):

$$\text{ITGU} = T_{gp} + 0,36 T_{po} - 330,08 \quad (\text{Eq } 8)$$

Sendo:

T_{gp} = temperatura do globo preto em K,

T_{po} = temperatura do ponto de orvalho em K.

Onde:

$$T_{po} = [237,3 \cdot \log(ea / 0,6108)] / [7,5 - \log(ea / 0,6108)] \quad \text{Eq. 9}$$

$$ea = e's - A \cdot P (T_s - T_u)$$

Sendo:

ea = pressão atual de vapor em KPa,

$e's$ = pressão máxima de vapor à temperatura de bulbo úmido (T_u) do psicrômetro (KPa),

T_s = temperatura de bulbo seco ou temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$),

T_u = temperatura do bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$),

P = pressão atmosférica (KPa),

A = coeficiente do instrumento, podendo-se utilizar o valor de $0,00067^{\circ}\text{C}^{-1}$ para psicrômetros aspirados e $0,0008^{\circ}\text{C}^{-1}$ para psicrômetros não aspirados.

4.3. Correlação entre ITGU e conversão alimentar: definição das zonas higrotérmicas

A conversão alimentar das aves varia conforme o ITGU. Estudos mostram que a eficiência alimentar melhora até um ITGU entre 63 e 71, e piora quando ultrapassa esse valor. Com base nisso, definem-se zonas de ótimo desempenho, compensação e prejuízo, evidenciando o impacto do ambiente térmico na produtividade (FERREIRA, 2018; MILLER et al., 2020). A Figura 2.2 apresenta os resultados conseguidos.

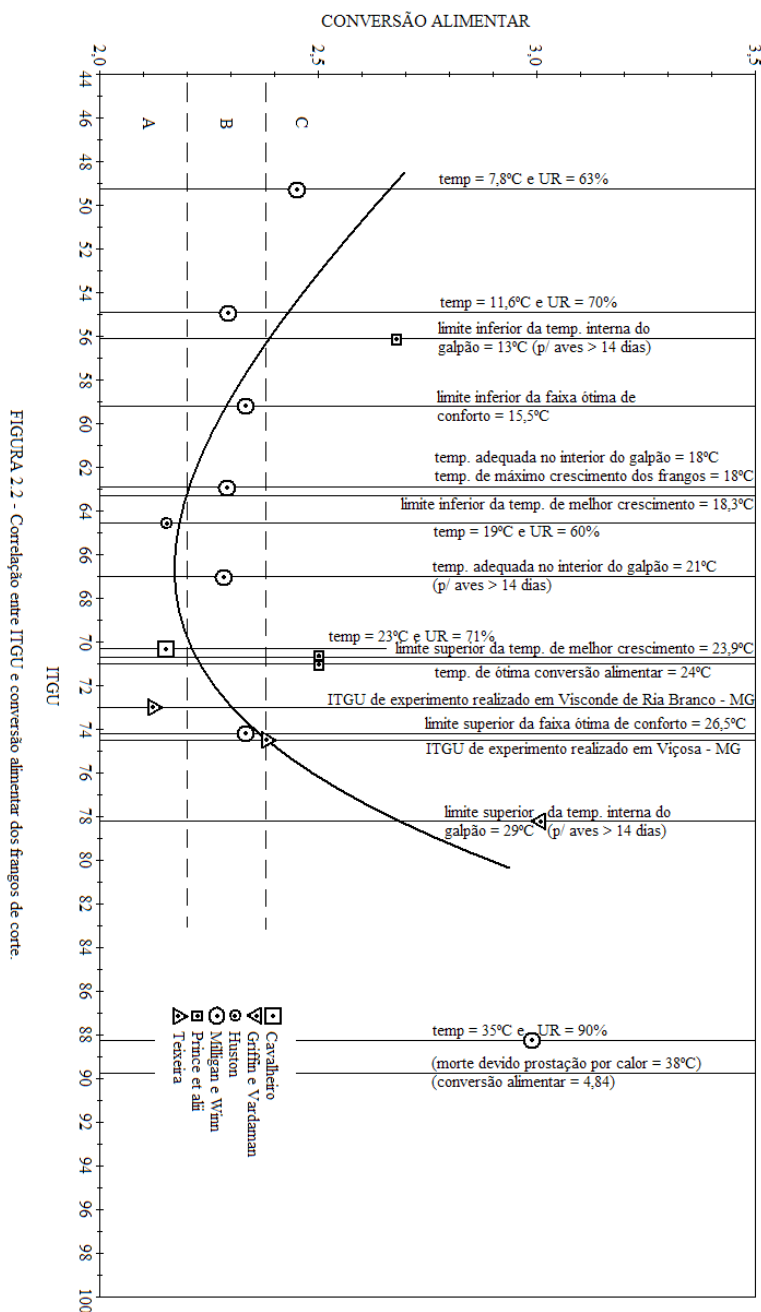
Os valores do ITGU foram obtidos através das pesquisas referidas no mesmo gráfico. Pode ser observado:

i) uma dispersão importante nos dados coletados. As informações que permitiram montar o gráfico são de diferentes origens (linhagens de aves, marca de ração, países, pesquisadores, etc.) e isto pode explicar a dispersão observada,

ii) no entanto, é clara a tendência expressa pela curva. Os valores da conversão alimentar decrescem até uma faixa aproximadamente compreendida entre ITGU de 63 a 71, e a partir daí crescem rapidamente,

iii) através desta curva que usa como indicador do desempenho da ave a conversão alimentar, o autor definiu as zonas de ótimo rendimento, de rendimento compensatório e zona não rentável.

Figura 2.2 – Correlação entre ITGU e conversão alimentar dos frangos de corte.



Fonte: Cordeiro, M.B. (2003).

As zonas higrotérmicas definem os níveis de esforço necessário para a regulação térmica das aves (YAHAV, 2009). A Zona A corresponde à termoneutralidade, onde a

regulação da temperatura corporal é feita por mecanismos físicos, exigindo mínimos gastos energéticos.

Na Zona B, além da regulação física, há necessidade de ajustes químicos, como alterações na ingestão alimentar e hídrica, para manter a homeotermia. Já na Zona C, os mecanismos da ave são insuficientes para manter o equilíbrio térmico, levando à hipotermia em frio ou hipertermia em calor.

O Quadro 2.1 resume essas zonas em função do Índice de Temperatura do Globo e Umidade (ITGU) e da temperatura do globo, para diferentes níveis de umidade relativa, considerando frangos de corte entre a 4ª e 8ª semanas em ambiente com ar calmo (velocidade $\leq 0,1$ m/s).

QUADRO 2.1 - Valores de ITGU, umidade relativa e temperatura para as zonas higrotérmicas A, B, C, na situação de ar calmo ($v \leq 0,1$ m/s).

ITGU	< 56	56	63	70,85	74	> 74
UR%	Temperaturas do termômetro de globo (Tgp)					
40	< 14,3	14,3	19,7	25,5	27,8	> 27,8
60	< 13,0	13,0	18,0	24,0	26,5	> 26,5
80	< 11,8	11,8	16,8	23,0	25,0	> 25,0
			A			
			B			
			C			

Fonte: Thom (1959).

Para velocidade do ar de 0,1 m/s e umidade relativa de 60%, o conforto térmico das aves está dividido em três zonas: ótimo rendimento (ITGU 63 a 70,9; 18 a 24°C), rendimento compensatório (ITGU 56 a 63 e 70,85 a 74; 13 a 18°C e 24 a 26,5°C) e zona não rentável (ITGU abaixo de 56 ou acima de 74; temperaturas fora desses limites). Valores altos de ITGU (73,3 a 80,5) prejudicam a conversão alimentar e o ganho de peso, indicando desconforto por calor (YAHAV; HEN; SHLOSBERG, 2019).

A figura 2.3, montada sobre o gráfico psicrométrico, mostra a inter-relação dos fatores ambientais temperatura, umidade relativa e movimento do ar, através das zonas higrotérmicas anteriormente definidas, para a situação normal de ar calmo ($v \leq 0,1$ m/s).

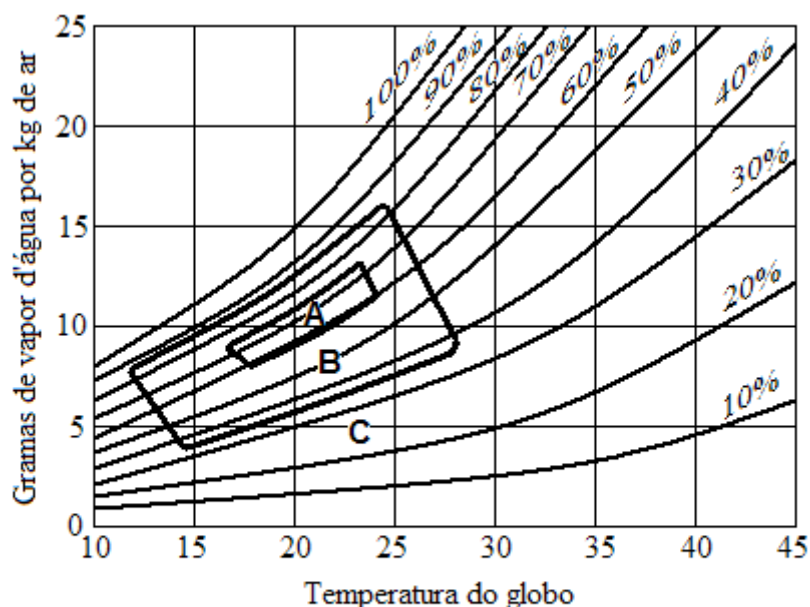


FIGURA 2.3 - Zonas higrotérmicas de conforto para a criação de frangos de corte, na situação de ar calmo ($v \leq 0,1$ m/s).

Fonte: TINÔCO (2001), p. 65.

4.4. Inclusão do movimento do ar na ampliação das zonas higrotérmicas

Considerando a limitação dos dados disponíveis no que se refere à escassez de informações e pesquisas no setor avícola, foi feita uma tentativa de estabelecer uma correlação entre o movimento do ar e a ampliação da zona de conforto da ave. O método usado está representado na figura 2.4.

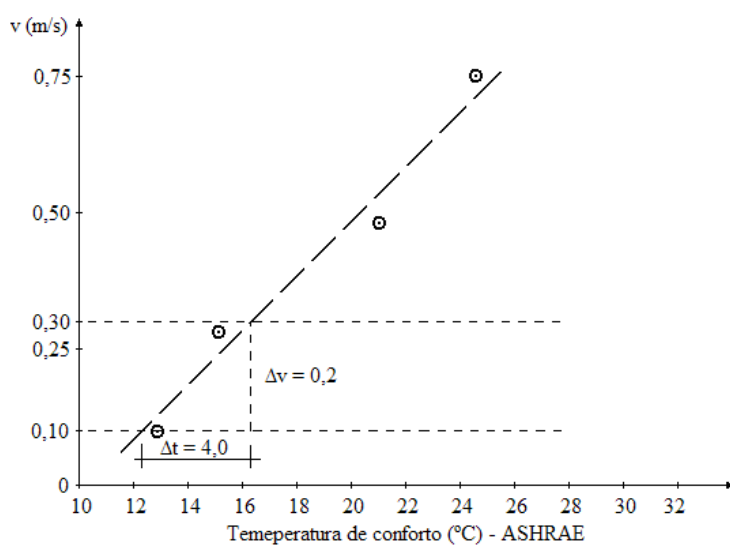


FIGURA 2.4 - Correlação entre temperatura ambiente (°C) e velocidade do ar (m/s), de preferência dos frangos, aos 28 dias de idade.

Fonte: TINÔCO (2001), p. 67.

O método fundamenta-se na linearidade comprovada da correlação entre o aumento da velocidade do ar (Δv) e a elevação da temperatura de conforto das aves (Δt), limitada a baixas velocidades (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

Seus principais objetivos são: (i) incluir a variável "velocidade do ar" nas condições de conforto térmico para velocidades reduzidas e (ii) ampliar as zonas A e B do gráfico de conforto térmico (figura 2.3), conforme proposto na literatura.

Considerando que velocidades acima de 0,3 m/s são difíceis de manter constantemente ao nível dos frangos nos galpões, esse valor foi adotado como limite prático máximo para a ampliação da zona de conforto térmico (EMBRAPA, 2020).

A relação obtida foi:

$$(\Delta v/\Delta t) = [(0,2 \text{ m/s}) / (4^\circ\text{C})] = 0,05 \text{ ms}^{-1}/^\circ\text{C}$$

Essa equação permite estimar novos valores do ITGU e redefinir os limites de temperatura de globo para as zonas higrotérmicas ampliadas, especialmente aplicáveis a frangos de corte entre a 4ª e 8ª semanas de idade (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

QUADRO 2.2 - Valores de ITGU, umidade relativa e temperatura para as zonas higrotérmicas A, B, C, para velocidade do ar igual a 0,3 m/s.

ITGU	< 61,44	61,44	68,24	76,22	79,62	> 79,62
UR%	Temperaturas do termômetro de globo (Tgp)					
40	< 18,5	18,5	23,5	29,5	32,0	> 32
60	< 17,0	17,0	22,0	28,0	30,5	> 30,5
80	< 16,0	16,0	21,0	27,5	29,5	> 29,5
			A			
			B			
			C			

Fonte: Thom (1959).

