

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DO
CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE FRANGO DE
CORTE**

Leda Gobbo de Freitas Bueno

Fevereiro de 2004

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DO
CONFORTO TÉRMICO EM INSTALAÇÕES DE FRANGO DE
CORTE**

Dissertação de mestrado, submetida à banca examinadora para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração de Construções Rurais e Ambiente.

**LEDA GOBBO DE FREITAS BUENO
ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTONIO ROSSI**

FEVEREIRO DE 2004

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B862a Bueno, Leda Gobbo de Freitas
Avaliação da eficiência energética e do conforto
térmico em instalações de frango / Leda Gobbo de
Freitas Bueno. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Luiz Antonio Rossi.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Indústria avícola. 2. Frango de corte. 3. Energia
elétrica - Conservação. 4. Conforto térmico. 5.
Produtividade. I. Rossi, Luiz Antonio. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Agrícola. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

Aos meus pais, Benedito de Freitas Bueno e Sandra Gobbo de Freitas Bueno, pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador Luis Antonio Rossi, pelos créditos depositados, pela paciência, e sobretudo, pelos ensinamentos transmitidos nestes anos de convívio.

Ao técnico Edson Caíres por toda colaboração na parte técnica da instalação dos equipamentos.

À FEAGRI/UNICAMP pela estrutura institucional proporcionada para o desenvolvimento deste trabalho. Ao CNPq e CAPES pelas concessões de bolsas de estudo. À FAPESP, pelo apoio financeiro para implantação do projeto.

Ao empresário Marco Antônio S. Pedreira pelo apoio ao abrir as portas de seu empreendimento para realização desta pesquisa e a todos os funcionários da granja Matuetê, principalmente nas pessoas do Dr. Paulo Valério e Sr. José Francisco, pelo apoio integral e amizade.

À Professora Dra. Irenilza de Alencar Nääs, professora titular da FEAGRI/UNICAMP pelo apoio na realização deste projeto.

Pela realização do delineamento estatístico ao Prof. Msc. Benedito de Freitas Bueno.

Aos amigos Elton Correa Castro, Miwa Yamamoto Miragliotta, Evandro Laranjeira, Júlio Capelatto Neto, Juliana Sarubbi, Rosangela Gomes, Ana Paula Montagner, Marta Vecchi e demais.... agradeço pelo incentivo e pela ajuda nos momentos difíceis.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Ambiência Animal	3
2.2. Climatização	6
2.3. Importância da Ventilação Forçada e Nebulização	9
2.4. Uso Racional e Conservação de Energia Elétrica	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Material	16
3.1.1 Local	16
3.1.2 Período do Experimento	16
3.1.3 Instalações e Caracterização Construtiva dos Galpões	17
3.1.3.1 Abrigo	17
3.1.3.2 Field Logger	19
3.1.3.3 Controlador HX 600	19
3.1.3.4 Galpão G1	20
3.1.3.5 Galpão G2	24
3.1.3.6. Rotina de ligação dos equipamentos dos galpões G1 e G2	25
3.1.4 Dieta	26
3.1.5 Manejo e profilaxia	26
3.2 Métodos	26
3.2.1 Variáveis ambientais e em relação aos animais a serem analisadas	27
3.2.2 Mensuração de parâmetros ambientais	27
3.2.2.1 Temperatura e umidade relativa do ar	27
3.2.2.2 Velocidade do ar	27

3.2.3 Consumo de energia elétrica	28
3.2.3.1 Consumo	28
3.2.3.2 Tempo de mensuração	29
3.2.4. Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos	30
3.2.4.1. Indicadores de Eficiência Energética	30
3.2.5 Controle dos Galpões	32
3.2.5.1 Galpão 1	32
3.2.5.2 Galpão G2	32
3.2.6 Coleta das variáveis produtivas	33
3.2.6.1 Mortalidade	34
3.2.6.2 Conversão alimentar	34
3.2.6.3 Ganho de peso diário	34
3.2.7 Peso das aves	34
3.2.8 Relação entre variáveis ambientais, produtivas e elétricas	35
3.2.9. Análise Estatística	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Conforto Térmico	36
4.1.1. Temperatura Média do ar, Umidade Relativa do ar e Velocidade de Vento	36
4.2. Produtividade Animal	42
4.2.1. Principais Variáveis Produtivas	42
4.3. Variáveis Energéticas	46
4.3.1. Fator de Potência nos Galpões G1 e G2	46
4.3.2. Consumo de energia elétrica (kWh) nos Galpões 1 e 2	51
4.3.3. Demanda de energia elétrica (kW) nos Galpões G1 e G2	56
4.3.4. Análise dos Índices de Eficiência Energética	59
4.4. Relação entre consumo de energia elétrica em kWh parâmetros ambientais	61
4.4.1. Temperatura Média do Ar e Umidade Relativa do ar para os Galpões G1 e G2	61
4.5. Análise Estatística	64
5. CONCLUSÕES	67
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
7. APÊNDICE	73

7.1. Figuras dos Esquemas Elétricos	73
7.2. Relação dos valores de consumo em kWh com dados ambientais	75
7.3. Análise Estatística	81

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ABRIGO PARA COMPUTADOR E EQUIPAMENTOS DE AQUISIÇÃO DE DADOS.	18
FIGURA 2 – ESQUEMA GERAL DE LIGAÇÃO DO FIELD LOGGER E HX 600	18
FIGURA 3 – SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	19
FIGURA 4 – DISPOSIÇÃO DOS VENTILADORES NO GALPÃO 1.	21
FIGURA 5 – TRANSMISSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE	23
FIGURA 6 – QUADRO DOS MEDIDORES DE ENERGIA DO GALPÃO 1	23
FIGURA 7 – DISPOSIÇÃO DOS EXAUSTORES DO GALPÃO G2.	24
FIGURA 8 – MEDIDORES SAGA 2300 E TRANSFORMADORES DE CORRENTE	25
FIGURA 9 – MARCAÇÃO DOS PONTOS PARA MEDIÇÃO DE VELOCIDADE DE VENTO DOS GALPÕES G1 E G2	27
FIGURA 10 ESQUEMA DE LIGAÇÃO DO SAGA 4000 E PÁRA-RAIOS DE PROTEÇÃO	29
FIGURA 11 – QUADRO DE COMANDO AUTOMÁTICO DA BOMBA E EXAUSTORES	33
FIGURA 12 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR NO LOTE 1	36
FIGURA 13 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR NO LOTE 2	37
FIGURA 14 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR NO LOTE 3	38
FIGURA 15 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR NO LOTE 4	39
FIGURA 16 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR NO LOTE 5	40
FIGURA 17 - VARIAÇÃO DOS PESOS SEMANAIS NO GALPÃO G1 COMPARATIVAMENTE AO PESO PADRÃO	43
FIGURA 18 - VARIAÇÃO DOS PESOS SEMANAIS NO GALPÃO G2 COMPARATIVAMENTE AO PESO PADRÃO	44
FIGURA 24 – MÉDIA DO FATOR DE POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS	51
FIGURA 25 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 1	52

FIGURA 26 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 2	52
FIGURA 27 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 3	53
FIGURA 28 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 4	53
FIGURA 29 – VARIAÇÃO DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 5	54
FIGURA 30 – CONSUMO TOTAL DOS GALPÕES G1 E G2	55
FIGURA 31 – VARIAÇÃO DIÁRIA DA DEMANDA ELÉTRICA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 1	56
FIGURA 32 – VARIAÇÃO DIÁRIA DA DEMANDA ELÉTRICA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 2	56
FIGURA 33 – VARIAÇÃO DIÁRIA DA DEMANDA ELÉTRICA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 3	57
FIGURA 34 – VARIAÇÃO DIÁRIA DA DEMANDA ELÉTRICA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 4	57
FIGURA 35 – VARIAÇÃO DIÁRIA DA DEMANDA ELÉTRICA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS NO LOTE 5	58
FIGURA 36 – DEMANDA MÉDIA DOS EQUIPAMENTOS DOS GALPÕES G1 E G2	59
FIGURA 37 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS VENTILADORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA	62
FIGURA 38- VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DOS EXAUSTORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA.	62
FIGURA 39 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DA BOMBA EM RELAÇÃO À UMIDADE NO GALPÃO 2	63
FIGURA 40 – CONSUMO MÉDIOS REGISTRADOS NO G1 E G2	64
FIGURA 41 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS GALPÕES 1 E 2 PARA TEMPERATURA DO AR (°C)	65
FIGURA 42 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS GALPÕES 1 E 2 PARA UMIDADE RELATIVA DO AR (%)	65
FIGURA A-ESQUEMA ELÉTRICO DAS LÂMPADAS DO GALPÃO 1	73

FIGURA B – ESQUEMA ELÉTRICO DOS MOTORES DO COMEDOURO E DO SILO DO GALPÃO 1	73
FIGURA C – ESQUEMA ELÉTRICO DOS MOTORES DOS VENTILADORES DO GALPÃO 1	74
FIGURA D - ESQUEMA ELÉTRICO DOS MOTORES DO SILO, COMEDOURO E LÂMPADAS DO GALPÃO 2	74
FIGURA E - ESQUEMA ELÉTRICO DA BOMBA	75
FIGURA A1 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS VENTILADORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA	76
FIGURA A2- VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS EXAUSTORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA	76
FIGURA A3 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DA BOMBA EM RELAÇÃO À UMIDADE RELATIVA DO AR	77
FIGURA A4 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS VENTILADORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA MÉDIA DO AR	77
FIGURA A5- VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS EXAUSTORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA MÉDIA DO AR	78
FIGURA A6- VARIAÇÃO DO CONSUMO DA BOMBA EM RELAÇÃO À UMIDADE RELATIVA DO AR	78
FIGURA A7 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS VENTILADORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA MÉDIA DO AR	79
FIGURA A8 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS EXAUSTORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA MÉDIA DO AR	79
FIGURA A9- VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS VENTILADORES EM RELAÇÃO A TEMPERATURA MÉDIA DO AR	80
FIGURA A10- VARIAÇÃO DO CONSUMO DOS EXAUSTORES EM RELAÇÃO À TEMPERATURA MÉDIA DO AR	80
FIGURA A11- VARIAÇÃO DO CONSUMO DA BOMBA EM RELAÇÃO À UMIDADE RELATIVA DO AR	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PERÍODO DE DURAÇÃO DOS LOTES ANALISADOS	17
TABELA 2 – MOTOR DOS VENTILADORES	20
TABELA 3 – MOTOR DO COMEDOURO	21
TABELA 4 – MOTOR DA BOMBA	21
TABELA 5 – MOTOR DO SILO	22
TABELA 6 – MOTOR DOS EXAUSTORES	24
TABELA 7 – ROTINA DE ACIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DOS GALPÕES G1 E G2	26
TABELA 8 - MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA DOS GALPÕES G1 E G2.	28
TABELA 9 - PESO PADRÃO DE AVES DA LINHAGEM AGROSS.	35
TABELA 10 - VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE VENTO NO INTERIOR DOS GALPÕES 1 E 2	41
TABELA 11 – GANHO DE PESO DAS AVES	43
TABELA 12 – GANHO DE PESO DAS AVES	44
TABELA 13 - VARIÁVEIS PRODUTIVAS.	45
TABELA 14 – FATOR DE POTÊNCIA MÉDIO DOS EQUIPAMENTOS DO G1 E G2	47
TABELA 15- ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	60
TABELA A.1. TESTE T REALIZADO PARA CONSUMO DE ELETRICIDADE ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	81
TABELA A.2. TESTE T REALIZADO PARA TEMPERATURA ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	82
TABELA A.3. TESTE T REALIZADO PARA UMIDADE ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	82
TABELA A.4. TESTE T REALIZADO PARA CONSUMO DE ELETRICIDADE ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	82
TABELA A.5. - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE TEMPERATURA DO AR DOS GALPÕES 1 E 2.	83
TABELA A. 6.- COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE UMIDADE RELATIVA DO AR DOS GALPÕES 1 E 2.	83
TABELA A.7 –COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS GALPÕES 1 E 2.	83
TABELA A.8 –COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE TEMPERATURA DO AR DOS GALPÕES 1 E 2.	84
TABELA A.9. –COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DE UMIDADE RELATIVA DO AR DO AR DOS GALPÕES 1 E 2.	84

TABELA A.10. TESTE T REALIZADO PARA CONSUMO DE ELETRICIDADE ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	84
TABELA A.11. TESTE T REALIZADO PARA TEMPERATURAS ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	85
TABELA A.12. TESTE T REALIZADO PARA UMIDADES ENTRE OS GALPÕES 1 E 2	85
TABELA A.13. TESTE T REALIZADO PARA CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM AMBOS OS GALPÕES	85
TABELA A.14. TESTE T REALIZADO PARA TEMPERATURAS EM AMBOS OS GALPÕES	86
TABELA A.15. TESTE T REALIZADO PARA UMIDADES EM AMBOS OS GALPÕES	86

RESUMO

O setor agrícola, nas duas últimas décadas, tem passado por transformações decorrentes das mudanças na política econômica do país. Uma destas transformações foi à incorporação de novas tecnologias, trazidas de outros países e, em alguns casos, adaptada em alguns segmentos da agricultura. Isto reflete diretamente na relação benefício/custo da atividade agrícola, já que, na maioria das vezes, não se dispõe de informações precisas sobre o desempenho e eficiência destas tecnologias. Especificamente para o segmento avícola e nos aspectos relacionados ao conforto térmico, as novas tecnologias dependem muito de energia elétrica. Portanto, o estudo das grandezas relacionadas ao consumo de eletricidade, tanto das instalações quanto dos equipamentos elétricos de aviários, e do custo associado da energia elétrica dentro do segmento avícola são importantes no momento atual em que os avicultores de todo país estão diante de um mercado altamente competitivo. Devido à concorrência existente, torna-se fundamental a redução dos custos de produção nos quais estão incluídos os gastos com energia elétrica.

Neste trabalho, especificamente para a avaliação de dois sistemas de climatização diferentes em galpões de frangos de corte, quanto ao uso racional de energia elétrica e ao conforto térmico proporcionado nos galpões e a produtividade dos animais, foram analisados as principais variáveis de energia elétrica (Fator de Potência, Consumo de energia e Demanda), de conforto térmico (Temperatura, Umidade, Velocidade de Vento) e de produtividade (Conversão alimentar, Ganho de peso, Mortalidade).

Através da Ferramenta estatística Teste T notou-se que cabem medidas de uso racional de energia elétrica nos galpões, que o galpão com alta densidade (2) consome mais energia elétrica que o convencional (1), porém mantém as temperaturas do ar e umidades relativas praticamente iguais, proporcionando deste modo conforto aos animais, no mesmo espaço de tempo e área, porém com uma densidade 38% maior.

No galpão 1, o ganho de peso e conversão alimentar, sempre tiveram valores melhores que em relação ao galpão 2. Entretanto, no índice mortalidade, estes valores se alternaram nos lotes analisados.

ABSTRACT

The agricultural sector, in the two last decades, has passed for decurrently transformations of the changes in the economic policy of the country. One of these transformations was to the incorporation of new technologies, brought of other countries and, in some cases, adapted in some segments of agriculture. This directly reflects in the relation benefit/cost of the agricultural activity, since, in the majority of the times, it does not make use of necessary information on the performance and efficiency of these technologies. Specifically for the poultry segment and in the aspects related to the thermal comfort, the new technologies depend very on electric energy. Therefore, the study of the largeness related to the electricity consumption, as much of the installations how much of the electric equipment of aviaries, and of the associated cost of the electric energy inside of the poultry segment they are important at the current moment where the poultry keepers of all country is ahead of a highly competitive market. Due to existing competition, the reduction of the costs of production in which becomes basic is enclosed the expenses with electric energy. In this work, specifically for the evaluation of two different systems of climatization in sheds of poultry, how much to the rational use of electric energy and to proportionate the thermal comfort in the sheds and the productivity of the animals, the main variable of electric energy (Factor of Power, Consumption of Energy and Demand), of thermal comfort (Temperature, Humidity, Wind Speed) and of productivity had been analyzed (Alimentary Conversion, Profit of Weight, Mortality). Through the Tool statistics Test T it was noticed that they fit measured of rational use of electric energy in the sheds, that the shed with high density (2) consumes more electric energy that the conventional (1), however keeps the relative temperatures of air and practically similar humidity, providing in this way comfort to the animals, in the same space of time and area, however with a density 38% greater. In shed 1, the profit of weight and alimentary conversion, had always had better values that in relation to shed 2. However, in the index mortality, these values if had alternated in the analyzed lots.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a avicultura tem-se mostrado como uma atividade incorporadora de novas tecnologias, alcançando altos índices de produtividade, posicionando o Brasil como uma das principais potências mundiais no setor avícola.

No início dos anos 80, um frango com 70 dias de idade atingia aproximadamente 2,0 kg de peso vivo, com conversão alimentar média de 3,5. Atualmente, em apenas 42 dias é possível obter frangos com 2,3 kg de peso vivo e conversão alimentar de 1,8.

A alta produção de carne por área em um curto espaço de tempo se deve aos avanços científicos conquistados na genética, nutrição, sanidade e manejo, fazendo com que a produção de frangos atingisse um nível elevado no que diz respeito à produção animal. Observa-se que, apesar de ter conquistado altos índices em produção, a instalação avícola é um dos pontos em que existem atualmente maiores preocupações, em se tratando do conforto térmico para frangos de corte (ABREU & ABREU, 2001).

Os aviários implantados no Brasil apresentam forte influência da indústria de equipamentos existentes nos países de clima temperado (USA e países da Europa). Esse fato associado a pouca observância nas fases de planejamento e concepção arquitetônica, sem os ajustes necessários ao bioclima local, produz instalações que geram desconforto térmico, aumento de doenças ligadas à perda da qualidade do ar e da dependência energética. Diante desta constatação, encontram-se altas taxas de mortalidade no período final de criação, diminuição dos índices de produtividade no segmento de corte, bem como aumento dos gastos com energia elétrica nos períodos quentes do ano (ABREU & ABREU, 2001).

A ave adulta é um animal que se adapta melhor a ambientes frios, pois seu sistema termo-regulador é mais adequado para reter calor do que para dissipá-lo. Quando exposta ao estresse térmico, por elevadas temperaturas, a ave apresenta uma diminuição no consumo de ração e, em consequência, redução no ganho de peso e pior conversão alimentar (MÜLLER, 1982; NÄÄS, 1989).

O sucesso ou fracasso de uma criação de frangos de corte está diretamente relacionado às condições ambientais a que estes estão submetidos. Tratando-se de Brasil e de um clima tropical, verifica-se que na maior parte do país os problemas com estresse calórico são grandes. Os altos valores de temperatura ambientes vêm provocando queda de produção e

mortalidade no meio avícola (CAMPOS, 1995). Tal fato vem se agravando na medida em que se aumenta a densidade de criação e, também, pelo fato de que a ave vem sendo melhorada geneticamente e se torna mais precoce e produtiva. (MACARI, 1998).

Um dos problemas gerados pelo estresse calórico é o consumo de energia elétrica, pois os equipamentos, tais como ventiladores exaustores e nebulizadores, passam a funcionar com maior frequência, consumindo maior quantidade de energia elétrica. Esta energia, utilizada nos galpões para alimentação, iluminação e, principalmente, manutenção do conforto térmico animal, tem extrema importância dentro de uma quantificação de custos, com total atenção aos equipamentos que estão sendo utilizados e a sua relação benefício/custo, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica.

Com base no exposto, foi desenvolvido um experimento em uma granja de frangos de corte na região de Rio Claro-SP, onde existiam instalado um Sistema de Túnel com Resfriamento Adiabático Evaporativo e outro de Ventilação e Nebulização. A avaliação do sistema foi feita através das respostas fisiológicas das aves (ganho de peso, conversão alimentar e mortalidade), do consumo de energia elétrica, procurando relacionar o consumo de energia elétrica com o desempenho das aves, buscando estabelecer as relações benefício/custo.

O principal objetivo deste trabalho foi apresentar um diagnóstico quanto ao uso racional de energia elétrica em galpões com diferentes sistemas de climatização para frangos de corte, além de averiguar a eficiência de tais sistemas quanto ao conforto térmico proporcionado e a produtividade animal apresentada.

Em particular, usar racionalmente e conservar eletricidade, é um meio rápido e de baixo custo de implantação, tendo suma importância para produtores do meio agrícola, principalmente os avícolas que trabalham necessariamente com sistemas climatização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ambiência Animal

O ambiente externo animal compreende todos os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal, produzem reações no seu comportamento e define assim o tipo de relação animal-ambiente. O animal porta-se como um sistema termodinâmico, que continuamente, troca energia com o ambiente. Nestes processos, os fatores externos do ambiente, tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, havendo, então, a necessidade de ajustes fisiológicos para ocorrência do balanço do calor.

O avanço nos sistemas produtivos neste final de século, tanto do ponto de vista genético como no gerencial, faz com que o meio ambiente adequado seja condição indispensável para que os animais possam expressar o seu máximo produtivo, associado ao seu bem estar.

A produção ideal para frangos de corte só pode ser obtida quando a ave estiver submetida a uma temperatura ambiente adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como o calor. Quando os fatores combinados de temperatura e umidade relativa ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental, denominada zona termoneutra, sua habilidade de dissipar calor é altamente reduzida. É imprescindível ter-se um microclima ideal dentro do galpão, a fim de atingir-se uma eficiência de conversão energética, o mais próximo possível de 100%, segundo TEETER & BELAY (1993).

As variáveis do clima ditam os níveis necessários de controle artificial no sistema de manejo e, conseqüentemente, no custo econômico do manejo microambiental. Temperaturas ambientais muito elevadas, associadas a altos valores de umidade relativa do ar, causam redução na performance produtiva, mas o distanciamento da temperatura ambiente dos valores próximos à região termoneutra dos animais, perturbam o mecanismo termodinâmico que as aves possuem para se protegerem de extremos climáticos, levando ao desperdício de energia, em seu conceito mais amplo (ABREU & ABREU, 2003).

Segundo BAÊTA & SOUZA (1997), a caracterização do ambiente térmico animal envolve os efeitos da temperatura, da umidade, da radiação e do vento e, pode ser feita por meio de uma única variável, chamada de temperatura efetiva. Para determinada faixa de temperatura efetiva ambiental, o animal mantém constante a temperatura corporal, com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios. É a chamada zona de conforto térmico ou de termoneutralidade, em que não há sensação de frio ou calor e o desempenho do animal em qualquer atividade é otimizado.

Ainda conforme os autores acima, o meio ambiente é definido como sendo o conjunto de todos os fatores que afetam direta ou indiretamente os animais. Excetuando a alimentação e os agentes patógenos, os fatores que causam os maiores efeitos sobre o bem estar e, conseqüentemente, sobre a produção animal são temperatura, umidade, radiação, vento, que constituem o ambiente térmico animal. Deve-se projetar a instalação para amenizar os seus extremos, bem como possibilitar o controle da luminosidade e da qualidade do ar que são igualmente importantes para produtividade animal.

Segundo MOURA (2001), a produtividade ideal das aves destinadas para o corte pode ser obtida quando o animal estiver submetido a uma temperatura efetiva adequada, sem nenhum desperdício de energia, tanto para compensar o frio, como para acionar seu sistema de refrigeração, a fim de resistir ao calor ambiental.

Este mesmo autor cita que a temperatura efetiva não se refere unicamente á temperatura ambiental, mas sim à combinação dos efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento. Quando os fatores combinados de temperatura ultrapassam os limites da faixa de conforto ambiental das aves, sua habilidade de dissipar calor é reduzida.

A característica mais utilizada por pesquisadores na determinação da zona de termoneutralidade das aves de corte é a idade das mesmas. As aves jovens (de 10 a 15 dias após o nascimento), por não terem seu sistema termorregulador ainda desenvolvido, necessitam de uma fonte externa de calor que mantenha a temperatura ambiente em aproximadamente 35°C, mantendo sua temperatura corporal constante, entre 39 a 40°C. Com o desenvolvimento do sistema termorregulador e o aumento de sua reserva energética, sua temperatura crítica superior passa de 35°C para 24°C em quatro semanas, chegando a 21°C na sexta semana de vida, já próximo ao abate. Nesta fase, a temperatura corporal dos frangos

adultos na zona termoneutra é de 41 °C. De maneira geral, aves adultas, com cinco semanas de idade, toleram temperaturas acima de 27 °C, sem problemas com o nível de umidade relativa ao qual estão sendo submetidas. Sob temperaturas ambientais maiores que 32 °C e taxas superiores a 75% de umidade relativa às aves são severamente estressadas (MOURA, 2001).

De acordo com ROSSI (1998), a ambiência animal implica em conforto do animal no ambiente em que estiver e é, também, associada à maximização produtiva. Conforto este relacionado aos conceitos básicos de temperatura e bem estar climático. É erro comum considerar a temperatura ambiente como único elemento responsável pelo conforto térmico, esquecendo-se de outros fatores de igual ou até superior importância para o objetivo desejado.

Entre os fatores que influenciam a ambiência animal, são citados os seguintes:

- **Microclimáticos:** temperatura, vazão de ar, velocidade de deslocamento do ar, taxa de renovação do ar, pureza do ar, umidade relativa e absoluta no galpão e índice de luminosidade.

- **Agroclimáticos:** temperatura e umidade relativa ambiente, pressão atmosférica, radiação solar, ventos predominantes, orientação solar, horas de brilho solar, latitude, longitude, altitude e tipo de solo.

- **Construtivos:** sistemas de ventilação (lanternins e ventiladores), sistemas de resfriamento adiabático e evaporativo, sistema de aquecimento do ambiente e materiais estruturais do galpão.

O ambiente térmico representado por temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação, cujo efeito combinado pode ser quantificado pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), afeta diretamente as aves, comprometendo sua função vital mais importante que é a manutenção de sua homeotermia.

A ventilação é necessária para eliminar o excesso de umidade do ambiente e da cama provenientes da água liberada pela respiração das aves e dos dejetos, permitir a renovação do ar e eliminar odores (TINÔCO, 1998) e que uma das alternativas para melhoras condições térmicas e promover a renovação do ar é a ventilação forçada. Quando não há problemas com a saturação do ar dentro dos aviários pode-se utilizar o sistema de resfriamento evaporativo,

constituído basicamente pelo uso de nebulizadores, permitindo que o ar não saturado do ambiente entre em contato com a água em temperatura mais baixa, ocorrendo então a troca de calor entre o ar e a água.

2.2. Climatização

Climatizar é uma saída estratégica para se criar uma situação de certa independência do clima externo e há uma interdependência do que se almeja alcançar, dentro de um galpão, e os equipamentos utilizados para tal (SILVA & NÄÄS, 2004).

Segundo NÄÄS et al (2001), climatizar é adaptar o ambiente interno da construção às condições ideais de alojamento da ave, tendo sempre como parâmetro de referência às condições exteriores. São considerados, portanto, como sistemas de climatização, aqueles que utilizam equipamentos de ventilação, exaustão, nebulização e painéis de resfriamento adiabático. Atingir o conforto térmico no interior destas instalações avícolas, face às condições climáticas inadequadas, torna-se um desafio, uma vez que situações extremas de calor ou frio afetam consideravelmente a produção. A climatização torna-se, então, uma saída estratégica para se criar uma situação de certa independência do clima externo.

Quando em busca de um sistema de climatização adequado, devem-se levar em conta aspectos como biológico, técnico, climático e econômico. Os limites estabelecidos serão as respostas a limites críticos de exposição, seja a frio seja a calor, das aves nas várias fases de produção, expostas a diferentes graus de ventilação e nebulização ou diferentes temperaturas, inclusive a remoção de gases em situações extremas de calor e frio, sempre levando em conta a sensação de conforto térmico da ave (SILVA & NÄÄS, 2004).

De acordo com este último autor, os sistemas de climatização mais utilizados são:

-Túnel

O sistema de climatização tipo túnel é uma forma de climatização onde o ar é retirado por um dos lados da edificação por meio de exaustores, enquanto que a entrada de ar se localiza geralmente do lado oposto ao da saída. É um sistema interessante, principalmente para

aves a partir da terceira semana de vida, por responderem positivamente a sensação de conforto térmico com altas velocidades do ar. A alta velocidade do vento é uma característica determinante do túnel e sua limitação de uso está justamente nas distâncias que o ar deve percorrer, de maneira a remover todos os gases e calor gerados dentro da instalação.

-Túnel associado à refrigeração adiabática

Este sistema de climatização é definido como uma forma de climatização que associa o sistema de túnel com um sistema de resfriamento, geralmente envolvendo o uso de áreas molhadas ou painel evaporativo. O princípio é que, ao atravessar a área molhada, o ar se resfria e é movimentado ao longo da instalação no sentido da exaustão.

-Túnel adaptado

O sistema de túnel adaptado é baseado em um esquema de pressão estática regulando e forçando a entrada de ar e sua movimentação, permitindo uma movimentação de ar a uma velocidade mais baixa, tendo como opção a associação de ventilação interna, o que favorece uma turbulência maior na altura das aves alojadas. Para tanto, a abertura das cortinas laterais não representa um empecilho, mas um componente que favorece a renovação do ar através do vento exterior. Nesse caso, a alternativa de aberturas laterais devem estar de acordo com a face de incidência dos ventos principais e a idade do lote alojado.

-Ventilação com Nebulização

Esta é uma situação ideal de climatização economicamente viável, com a união de ventilação e nebulização, associados a um manejo sincronizado do sistema. O uso destes dois sistemas mostra-se insuficiente para controlar os altos níveis de estresse nas aves quando o clima encontra-se em temperatura e umidade relativas elevadas. Portanto, é também necessário, além da ventilação e nebulização, controlar a temperatura da água de beber.

De acordo com MOURA (2001), a ventilação é provavelmente o aspecto mais problemático na criação de frangos, requerendo uma atenção constante, pois afeta tanto o crescimento como a saúde do lote. Além disso, a ventilação forçada implica em gasto de energia elétrica, o que também influencia no custo total da produção, justificando o uso correto do processo de ventilação.

O mesmo autor cita, que existem cinco razões para a ventilação ser importante nos aviários: fornecer oxigênio para a respiração, remover o excesso de umidade, remover o excesso de calor, diminuir a poeira e reduzir a concentração de gases.

De acordo com BARNWELL & ROSSI (2003), as quatro prioridades relacionadas à ventilação em períodos quentes são a velocidade do ar através das aves, a renovação do ar no galpão, a distribuição do ar no interior do galpão e o controle da umidade relativa do ar. Os requisitos de velocidade e de renovação do ar variam conforme a quantidade, a idade e o peso das aves, a umidade relativa e a temperatura de bulbo seco. Deve-se aumentar a velocidade do ar no interior do galpão à medida que a temperatura se leva, a fim de garantir o conforto térmico das aves maiores e diminuir a velocidade do ar conforme a temperatura cai para evitar problemas de desconforto térmico em aves menores.

Os mesmos autores citam que para maximizar a performance em períodos de alta temperatura é essencial tomar por base a temperatura efetiva, que é aquela em que as aves realmente sentem e que leva em consideração a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa e a velocidade do ar e não somente a temperatura de bulbo seco.

No caso de frangos de corte adultos, a temperatura efetiva deve ser de 21,1°C, a umidade relativa 50%, a renovação deve ocorrer em menos de 1,3 minutos e a velocidade máxima do ar deve estar entre 2,29 e 2,41 m/s (BARNWELL & ROSSI, 2003).

Uma técnica de modificação ambiental artificial bastante difundida é o resfriamento evaporativo do ar, causando mudança no seu ponto de estado (aumento da umidade e redução da temperatura). Esta técnica deve, preferencialmente, ser associada a sistemas de ventilação o que, além de facilitar o controle de umidade no interior da instalação, proporciona uma melhor renovação do ar no interior da mesma. Segundo MCNEILL et al (1983), em instalações agrícolas este sistema é considerado mais vantajoso por apresentar baixo custo inicial e operacional.