A comparação entre os valores de ITGU dos Quadros 2.1 e 2.2 demonstram o efeito positivo do aumento da velocidade do ar de 0,1 m/s para 0,3 m/s, que amplia as zonas higrotérmicas de desempenho das aves. Com maior velocidade do ar, as zonas de conforto térmico são ampliadas, favorecendo o desempenho dos frangos.

A Figura 2.5, em carta psicrométrica, ilustra essas zonas ampliadas, classificadas em três faixas: A (ótimo rendimento), B (rendimento compensatório) e C (zona não rentável), todas considerando a velocidade do ar de 0,3 m/s.

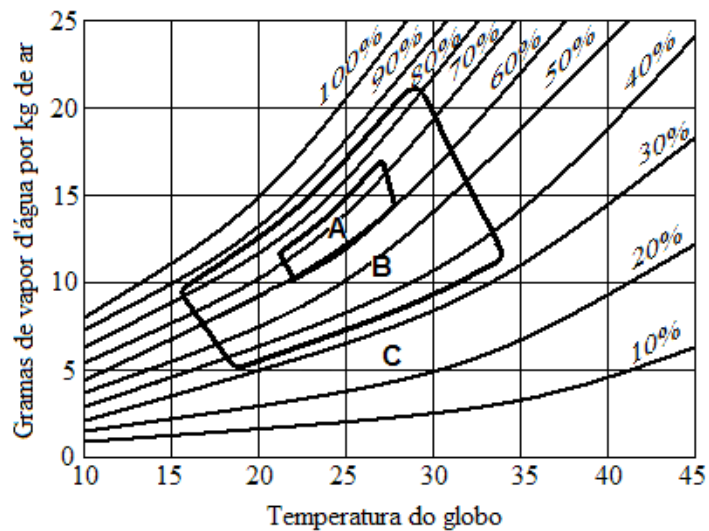


FIGURA 2.5 - Zonas higrotérmicas de conforto das aves ampliadas pelo movimento do ar.

Fonte: TINÔCO (2001), p. 68.

Ao considerar o movimento do ar dentro dos limites recomendados, é possível ampliar a zona de conforto térmico das aves para temperaturas mais elevadas.

A Figura 2.6 demonstra o impacto do aumento da velocidade do ar de 0,1 m/s para 0,3 m/s nas zonas higrotérmicas, mostrando que a inclinação das curvas representa a ampliação das zonas de conforto, permitindo que as aves suportem melhor condições ambientais adversas.

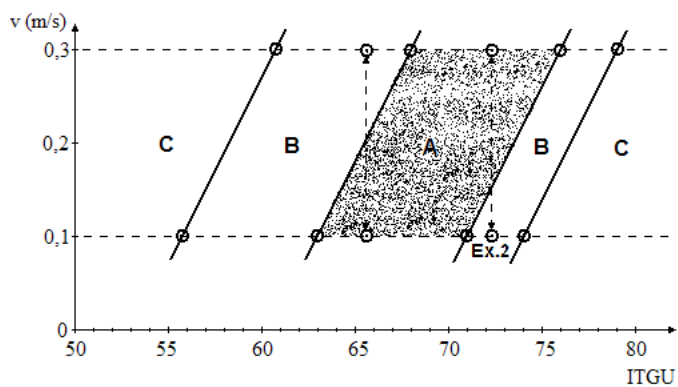


FIGURA 2.6 - Efeito da velocidade do ar na ampliação das zonas de conforto das aves.

Fonte: TINÔCO (2001), p. 71.

No exemplo 1, para temperatura de 20 °C e umidade relativa de 60%, o índice ITGU é 65,5, situando-se na zona de ótimo rendimento, A, com velocidade do ar de 0,1 m/s (ar calmo). Porém, ao aumentar a velocidade do ar para 0,3 m/s, o índice passa para a zona de rendimento compensatório, B, o que implica pior conversão alimentar e menor ganho de peso nas aves.

Por outro lado, quando o ar está calmo e a temperatura está fora da zona de conforto, o aumento da velocidade do ar para 0,3 m/s pode tornar o ambiente ótimo para o desenvolvimento das aves (BAËTA; SOUZA, 2010).

No exemplo 2, com temperatura de 25°C e umidade relativa de 60%, o índice ITGU de 72,2 encontra-se na zona de rendimento compensatório, B, para velocidade do ar de 0,1 m/s, mas com o aumento da velocidade para 0,3 m/s, o índice passa para a zona de ótimo rendimento, A, favorecendo o desempenho das aves.

5. TIPOFICAÇÃO DE SITUAÇÕES CLIMÁTICAS NO BRASIL

5.1. Generalidades

O clima tropical domina o Brasil, exceto no Sul, onde é subtropical. Isso causa stress térmico por calor quase o ano todo nas aves, dificultando a produção. Para melhorar o desempenho, é essencial criar animais mais resistentes e usar instalações que protejam do calor e frio.

Conhecer o clima local e as necessidades das aves ajuda a planejar essas proteções. Regiões com clima mais ameno exigem menos investimento em controle ambiental, enquanto áreas mais severas precisam de medidas maiores, influenciando a viabilidade da avicultura (OLIVEIRA; ESMAY, 2018).

5.2. Parâmetros climáticos adotados

Para definir os parâmetros climáticos na avicultura de corte no Brasil, adotou-se um zoneamento climático adaptado de Zirlis *et al.* (2020), que considera a temperatura média do mês mais quente (Tmq), a temperatura média do mês mais frio (Tmf) e a umidade relativa média anual (URa). Regiões com Tmq acima de 25°C apresentam marginalidade climática devido ao calor excessivo, causando estresse térmico frequente

nas aves. Temperaturas médias do mês mais frio abaixo de 14°C indicam a necessidade de proteção contra o frio intenso, mesmo não configurando marginalidade térmica.

A umidade relativa anual entre 80% e 85% é considerada apta para a criação, enquanto valores acima de 85% elevam os riscos sanitários e a marginalidade climática causada pelo excesso de umidade (ZIRLIS *et al.*, 2020).

A adequada análise desses parâmetros é essencial para o planejamento de instalações avícolas, garantindo conforto térmico e redução de estresse nas aves, conforme discutido por Cargnelutti Filho *et al.* (2010), e recomendações da Embrapa (2020).

Radiação e movimento do ar não foram incluídos nos parâmetros climáticos, pois a radiação influencia a temperatura do ar já considerada e o movimento do ar, por ser variável, não pode definir a aptidão climática da região. Entretanto, a redução da radiação solar e o controle do fluxo de ar são importantes para o conforto térmico no microclima das instalações avícolas (ZIRLIS *et al.*, 2004).

5.3. Situações climáticas tipificadas

A avicultura de corte é influenciada pelas condições climáticas, que podem ser classificadas em cinco faixas. A faixa A representa o clima ideal, com temperaturas amenas e umidade relativa do ar inferior a 80%, proporcionando condições satisfatórias para as aves. A faixa B é considerada apta, mas com restrições devido à umidade elevada entre 80% e 85%, o que pode causar problemas sanitários.

Na faixa C, as temperaturas de inverno são muito baixas (inferiores a 14°C), exigindo cuidados especiais para proteção das aves. A faixa D caracteriza-se por umidade excessiva, acima de 85%, ocasionando dificuldades sanitárias e riscos à criação.

Por fim, a faixa E apresenta calor intenso, com temperaturas médias do mês mais quente superiores a 25°C, o que gera estresse térmico para as aves, prejudicando seu desempenho. Essas classificações são importantes para determinar a aptidão climática das regiões para a avicultura de corte (ZIRLIS *et al.*, 2004).

6. INSTALAÇÕES

As instalações para frangos de corte são projetadas para proporcionar conforto térmico às aves, mantendo a temperatura entre 21 e 26°C e a umidade relativa entre 50 e

70%. Além disso, devem proteger os animais contra intempéries como chuva, vento, frio e variações bruscas de temperatura, além de oferecer condições adequadas para manejo e alimentação.

No Estado de Minas Gerais, devido às condições climáticas extremas, é fundamental que os avicultores adotem técnicas construtivas específicas para garantir o bem-estar e o desempenho das aves (ZIRLIS *et al*, 2004).

6.1. Galpão

A escolha do local para implantação dos galpões deve priorizar terrenos secos, bem ventilados, de fácil acesso para veículos pesados e que ofereçam bom isolamento térmico. Além disso, é essencial que esses locais estejam afastados, no mínimo 100 metros, de rodovias, áreas residenciais ou indústrias, para evitar impactos ambientais e sanitários.

Quanto à orientação, o ideal é posicionar os galpões no sentido leste-oeste, permitindo que a luz solar incida ao longo da cumieira, otimizando a ventilação e o conforto térmico das aves. O dimensionamento dos galpões deve seguir parâmetros específicos, conforme apresentado no Quadro 3.1 (ZIRLIS *et al*, 2004).

QUADRO 3.1 – Dimensões de um galpão e suas correlações.

Largura (m)	Pé direito (m)	Beiral (m)
08	2,80	1,20
10	3,00	1,50
12	3,20	1,80 a 2,00

Fonte: Tinôco (1996).

Durante a construção do galpão, é recomendada uma faixa livre de, no mínimo, 4 metros ao redor de todo o perímetro, visando facilitar a circulação e o manejo externo (ZIRLIS *et al*, 2004).

Quanto à estrutura, os galpões podem ser erguidos com madeira, metal, cimento ou uma combinação desses materiais, dependendo das condições locais e dos recursos disponíveis.

frontais com alvenaria; em regiões quentes, a combinação de alvenaria e elementos vazados favorece a ventilação (ZIRLIS *et al.*, 2004).

As paredes laterais dos galpões avícolas devem contar com muretas de alvenaria com tela metálica acima para garantir ventilação adequada sem comprometer a segurança contra entrada de pragas e animais (EMBRAPA, 2017).

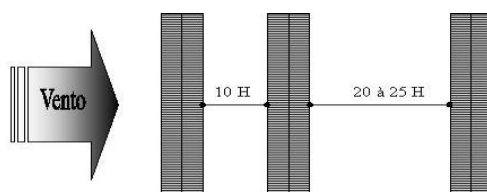
O piso deve ser de concreto elevado e inclinado, facilitando a drenagem e evitando acúmulo de umidade, o que é essencial para a manutenção da sanidade das aves e da estrutura (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010). Passeios laterais de cimento são recomendados para proteger a base das paredes contra umidade do solo e facilitar o manejo diário (OLIVEIRA; LIMA, 2019).

Divisórias internas móveis são indicadas para permitir flexibilidade no manejo e facilitar a separação de lotes, respeitando a distância mínima entre galpões para prevenir contaminação cruzada, especialmente quando há diferentes idades de aves, seguindo normas de biossegurança (SANTOS; PEREIRA, 2018).

6.1.1. Localização das edificações

A localização do aviário influencia diretamente no conforto térmico e na ventilação. Deve-se priorizar locais com boa circulação de ar, evitando barreiras físicas. A orientação ideal depende da direção dos ventos predominantes e da incidência solar. Terrenos planos ou levemente inclinados são preferíveis. Para garantir ventilação entre os galpões, recomenda-se afastamento proporcional à altura das construções (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010). Assim, recomenda-se afastamento de 10 vezes a altura da construção, entre os dois primeiros aviários a barlavento, sendo que do segundo aviário em diante o afastamento deverá ser de 20 à 25 vezes esta altura, como (Figura 4.3).

FIGURA 4.3 - Esquema da distância mínima entre aviários.



Fonte: SOUZA, C.F.; TINÓCO, I.F.F. (2006), p.138.

6.1.2. Largura do aviário, Pé direito, comprimento e piso

A largura do aviário impacta diretamente o conforto térmico interno e os custos da estrutura. Em regiões de clima quente e úmido, recomenda-se largura de até 10 m; já em climas quentes e secos, pode-se utilizar de 10 m a 14 m. A largura de 12 m é considerada adequada, principalmente quando associada a um bom dimensionamento do pé-direito e à presença de lanternim, otimizando a ventilação natural.

O aumento da altura do pé-direito reduz a radiação direta sobre as aves, melhorando o ambiente térmico. Assim, largura e altura devem ser pensadas em conjunto, considerando as condições climáticas locais (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Tabela 3).

TABELA 3. Determinação do pé direito em função da largura adotada para o aviário

Largura do Aviário (m)	Pé direito mínimo em climas quentes (m)
até 8	2,80
8 a 9	3,15
9 a 10	3,50
10 a 12	4,20
12 a 14	4,90

Fonte: Tinôco, L. F. (1996); Teixeira, (1997).

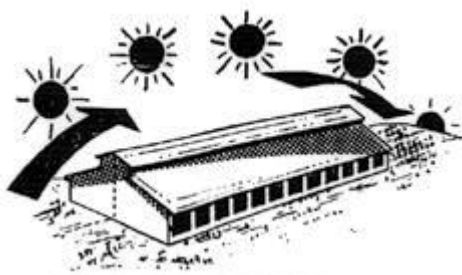
O comprimento ideal do aviário visa facilitar o manejo e o uso de equipamentos automáticos. Para evitar dificuldades com terraplanagem e instalações internas, não se recomenda exceder 200 m. Comprimentos entre 100 e 125 m são considerados adequados, desde que se utilizem divisórias móveis de tela com altura de 50 cm para facilitar a movimentação do produtor e reduzir a competição entre aves, especialmente em lotes com até 2.000 indivíduos.