Uma das formas mais efetivas de resfriamento do ar, que pode ser adotada em instalações abertas ou fechadas, é o sistema de resfriamento adiabático evaporativo–SRAE, o qual possibilita uma redução substancial da temperatura do ar de até 12°C nas regiões mais secas e em média 6°C nas condições brasileiras. O uso do SRAE associando ventilação e nebulização foi estudado por BOTTCHEER et al. (1992), que obtiveram uma redução de 6°C na temperatura interna dos aviários.

SARTOR et al. (2001) realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito de três sistemas de resfriamento evaporativo no desempenho de frangos de corte. Para isso utilizaram um galpão dividido em quatro partes nas quais foram instalados os tratamentos: ventilador associado a nebulização (VNB), ventilador de alta rotação associado a nebulização (VNA), nebulização (NEB) e nebulização acoplada ao ventilador (NEV). Os sistemas de resfriamento evaporativo (VNA e VNB) proporcionaram os melhores resultados com os maiores valores de ganho de peso por ave e os menores valores de conversão alimentar e mortalidade.

Ainda estes mesmos autores, realizando outro experimento com o objetivo de verificar o efeito da ventilação forçada e de sistema de resfriamento evaporativo no desempenho de matrizes lactantes e suas leitegadas, concluem que o sistema de resfriamento evaporativo proporcionou uma redução significativa na temperatura retal e na frequência respiratória de matrizes, além de um aumento de aproximadamente 25% no consumo de ração das matrizes e de aproximadamente 30% no ganho de peso dos leitões. Tais resultados foram em virtude das melhores condições térmicas ambientais para matrizes lactantes nestas salas.

O estresse calórico gera um elevado consumo de energia elétrica, pois aumenta a frequência do uso de equipamentos. Esta energia tem extrema importância dentro da quantificação de custos, com total atenção aos equipamentos que estão sendo utilizados e a sua relação benefício/custo, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica.

2.3. Importância da Ventilação Forçada e Nebulização

O mecanismo de ventilação de ar ajuda não só na retirada de calor produzidos pelas aves no galpão, como também melhora a sensibilidade térmica das aves. Um movimento de ar, sobre qualquer superfície em que a água esteja presente, promove uma evaporação dessa água.

Esse processo consome energia (579 kCal/l de água evaporada), e o frango sofre um resfriamento corporal em contato com o vento (SILVA & NÄÄS, 2004).

Em situações reais de galpão, citam os mesmos autores, por causa do obstáculo das outras aves e da quantidade de calor produzido pelo lote, a sensibilidade térmica da ave é de aproximadamente 5 °C a 6 °C de resfriamento quando se aplica uma velocidade de 2m/s a 2,5 m/s, o que indica a necessidade de instalação de equipamentos auxiliares ao sistema de movimentação de ar como forma de promover um maior resfriamento interno dos galpões nos horários mais quentes do dia.

Em estudos conduzidos pelo Centro de Pesquisa de Aves do Ministério da Agricultura dos Estados Unidos (USDA), comparou-se o ganho de peso das aves a partir de 3 semanas em que o único fator diferencial significativo foi à movimentação do ar. Um grupo de aves foi produzido, sem movimentação do ar, a temperatura ambiental de 29,5°C, enquanto outro grupo foi produzido nas mesmas condições, porém com uma movimentação de ar de 2,0 m/s. O peso final do grupo que recebeu o movimento do ar foi 450g superior ao grupo sem movimento de ar. Examinando-se mais profundamente, verificou-se que o grupo sem movimento do ar engordava mais lentamente à medida que se tornava mais adulto, enquanto o grupo com movimento de ar continuava se alimentando e ganhando peso normalmente (SILVA & NÄÄS, 2004).

Do mesmo modo, MITCHELL (1985) relata que altas velocidades de ar melhoram a variação da frequência respiratória em frangos submetidos a altas temperaturas, levando quase à normalidade. Portanto a movimentação de ar próxima às aves melhora sua sensação de conforto térmico.

2.4. Uso Racional e Conservação de Energia Elétrica

Economizar eletricidade significa obter o melhor resultado com menor consumo possível, pois garante energia para o futuro, preserva o meio ambiente e reduz despesas, sem que haja prejuízos na qualidade.

A disponibilidade de energia elétrica no meio rural é de fundamental importância nos meios de produção avícola para o acionamento de seus conjuntos de motores elétricos. Por

outro lado, objetivando reduzir o impacto causado pelo custo de energia elétrica na produção avícola e também contribuir para redução no consumo de energia no setor rural, faz-se necessária à racionalização desta energia consumida na força motriz dos referidos sistemas.

O desenvolvimento de projetos e avaliação de sistemas de criação de aves que otimizem a produção, custo da instalação e energia, ainda é um desafio para a ampla extensão de condições existentes na produção comercial (REECE & LOTT).

O DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), atualmente ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), criou, a partir de 1980, tarifas diferenciadas para os consumidores que demandam cargas acima de 50kW. Tais tarifas visam fazer com que os consumidores adotem um tipo de conduta visando a redução de custos e, indiretamente, ao consumo de energia no horário de ponta, no qual há grande concentração de carga (COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1994).

As crises no setor elétrico, como aquela ocorrida no ano de 2002, alertam para a necessidade de um programa permanente de racionalização de energia elétrica em todos os setores produtivos incluindo o da avicultura.

A tendência anual de estudos na área de projetos agrícolas esta concentrada na avaliação técnica e econômica de tecnologias que visam o aumento de eficiência, uma vez que a globalização da economia exige que o setor agrícola seja mais produtivo e ao mesmo tempo mais rentável. Para isso, há necessidade de estudos que conduzam a novos equipamentos que poderão influir tanto na produção quanto na redução de custos de produção, especialmente quando produzem diminuição do consumo energético, que é um dos grandes desafios do país.

Durante muito tempo o preço da energia elétrica foi um fator inibidor da adoção de medidas de conservação. Sucessivos governos reduziram tarifas de energia elétrica como parte de políticas econômicas para baixar a inflação a curto prazo. O preço médio da energia elétrica no Brasil caiu quase 50% desde o início da década de 70 até 1993, quando ficou abaixo de US\$35/MWh. Entretanto, este processo não foi contínuo. Ocasionalmente, predominava uma política contrária, que buscava o realismo tarifário, o que resultou em grandes oscilações na tarifa média. Estas oscilações somadas a alta inflação, criaram problemas adicionais de planejamento, tanto para os fornecedores de energia como para os consumidores (POOLE & GELLER, 1997).

O consumo de eletricidade teve um crescimento médio anual de somente 2,6% no período entre 1985 a 1995. Esta pequena taxa de crescimento reflete a estagnação econômica do final da década de 80 e início da década de 90. No entanto, com o início da estabilização econômica em 1994, as taxas de crescimento da economia e da demanda elétrica aumentaram. A taxa média de crescimento anual da demanda elétrica entre 1993 e 1996 foi de 5,1%.

Conforme ELETROBRÁS (2001), o programa nacional de energia elétrica, PROCEL, originalmente instituído pela portaria interministerial no 1877. De 30.12.85 e posteriormente mantido pelo decreto de 18/07/91, é uma iniciativa do governo federal para promover o uso eficiente e o combate ao desperdício de energia elétrica no país. A secretaria executiva do PROCEL esta a cargo da Eletrobrás, que é responsável pelo planejamento e por sua execução. Tem como objetivo a racionalização do uso da energia elétrica, através da eliminação do desperdício e aumento da eficiência de equipamentos, sistemas e processos proporcionando menor consumo de energia elétrica.

Em 2001, o PROCEL apresentou resultados que contribuíram para uma economia no consumo de energia da ordem de 2500GWh e uma correspondente redução de 690 MW na demanda de ponta do sistema. A economia obtida equivale à geração de uma usina hidrelétrica de 580 MW que, se fosse construída, custaria R\$ 2,17 bilhões.

Segundo ELETROBRÁS (2001), no período de 2000/2009, a previsão de crescimento do consumo total de energia elétrica da concessionária adotada como referência para todo o país é de 4,7% ao ano. A oferta de energia elétrica deverá crescer de 64,300 MW par 109,400 MW incluindo as parcelas de energias importadas através da interligação com países vizinhos. A participação termoelétrica crescerá de 9,2% para 25% no período. Serão instalados cerca de 49 mil Km de linhas de transmissão em todo o país e cerca de 92 mil MVA em subestações. Este esforço exigirá nos primeiros cinco anos investimentos totais de ordem de R\$ 8,5 bilhões por ano.

A otimização da energia elétrica na avicultura foi matéria de diversos estudos realizados pela CEMIG/PROCEL (1996) que constatou a importância dos avicultores medirem seus próprios consumos específicos e identificar meios de otimizá-los. POGI & PIEDADE JR. (1991) estudaram o uso da eletricidade em atividades ligadas à avicultura e relataram que na atividade avícola ela é imprescindível e cada vez mais se torna necessária à racionalização da energia elétrica, devido ao seu custo sempre crescente.

Para calcular o preço de custo da produção de frango de corte pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves usaram como critério três modelos de aviários com diferentes tecnologias no que se refere à ambiência, ou seja: galpões manuais, automatizados e climatizados comparando os diferentes custos de energia elétrica utilizada para calefação. Notaram que o custo de produção de frango vivo posto na plataforma de abate para o sistema manual foi de R\$ 25, 67, no automático de R\$95, 67 e no climatizado de R\$ 509,73 (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2002).

TURCO et al. (1998), estudaram o consumo de energia elétrica, a relação velocidade do ar/consumo de energia elétrica e os custos operacionais de conjuntos motor-ventilador utilizados em instalações de frangos de corte no Brasil. Foram medidos, nas mesmas condições ambientais, o consumo de energia elétrica (kWh) e a velocidade do ar (m s-1). Também, calcularam o custo operacional de treze diferentes conjuntos motor-ventilador. Os resultados desta avaliação demonstraram que o conjunto que apresentou melhor eficiência na relação velocidade média do ar/consumo de energia elétrica, consumiu em média 27,12 % menos energia elétrica do que os outros conjuntos analisados, representando, relativamente, uma economia de até 48,9%.

FERREIRA & TURCO (2000) analisaram o consumo e custo de energia elétrica para uma instalação de frangos de corte, em dois ciclos de criação e em estações do ano diferentes. Foram realizadas medidas do consumo energético de ventiladores, nebulizadores, iluminação e comedouros durante o manejo dos animais. Os resultados demonstraram que havia diferenças significativas no consumo de energia elétrica ativa dos equipamentos.

TURCO (1999), analisou a situação atual e as perspectivas de conservação de energia elétrica em um galpão comercial de criação de frangos de corte. Foram realizadas medidas do consumo por ventiladores, nebulizadores, iluminação e comedouros durante o manejo de 10.500 aves em um galpão de 12 m de largura e 80 m de comprimento. Os resultados deste estudo mostraram que o consumo médio total, por hora, de energia elétrica ativa para o galpão foi 7,24 kWh. Recomendou para a conservação de energia por meio da substituição de ventiladores e uma estimativa de conservação de energia total para esse galpão.

O primeiro programa de conservação e substituição de energéticos que se implementou no Brasil foi o CONSERVE, do Ministério da Indústria e Comércio, na primeira metade da década de 80 (BAJAY, 1994).

O entendimento da questão da conservação da energia sob o ponto de vista do consumidor não é uma tarefa trivial. As empresas do setor energético do país, quando deparadas com o desafio de promover ações de conservação de energia, dificilmente conseguem ultrapassar os limites do paternalismo. Mudar este paradigma requer não apenas uma disposição de caráter de política empresarial, mas uma verdadeira reeducação dos quadros gerenciais das empresas que comandam o setor energético.

A escassez de investimento no setor energético aliado a falta de recursos naturais, faz a racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível para o crescimento do país (TEIXEIRA, 2001).

A maior de todas as fontes de energia para o futuro é a conservação. A avaliação dos desperdícios e perdas técnicas internas do setor estariam em 1995 em nível de 15% da energia total disponível. Neste total incluem-se perdas técnicas intrínsecas da ordem de 30 milhões de MW ou 10% da energia disponível. Os desperdícios corrigíveis, de ordem comercial, somavam 10 milhões de MW e os de natureza técnica 6 milhões de MWh, alcançando 5%. A previsão para 2015, para demanda, é de um potencial de conservação da ordem de 11%. Para a demanda total mínima de 600 milhões de MWh, prevista para o ano de 2015, um programa continuado persistente de conservação de eletricidade na base do potencial de 16% poderá representar quase 10 milhões de MWh. Se realizado tal programa, seria possivelmente evitada a construções de usinas com a potência total de 20 mil MW (LEITE, 1997).

De acordo com GOLDEMBERG (1985), conservar energia é na realidade introduzir mais uma opção de suprimento e a política de conservação é uma atividade diferente da geração. A grande parte dos energéticos utilizados no país é financiado pelo governo, o que cria uma situação em que as decisões são centralizadas e por isso acabam-se tornando extremamente simples. Mas em torno destas decisões, o sistema acabou criando uma lógica própria, onde há um conjunto de interesses, em particular os das grandes empresas, envolvendo poucas pessoas e, sobretudo dinheiro do governo. Já a conservação é uma fonte de energia, onde milhares de decisões precisam ser tomadas, para que a conservação torne-se significativa. É uma decisão descentralizada, que envolve a conscientização das pessoas.

Se cada consumidor adotar a postura de utilizar racionalmente a eletricidade, eliminando de uma vez por todas os desperdícios e cumprida a meta estabelecida pelo PROCEL, o ano de 2010 poderá contabilizar o equivalente a mais uma usina de Itaipu,

completamente instalada, disponível no mercado, somente como consequência da prática da conservação de energia observa TEIXEIRA (1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de se definir as condições térmicas ideais no interior de instalações para frangos de corte e buscando conforto térmico para aves com custo mínimo em materiais, equipamentos e energia, foram efetuados ensaios em 2 galpões de frangos de corte em diferentes estações climáticas. Foram analisados 5 (cinco) criações completas ou lotes, em cada galpão, durante o período de 1 ano.

3.1 Material

3.1.1 Local

O trabalho experimental foi realizado em galpões comerciais de uma granja de frangos de corte, localizada na região do município de Rio Claro-SP, Estado de São Paulo, na longitude 47°37'52'' W e latitude 22°24'54'' S, com ventos predominantes SE.

Devido à extensão dos galpões, cada um deles foi dividido em 03 setores iguais por meio de tela metálica perfurada instalada transversalmente, de maneira a impedir o trânsito dos frangos entre os setores.

3.1.2 Período do Experimento

Para uma melhor caracterização do consumo de energia elétrica e conforto térmico, nas várias estações do ano, a aquisição e análise dos dados foram feitos para 5 lotes. A tabela 1 apresenta o período de realização de cada lote além de sua respectiva duração e estação do ano a qual foi realizado.

Tabela 1 – Período de duração dos lotes analisados

Lotes	Galpão	Período do lote	Dias	Estação do ano
1	G1	30/09/2002 a 17/11/2002	48	Primavera-Verão
1	G2	30/09/2002 a 17/11/2002	48	Primavera-Verão
2	G1	10/02/2003 a 01/04/2003	50	Verão-Outono
2	G2	10/02/2003 a 01/04/2003	50	Verão-Outono
3	G1	17/04/2003 a 10/06/2003	54	Outono-Inverno
3	G2	17/04/2003 a 12/06/2003	56	Outono-Inverno
4	G1	26/06/2003 a 31/07/2003	35	Inverno
4	G2	26/06/2003 a 10/08/2003	45	Inverno
5	G1	28/08/2003 a 09/10/2003	42	Primavera-Verão
5	G2	28/08/2003 a 09/10/2003	42	Primavera-Verão

3.1.3 Instalações e Caracterização Construtiva dos Galpões

Os galpões foram de dois tipos, denominados G1 e G2 e possuíam uma padronização básica tanto em relação às medidas quanto ao tipo de material usado na construção. No caso em análise, as dimensões são: 115 m. de comprimento, 12 m. de largura, 3,5 m de altura lateral, 4,5 m de altura da cumeeira, paredinhas laterais de 50 cm de altura, telhas do tipo calhetão de eternit^R (amianto), lanternim ondulado, piso de concreto e tela metálica de inox para separação dos box no interior dos galpões.