O piso do aviário tem papel fundamental na higiene e conforto térmico, devendo ser impermeável, de fácil limpeza e construído com materiais adequados como concreto ou tijolos deitados. Pisos de chão batido, embora mais baratos, são menos eficientes em isolamento e sanitização, o que pode comprometer o desempenho zootécnico das aves (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

6.1.3. Orientação

A incidência direta da radiação solar dentro dos aviários deve ser evitada, pois o sol não é essencial para a criação de frangos de corte. Para minimizar o ganho de calor, a orientação ideal do galpão é no sentido leste-oeste, o que reduz a carga térmica durante as horas mais quentes do dia, já que a sombra será projetada sobre a cobertura. Ainda assim, no inverno, pode haver entrada de radiação solar pela face norte. Por isso, é importante instalar barreiras ou dispositivos de sombreamento nessa face para manter o conforto térmico no interior do aviário (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

FIGURA 4.4 – Caminhamento do sol.



Fonte: TINÓCO, I.F.F. (2001), p.124.

6.1.4. Fechamentos

As paredes laterais e oitões dos aviários exercem função importante no controle da radiação solar, na proteção contra intempéries e na manutenção do conforto térmico das aves. A mureta de 20 cm é eficaz para impedir a entrada de água da chuva e manter a ventilação ao nível das aves.

A instalação de tela entre a mureta e o telhado é fundamental para impedir a entrada de pássaros, que podem representar risco sanitário. O uso de telas de PVC tem sido vantajoso por sua durabilidade e resistência (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

Os oitões devem ser projetados levando em conta a incidência solar e a ventilação natural para garantir conforto térmico às aves (EMBRAPA, 2017). Em regiões de clima quente, é recomendado utilizar materiais com baixa condutividade térmica, além de

estratégias como pintura clara e sombreamento para minimizar o calor interno (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

As cortinas laterais são fundamentais para ajustar a ventilação de acordo com as estações: abertas de baixo para cima no verão para maior circulação, e de cima para baixo no inverno para preservar o calor (SANTOS *et al.*, 2018).

A sobrecortina contribui para evitar correntes de ar, especialmente em climas frios (RODRIGUES; MENDES, 2018).

Portas nas extremidades do aviário facilitam o manejo e a logística, permitindo o acesso de veículos para carregamento e descarregamento (OLIVEIRA; LIMA, 2019).

O uso de pedilúvios nessas entradas reforça as medidas de biossegurança, evitando a entrada de patógenos (SANTOS; PEREIRA, 2018).

6.1.5. Cobertura

O telhado dos aviários exerce grande influência sobre o conforto térmico das aves, especialmente em regiões tropicais, onde a radiação solar é intensa ao longo de todo o ano. Mesmo em épocas mais amenas, pode haver desconforto térmico devido à emissão de calor do telhado para o interior do aviário. Por isso, recomenda-se o uso de materiais com boa resistência térmica, como telhas cerâmicas ou cobertura vegetal, que oferecem maior conforto térmico às aves (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

Apesar disso, telhas de cimento amianto ainda são frequentemente utilizadas por sua praticidade e menor custo, mas oferecem menor isolamento térmico. Para melhorar sua eficiência, podem ser aplicadas soluções como isolantes térmicos, pinturas refletoras ou sistemas de aspersão de água. Telhas com isolamento térmico embutido, como as de poliuretano, são mais eficazes para regiões de clima quente.

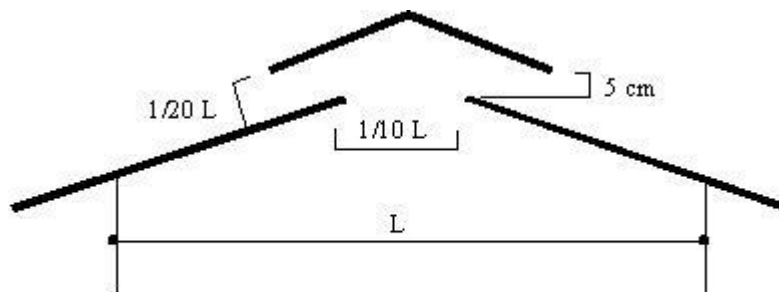
Além da escolha do material, a inclinação do telhado também interfere no microclima interno. Inclinações entre 20° e 30° são ideais para favorecer o efeito chaminé ou termossifão, aumentando a ventilação natural e ajudando na dissipação do calor (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

6.1.6. Lanternim

O lanternim, uma abertura no topo do telhado, é fundamental para a ventilação natural do aviário, permitindo a saída do ar quente e entrada do ar fresco pelo processo

de termossifão. Deve ter no mínimo 10% da largura do galpão, ser fácil de abrir e fechado com tela para impedir a entrada de pássaros (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Figura 4.5).

FIGURA 4.5 – Dimensões do lanternim.



Fonte: OLIVEIRA, R.F.M.; TINÓCO, I.F.F. (2010), p.134.

6.2. Circunvizinhança

A qualidade das vizinhanças influencia a radiosidade, que é a energia radiante emitida, refletida ou transmitida pelas superfícies. Gramados são recomendados ao redor dos aviários para diminuir a luz refletida e o calor que entra nos galpões.

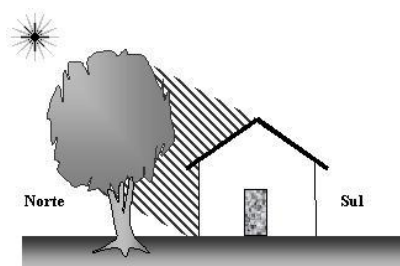
O gramado deve crescer rápido, cobrir bem o solo, ser aparado frequentemente para evitar insetos e ter pelo menos 5 metros de largura para o trânsito de veículos no manejo e abastecimento (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

6.3. Sombreiro

A presença de árvores altas ao redor dos aviários melhora o microclima por meio do sombreamento da cobertura, reduzindo a carga térmica interna. Em regiões frias, devem ser usadas espécies caducifólias, que deixam o sol aquecer o telhado no inverno e sombreiam no verão.

Já em locais de clima estável, árvores perenes são adequadas. O plantio deve ser feito nas faces norte e oeste, com troncos desganhados para manter a ventilação. É essencial verificar e limpar calhas regularmente. A Figura 4.6 demonstra esse efeito (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

FIGURA 4.6 – Emprego de árvores para sombreamento.



Fonte: Camous, 1986, p. 148.

6.4. Ventilação

A ventilação é fundamental nas instalações avícolas, pois reduz a temperatura interna ao aumentar a troca de calor com o ambiente, melhorando o desempenho das aves (EMBRAPA, 2020). Ela também remove umidade e gases nocivos, mantendo o ar limpo e adequado para a respiração.

Pode ser natural (como ventilação térmica, dinâmica, com quebra-ventos) ou artificial (com sistemas de pressão positiva ou negativa). A escolha e o dimensionamento da ventilação dependem da idade das aves e das condições climáticas, conforme demonstrado nas Tabelas 4 e 5.

TABELA 4 - Necessidades de ar em função da temperatura e da idade das aves (litros/ave/minuto).

Temperatura (°C)	Idade (semanas)			
	1	3	5	7
4,4	6,8	19,8	34,0	53,8
10,0	8,5	22,7	45,3	65,1
15,6	10,2	28,3	53,8	79,3
21,1	11,9	34,0	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	17,0	48,1	87,8	133,1
43,3	18,7	51,0	96,3	144,4

Fonte: Baêta (1998).

TABELA 5 - Necessidades de ventilação, em m³/hora/quilo de carne.

Idade (dias)	Peso (g)	Mínima inverno	Máxima verão	Máxima verão Umidade > 50%
7	160	0,5	2	2
14	380	0,6	2	2
21	700	0,7	3	3
28	1070	0,9	4	4
35	1500	1,0	5	6
42	1920	1,5	6	8
49	2350	1,5	6	8

Fonte: Baêta (1998).

6.4.1. Ventilação natural ou espontânea

A ventilação natural ocorre pelo movimento do ar provocado por diferenças de pressão causadas pelo vento (ventilação dinâmica) ou por variações de temperatura (ventilação térmica). Essas diferenças de pressão atmosférica, resultantes da variação térmica, promovem a renovação do ar nos galpões.

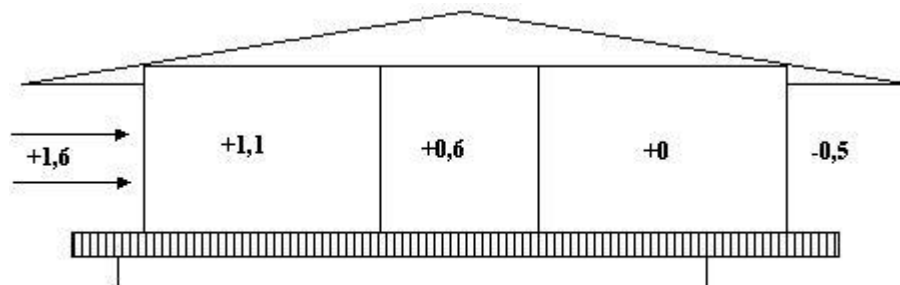
A ventilação natural possibilita controlar a qualidade do ar, fornecendo oxigênio, eliminando gases nocivos como amônia e dióxido de carbono, além de reduzir umidade e odores, cumprindo função higiênica. Também contribui para o controle térmico, facilitando a perda de calor por convecção ao substituir o ar quente e úmido por ar fresco (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

6.4.1.1. Ventilação Dinâmica

O ar sempre se desloca de áreas de maior para menor pressão, sendo mais veloz nas aberturas do lado do barlavento. Essa diferença de pressão, causada pelo vento, gera fluxos de ventilação natural dentro do aviário.

Quando a velocidade do ar diminui, a pressão aumenta, influenciando diretamente o conforto térmico no ambiente (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Fig. 4.7).

FIGURA 4.7 - Escalonamento de pressão no sentido horizontal.

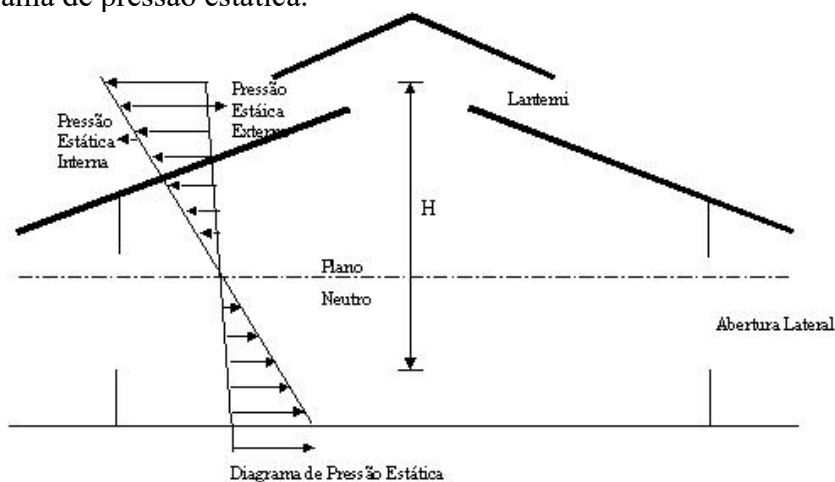


Fonte: Cóstola, D. (2006).

6.4.1.2. Ventilação térmica

Na ventilação térmica, o ar mais quente e menos denso sobe, criando uma diferença de pressão vertical entre o interior e o exterior do aviário. Esse fenômeno, chamado efeito chaminé ou termossifão, ocorre mesmo sem vento externo e depende da diferença de temperatura, do tamanho das aberturas e da altura entre elas. Ele favorece a renovação natural do ar no interior da instalação (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Figura 4.8).

FIGURA 4.8 - Detalhes dos elementos de ventilação natural, do plano neutro e do diagrama de pressão estática.

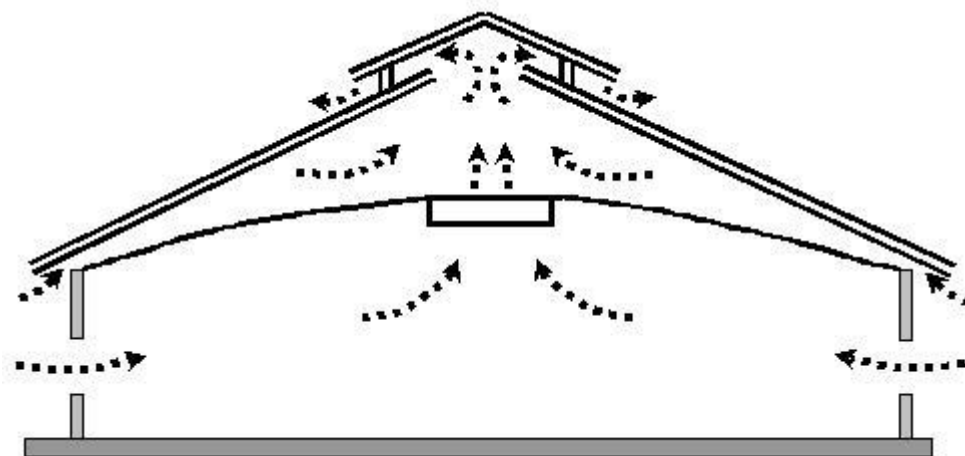


Fonte: Cóstola, D. (2006).

O plano neutro é a altura onde a pressão estática interna e externa se igualam, não havendo fluxo de ar. Em aviários com aberturas no piso e no telhado, o ar quente interno tende a sair pelo topo, enquanto o ar frio externo entra pela parte inferior, promovendo ventilação natural constante.

Em dias quentes, o resfriamento pode ser potencializado com a ventilação do ático, o espaço entre o telhado e o forro, direcionando o ar para o lanternim por aberturas no beiral (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Figura 4.9).