3.1.3.1 Abrigo

Foi construído um abrigo, entre os galpões G1 e G2 dispostos na direção leste-oeste, para alojar o computador que armazena dados vindos dos equipamentos:

-Field Logger: responsável pela aquisição dos dados de temperatura e umidade;

-HX 600: concentrou e direcionou os dados de várias grandezas elétricas para o microcomputador.

A Figura 1 mostra a foto ilustrativa do abrigo construído.



Figura 1 – Abrigo para computador e equipamentos de aquisição de dados.

Todo o sistema foi alimentado através da rede elétrica disponível no local, juntamente com um sistema de emergência composto por um Nobreak com 2 baterias que proporcionam uma autonomia de aproximadamente 2 horas.

O esquema geral de ligação do Field Logger e do HX 600 é ilustrado na Figura 2.

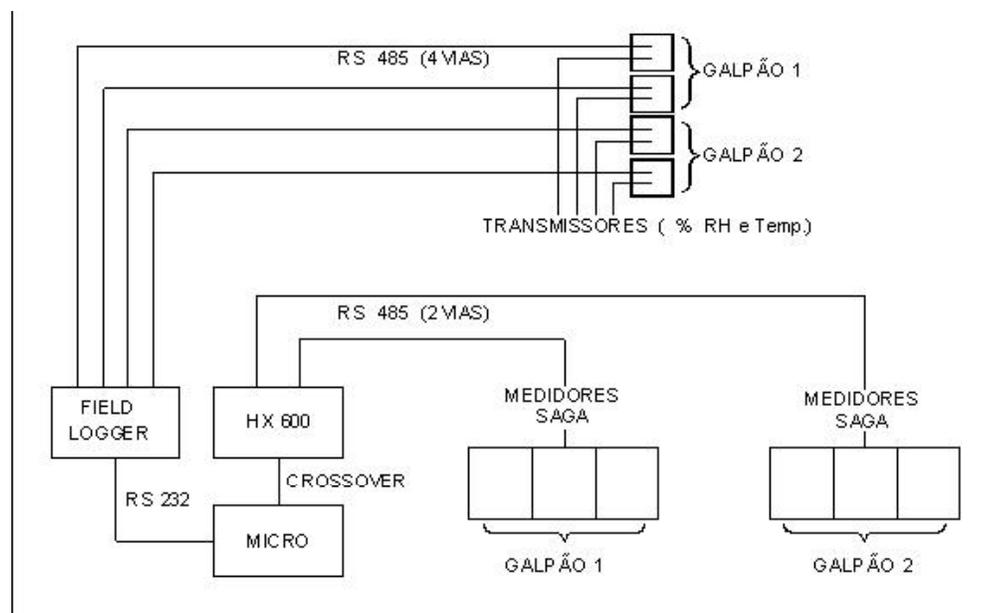


Figura 2 – Esquema geral de ligação do Field Logger e HX 600

Na Figura 3 aparecem o computador, o equipamento HX 600, os equipamentos Field Logger e o sistema de emergência (NOBREAK).

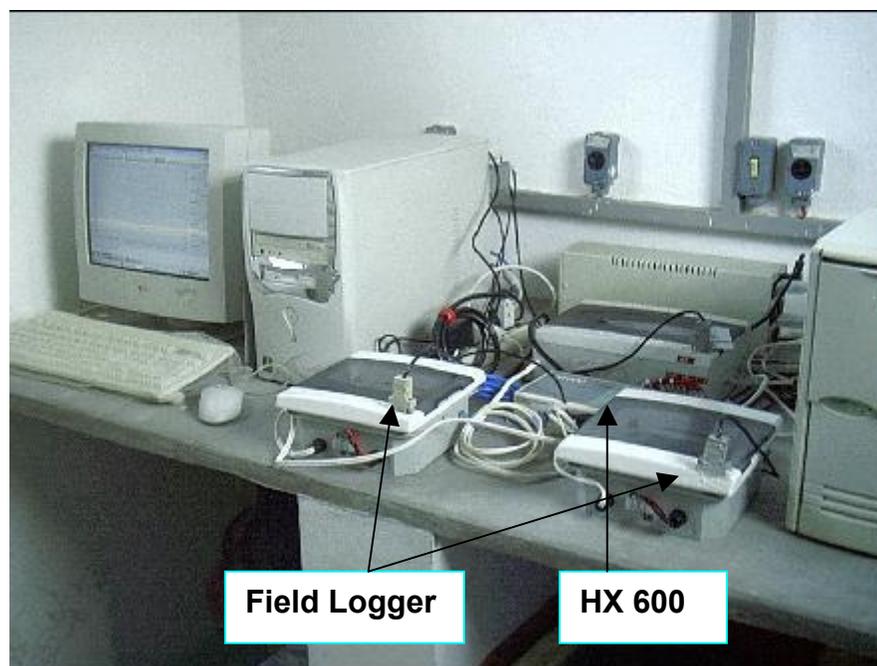


Figura 3 – Sistema de aquisição de dados

3.1.3.2 Field Logger

O Field Logger é um equipamento microprocessado de aquisição e registro de variáveis analógicas. Os canais de entrada universais tornam o Field Logger um instrumento muito versátil, função dos vários tipos de sensores que nele podem ser conectados.

Sua configuração foi feita através de um software de operação. Este software dito, Field Chart, acompanhou o equipamento e opera com o sistema Windows 2000.

3.1.3.3 Controlador HX 600

O controlador HX 600 fez a aquisição de dados de todos os medidores de energia elétrica ligados aos equipamentos dos galpões. Recebeu sinais de transdutores digitais via rede de comunicação serial RS 485 (protocolo Modbus RTU) sendo compatível com os

instrumentos de medição modelo Saga 2300 e 2500, da marca ESB, os quais foram utilizados no desenvolvimento desta pesquisa.

Este controlador analisou todas as grandezas elétricas necessárias e o registro destas grandezas foi feito e definido pelo usuário.

Para a monitoração e programação do controlador utilizou-se o software Gwprog. A comunicação entre o computador, em que o Gwprog foi instalado, e o controlador foi feito através da porta serial RS 232 (identificada por PROGR).

O microcomputador pode comunicar-se com o HX via rede TCP/IP (utilizada neste experimento) ou via serial RS 232. Pode-se ainda estabelecer esta comunicação via serial RS 485, com o auxílio de conversores RS 232/RS 485. O software STM (Sistema de Telemedição) que acompanha o controlador HX 600 foi uma ferramenta necessária para se conseguir um completo Sistema de Gerenciamento Energético através do microcomputador em ambiente Windows. Este software permitiu a exibição de dados registrados pelos controladores e ofereceu capacidades gerenciais, visando proporcionar significativas economias de energia elétrica.

3.1.3.4 Galpão G1

Este galpão possuía uma densidade convencional de aves (13 aves/ m²) da linhagem Ross. Neste galpão, a ventilação natural foi feita no sentido leste-oeste, continha cortinas na cor amarela.

A ventilação interna foi feita por ventiladores acionados manualmente instalados a 1,2 m do piso com as características da tabela 2.

Tabela 2 – Motor dos Ventiladores						
Quantidade	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
6	1	220	3	0,70	72,6	1730
2	½	220	3	0,70	72,6	1720

A Figura 4 mostra o esquema de distribuição dos ventiladores e da linha de nebulização no interior do galpão G1.

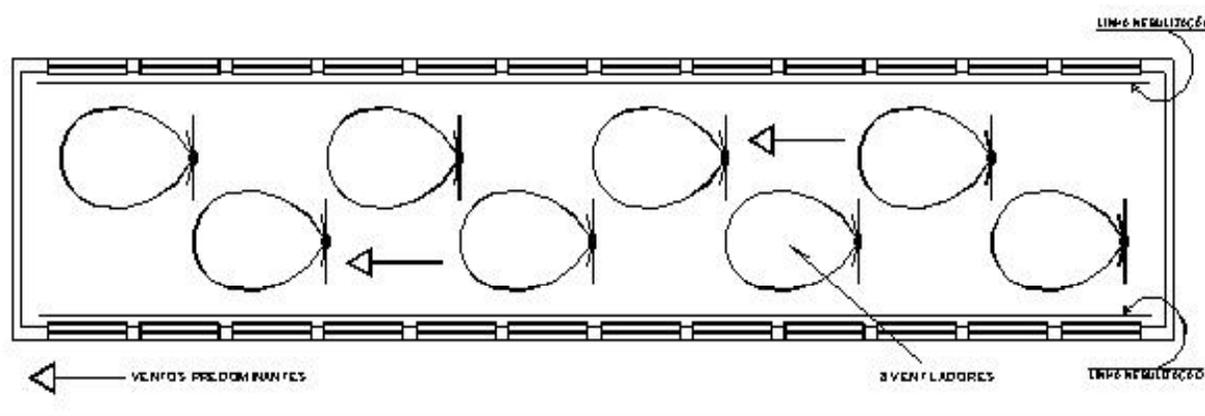


Figura 4 – Disposição dos ventiladores no galpão 1.

O comedouro possuía 2 linhas acionadas por motores com as características da tabela 3.

Tabela 3 – Motor do Comedouro

Quantidade	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
2	½	220	3	0,72	71,0	1700

O sistema de nebulização era longitudinal, composto por 2 linhas em paralelo com 115 m de comprimento, com aspersores a cada 2,5 metros, alimentados por uma bomba, comum aos dois galpões, com as características da tabela 4.

Tabela 4 – Motor da Bomba

Quantidade	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
1	3	220	3	0,79	79,0	3400

A bomba era comum aos dois galpões e ligada automaticamente, por meio de sensor de temperatura de bulbo úmido.

O silo foi acionado por um motor com as características da tabela 5

Tabela 5 – Motor do Silo

Quantidade	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
1	$\frac{3}{4}$	220	3	0,69	70,0	1700

A aquisição de dados de temperatura e umidade foi feita através de 2 transmissores NOVUS instalados em cada parte do galpão, ligados ao Data Logger através de dois cabos seriais RS 485 de 4 vias, 1 Data Logger da marca NOVUS, 3 medidores SAGA 2300, modelo 1387, para medir o consumo de energia elétrica dos ventiladores (Medidor 1), lâmpadas (Medidor 2) e comedouro e silo (Medidor 3), ligados entre si e ao equipamento HX 600 através de um cabo serial RS 485 de 2 vias.

Foram utilizados 3 transformadores de corrente para o circuito dos ventiladores, já que o medidor SAGA 2300, modelo 1387, não suporta correntes acima de 20A, em medição direta. O galpão possuía 40 lâmpadas de 40 W/220V. O sistema de climatização foi feito através de ventilação com nebulização.

As figuras 5 e 6 apresentam as fotos destes dispositivos instalados no galpão 1.



Figura 5 – Transmissor de temperatura e umidade



Figura 6 – Quadro dos Medidores de Energia do Galpão 1

3.1.3.5 Galpão G2

O Galpão G2 possuía alta densidade de aves (18aves/ m²) da linhagem Ross. O comedouro tinha três linhas que foram acionadas, cada uma, por um motor com as mesmas características da tabela 2 e o silo teve seu acionamento feito por um motor com as características da tabela 4. Sua ventilação interna foi feita por exaustores automáticos localizados na face oeste (a 0,60 m do piso), que possuem as características da tabela 6.

Tabela 6 – Motor dos Exaustores

Quantidade	Potência (CV)	Voltagem (V)	Fases	Fator de Potência	Rendimento (%)	Rotação (RPM)
8	1,5	220	3	0,81	71,5	1700

O sistema de nebulização foi longitudinal, composto por 2 linhas em paralelo com 115 m de comprimento, com aspersores a cada 2,5 metros, alimentadas pela mesma bomba do galpão 1. Continha também 1 Controlador Climatic-I com 2 etapas, 1 painel de potência, cortinas laterais impermeáveis na cor azul. A Figura 7 mostra o esquema da distribuição dos exaustores e das linhas de nebulização no galpão 2.

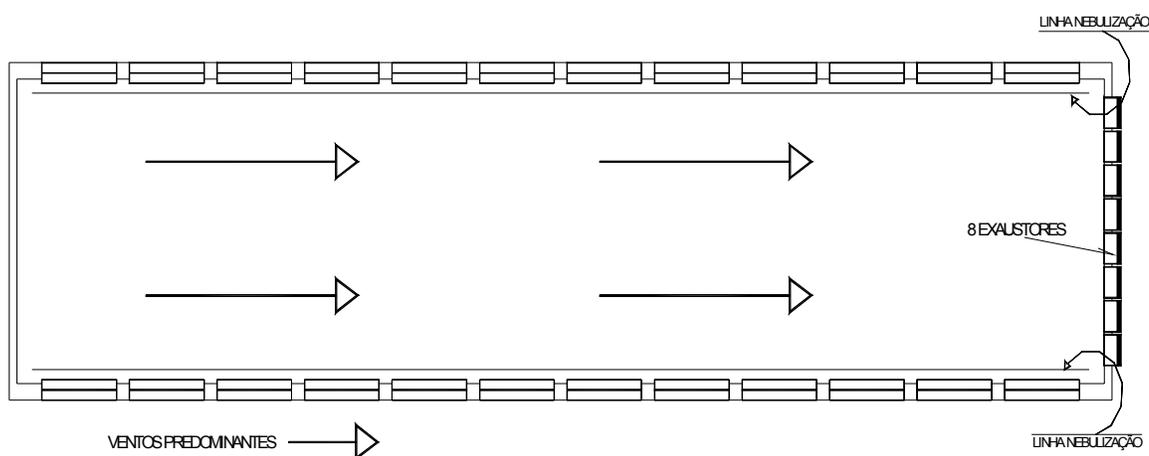


Figura 7 – Disposição dos exaustores do galpão G2.

A aquisição de dados foi feita da mesma forma que no galpão 1, porém com medidores de energia colocados para medir o consumo de energia elétrica dos Exaustores (Medidor 4), comedouro, silo e lâmpadas (Medidor 5) e Bomba (Medidor 6), ligados entre si e ao HX 600 através de outro cabo serial RS 485. O galpão possuía 40 lâmpadas de 40 W/220V. O sistema de climatização feito através de túnel associado com refrigeração adiabática.

A Figura 8 mostra como os medidores de energia elétrica foram instalados no quadro de distribuição de circuitos do galpão G2.



Figura 8 – Medidores SAGA 2300 e transformadores de corrente

3.1.3.6. Rotina de ligação dos equipamentos dos galpões G1 e G2

A tabela 7 apresenta a rotina de acionamento dos equipamentos elétricos dos galpões G1 e G2.

Tabela 7 – Rotina de acionamento dos equipamentos elétricos dos galpões G1 e G2

Equipamentos	Período de Acionamento dos equipamentos dos Galpões G1 e G2
Ventilação	Depende da temperatura média do ar no interior do galpão
Comedouro e silo	Período intermitente, esvaziamento do prato
Lâmpadas	18:00h às 06:00h
Bomba de nebulização	Depende da umidade relativa do ar no interior do galpão

3.1.4 Dieta

A ração segue formulações nutricionais estabelecidas pela empresa integradora, responsável pelo fornecimento do produto.

3.1.5 Manejo e profilaxia

Em função da elevada densidade de criação, das exigências do frango de corte e da moderna criação praticada, é importante que o manejo das aves e a vacinação dos animais tenham sido feitos com idoneidade e pontualidade. Neste caso, tais procedimentos foram executados pelo produtor.

3.2 Métodos

Neste estudo, foram analisados aspectos do desempenho animal, do conforto térmico em frangos de corte, do consumo de energia elétrica objetivando o uso racional de energia elétrica e equipamentos utilizados para proporcionar o conforto térmico necessário.

3.2.1 Variáveis ambientais e em relação aos animais a serem analisadas

Foram registrados dados sobre temperatura média do ar, umidade relativa do ar e velocidade de vento.