FIGURA 4.9 - Ventilação do ático.

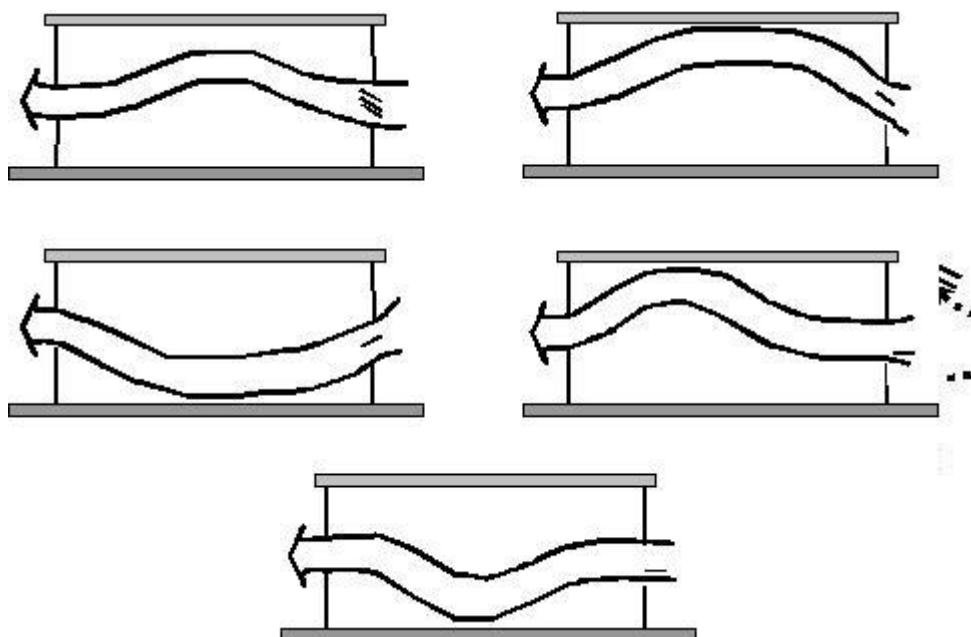


Fonte: Lôbo, D. G. F. (2003).

Mesmo com forro, a criação de aberturas na cobertura continua sendo eficaz para ventilação. Para isso, é necessário distribuir adequadamente as aberturas também no forro.

A eficiência da ventilação depende da diferença de altura entre as entradas e saídas de ar, que devem estar em lados opostos da edificação. Obstáculos internos ou saliências nas fachadas podem alterar o fluxo de ar, comprometendo o efeito desejado (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010) (Figura 4.10).

FIGURA 4.10 - Trajetórias do fluxo de ar com aberturas em planos opostos.



Fonte: Alain Bastide, Franck Lucas e Harry Boyer (2014).

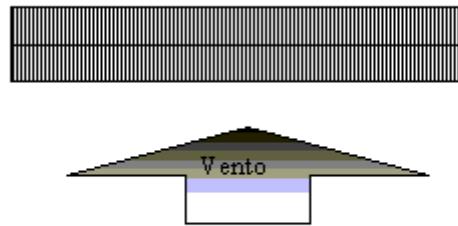
A ventilação por cortinas é mais eficaz quando a temperatura externa está próxima ou inferior à ideal para as aves. Ao abrir as cortinas, há rápida entrada de ar externo, que se mistura ao ar interno e contribui para o equilíbrio térmico. A troca de calor por convecção se torna mais eficiente quanto maior for a diferença entre as temperaturas externa e interna (EMBRAPA, 2020).

6.4.1.3. Quebra-ventos

Dispositivos naturais ou artificiais, conhecidos como quebra-ventos, são usados para diminuir a velocidade dos ventos fortes que incidem sobre os aviários, reduzindo assim os possíveis danos às construções e melhorando o conforto térmico das aves.

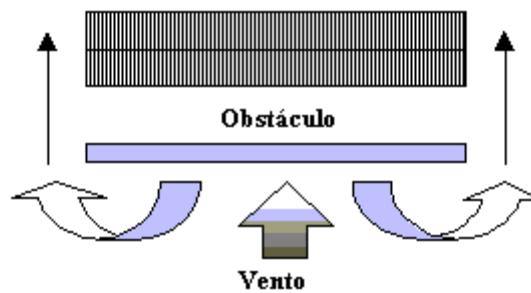
Normalmente, esses quebra-ventos são formados por renques de vegetação, que atuam como barreiras perpendiculares à direção dos ventos dominantes, conforme demonstrado nas Figuras 4.11 a 4.15 (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

FIGURA 4.11 - Posicionamento do aviário em relação à direção do vento dominante.



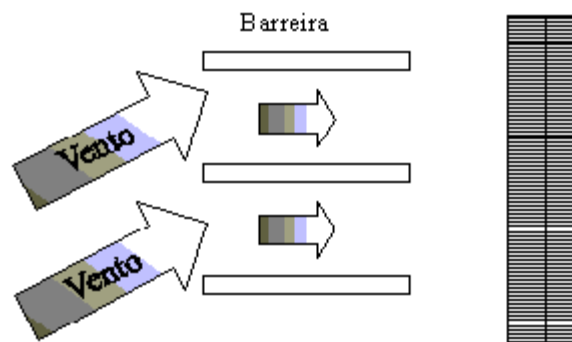
Fonte: (autor coletivo, Wikipédia), 2023.

FIGURA 4.12 - Obstáculo à movimentação do ar no aviário.



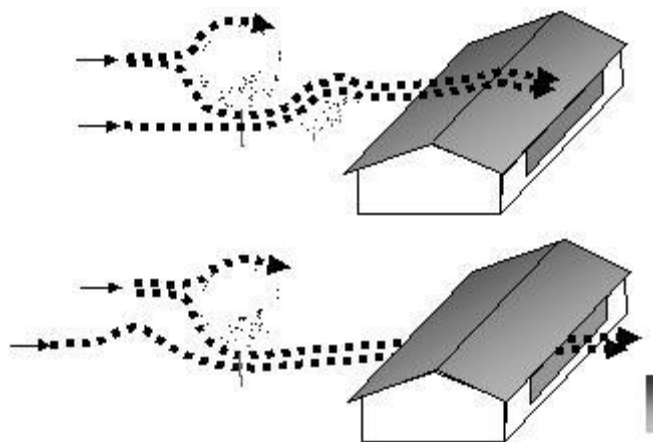
Fonte: (autor coletivo, Wikipédia), 2023.

FIGURA 4.13 - Dispositivos para desviar a direção do vento



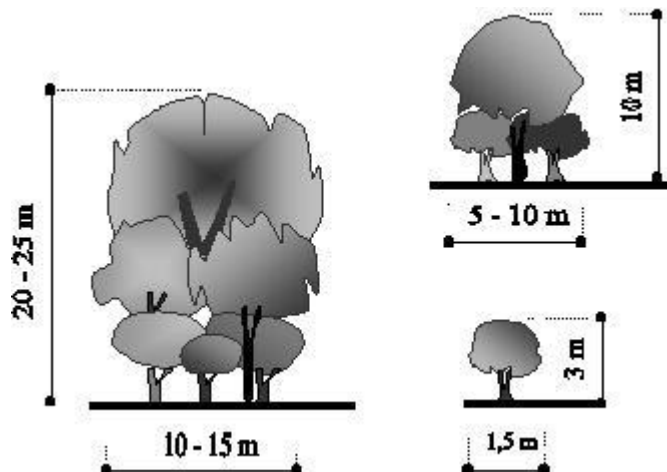
Fonte: (autor coletivo, Wikipédia), 2023.

FIGURA 4.14 - Desvio do fluxo de ar por meio de quebra-ventos naturais.



Fonte: Zhai, Krarti, Johnson ou Fouquier *et al.*, 2013.

FIGURA 4.15 - Composição de quebra-ventos de árvores. Maiores alturas requerem espécies de vegetação intermediárias para formar um bom quebra-vento.



Fonte: Zhai, Krarti, Johnson ou Fouquier *et al.*, 2013.

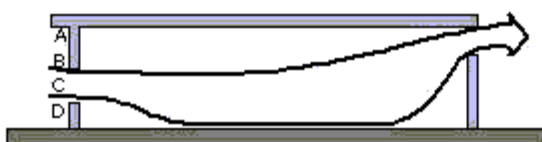
6.4.1.4. Ventilação de verão e inverno

Em dias quentes, a principal medida é extrair o calor do aviário para evitar estresse térmico nas aves, aumentando a ventilação para eliminar o calor produzido por elas. No verão, a ventilação deve garantir trocas térmicas eficazes, com renovação total do ar

frequente, preferencialmente com entrada de ar ao nível das aves e fluxo rápido para facilitar a dissipação do calor corporal. Já no inverno, a ventilação é mais lenta para evitar correntes frias diretas sobre as aves, permitindo mistura gradual do ar fresco com o ar interno quente, reduzindo umidade e amônia sem causar desconforto térmico.

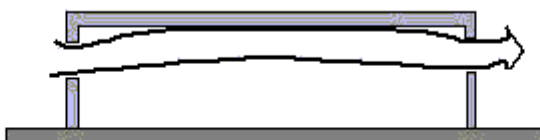
O ar frio, mais pesado, tende a se deslocar para baixo, o que pode provocar condensação da cama e tensões térmicas nas aves, conforme ilustrado nas Figuras 4.16 e 4.17, que mostram os efeitos do fluxo de ar nas aberturas inferiores e superiores do aviário (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

FIGURA 4.16 - Fluxo de ar devido a diferentes localizações da entrada e saída de ar.



Fonte: Chen & Gorlé, 2022.

FIGURA 4.17 - Deslocamento do fluxo de ar para a parte superior do aviário.



Fonte: Chen & Gorlé, 2022.

6.4.2. Ventilação artificial, mecânica ou forçada

A ventilação artificial utiliza equipamentos como exaustores e ventiladores para garantir circulação de ar adequada quando a ventilação natural é insuficiente, possibilitando controle preciso da taxa de renovação do ar, independentemente das condições externas.

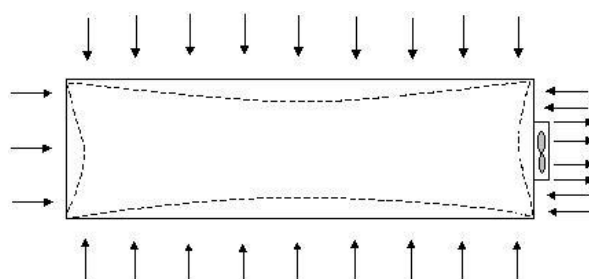
Existem dois tipos principais: sistemas de pressão negativa (exaustão) e pressão positiva (pressurização). O sucesso desses sistemas depende do correto dimensionamento e posicionamento dos equipamentos, pois a pressão, que está ligada à vazão e não à

velocidade do ar, é crucial para o bom funcionamento e para evitar áreas com pouca circulação no aviário (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

6.4.2.1. Sistema de pressão negativa ou exaustão

Neste processo o ar é forçado por meio de ventiladores (exaustores) de dentro para fora, criando um vácuo parcial dentro da instalação Figura 4.18. Cria uma diferença de pressão do ar do lado de dentro e do lado de fora e o ar sai por meio de aberturas.

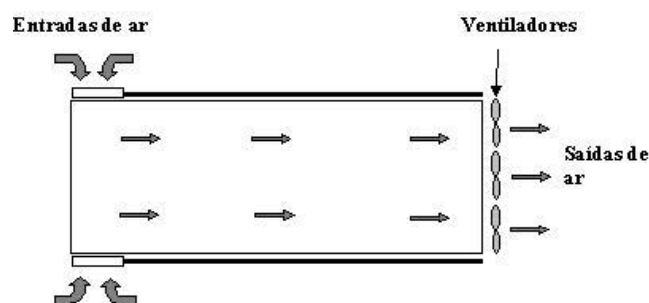
FIGURA 4.18 - Sistema de ventilação por pressão negativa. O ventilador aspira o ar do interior do aviário criando um vácuo parcial.



Fonte: Izadyar *et al.*, 2021.

No sistema de ventilação por exaustão, ventiladores são instalados nas extremidades do aviário, puxando o ar de um lado ao outro (Figura 4.19). O sistema deve garantir a renovação completa do ar a cada minuto, com velocidade entre 2 e 2,5 m/s. Para ser eficiente, é fundamental que o aviário esteja bem vedado para evitar perdas de ar (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

FIGURA 4.19 - Sistema de ventilação mecânica por exaustão.

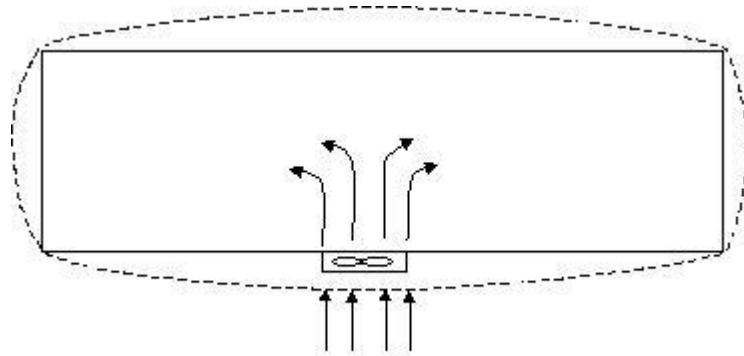


Fonte: Izadyar *et al.*, 2021.