3.2.2 Mensuração de parâmetros ambientais

3.2.2.1 Temperatura e umidade relativa do ar

A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas através da utilização de transmissores NOVUS com sensores de temperatura e umidade, colocados em pontos estratégicos do galpão. Para isto, os transmissores foram conectados a um acumulador de dados, para registro e acúmulo contínuo de dados. Através deste sistema, obtiveram-se dados de acordo com a programação feita no equipamento, no caso em intervalos de 15 minutos. Assim foi possível traçar e mapear um perfil de umidade e temperatura interna do galpão.

3.2.2.2 Velocidade do ar

Considerando a importância da velocidade do ar artificial nos processos de troca de calor animal, bem como para o relacionamento com o consumo de energia elétrica, esta variável foi mensurada através de um anemômetro. No galpão G1, foi disposto em 132 diferentes pontos, equidistantes, de acordo com a disposição dos ventiladores. No galpão G2, onde existem somente exaustores na face oeste do galpão, o anemômetro foi disposto em 132 diferentes pontos com distâncias regulares através do interior do galpão. A figura 8 apresenta a marcação dos pontos para medição da velocidade de vento, tanto para o galpão G1 como para o galpão G2.

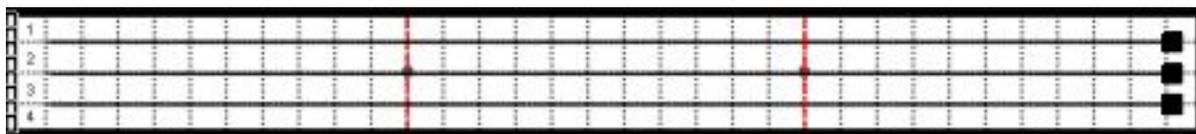


Figura 9 – Marcação dos pontos para medição de velocidade de vento dos galpões G1 e G2

3.2.3 Consumo de energia elétrica

3.2.3.1 Consumo

O consumo de energia elétrica dos equipamentos foi avaliado através de medidor de energia multivariável instalado em cada circuito terminal na caixa de distribuição de circuitos. Os medidores foram acoplados ao acumulador ou registrador de dados específico, atendendo os padrões estabelecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Foi verificado o consumo de energia elétrica no mesmo instante em que foram medidos os dados relativos à temperatura, umidade relativa, velocidade do ar. A tabela 8 a seguir apresenta os medidores de energia elétrica dos galpões G1 e G2.

Tabela 8 - Medidores de energia elétrica dos galpões G1 e G2.

Medidores	Galpões	
	G1	G2
	1-Ventiladores	4-Exaustores
	2- Lâmpadas	5- Comedouro, silo e lâmpadas.
	3- Comedouro e silo	6- Bomba de nebulização

O analisador portátil de grandezas elétricas SAGA 4000 foi instalado no alimentador principal do galpão G1 no lote 2 e 4. No galpão G2, este analisador foi instalado no alimentador principal durante os lotes 3 e 5. Isto teve a finalidade de registrar o consumo total dos galpões independentemente de problemas que poderiam ocorrer na operação do sistema de aquisição de dados. A figura 11 mostra o esquema de ligação do SAGA 4000 e dos pára-raios de proteção.

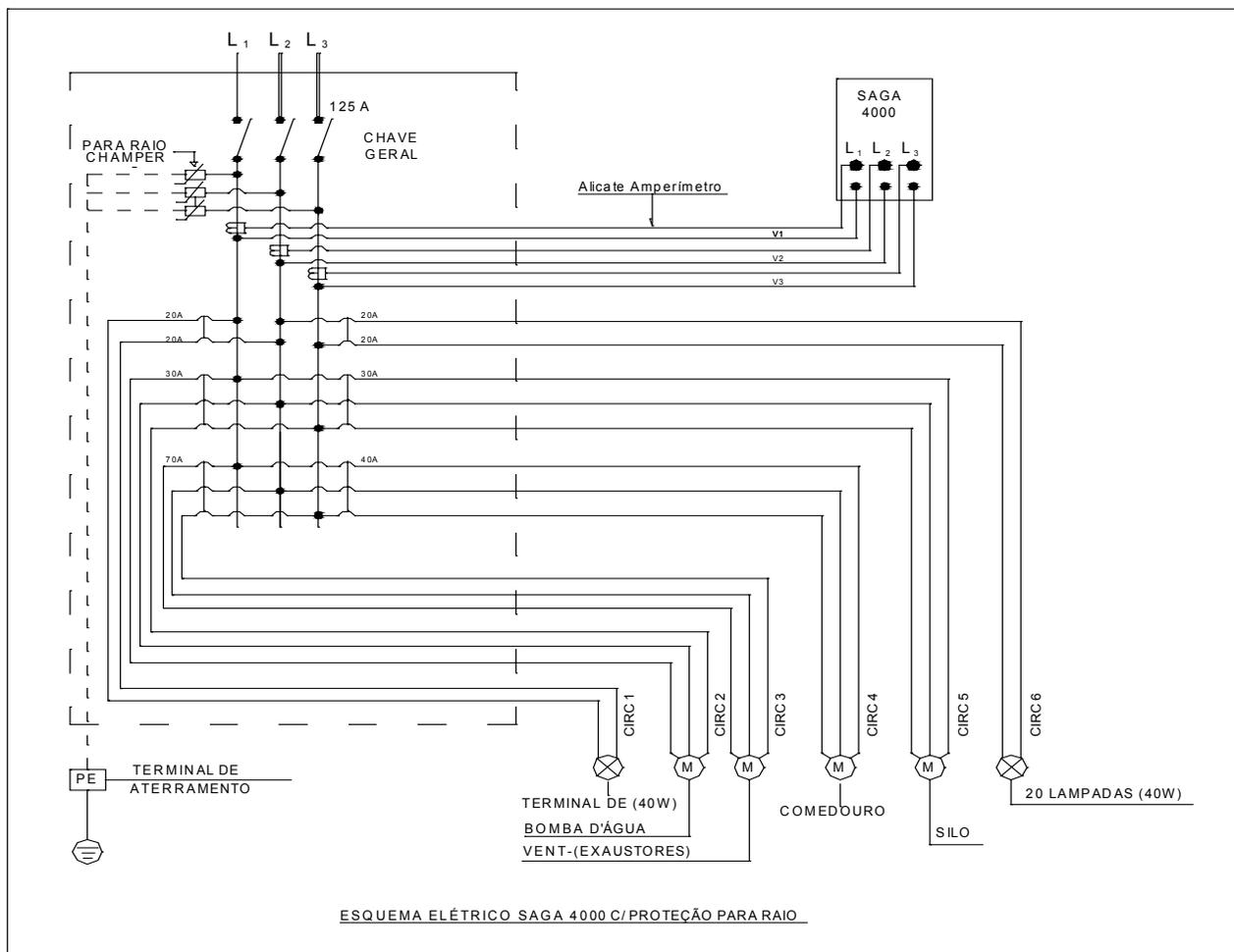


Figura 10 Esquema de ligação do SAGA 4000 e pára-raios de proteção

Foram usadas planilhas de dados específicas, juntamente com gráficos, para estabelecer a relação e o comportamento entre as variáveis elétricas e aquelas ambientais.

3.2.3.2 Tempo de mensuração

O medidor de energia tem um visor digital que mostrava a qualquer tempo os valores das grandezas elétricas que foram avaliadas. O intervalo utilizado para a aquisição de dados foi de 15 minutos.

3.2.4. Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos

3.2.4.1. Indicadores de Eficiência Energética

De acordo com ELETROBRÁS/PROCEL (2001), a eficiência energética aumenta quando se consegue realizar um serviço e/ou produzir um bem com uma quantidade de energia inferior a que era usualmente consumida. Para se poder quantificar esta melhoria utiliza-se os chamados indicadores de eficiência energética. Dentre os mais comuns e os que apresentam maior utilização pode-se destacar:

- Consumo específico de energia de cada galpão de criação de frangos de corte (CE_G) e
- Fator de carga de cada galpão de criação de frangos de corte (FC_G)

3.2.4.1.1 Consumo Específico de Energia dos Galpões de Criação de Frangos de Corte (CE_G)

A análise do consumo de energia (kWh) ou carga instalada (kW) em relação ao produto gerado, serviço prestado ou área ocupada produz indicadores de desempenho passíveis de comparação a padrões estabelecidos no país e exterior. Em relação à área ocupada, o índice W/m^2 é determinado e comparado com as edificações tipológicas e funcionalmente semelhantes, mas, com diferentes níveis de eficiência. Dessa forma, podem-se projetar padrões mais eficientes de consumo de energia elétrica, considerando-se a utilização de produtos e processos de melhor desempenho energético. Deste modo, utilizou-se segundo (ELETROBRÁS/PROCEL, 2001), para o cálculo do consumo específico de energia de cada galpão de criação de frangos de corte (CE_G) a relação :

$$CE_G = \frac{CA_i}{QP_i} \text{-----(kWh/Lote)}$$

sendo

CA_i – Consumo do lote de energia dado em kWh/lote

QP_i – Quantidade de produto produzido no lote pela unidade consumidora

I – Índice referente ao lote de criação de frangos de corte.

3.2.4.1.2. Fator de Carga da Instalação Elétrica dos Galpões de Criação de Frangos de Corte (FCG)

O fator de carga é um dos indicadores de eficiência, pois, mostra como a energia está sendo utilizada ao longo do tempo. Quanto maior o fator de carga, menor será o custo representado pelo kWh empregado. Um fator de carga próximo da unidade indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo indica que houve concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo, determinando uma demanda elevada. Isto se dá quando muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo.

Para se obter um fator de carga mais elevado deve-se aumentar o número de horas trabalhadas conservando a demanda de potência ou otimizar a demanda de potência conservando-se o mesmo nível de consumo de energia. Deste modo, utilizou-se para o cálculo de fator de carga de cada galpão de criação de frangos de corte a relação 2:

$$FC_G = \frac{CA_i}{h.DR_i}$$

sendo:

CA_i – Consumo de energia (kWh), no galpão do lote de criação de frangos de corte na ponta e fora de ponta;

I – Índice referente ao lote de criação de frangos de corte de análise do histórico de dados;

h – horas – número médio de horas no lote de criação de frangos de corte;

DR_i – Demanda registrada máxima de potência no lote de criação de frangos de corte.

3.2.5 Controle dos Galpões

3.2.5.1 Galpão 1

Este galpão continha ventiladores, nebulizadores e comedouro automático. Teve um manejo relacionado proporcionalmente com: idade dos animais, temperatura ambiente e umidade ambiente.

Os ventiladores eram acionados manualmente, função da ligação dos exaustores no galpão 2. A nebulização, responsável pela manutenção do índice ideal da umidade, foi ligada concomitantemente à do galpão 2, pelo sensor de bulbo úmido.

As luzes são ligadas manualmente, das 18:00h às 06:00 h.

3.2.5.2 Galpão G2

Este galpão tinha exaustores, nebulizadores e comedouros automáticos. Os exaustores e os nebulizadores eram ligados quando a temperatura e a umidade atingiam níveis indesejados ao manejo correto dos frangos. O motor do comedouro era acionado quando a quantidade de ração estava abaixo da necessária.

Para o funcionamento do sistema foram estabelecidas pela empresa produtora duas etapas:

- Primeira etapa

Quando era detectada a Temperatura de Bulbo Seco maior que 25°C e Umidade Relativa do ar menor que 65%, pelo sensor do sistema de automação disposto no centro do galpão 1 a 0,4m do piso, ocorria o acionamento dos 4 primeiros exaustores.

- Segunda etapa

Ao ser detectada Temperatura de Bulbo Seco maior que 27°C e Umidade Relativa do ar menor que 65%, ocorreria o acionamento dos 4 exaustores restantes e do sistema de nebulização por até no máximo 10 minutos, de acordo com as necessidades do manejo.

Ao ser detectada a Umidade Relativa do ar maior que 80%, somente o sistema de nebulização era desligado. Com a Umidade Relativa do ar menor que 80%, novamente o sistema de nebulização seria acionado.

A Figura 11 mostra o painel de controle automático da bomba e dos exaustores instalado no galpão G2.



Figura 11 – Quadro de comando automático da bomba e exaustores

Este galpão foi adequado às novas condições de produção, mediante vedação completa do mesmo para garantir pressão negativa, através da vedação do lanternim já existente e das frestas (portas, paredes, cortinas e vigas) com o mesmo material das cortinas e pela instalação das peças de vedação na junção da telha de cimento amianto Canaleta 90 Eternit® ou similar com as vigas da cobertura e da vedação.

3.2.6 Coleta das variáveis produtivas

Para cada lote de produção foram obtidas as seguintes variáveis produtivas, conforme MIRAGLIOTTA (2000).

3.2.6.1 Mortalidade

A mortalidade de cada setor em cada um dos tratamentos foi obtida através da relação 1, usual do manejo da avicultura:

$$\% \text{ Mortalidade} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de aves mortas}}{\text{n}^\circ \text{ de pintos de 1 dia iniciados}} \times 100$$

3.2.6.2 Conversão alimentar

A conversão alimentar ao final de cada lote de produção foi obtida através da relação 2:

$$\text{CA} = \frac{\text{Total de kg de ração consumida}}{\text{total de kg de frangos vivos vendidos}}$$

3.2.6.3 Ganho de peso diário

Conforme MIRAGLIOTTA (2000), o ganho médio de peso diário ao final de cada lote em cada sistema de produção foi obtido através da relação 3:

$$\text{Ganho de peso diário} = \frac{\text{kg frango vendido/ n}^\circ \text{ aves vendidas}}{\text{idade média}} \text{ (g)}$$

3.2.7 Peso das aves

A pesagem das aves foi realizada semanalmente, em ambos sistemas de produção. A amostra de aves pesadas era aproximadamente 2% do total de pintinhos iniciados, separando os machos das fêmeas. Portanto, no Sistema Convencional (galpão G1) foram pesados 30 machos e 30 fêmeas por setor e no Sistema em Alta Densidade (galpão G2), 40 macho e 40 fêmeas por setor.

O padrão de ganho de peso recomendado pela AGROCERES (2000), para sistemas misto de criação foi apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Peso padrão de aves da linhagem AgRoss.

PESAGEM PERIÓDICA	
IDADE (dias)	PESO PADRÃO MÉDIO (g)
7	162
14	422
21	795
28	1275
35	1826
42	2400

3.2.8 Relação entre variáveis ambientais, produtivas e elétricas

Com os dados das variáveis ambientais (temperatura do ar e umidade relativa do ar) e das variáveis elétricas (consumo de energia elétrica, demanda de potência e fator de potência), foi relacionado às grandezas de cada um destes grupos de variáveis. Isto foi feito através de planilhas específicas, confeccionadas com estes dados, e análise estatística. Uma importante relação que foi analisada foi o consumo específico, o qual mediu o quanto de eletricidade foi gasta para proporcionar ganho de peso à ave.

3.2.9. Análise Estatística

Foi realizada a comparação das médias horárias de Consumo de Energia Elétrica (C), Temperatura Média do Ar (TMA) e Umidade Relativa do Ar (URA) dos Galpões G1 e G2 separadamente para cada uma das variáveis citadas anteriormente, através da realização do Teste T, precedido pelo Teste F para a análise da variância equivalente das médias, onde se analisou a diferença significativa destes dois galpões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As escalas dos gráficos apresentam-se com valores diferentes para a análise dos lotes, pois estes possuíam períodos com quantidades de dias diferentes.

4.1. Conforto Térmico

Foi calculada a média diária do período das 9 às 17 horas, incluindo o período crítico (11:00-15:00 horas), dos valores de temperatura e umidade relativa do ar dos galpões 1 e 2, para os dias de coleta de dados. Este procedimento foi feito para todos os lotes analisados.

Em relação à variável velocidade de vento, foram coletados e analisados dados somente dos lotes 4 e 5 devido a dificuldades encontradas na adequação da metodologia usada, função do anemômetro portátil e manual.

4.1.1. Temperatura Média do ar, Umidade Relativa do ar e Velocidade de Vento

Os gráficos das figuras 12 à 16 ilustram a variação diária do comportamento da temperatura média do ar e da umidade relativa do ar em ambos os galpões para os lotes 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

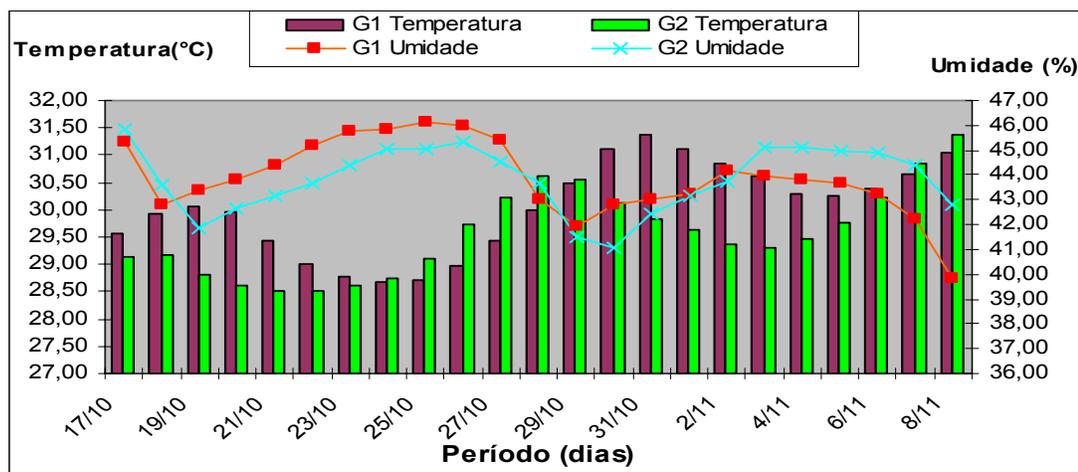


Figura 12 – Variação diária do comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa do ar no lote 1

Observa-se através da figura 12 que houve variação no comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa média do ar entre os galpões.

O galpão G2, que apresentava densidade animal alta, apresentou valores menores de temperatura média do ar em relação ao galpão G1, que possuía densidade animal convencional, durante praticamente todo o decorrer do lote. Isto pode ser explicado pela eficiência do sistema de climatização do galpão G2 que manteve as temperaturas menores. Entretanto, pode-se notar que em ambos os galpões, a temperatura média do ar, ficou acima do estipulado na metodologia, porém causando boa sensação térmica no interior do galpão graças ao auxílio da ventilação.

Mesmo com diferentes tecnologias de climatização nos galpões, observa-se através da figura 12, pouca diferença de comportamento da umidade relativa do ar entre os mesmos. Isto ocorreu devido aos baixos valores horários de umidade relativa do ar no horário crítico. Ainda pode ser observado que a média diária apresenta valor abaixo do recomendado para o acionamento da bomba de nebulização durante o dia, que ocorria em função da umidade no galpão G2.

Como no galpão G2 havia acionamento automático, tanto da bomba como dos exaustores, o comportamento da umidade apresenta-se com variações maiores do que no galpão G1, porém na média, a umidade relativa em no galpão G2 é praticamente igual à do galpão G1.

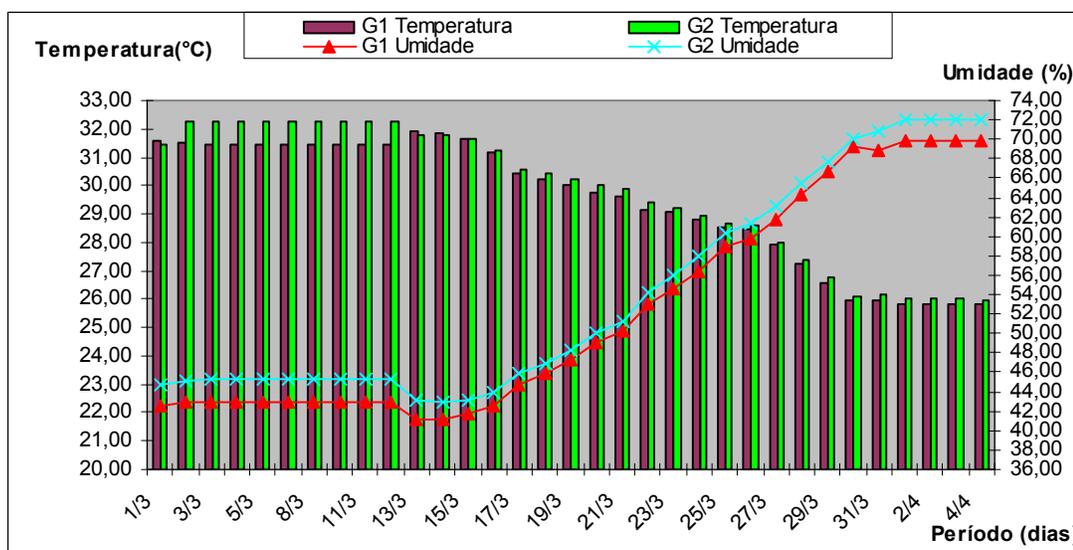


Figura 13 – Variação diária do comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa do ar no lote 2

Observa-se através da figura 13, uma variação evidente dos valores de temperatura média do ar em ambos os galpões. Entretanto estas temperaturas se mantiveram muito semelhantes entre os galpões analisados, com exceção da primeira semana de utilização dos equipamentos de climatização, quando o galpão G1 apresentou melhores valores para temperatura. Isto demonstra que o galpão G2, mesmo com densidade animal maior, manteve temperaturas médias semelhantes àquelas do galpão G1, que tem densidade animal menor. Pode-se explicar esta semelhança entre os galpões, mesmo com densidades diferentes, devido à climatização do galpão G2 ter sido eficiente também neste lote.

Nota-se também pela figura 13, um comportamento semelhante em relação à variação da umidade relativa do ar em ambos os sistemas de produção. O galpão G1 apresentou menores valores em relação ao galpão G2, porém estes foram muito próximos. Isto ocorre devido à bomba de nebulização ser acionada em função do índice de umidade do galpão G2, a densidade animal diferente entre os dois galpões e as cortinas do galpão G1 ficarem abertas no decorrer do lote, após a fase de aquecimento dos pintainhos.

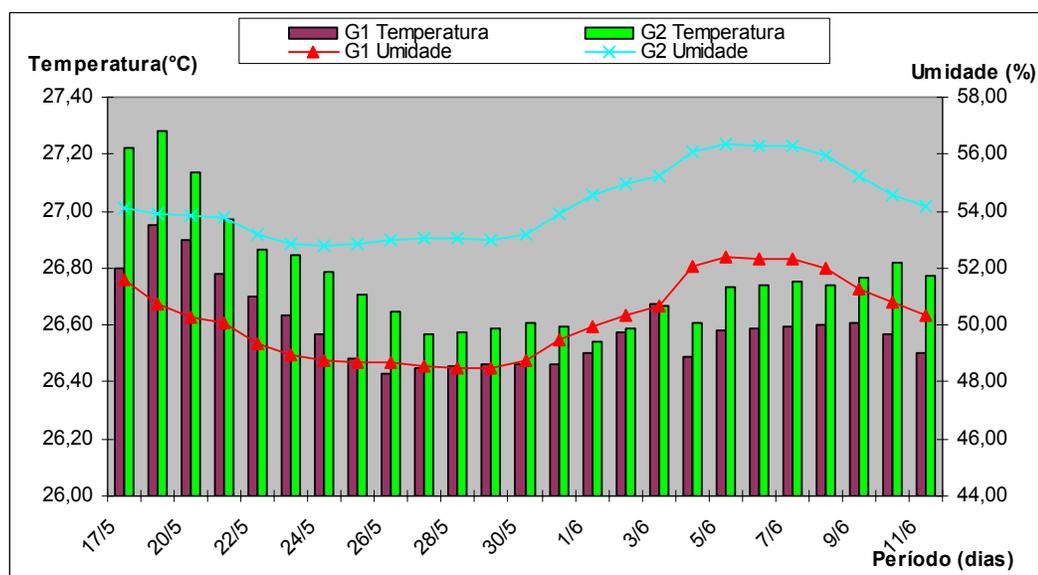


Figura 14 – Variação diária do comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa do ar no lote 3

Observa-se pelo gráfico da figura 14, que as temperaturas em ambos os sistemas de produção se mantiveram elevadas no decorrer do ciclo produtivo, porém menores do que as

ocorridas no lote passado nos mesmos sistemas. Nota-se também, que os valores médios de temperatura do ar no galpão G2 foram superiores aos encontrados no galpão G1. Isto ocorre devido a maior densidade animal neste galpão.

Os valores menores de temperatura do ar encontrados em ambos os galpões em relação ao lote passado, ocorrem devido à estação do ano em que este lote se desenvolveu, onde ocorre valor de temperatura mais amena.

Através da figura 14 ainda pode-se notar, que os índices de umidade relativa do ar, se mantiveram baixos durante todo o ciclo de produção, mesmo com o acionamento dos sistemas de climatização, como a bomba de nebulização.

Observa-se também, que os valores encontrados no galpão G1, são menores que no galpão G2. Isto ocorre, pois a bomba de nebulização é acionada em função da umidade encontrada no galpão G2, além dos diferentes tipos de sistema de climatização entre os sistemas e o número de animais encontrados em cada galpão. Deve-se levar em consideração, também, que nesta época do ano, a ocorrência de chuvas é menor, levando a índices de umidade relativa do ar mais baixos.

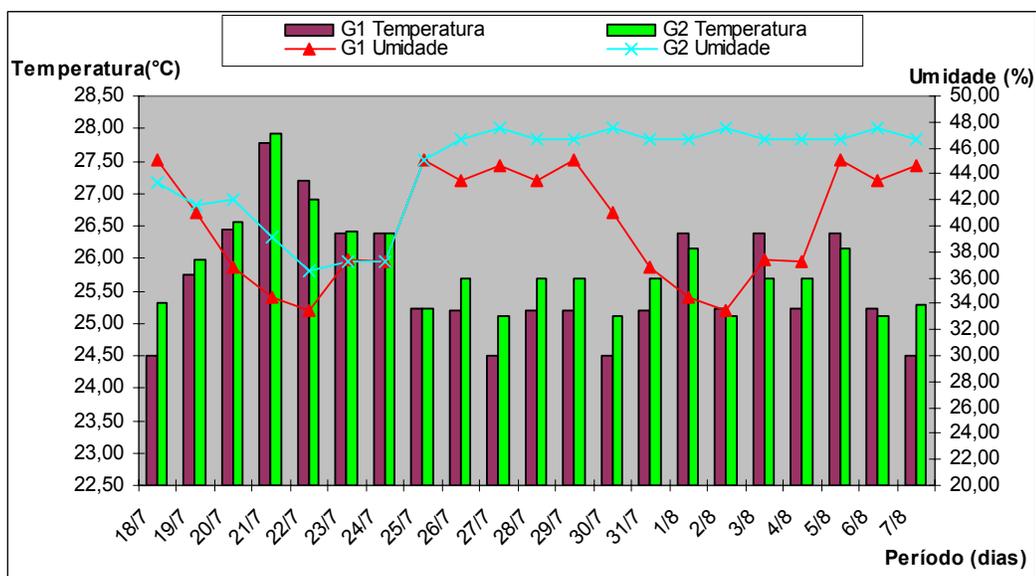


Figura 15 – Variação diária do comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa do ar no lote 4

Observa-se na figura 15 que a temperatura média diária, em ambos os galpões, teve muita variação no decorrer do lote. Isto ocorreu em função do acionamento ou não dos equipamentos responsáveis pela climatização, em decorrência das temperaturas encontradas em cada galpão, que, mesmo na estação de inverno, foram elevadas.

Nos dois sistemas de produção analisados, as temperaturas ficaram acima da zona de termoneutralidade citada por MOURA (2001). Mas, o mesmo autor relata que com o sistema de nebulização, os frangos toleram temperaturas ambientais acima de 27 °C. Esta variação de temperatura se deve ao período de desenvolvimento destes animais, à densidade animal e à incidência do sol em cada galpão.

Observa-se na figura 15, que ambos os galpões apresentaram níveis baixos de umidade relativa do ar. Isto ocorreu devido a problemas técnicos ocorridos na placa de controle da bomba de nebulização e, assim, o seu não acionamento no período total do lote, além das poucas chuvas ocorridas neste espaço de tempo.

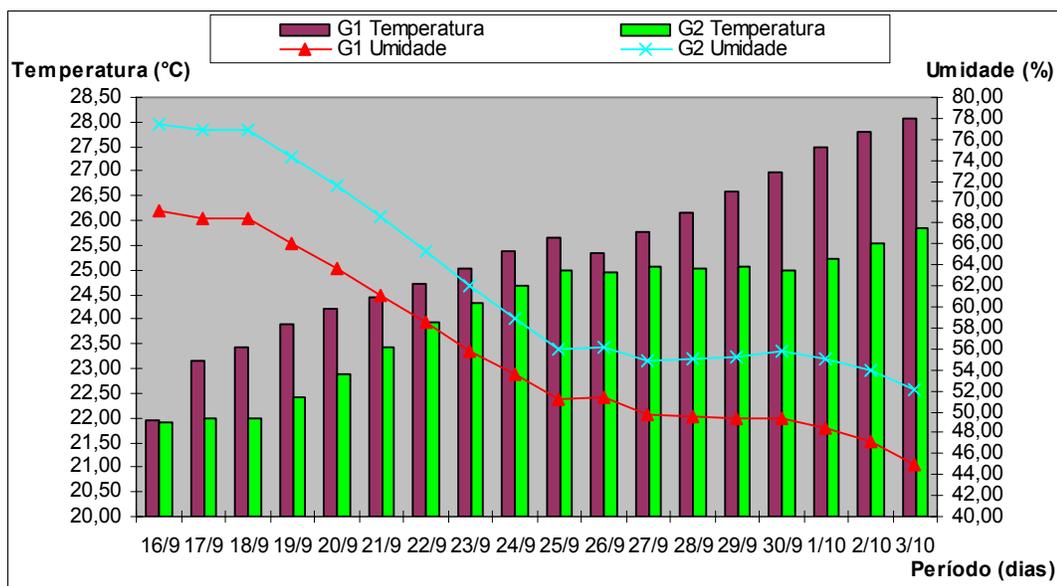


Figura 16 – Variação diária do comportamento da temperatura média do ar e umidade relativa do ar no lote 5

Através da figura 16 nota-se, que a temperatura média diária em ambos os galpões teve variação. Isto ocorreu em função, do acionamento ou não, dos equipamentos responsáveis pela climatização, em decorrência das temperaturas encontradas em cada galpão.

Neste lote, o galpão G2 apresentou melhores valores de temperatura, possivelmente devido ao seu sistema de climatização, porém os dois sistemas de produção, mais uma vez, apresentaram valores acima dos citados por MOURA (2001) em relação a termoneutralidade.

Vê-se também pela da figura 16, variação na umidade relativa do ar em ambos os galpões. O galpão G2 apresentou valores de umidade maiores que o galpão G1. Isto ocorre devido à menor densidade animal e à abertura lateral do galpão G1. Em comparação ao lote passado nota-se que, tanto no galpão 1 como no G2, houve valores maiores de umidade relativa do ar, devido à ação do equipamento da bomba de nebulização em períodos de baixa umidade.

A Tabela 10 ilustra a variação da velocidade de vento nos galpões G1 e G2 nos lotes 4 e 5. A velocidade de vento só pode ser medida à partir destes lotes, função da disponibilidade do anemômetro.

Tabela 10 - Variação da velocidade de vento no interior dos galpões 1 e 2

	<i>Velocidade de Vento (m/s)</i>		
	<i>Box Leste</i>	<i>Box Centro</i>	<i>Box Oeste</i>
<i>Lote 4 - G1</i>	1.77	1.05	1.81
<i>Lote 4 - G2</i>	1.40	1.03	1.35
<i>Lote 5 - G1</i>	1.60	1.10	1.70
<i>Lote 5 - G2</i>	1.55	1.05	1.20

Identifica-se claramente uma variação na velocidade de vento nas parcelas de área dos galpões. Constata-se uma diferença razoável da velocidade de vento entre os dois galpões. Esta diferença ocorre, pois no galpão G1 são usados ventiladores distribuídos por toda área do galpão, resultando num sistema de pressão positiva, enquanto no galpão G2, são utilizados exaustores em uma das faces, cortinas laterais e a outra face aberta, resultando num sistema de pressão negativa.