6.4.2.2. Sistema de pressão positiva ou pressurização

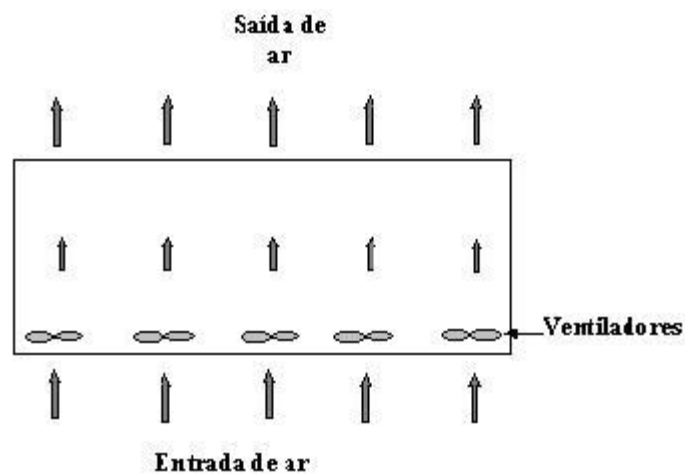
O ar é forçado por meio de ventiladores de fora para dentro. O gradiente de pressão do ar é de fora para dentro da instalação. O ar entra por meio de aberturas (Figuras 4.20, 4.21 e 4.22).

FIGURA 4.20 - Sistema de ventilação por pressão positiva. O ventilador insufla ar para dentro do aviário.



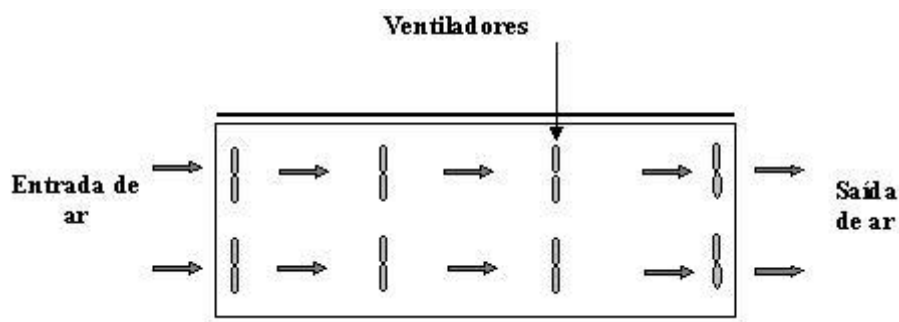
Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 4.21 - Sistema de ventilação positiva, transversal.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 4.22 - Sistema de ventilação positiva, longitudinal (ventilação tipo túnel).



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

6.5. Aquecimento

Diversos tipos de aquecedores têm sido desenvolvidos para fornecer calor e garantir conforto térmico às aves, otimizando o consumo energético. Com o avanço tecnológico, esses equipamentos tornaram-se mais eficientes e funcionais, permitindo uma melhor adaptação às condições ambientais.

As categorias principais de aquecedores incluem os aquecedores a lenha, que englobam campânulas e fornalhas; os aquecedores elétricos, como campânulas elétricas, lâmpadas infravermelhas e resistências embutidas no piso; os aquecedores a gás, que abrangem campânulas a gás, campânulas de placa cerâmica, campânulas infravermelhas e geradores de ar quente; e ainda os sistemas alternativos, que utilizam aproveitamento de resíduos, fornalhas, biogás, canalização de água quente no piso e aquecimento solar (EMBRAPA, 2020).

6.5.1. Aquecedores a lenha

Os aquecedores a lenha foram os primeiros usados para aquecer aviários, transmitindo calor principalmente pelo ar. Apresentam desvantagens como dificuldade de controlar a temperatura, maior trabalho e emissão de gases tóxicos, exigindo filtros.

No sul do Brasil, queimadores artesanais feitos de tanques vazios são usados para complementar o aquecimento a gás. Com a alta do preço do gás, o aquecimento a carvão,

que usa energia renovável e possui melhor controle térmico, tornou-se alternativa. O sistema distribui ar quente por ventiladores e tubos, consumindo cerca de 1 m³ de lenha por dia para um aviário de 100 m (EMBRAPA, 2020).

6.5.2. Aquecedores elétricos

Os aquecedores elétricos foram muito usados em criações pequenas, mas perderam espaço nas granjas maiores. Funcionam com resistências elétricas ou lâmpadas infravermelhas sob campânulas, aquecendo de cima para baixo, ou com resistências no piso para aquecimento de baixo para cima.

São sistemas limpos, fáceis de manter, que produzem calor constante sem emitir gases tóxicos. O principal problema é o alto custo da energia elétrica, especialmente com lâmpadas infravermelhas, que só são eficientes com controle termostático. Além disso, interrupções de energia causam riscos, especialmente se as lâmpadas não estiverem protegidas por campânulas (EMBRAPA, 2020).

6.5.3. Aquecedores a gás

Os aquecedores a gás são os mais usados por apresentarem baixo custo energético. Existem campânulas a gás, que aquecem por condução e convecção, indicadas para até 500 pintos, mas podem liberar gases nocivos. Os aquecedores com placa cerâmica melhoram a distribuição do calor, mas têm peças frágeis, para até 800 pintos. Os infravermelhos aquecem por radiação, atingindo até 1.000 pintos, evitam gases tóxicos e têm regulação termostática, porém consomem mais energia. Em temperaturas abaixo de 15°C, é necessário aquecimento extra para os pintinhos (EMBRAPA, 2020).

6.5.4. Sistemas Alternativos

Os sistemas alternativos de aquecimento aproveitam resíduos da produção avícola. Os fornos de resíduos, embora econômicos, estão em desuso devido ao trabalho e odores gerados. Biodigestores produzem biogás a partir de resíduos para alimentar campânulas adaptadas. Outro método é o aquecimento do piso com água quente em tubos, que mantém a cama seca e reduz amônia, mas tem alto custo e dificulta limpeza. O uso

de energia solar e eólica para aquecimento ainda não está disponível comercialmente para avicultores (EMBRAPA, 2020).

6.6. Fábrica de ração

A alimentação representa cerca de 70% do custo na produção avícola, sendo essencial planejar a fábrica de ração para evitar perdas e garantir a qualidade (EMBRAPA, 2020). A fábrica de ração deve ser à prova de roedores para evitar contaminação (EMBRAPA, 2017). Para granjas de 15 a 30 mil aves, recomenda-se um prédio de 20 x 12 m e pé-direito de 4,5 m, com silos de alvenaria para milho (63 t) e farelo de soja (32 t) (SANTOS; PEREIRA, 2018).

Os ingredientes são transportados por rosca sem fim, e a fábrica deve ter estrados de madeira para evitar umidade (OLIVEIRA; LIMA, 2019). Os equipamentos mínimos incluem peneira, moinho, balanças, misturador, elevadores e roscas (RODRIGUES; MENDES, 2018). A mistura deve seguir sequência específica para preservar a qualidade, adicionando o calcário por último e evitando sal na pré-mistura (CAMPOS; SOUZA, 2020).

6.7. Armazenamento

O armazenamento de grãos e farinhas é fundamental para reduzir custos na granja, permitindo a compra em épocas de maior oferta. No entanto, não melhora a qualidade dos grãos; se forem colhidos ou secos inadequadamente, permanecerão com baixa qualidade mesmo bem armazenados (ROSTAGNO *et al.*, 2017).

Problemas como contaminação fúngica e produção de micotoxinas, especialmente aflatoxinas, estão ligados a falhas no armazenamento, como paióis abertos ou silos mal vedados.

Para granjas com até 30.000 frangos, recomenda-se silos com capacidade para armazenar cerca de 2.500 sacos de milho, suficiente para um estoque de aproximadamente 90 dias, associados a sistemas de aeração para garantir a conservação dos grãos (EMBRAPA, 2017).

Também é comum o uso de silos tipo piscina para armazenamento de milho e farelo de soja diretamente na fábrica de ração, o que facilita o manejo e a produção (OLIVEIRA; SOUSA, 2019).

Além disso, é fundamental reservar áreas específicas para armazenar outros ingredientes como sal, calcário, premix e farinha de carne, evitando contaminações e assegurando a qualidade dos insumos (RODRIGUES; MENDES, 2018).

6.8. Escritório

É uma estrutura simples, funcional e de importância na granja. Local onde serão arquivados os registros diários, semanal, mensal e anual.

6.9. Captação, armazenamento e distribuição de água

A água é essencial para o desempenho zootécnico das aves, pois participa de funções como digestão, regulação térmica e eliminação de resíduos. A perda de apenas 10% da água corporal já compromete gravemente as funções fisiológicas, e perdas superiores a 20% podem levar à morte (ROSTAGNO *et al.*, 2017).

O Quadro 3.2 ilustra a importância da água para o organismo da ave em diferentes situações, reforçando sua necessidade contínua para o bem-estar e produtividade dos animais.

QUADRO 3.2 - Água como componente do corpo da ave.

Idade da ave	Porcentagem de água no corpo
Pinto de 1 dia	82,5
Uma semana de idade	79,0
Ave adulta	67,5

Fonte: /revista momento, 1975 - Laboratório MSD.

Para cada quilograma de ração consumida, o frango necessita de 2 a 4 litros de água, variando conforme a temperatura ambiente. O consumo médio para 1.000 aves está detalhado no Quadro 3.4. Além da quantidade, a qualidade da água é crucial para a saúde e desempenho zootécnico, devendo atender a parâmetros específicos como sólidos dissolvidos, pH, alcalinidade e presença de nitratos, sulfatos e cloreto de sódio, conforme mostrado no Quadro 3.3, assegurando a potabilidade e prevenindo problemas sanitários (EMBRAPA, 2013).

QUADRO 3.3 - A água fornecida à ave deve obedecer ao seguinte "padrão":

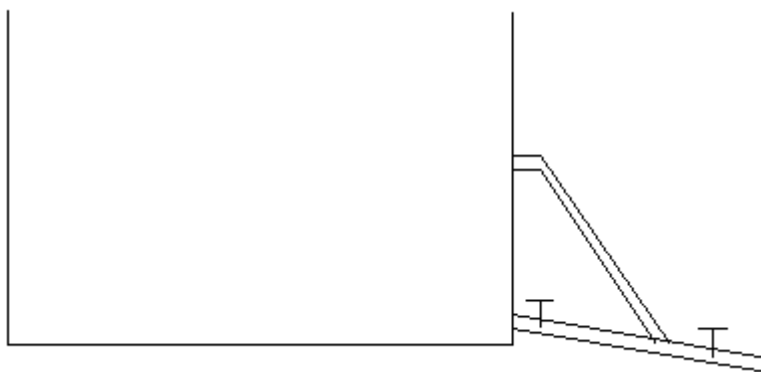
Total de sólidos dissolvidos	1.000 ppm
Total alcalinidade	400 ppm
Ph	5,5 a 8,0
Nitratos	45 ppm
Sulfatos	250 ppm
Cloreto de sódio	500 ppm

Fonte: /revista momento, 1975 - Laboratório MSD.

A água é essencial para o bom desempenho das aves, participando da digestão, transporte de nutrientes, regulação da temperatura e eliminação de resíduos (ROSTAGNO et al., 2017). Também atua na lubrificação das articulações e proteção do sistema nervoso.

Recomenda-se o uso de água limpa de nascente ou poço, livre de agentes patogênicos. O reservatório deve garantir autonomia mínima de dois dias, com capacidade estimada em 0,5 L por ave por dia. Para garantir segurança no abastecimento, indica-se um sistema com dupla saída, uma principal na meia altura e outra no fundo com registro, conforme ilustrado na Figura 4.23, permitindo identificar eventuais falhas no fornecimento (EMBRAPA, 2013).

FIGURA 4.23 - Caixa d'água com dupla saída



Fonte da autora, 2025

QUADRO 3.4 - Consumo médio de água para 1.000 frangos.

Idade em semanas	1	2	3	4	5	6	7
Litros/dia à temperatura de 20 a 23°C	42	83	124	178	236	288	335

Fonte: /revista momento, 1975 - Laboratório MSD.

A rede principal de água deve possuir tubulação de 2 polegadas, com derivações de $\frac{3}{4}$ de polegada para caixas de 500 a 1.000 litros localizadas no centro dos galpões, distribuindo água para ambos os lados. As saídas para os bebedouros devem ter uma polegada, e todo o sistema deve estar a 2 metros do piso para evitar o aquecimento da água pela radiação solar. Cuidados essenciais incluem análise da qualidade da água a cada seis meses, limpeza e desinfecção dos reservatórios também a cada seis meses, e manter as caixas sempre tampadas. Para tratamento simples da água, recomenda-se o uso de hipoclorito de sódio a 10%, aplicando-se 100 ml para cada 100 litros de água (EMBRAPA, 2013).

6.10. Destino das aves mortas

As aves mortas podem disseminar doenças por meio de ratos, moscas, cães e pássaros. Para eliminar essas carcaças, os principais métodos são a incineração e o uso de fossas. A fossa deve ficar a pelo menos 200 metros dos aviários, em local que não contamine o lençol freático, e ser coberta por uma laje de concreto com uma abertura central com tampa para a introdução das aves (Figura 4.24). Não se deve usar desinfetantes dentro da fossa, pois eles prejudicam a decomposição natural pelas bactérias (EMBRAPA, 2018).