No galpão G2, a velocidade de vento é mais constante nos boxes, tendo uma pequena variação entre os boxes, devido à distância da instalação dos exaustores que estão na face oeste do galpão.

Observa-se uma diminuição na velocidade média do vento no box central de cada galpão, significando que existem problemas em ambos os galpões. No galpão G1, isto pode ser explicado devido a um menor número de ventiladores instalados neste box. Já no galpão G2, ocorre a formação de um vazio no box central, fazendo com que haja a diminuição da velocidade do vento neste local.

Os dois sistemas apresentaram valores médios de velocidade de vento dentro dos padrões considerados ideais para aves (ROSSI, 1998). Porém, TURCO (1998) encontrou valores acima dos encontrados neste trabalho. Isto pode ser justificado pelo fato do autor ter usado metodologia diferente na coleta dos dados e pela potência dos equipamentos ser diferentes.

4.2. Produtividade Animal

Foram feitos acompanhamentos do peso semanal, para o galpão G1 (convencional) e para o galpão G2 (alta densidade), separando-se 2% do total da população em cada galpão e selecionando-se 50% da amostragem em machos e fêmeas. Foram cedidos pelo responsável pela Granja de frangos de corte, para cada um dos galpões, os índices de produtividade ao final do lote. Este procedimento ocorreu em todos os lotes analisados.

4.2.1. Principais Variáveis Produtivas

Dentre as principais variáveis produtivas, apresenta-se separadamente o ganho de peso para comparação com os dados de referência da linhagem utilizada, produzida pela empresa Agroceres.

Os acompanhamentos dos pesos semanais, para o galpão G1(convencional) e galpão G2 (alta densidade), são apresentados nas Tabelas 11 e 12 e nas figuras 17 e 1,8 respectivamente. Os animais eram retirados para o abate a partir do trigésimo quinto (35) dia de vida. Desta forma, a partir do lote 2, as pesagens foram realizadas até a primeira retirada de frangos.

Tabela 11 – Ganho de peso das aves

Galpão G 1						
IDADE (dias)	Peso Padrão (g)	Lote 1 Peso (g)	Lote 2 Peso (g)	Lote 3 Peso (g)	Lote 4 Peso (g)	Lote 5 Peso (g)
7	162	154,89	191,20	191,22	146,86	165,47
14	422	373,36	435,86	442,97	386,50	360,33
21	795	771,00	776,78	*	712,80	744,75
28	1275	1217,73	1267,56	1293,86	1281,83	1183,81
35	1826	1706,45	1751,97	1801,28	*	1757,00
42	2400	2206,06	*	*	*	*

* Datas em que, devido a imprevistos no experimento, a pesagem dos animais não foi realizada.

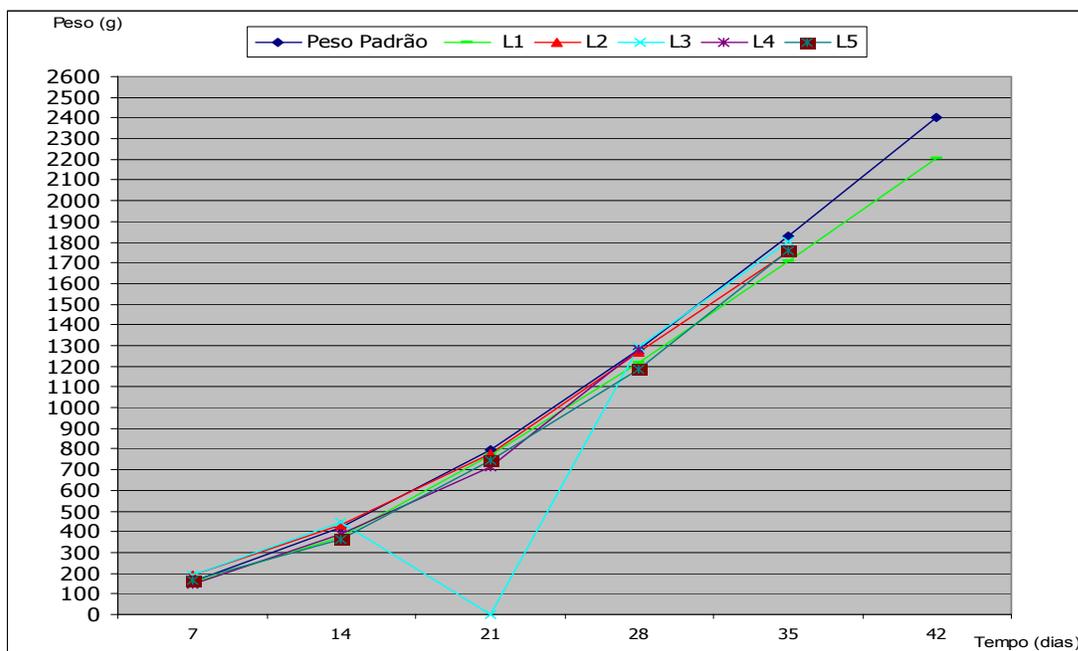


Figura 17 - Variação dos pesos semanais no galpão G1 comparativamente ao peso padrão

Tabela 12 – Ganho de peso das aves

Galpão G2						
IDADE (dias)	Peso Padrão (g)	Lote 1 Peso (g)	Lote 2 Peso (g)	Lote 3 Peso (g)	Lote 4 Peso (g)	Lote 5 Peso (g)
7	162	150,57	186,50	192,23	157,50	164,79
14	422	377,36	422,57	446,03	392,21	371,90
21	795	741,00	765,70	*	709,11	723,75
28	1275	1154,96	1229,50	1389,88	1178,88	1143,50
35	1826	1642,94	1630,44	1820,81	*	1721,46
42	2400	2138,15	*	*	*	*

*: Datas em que devido a imprevistos no experimento a pesagem dos animais não foi realizada.

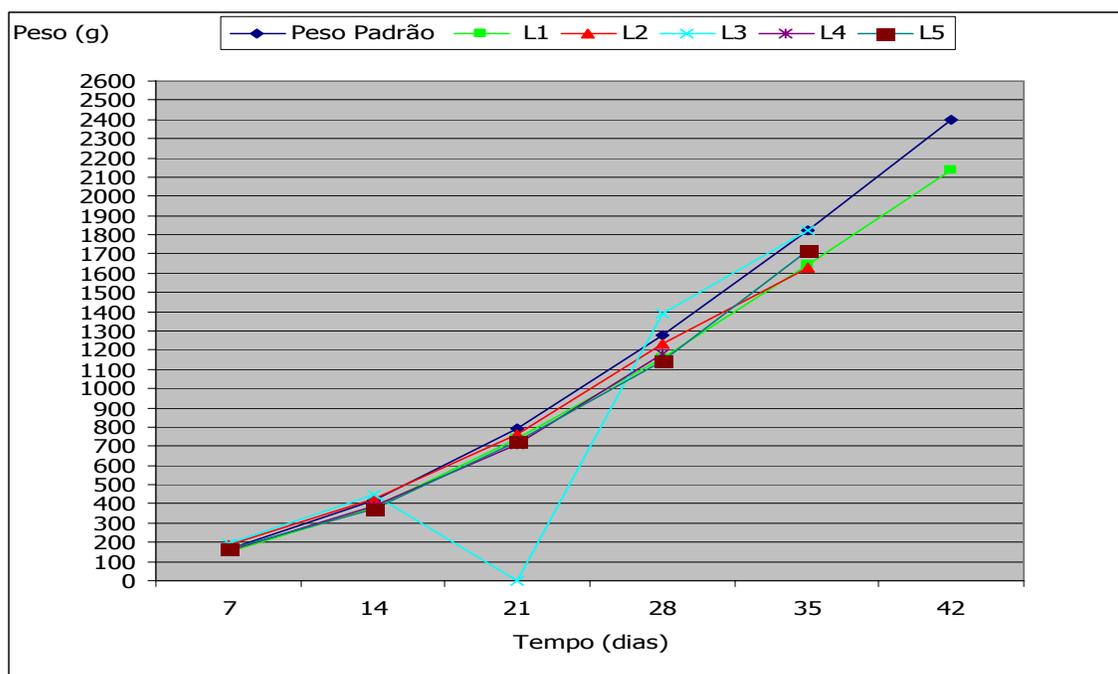


Figura 18 - Variação dos pesos semanais no galpão G2 comparativamente ao peso padrão

Pelas tabelas 11 e 12 e através das figuras 17 e 18 observa-se que, o ganho de peso de ambos os galpões, na maioria dos lotes, foi menor do que o ganho de peso padrão da linhagem utilizada. Isto pode ser explicado pelo fato deste peso padrão ser obtido em ótimas condições de manejo e isto não ocorre em produções comerciais. O peso médio do galpão G1 variou nas mesmas proporções do galpão G2, porém na maioria das vezes, o galpão com densidade menor (G1) apresentou valores maiores. Isto acontece em função da menor densidade animal

deste galpão. Porém, em relação ao galpão G2, nota-se que o número final de quilo de frango é maior, produzido no mesmo espaço de tempo.

Outras variáveis produtivas importantes estão relacionadas na tabela 13, para os galpões G1 e G2, nos cinco lotes analisados.

Tabela 13 - Variáveis produtivas.

Variáveis	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4		Lote 5	
	G1	G2								
Pintos de 1 dia inciados	17800	24400	17978	24822	18601	25174	17430	24070	17472	24128
Mortes	461	667	401	673	870	616	429	577	521	526
Conversão Alimentar (CA)	1,918	1,918	1,851	1,946	2,055	1,928	1,677	1,762	1,911	1,761
Mortalidade (%)	2,58	2,73	2,23	2,71	4,67	2,44	2,46	2,39	2,88	2,18
Idade Média (dias)	45,90	47,27	46,20	49,38	52,97	48,77	35,11	42,02	40,47	41,56
Ganho de Peso Diário (g)	52,02	50,94	53,32	52,57	56,14	54,37	50,27	54,04	50,18	51,44

Fica claro através da tabela 13, que o galpão G1 apresentou aumento no índice de mortalidade no lote 3. Isto ocorreu em função deste lote ter sido executado entre as estações de outono e inverno, onde ocorreram temperaturas mais frias, demonstrando que este galpão apresenta problemas no período de aquecimento que dura até os 21 dias de vida dos animais. As causas neste tipo de problema são falhas na vedação das cortinas e à maior distância das campânulas a gás, em relação ao galpão G2.

Nota-se, também, no galpão G1 um índice de mortalidade um pouco maior no lote 5, período em que as temperaturas estão começando a aumentar e conseqüentemente maior estresse calórico nos animais. A conversão alimentar para meses quentes ficou abaixo, neste sistema, quando comparada com a citada em PATRÍCIO (2003).

O peso médio obtido no galpão G1 está dentro do esperado e do citado na literatura. Deve-se ressaltar que os valores padrões são obtidos em condições ótimas de desenvolvimento.

Já no galpão G2, observa-se um índice de mortalidade menor do que o mencionado por PATRÍCIO (2003), tanto na média anual como na média para os meses de temperaturas mais quentes e mais frias e dos índices encontrados em (FIGUEIREDO et al, 2001). Isto ocorreu em decorrência do acionamento dos sistemas de climatização dos galpões, apesar do lote 4 ter ficado sem nebulização. Porém, graças às temperaturas amenas do período deste lote, obteve-se eficiência na produção.

A conversão alimentar recomendada por AGROCERES (2000), citada por MICHELAN FILHO & SOUZA (2001), para 42 e 49 dias, são respectivamente, de 1,70 e 1,82. Os resultados encontrados no galpão G2 foram acima destes valores para meses quentes e abaixo dos mesmos para meses frios, possivelmente devido às temperaturas encontradas na época da realização de cada lote, levando ou não a um maior ou menor estresse calórico.

4.3. Variáveis Energéticas

Os dias usados para aquisição de dados das variáveis Fator de Potência, Consumo e Demanda foram apenas os dias que os medidores de energia elétrica dos galpões G1 e G2 ficaram ligados nos cinco lotes de análise de dados.

4.3.1. Fator de Potência nos Galpões G1 e G2

O fator de potência indica quanto da potência aparente está sendo transformado em potência ativa e reativa. Quanto maior o fator de potência, maior a quantidade de potência ativa transformada, sendo assim mais eficiente. Como as empresas de fornecimento de energia cobram por potência ativa, para não sobrecarregar sua rede, o fator de potência do consumidor deve ser maior ou igual 0,92, de acordo com a legislação vigente. A tabela 14 ilustra o fator de potência médio obtido nos equipamentos dos galpões G1 e G2 e as figuras 19 a 23 apresentam a variação diária do fator de potência dos equipamentos instalados em ambos os galpões, observados nos cinco lotes de análise de dados.

A placa de controle da bomba de nebulização, que se encontrava no galpão G2, apresentou problemas técnicos no lote 4 e, deste modo, o produtor responsável pelos galpões optou por não utilizá-la neste lote de produção. Assim não houve análise deste medidor no respectivo lote.

Tabela 14 – Fator de Potência médio dos equipamentos do G1 e G2

Fator de Potência Médio						
Medidor	Potência Nominal (kW)	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
Comedouro/Silo - G1	1,29	0,80	0,47	0,54	0,60	0,50
Lâmpadas - G1	1,60	0,99	1,00	0,96	0,97	0,97
Ventiladores – G1	5,10	0,80	0,90	0,95	0,97	0,90
Comedouro/Silo/Lâmpadas – G2	3,25	0,67	0,74	0,76	0,60	0,73
Bomba G2	2,20	0,93	0,94	0,93	-	0,92
Exaustores – G2	8,83	0,92	0,97	0,93	0,93	0,93

Na tabela 14, vê-se que os únicos equipamentos que apresentaram na média fatores de potência abaixo de 0,92 como recomenda a ANEEL, foram os comedouros e silo do galpão G1. Isto ocorre, pois os motores responsáveis pelos comedouros e silos eram antigos e precisavam de manutenção.