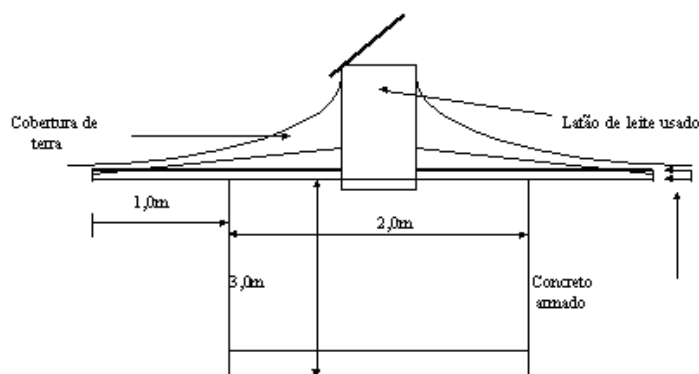


FIGURA 4.24 - Fossa.

Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

6.11. Cercas

A área da granja deve ser protegida com cercas de arame farpado, além de isolada por cerca viva e plantação de eucalipto ao longo de todo o perímetro. A plantação de eucalipto deve conter, no mínimo, cinco fileiras com espaçamento de 2 x 1 metro entre as árvores (EMBRAPA, 2020).

7. EQUIPAMENTOS E MANEJO

Manejo é o conjunto de práticas que garantem conforto e bem-estar às aves, permitindo que expressem seu potencial produtivo. Para bons resultados, é fundamental aplicar corretamente técnicas de ambiência, alimentação, sanidade, biossegurança e descarte de resíduos (SILVA *et al.*, 2022).

7.1. Manejo de instalações e equipamentos

O controle ambiental dos galpões é essencial para otimizar o desempenho zootécnico das aves. A densidade de alojamento deve ser ajustada conforme a estação e a região: em áreas frias, é possível alojar até 14 aves/m² no inverno e até 10 aves/m² no verão; já em regiões quentes, recomenda-se no máximo 11 aves/m² no inverno e de 8 a 9 aves/m² no verão (MOURA *et al.*, 2019).

Após a retirada do lote, devem ser seguidas medidas rigorosas de limpeza e desinfecção: remoção da cama e equipamentos, varrição completa (incluindo teto, piso e telas), queima de detritos com lança-chamas ou vassoura de fogo em todo o galpão e seu entorno (cerca de 7 metros), lavagem com jato de alta pressão, desinfecção de todos os equipamentos e cortinas, seguida do levantamento das cortinas e desinfecção geral.

Após isso, o galpão deve permanecer fechado por um período de vazio sanitário de 10 a 15 dias. É indispensável restringir o acesso de pessoas não autorizadas, animais e veículos. Além disso, a fábrica de ração e o almoxarifado devem ser mantidos constantemente limpos, evitando a presença de roedores, e toda a área ao redor dos galpões deve ser mantida livre de resíduos para prevenir riscos sanitários (EMBRAPA, 2020).

7.2. Manejo da cama

A cama aviária tem função essencial na criação de frangos, atuando na absorção da umidade, no isolamento térmico do piso e na proteção do peito das aves. Deve ser feita com material seco, barato, disponível na região e livre de contaminantes (SANTIN *et al.*, 2013).

São usados materiais como maravalha, casca de arroz, sabugo de milho triturado, entre outros. Utiliza-se cerca de 0,5 a 0,8 kg de cama por ave, formando uma camada de 5 a 8 cm. A umidade ideal da cama varia entre 20% e 25%. A cama deve ser revolvida nos primeiros 15 dias e, depois, conforme necessário. Caso fique úmida (ex.: em volta dos bebedouros), deve ser substituída. O tratamento pode ser feito com sulfato de cobre a 3% (uma aplicação no piso e duas na cama, com intervalo de duas horas). Ao final de cada ciclo, a cama deve ser retirada, vendida ou armazenada longe dos galpões (SANTIN *et al.*, 2013).

7.3. Círculo de proteção

O círculo de proteção é essencial nas primeiras semanas de vida dos pintinhos, pois garante conforto térmico e proteção contracorrentes de ar frio, além de mantê-los próximos às fontes de calor, água e ração (ALBINO *et al.*, 2020).

Geralmente construído com chapas de Eucatex ou folhas de flandres, sua altura varia entre 0,40 m (regiões quentes) e 0,60 m (regiões frias). Para 500 pintinhos, recomenda-se um círculo de 3 a 4 metros de diâmetro.

7.3.1. Manejo do círculo de proteção

O círculo de proteção é fundamental na fase inicial da criação, oferecendo um ambiente aquecido, seguro e adaptado às necessidades dos pintinhos, protegendo-os de correntes de ar e garantindo proximidade à fonte de calor, água e ração (MENDES *et al.*, 2014). Deve ter de 0,40 a 0,60 m de altura, com diâmetro de 3 a 4 metros para 500 aves, conforme mostrado na Figura 5.1.

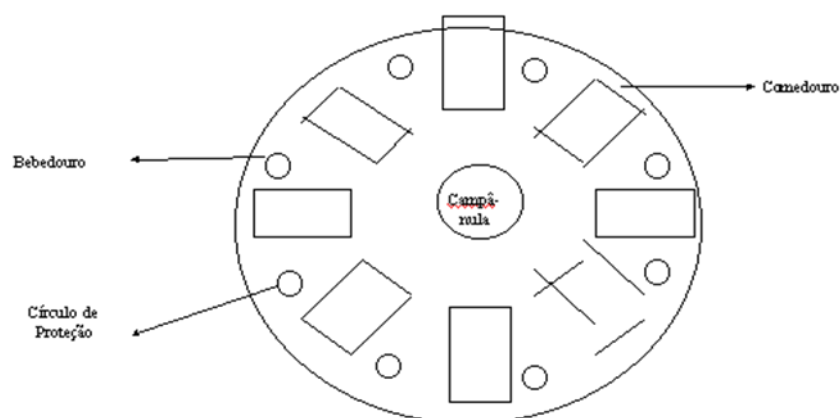


FIGURA 5.1 - Círculo de proteção.

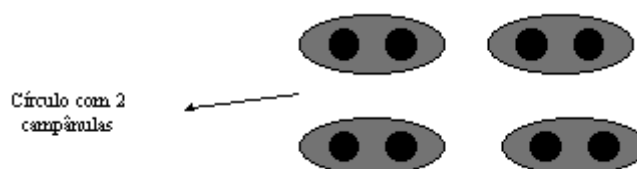
Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001

Seu preparo inclui forrar a cama com papel nos dois primeiros dias, o que impede que os pintinhos ingiram material da cama e estimula o consumo de ração (SILVA et al., 2021). A abertura do círculo deve ser gradual, com variações entre verão e inverno, sempre observando o comportamento das aves.

A primeira abertura ocorre entre o 2º e 3º dia no verão, e entre o 4º e 5º dia no inverno. A segunda acontece entre o 4º e 5º dia no verão e entre o 8º e 10º no inverno, podendo incluir a junção de dois círculos (Figura 5.2). A terceira abertura é feita entre o 8º e 10º dia no verão, e entre o 15º e 17º no inverno, com a retirada de cortinas internas, conforme ilustrado na Figura 5.3 (EMBRAPA, 2019).

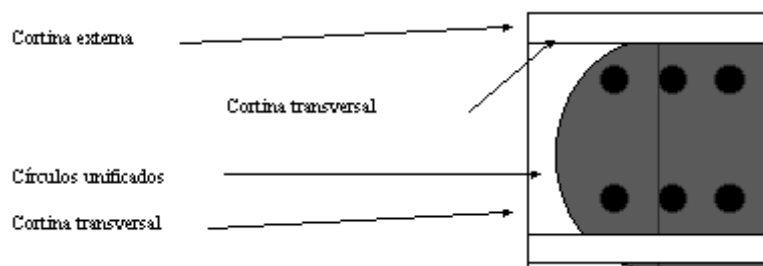
A distribuição de comedouros e bebedouros deve ser intercalada para garantir o fácil acesso à água e à ração. Uma alternativa eficiente é o uso de círculos duplos com duas fontes de calor, o que amplia a área aquecida e oferece segurança em caso de falhas (OLIVEIRA et al., 2022).

FIGURA 5.2 - Fusão de dois círculos em um.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.3 - Uso de cortina interna, externa, transversal e fusão círculos.



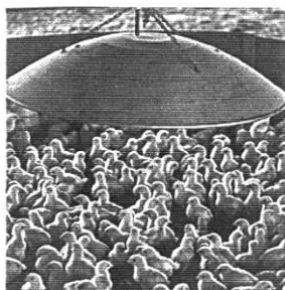
Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

7.4. Campânula

Tem a finalidade de fornecer calor aos pintinhos nos primeiros 10 dias.

Esta permanência poderá ser ampliada dependendo do clima da região (Figura 5.4).

FIGURA 5.4 - Campânula dentro do círculo de proteção.



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

As campânulas, equipamentos usados para aquecer pintinhos, podem ser a gás, elétrica, infravermelho ou carvão, sendo as duas primeiras as mais comuns devido à eficiência e facilidade de uso (SOUZA *et al.*, 2018).

Elas são dimensionadas para atender até 500 pintinhos por unidade. A altura de instalação da campânula deve ser ajustada conforme a temperatura ao redor, sempre observando o comportamento das aves para garantir conforto térmico. Esse ajuste permite controlar a temperatura ambiente, conforme indicado no Quadro 4.1 (MENDES *et al.*, 2014).

QUADRO 4.1 – Relação idade e temperatura ideal.

1 a 7 dias	32° - 35°C
8 a 14 dias	29° - 32°C
15 a 21 dias	26° - 29°C
22 a 28 dias	24° - 27°C
29 a 35 dias	21° - 24°C
36 ao abate	18° - 21°C

Fonte: Macari & Furlan (2001).

Ilustração do comportamento dos pintinhos sob a campânula em função da temperatura do ar e correntes de ventos (Figuras 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8).

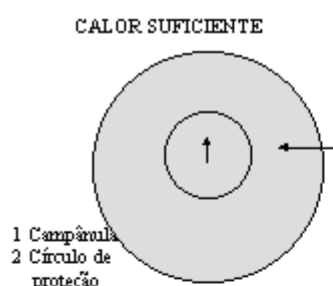


FIGURA 5.5 - Distribuição uniforme e piar suave.



FIGURA 5.6 - Piar agudo e aglomeração debaixo da campânula.



FIGURA 5.7 - Afastam-se da campânula e mostram-se sonolentos.

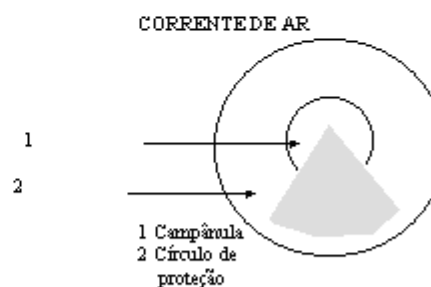


FIGURA 5.8 - Piar agudo e aglomeração em forma de cunha.

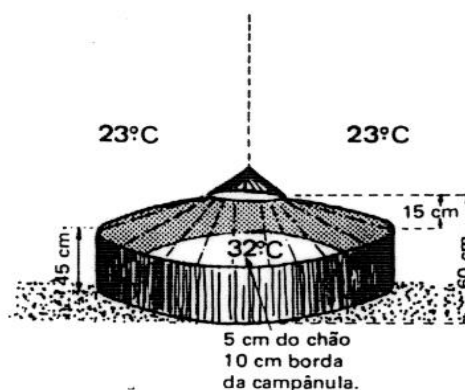
Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

7.4.1. Manejo da campânula

Para garantir o funcionamento eficiente da campânula, ela deve ser ligada pelo menos duas horas antes da chegada dos pintinhos, permitindo o aquecimento do ambiente conforme a necessidade das aves, além de possibilitar o teste prévio do equipamento (MARTINS et al., 2017).

O comportamento dos pintinhos dentro do círculo de proteção é indicador da temperatura adequada, que deve estar entre 32 e 35°C ao nível dos pintinhos, reduzindo-se cerca de 3°C por semana até a retirada da campânula, geralmente entre 10 e 15 dias (SILVA; PEREIRA, 2019). A regulagem da temperatura ocorre ajustando a altura da campânula: para aumentar a temperatura, deve-se abaixar a campânula, e para diminuir, subir. A medição ideal da temperatura deve ser feita com termômetro colocado a 10 cm da borda da campânula e a 5 cm do piso, conforme ilustrado na Figura 5.9 (OLIVEIRA, 2020).

FIGURA 5.9 - Disposição da campânula dentro do círculo.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

É importante o uso de uma lâmpada de 15 w (lâmpada piloto) durante 24 horas por campânula para orientação das aves. Isto evita que elas se amontoem em determinados locais e morram por asfixia.

7.4.2. Termômetro

O termômetro é utilizado para medir tanto a temperatura geral do galpão quanto a temperatura dentro do círculo de proteção. A temperatura média do galpão é registrada a

uma altura de 1,6 metros do piso, enquanto a temperatura interna próxima ao piso é medida a 5 centímetros de altura; a média desses valores indica a temperatura interna do galpão (COSTA; LIMA, 2018).

Já a temperatura dentro do círculo de proteção deve ser aferida a 5 centímetros da borda da campânula e a 10 centímetros acima da cama, para melhor monitoramento do conforto térmico dos pintinhos (SANTOS *et al.*, 2020).

7.5. Cortinas

Tem a finalidade de controlar a ventilação e a temperatura interna do galpão. A cortina pode ser de polietileno trançado ou tecido.

Sua movimentação é no sentido de cima para baixo com catraca ou roldana, sendo fixada nas muretas laterais (conforme a Figura 5.10).

FIGURA 5.10 - Detalhe da cortina e sua movimentação.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

Nas regiões frias, o uso de cortinas duplas, instaladas externamente e no centro do galpão, é recomendado para melhor controle térmico. Além disso, cortinas transversais podem ser utilizadas para melhorar o microclima próximo aos pintinhos.

A abertura total dessas cortinas deve ocorrer entre o décimo e o vigésimo dia, conforme o clima local, sempre observando a temperatura interna e o comportamento das aves para ajustes adequados (SANTOS *et al.*, 2020). A Figura 5.4 ilustra a disposição das cortinas no galpão.

7.6. Bebedouro

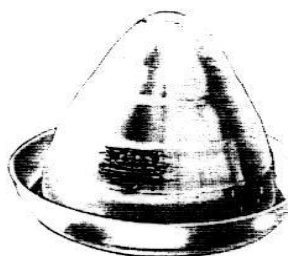
Na fase inicial da criação, é fundamental garantir a boa distribuição dos bebedouros dentro dos círculos de proteção, facilitando o acesso dos pintinhos e evitando umidade na cama que possa provocar problemas sanitários (OLIVEIRA, 2019).

Na primeira semana, utiliza-se oito bebedouros tipo pressão de 4 litros sobre estrados de madeira em cada círculo. A partir da segunda semana, recomenda-se um bebedouro para cada 50 pintinhos, e do 10º ao 15º dia ocorre a substituição gradual por bebedouros automáticos, mantendo a proporção de 1:100 aves em regiões frias e 1:80 em regiões quentes (SOUZA *et al.*, 2021).

Os bebedouros do tipo nipple e copinho têm se destacado por evitar desperdício de água e reduzir mão de obra na limpeza, além de exigir água limpa para evitar entupimentos e vazamentos (SILVA, 2020).

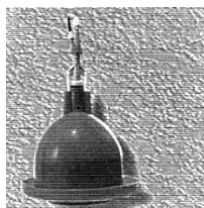
As vantagens do bebedouro tipo nipple incluem fornecimento constante de água fresca e limpa, facilidade para medicação automática, redução do trabalho de limpeza, maior resistência a tratamentos químicos da água, vedação eficiente que elimina vazamentos, e melhor desempenho produtivo das aves, como menor mortalidade e melhor conversão alimentar (COSTA, 2018). A instalação do sistema também otimiza o espaço no galpão e facilita o manejo (Figura 5.5). Tipos de bebedouros disponíveis.

FIGURA 5.11 - Bebedouro cônico (Capacidade 4 litros).



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.12 - Bebedouro pendular



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.13 - Bebedouro nipple.



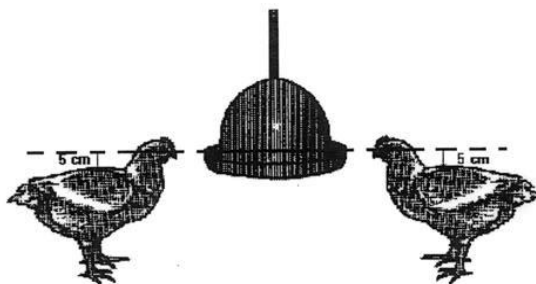
Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

7.6.1. Manejo dos bebedouros

A oferta de água limpa é essencial para o desempenho das aves, sendo necessário manter os bebedouros sempre higienizados e bem-posicionados, evitando o umedecimento da cama (SILVA *et al.*, 2020). Na primeira semana, recomenda-se um bebedouro tipo copo para cada 60 pintinhos; na segunda semana, 1:50. A substituição gradual por bebedouros automáticos inicia-se no 10º dia, alcançando a proporção de 1:100 aves (COSTA, 2019).

A altura dos bebedouros automáticos deve acompanhar o crescimento das aves, ficando cerca de 5 cm acima do dorso. O uso de estrados evita o contato direto da água com a cama. A regulagem da vazão é essencial para evitar vazamentos, como mostra a Figura 5.14 (FERREIRA, 2022).

FIGURA 5.14 - Regulagem da altura do bebedouro.



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

7.7. Comedouro

O arraçoamento dos frangos de corte exige comedouros adequados à idade. No início, usam-se bandejas (1:100 na 1ª semana; 1:50 na 2ª) ou copos (1:40), visando estimular o consumo (MENDES *et al.*, 2021). Com o crescimento, substituem-se gradualmente por comedouros tubulares (1:30) ou automáticos (1:33), que reduzem o desperdício e distribuem melhor a ração (ROSA *et al.*, 2022). A distância até alimento e água não deve ultrapassar 3 metros, para não prejudicar o desempenho (FERREIRA, 2023). Tipos de comedouros;

FIGURA 5.15 - Comedouro cônico.



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.16 - Comedouro bandeja.



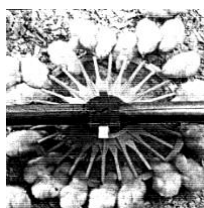
Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.17 - Comedouro tubular.



Fonte: TINÔCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.18 - Comedouro automático.



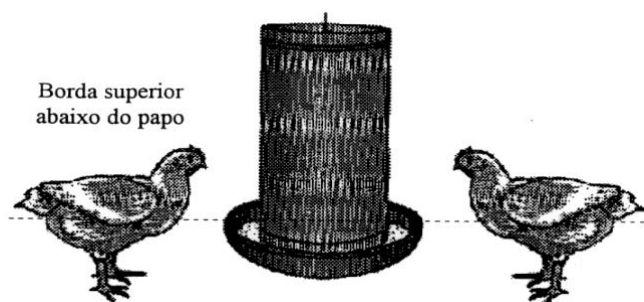
Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

7.7.1. Manejo dos comedouros

Durante as duas primeiras semanas, utilizam-se comedouros tipo copo ou bandejas, que devem ser substituídos gradualmente por comedouros tubulares ou automáticos a partir do início da segunda semana, com substituição total até o início da terceira semana (MENDES *et al.*, 2021).

Todos os comedouros devem permanecer limpos, abastecidos e distribuídos uniformemente, com a ração mantida ao nível de 1/3 da altura do prato. Para isso, é necessário girar o copo ou ajustar a altura do cilindro no comedouro tubular (FERREIRA, 2023). A altura ideal dos comedouros deve ser regulada conforme o crescimento das aves, mantendo a borda à altura do peito, evitando o desperdício (ROSA *et al.*, 2022). Ao final do ciclo, recomenda-se retirar, lavar, desinfetar e reinstalar todos os equipamentos (ver Figura 5.19).

FIGURA 5.19 - Relação entre altura do frango e do comedouro.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

7.7.2. Manejo de arraçoamento

No primeiro dia de vida, recomenda-se distribuir canjiquinha fina ou quirera sobre o papel colocado dentro do círculo de proteção, estimulando o consumo precoce pelos

pintinhos (MENDES *et al.*, 2021). A partir do segundo dia, a ração deve ser fornecida em comedouros tipo bandeja ou copo, em pequenas porções e várias vezes ao dia, garantindo que os comedouros nunca fiquem vazios. A partir da segunda semana, inicia-se o uso dos comedouros tubulares ou automáticos (ver Figuras 5.15 a 5.18), com ração farelada (ROSA *et al.*, 2022).

A eficiência do arraaçamento está diretamente ligada a diversos fatores, como temperatura e ventilação dos galpões, fornecimento de água potável, manejo adequado dos equipamentos, composição e forma da ração, controle de desperdícios, condições sanitárias, linhagem genética, densidade de alojamento, controle da mortalidade, monitoramento diário do consumo e análise periódica dos ingredientes utilizados (FERREIRA, 2023).

QUADRO 4.2 - Porcentagem de desperdício de ração em comedouros.

Idade da ave em semanas	Comedouro cheio	Comedouro com 2/3 de ração	Comedouro com ½ de ração	Comedouro com 1/3 de ração
1 – 2	15	2,6	1,1	0,4
2 – 3	24	11,8	1,4	1,4
3 – 4	27	5,5	2,1	1,4
4 – 5	35	8,9	2,2	0,6
5 – 6	33	7,7	2,4	0,5

Fonte: GONZAGA *et al.* (1999) e MENDES (2005).

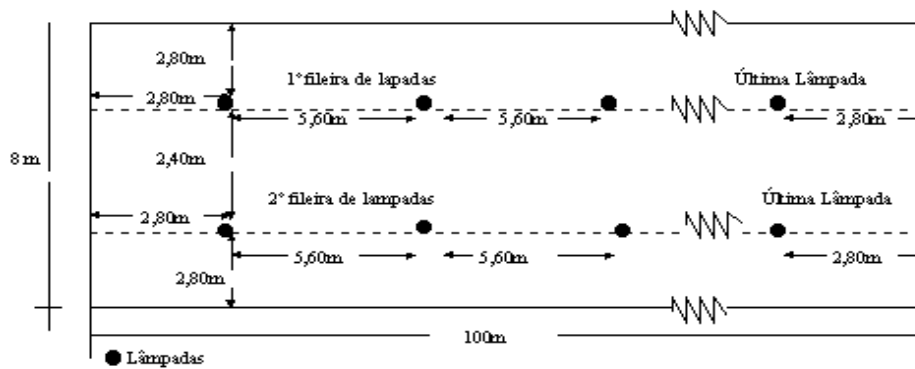
Observa-se, portanto, que com a colocação de apenas 1/3 de altura do comedouro (Quadro 4.2), ocorrerá o menor desperdício de ração e o inverso com a utilização da capacidade total do comedouro.

7.8. Iluminação

A iluminação artificial melhora o desempenho dos frangos de corte ao aumentar o consumo de ração, especialmente em climas quentes, além de facilitar a adaptação nos primeiros dias (MENDES *et al.*, 2020). Para isso, deve-se calcular corretamente os lúmens, recomenda-se 22 lúmens/m², com distribuição uniforme das lâmpadas, limpeza frequente e uso de refletores (FERREIRA *et al.*, 2022).

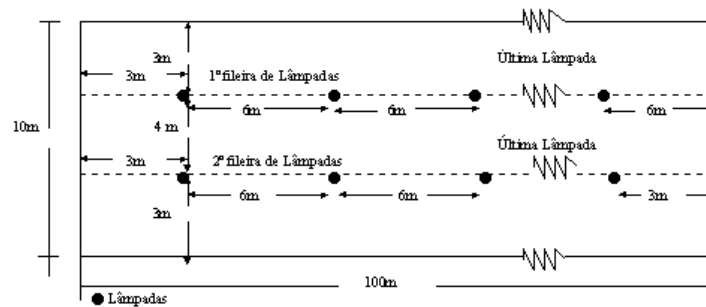
Um programa comum é o de 3 horas no escuro e 1 hora de luz, permitindo melhor digestão (SILVA *et al.*, 2021). A disposição das lâmpadas no galpão segue a altura do pé-direito, conforme ilustrado nas Figuras 5.20 a 5.22, e os dados estão na Quadro 4.3.

FIGURA 5.20 - Distribuição de lâmpadas galpão 2,80m pé direito.



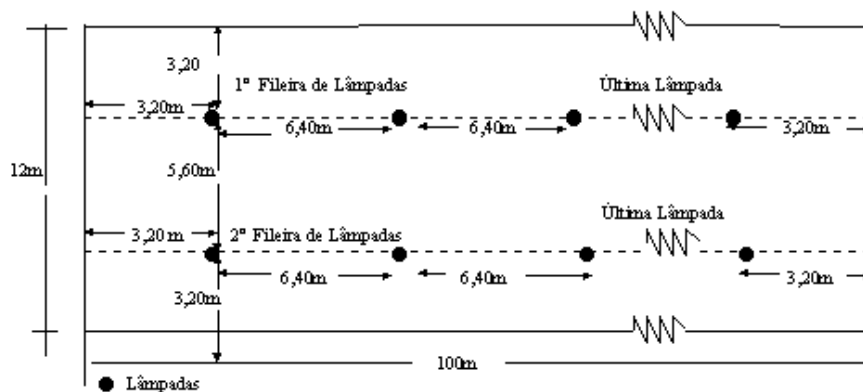
Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.21 - Distribuição de lâmpadas galpão 3,00m pé direito.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

FIGURA 5.22 - Distribuição de lâmpadas galpão 3,20m pé direito.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

QUADRO 4.3 - N° médio de lumens por lâmpada segundo o tipo.

TIPOS DE LÂMPADA	WATT	LUMENS
INCANDESCENTE	15	125
	25	225
	40	430
	50	655
	60	810
	100	1600
	150	2500
	200	3500
FLUORESCENTE	15	500 A 700
	20	800 A 1000
	40	2000 A 2500
	75	4000 A 5000
	200	10000 A 12000

Fonte: ABREU, V. M. N.; MOLLER, A. R. (2011).

A iluminação artificial em galpões para frangos de corte é essencial para estimular o consumo de ração, melhorar o crescimento e permitir uma adaptação mais rápida dos pintinhos ao ambiente, principalmente nos primeiros dias de vida (ABREU & MOLLER, 2011).

O dimensionamento da iluminação deve considerar a área do galpão, número de lumens por metro quadrado (22 lm/m²), distribuição uniforme das lâmpadas e o uso de refletores, conforme mostram as Figuras 5.20 a 5.22 e a tabela 4.3.

Um exemplo prático: para um galpão de 12 x 100 m com pé-direito de 3,2 m, exige-se 26.400 lumens totais, distribuídos em duas fileiras com 14 lâmpadas cada, totalizando 28 lâmpadas. Cada lâmpada deve emitir cerca de 942 lumens. Os tipos recomendados são incandescentes ou fluorescentes brancas frias.

Quanto à ventilação natural, o dimensionamento das aberturas dos lanternins pode ser feito com base nas diferenças de temperatura e altura, usando fórmulas derivadas da equação do termossifão (BATURIN, 1976; CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

$$A = 8,27 \cdot V / \sqrt{h \cdot \Delta t}$$

onde:

A = área da abertura (m^2),

V = vazão de ar (m^3/s),

h = diferença de altura entre entrada e saída (m),

Δt = diferença de temperatura entre ar de saída e entrada ($^{\circ}C$).

Ao aplicar esses cálculos, deve-se ainda considerar a presença de telas, que reduzem o fluxo de ar em até 40%, devendo-se multiplicar a área resultante por 1,4. Um exemplo citado mostra que, com temperatura de entrada de $32^{\circ}C$ e saída de $39,7^{\circ}C$, a abertura ideal por metro linear de galpão é de aproximadamente $0,86 m^2$ de cada lado.

8. DISCUSSÃO

Ao longo da revisão, evidenciou-se que o ambiente onde as aves de corte são criadas influencia diretamente seu desempenho e bem-estar. Mesmo em regiões quentes, como no Brasil, muitos produtores enfrentam desafios que podem ser minimizados com ajustes simples nas instalações e no manejo ambiental (EMBRAPA, 2020).

A temperatura, umidade, ventilação e radiação solar atuam conjuntamente e, quando mal controlados, provocam estresse térmico, prejudicando consumo de ração, ganho de peso e sobrevivência das aves (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010). A dificuldade das aves em dissipar calor em ambientes quentes e úmidos se deve à ausência de glândulas sudoríparas, dependendo principalmente da respiração para termorregulação (STURKIE, 2000).

Além disso, o tipo construtivo dos galpões influencia na temperatura interna. Construções mal orientadas e com ventilação insuficiente acumulam calor, enquanto galpões planejados com orientação leste-oeste, isolamento térmico adequado e ventilação eficiente mantêm a temperatura próxima da zona de conforto térmico das aves (BATURIN, 1976; EMBRAPA, 2020).

O manejo correto das instalações — incluindo limpeza, uso adequado de cortinas, e distribuição eficiente de bebedouros e comedouros — melhora o conforto térmico, sanidade e desempenho zootécnico (CARGNELUTTI FILHO *et al.*, 2010).

Assim, o ambiente ideal não depende só de tecnologia avançada, mas do conhecimento técnico aplicado na prática. Pequenas modificações no projeto, ventilação e organização interna promovem impactos positivos na produção (EMBRAPA, 2020).

A ambiência deve ser vista como pilar fundamental da avicultura, pois favorecer o bem-estar animal é estratégia para aumentar produtividade e reduzir perdas, reforçando a necessidade de capacitação dos produtores para adequar as instalações ao clima regional (ASHRAE, 2017).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou que o ambiente onde os frangos de corte são criados tem grande impacto na saúde, no bem-estar e nos resultados da produção. Fatores como temperatura, umidade, ventilação e luz influenciam diretamente o conforto das aves e, quando não são bem controlados, podem prejudicar seu crescimento e aumentar o risco de mortalidade.

Foi possível observar que pequenas mudanças nas construções, como a escolha certa do local, o uso de materiais adequados e a boa circulação de ar, podem melhorar bastante o ambiente interno dos galpões. Além disso, o manejo correto dos equipamentos e das condições do local também contribui para melhores resultados.

Na prática, isso significa que investir em boas condições de criação ajuda o produtor a ter aves mais saudáveis, com melhor desempenho e menor custo. Assim, cuidar da ambiência é essencial para uma produção mais eficiente e com melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10151: Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABREU, V. M. N.; MOLLER, A. R. **Iluminação artificial em galpões avícolas**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. 32 p.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Handbook: Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE, 2017.

AUTOR COLETIVO. Torre de vento. **Wikipédia: a enciclopédia livre, 2023**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Torre_de_vento. Acesso em: 05 ago. 2025.

BAÊTA, F. C. **Ventilação na avicultura de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998.

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. F. de. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2010.

BASTIDE, Lucas; LUCAS, Franck; BOYER, Harry. Numerical study of the natural ventilation of a cubic building with large openings. **International Journal of Ventilation**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1409.7080>. Acesso em: 05 ago. 2025.

BATURIN, A. P. **Física do ambiente construído**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

BORDIN, R. A. et al. Comportamento térmico de diferentes modelos de galpões utilizados na avicultura de corte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 42–47, 2015.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. **Ambiência na produção de frangos de corte: conforto térmico e eficiência produtiva**. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

CARVALHO, L. B.; GUIMARÃES, M. C. C. **Instalações e ambiência na produção animal**. Viçosa, MG: UFV, 2020.

CARRIJO, A. S.; MOURA, D. J.; VIEIRA, M. F. A. Ambiência na produção de aves. In: SILVA, I. J. O. da (org.). **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Campinas: FUNEP, 2005. p. 25–46.

CHEN, Qin; GORLÉ, Catherine. On the accuracy of CFD predictions of a buoyancy-driven natural ventilation scenario. **Building and Environment**, v. 206, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108390>.

COLLIER, R. J.; GEBREMEDHIN, K. G. Thermal biology of domestic animals. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 2, p. 1–20, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-022114-110659>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CORDEIRO, M. B. **Ambiência térmica e desempenho produtivo de frangos de corte em diferentes densidades e sistemas de ventilação**. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

COSTA, J.; LIMA, M. **Manejo térmico em aviários: técnicas e equipamentos**. São Paulo: Editora Agropecuária, 2018.

CÓSTOLA, D. **Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-12032007-225829/publico/dissertacaoPerenJI.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2025.

EMBRAPA. **Água na avicultura: qualidade e quantidade**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2013. (Documentos, 165).

EMBRAPA. **Ambiência na produção de frangos de corte**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/avicultura>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI Publishing Company, 1982.

FERREIRA, R. A. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

FERREIRA, R. A. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

FOUCQUIER, Adrien et al. State of the art in building modelling and energy performances prediction: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 272-288, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.004>.

FRISTOE, T. S.; BURGER, J. R.; BALK, M. A. Metabolic heat production and thermal conductance are mass-independent adaptations to thermal environment in birds and mammals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 52, p. 15934–15939, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1521662112>. Acesso em: 10 jul. 2025.

FURLAN, R. L. et al. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar na dissipação de calor evaporativo em frangos de corte. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONZAGA, V. F.; MENDES, A. A.; GARCIA, R. G. Desperdício de ração em diferentes níveis de enchimento dos comedouros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 1, n. 2, p. 47-53, 1999.

IZADYAR, Nima et al. Evaluation of airflow pattern generated by ceiling fan in ventilated spaces. **Building and Environment**, v. 200, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107974>.

LARA, L. J.; ROSTAGNO, M. H. Impact of heat stress on poultry production. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 356–369, 2013. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/3/2/356>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LÔBO, D. G. F.; TAVARES, D. M.; LAMBERTS, R. A influência dos captadores de vento na ventilação natural em edificações escolares da cidade de Maceió – AL. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 21–35, 2003. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3451>. Acesso em: 04 ago. 2025.

LOURENÇO, D. S. et al. Thermoregulation and physiological responses of poultry in tropical climates. **Journal of Thermal Biology**, v. 91, p. 102621, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102621>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MACARI, M.; FURLAN, R. L. F. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.

MEDEIROS, C. M.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; OLIVEIRA, R. F. M. Conforto térmico para frangos de corte: avaliação das condições térmicas do ambiente e desempenho das aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 129–134, 2005.

MOURA, D. J.; SILVA, R. A.; NÄÄS, I. A. **Gestão ambiental na avicultura: biossegurança e manejo sanitário**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2019.

NAAS, I. A. et al. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 5, p. 497–502, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500001>. Acesso em: 15 jul. 2025.

NOBLET, J.; DUBOIS, S.; VAN MILGEN, J. Prediction of animal heat production and energy balance using a parsimonious model. **Animal**, v. 7, n. 1, p. 103–113, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731112001214>. Acesso em: 15 jul. 2025.

OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, R. A. **Ventilação em instalações avícolas: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Agrícola, 2015.

OLIVEIRA, R. A.; FURLAN, R. L.; MACARI, M. Efeito da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2000.

QAID, M. M.; AL-GARADI, M. A. Protein and amino acid metabolism in poultry during and after heat stress: a review. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1167, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/4/1167>. Acesso em: 10 jul. 2025.

RODRIGUES, V. C.; FURLAN, R. L. Ambiência para aves: bem-estar e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 9, p. 571–578, 2016.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2017.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016.

SCALES, J. G.; VONKEYSERLINGK, M. A. G.; KRAFT, J. Termorregulação e estresse térmico em aves: fundamentos e estratégias de manejo. **Journal of Poultry Science**, v. 54, n. 3, p. 211–219, 2015.

SOUZA, C. F. et al. Efeitos do ambiente térmico sobre o desempenho e o bem-estar de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 25, n. 3, p. 53–63, 2020.

STURKIE, P. D. *Avian physiology*. 5. ed. New York: Springer, 2000.

TANAFE, A. M.; WONDMENEH, E.; DESSIE, T. Heat stress and poultry production: a comprehensive review. **Poultry Science**, v. 102, n. 2, art. 102359, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102359>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TEIXEIRA, V. H. **Instalações para avicultura de corte e postura**. Viçosa: UFV, 1997.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.

TICKLE, P. G.; CODD, J. R. Thermoregulation in rapidly growing broiler chickens is compromised by constraints on radiative and convective cooling. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 8–14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.11.007>. Acesso em: 10 jul. 2025.

TINÔCO, I. F. F. **Ambiência na produção de aves em clima tropical**. Viçosa: UFV, 1996.

TINOCO, I. F. F. **Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepção e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

TINOCO, I. F. F.; ANDRADE, R. R. Ambiência e conforto térmico na avicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 547–553, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600018>. Acesso em: 10 jul. 2025.

YAHAV, S. Regulation of body temperature: strategies for heat stress tolerance in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 88, n. 4, p. 832–839, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00232>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ZHAI, Zhiqiang; KRARTI, Moncef; JOHNSON, James. Assessment of natural and hybrid ventilation models in whole-building energy simulation tools. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 4, p. 374–381, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.008>.

ZILU, C. R. et al. Eficiência de sistemas de climatização em aviários. **Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 1, p. 41–49, 2012.

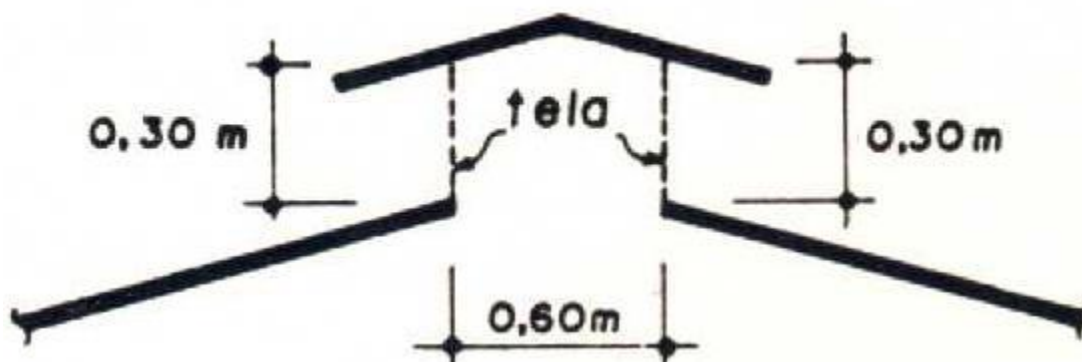
ZILU, Y. et al. Effects of thermal environment on the performance, blood parameters and behavior of broilers. **Journal of Thermal Biology**, v. 91, p. 102583, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102583>. Acesso em: 15 jul. 2025.

ANEXO - Determinação das áreas das aberturas dos lanternins para ventilação natural por ação da temperatura

Aplicando os dados na equação:

temperatura de saída do ar (t_s) igual a $39,7\text{ °C}$ (equação A-5)

abertura de saída (A_s) igual a $0,60\text{ m}^2$ de cada lado.

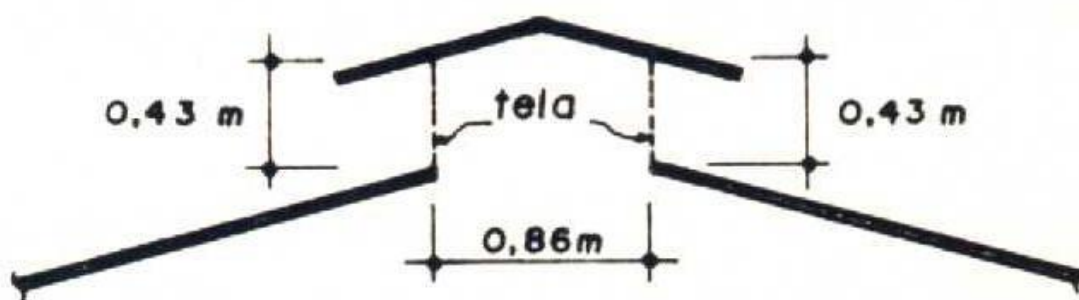


Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.

Se considerarmos a área de abertura de entrada igual à da saída, teremos:

temperatura de saída do ar (t_s) igual a $39,7\text{ °C}$ (equação A-6)

abertura de saída (A_s) igual a $0,86\text{ m}^2$ de cada lado.



Fonte: TINÓCO, I. de F. F., 2001.