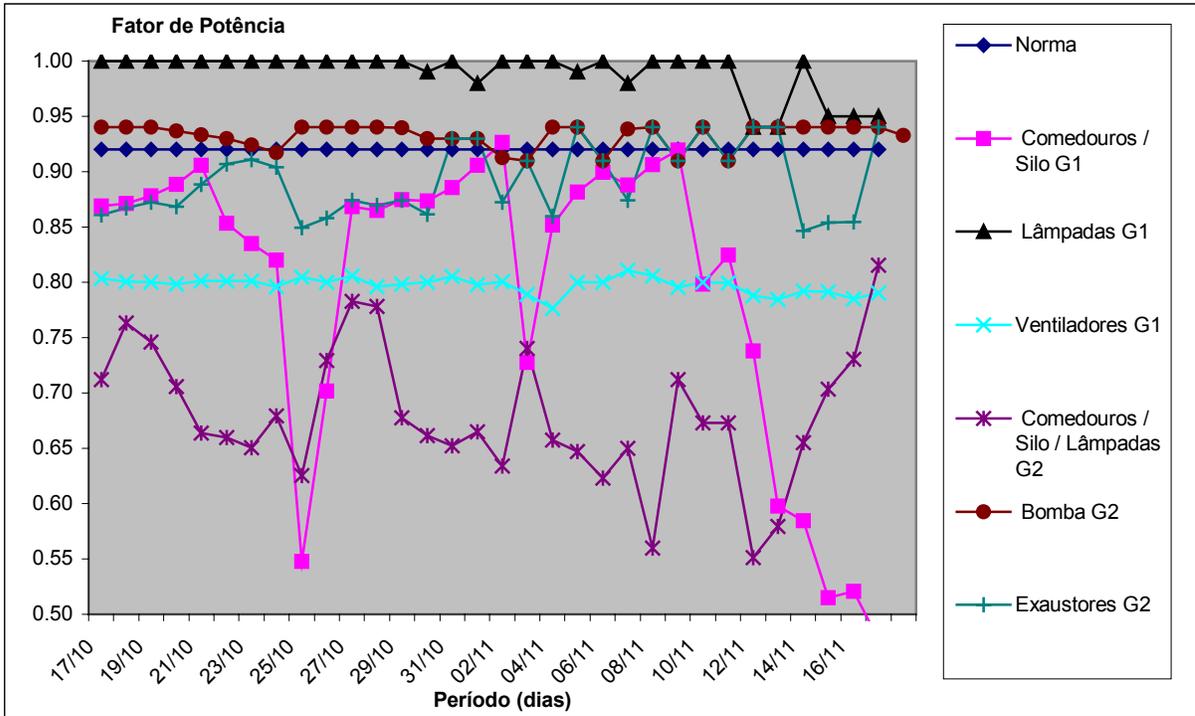


Figura 19 - Variação do Fator de Potência dos equipamentos durante o lote 1

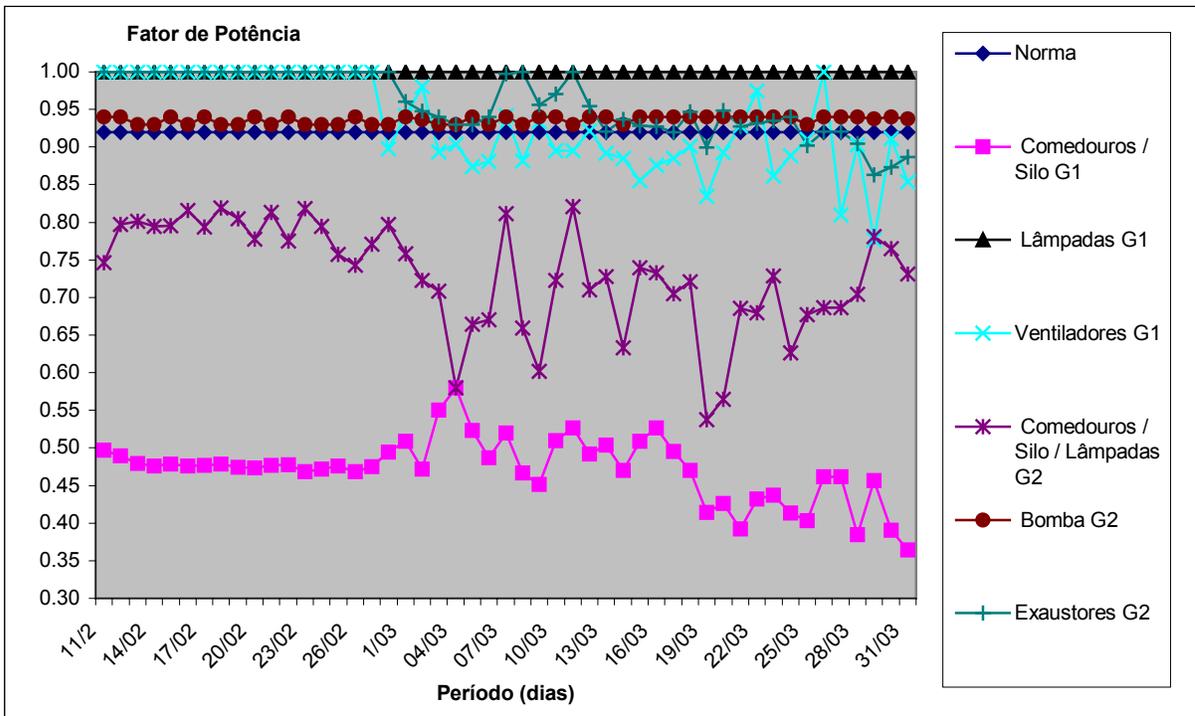


Figura 20 – Variação do Fator de Potência dos equipamentos durante o lote 2

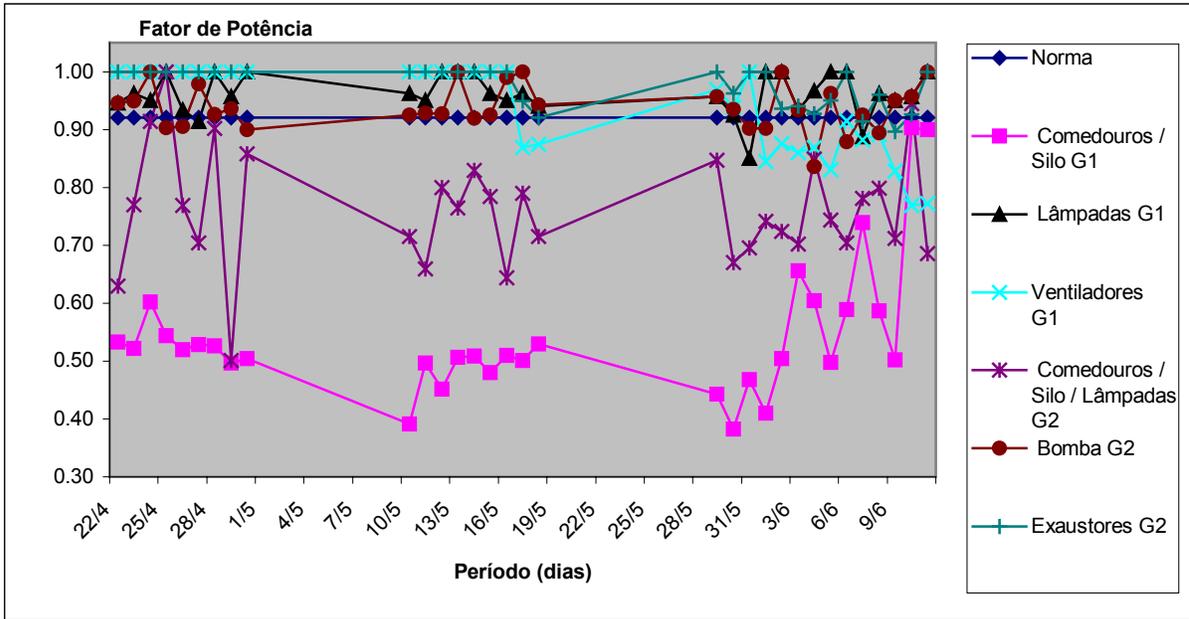


Figura 21 – Variação do Fator de Potência dos equipamentos durante o lote 3

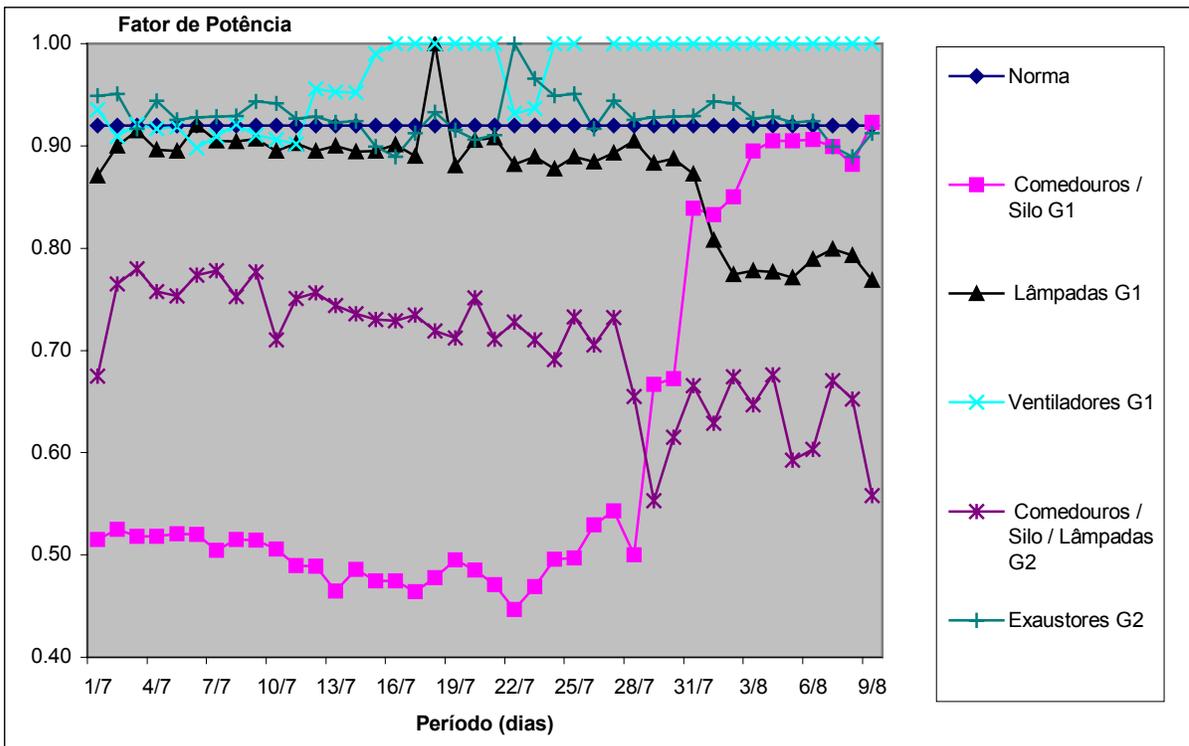


Figura 22 – Variação do Fator de Potência dos equipamentos durante o lote 4

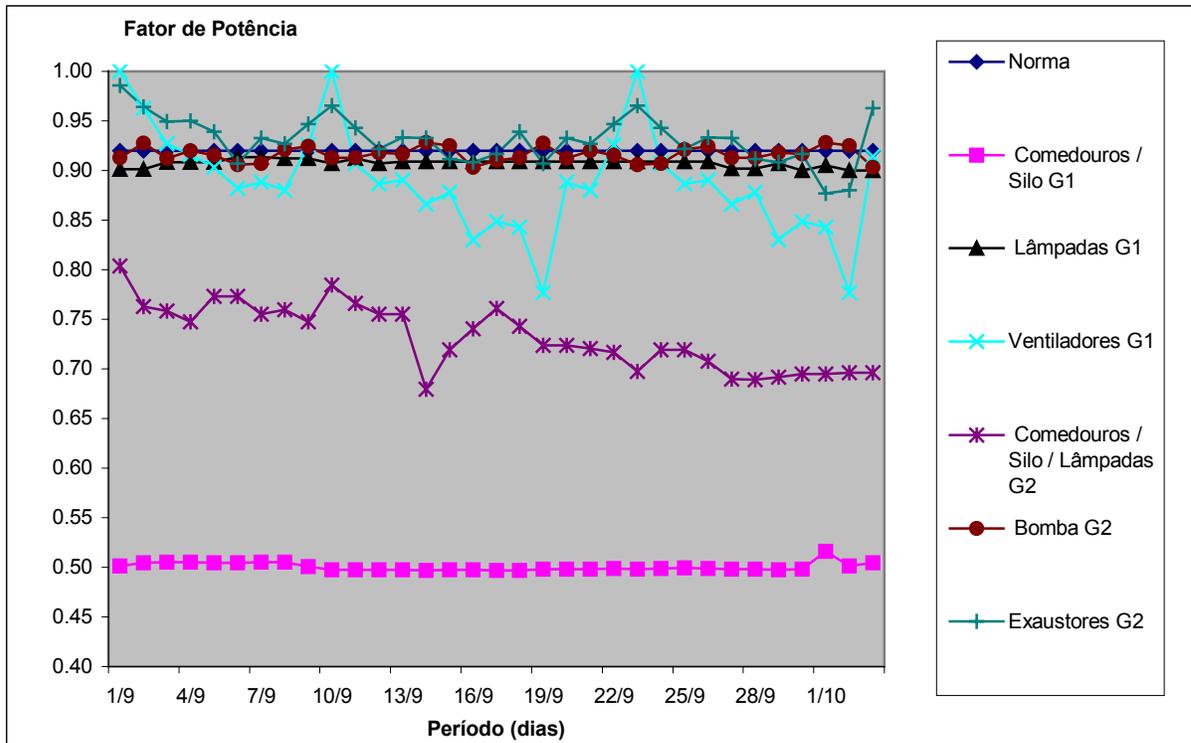


Figura 23 – Variação do Fator de Potência dos equipamentos durante o lote 5

Observa-se pelas figuras de 19 a 23 que, em todos os lotes de aquisição de dados que com exceção dos exaustores e bomba de nebulização, na avaliação diária do fator de potência, os equipamentos apresentaram valores abaixo do indicado pela legislação vigente. Deste modo, há necessidade de serem implantadas melhorias na eficiência energética dos mesmos.

Mesmo com a variação do fator de potência a partir do primeiro lote analisado, ainda na avaliação diária do seu comportamento, nota-se uso inadequado quanto ao aproveitamento da energia elétrica tanto para o galpão G1 como para o galpão G2.

São apresentadas na figura 24 as médias gerais para Fator de Potência nos galpões G1 e G2.

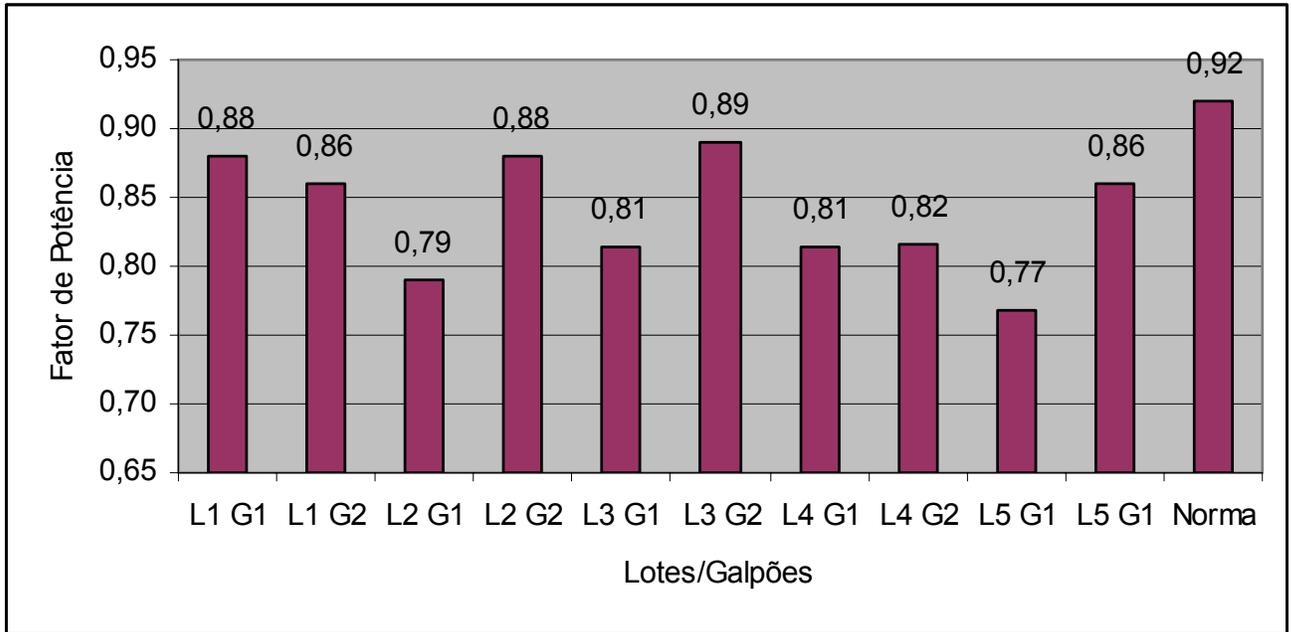


Figura 24 – Média do Fator de Potência dos equipamentos

Na avaliação geral, quanto ao fator de potência, para ambos os galpões, observa-se que em todos os lotes esta variável se apresentou abaixo do indicado pela ANEEL. Desta forma, intensifica-se a necessidade de medidas de implantação do uso racional e conservação de energia elétrica nos equipamentos utilizados na produção dos dois sistemas.

4.3.2. Consumo de energia elétrica (kWh) nos Galpões 1 e 2

As figuras 25 a 29 apresentam a variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos nos dois galpões obtido nos lotes 1 a 5, respectivamente.

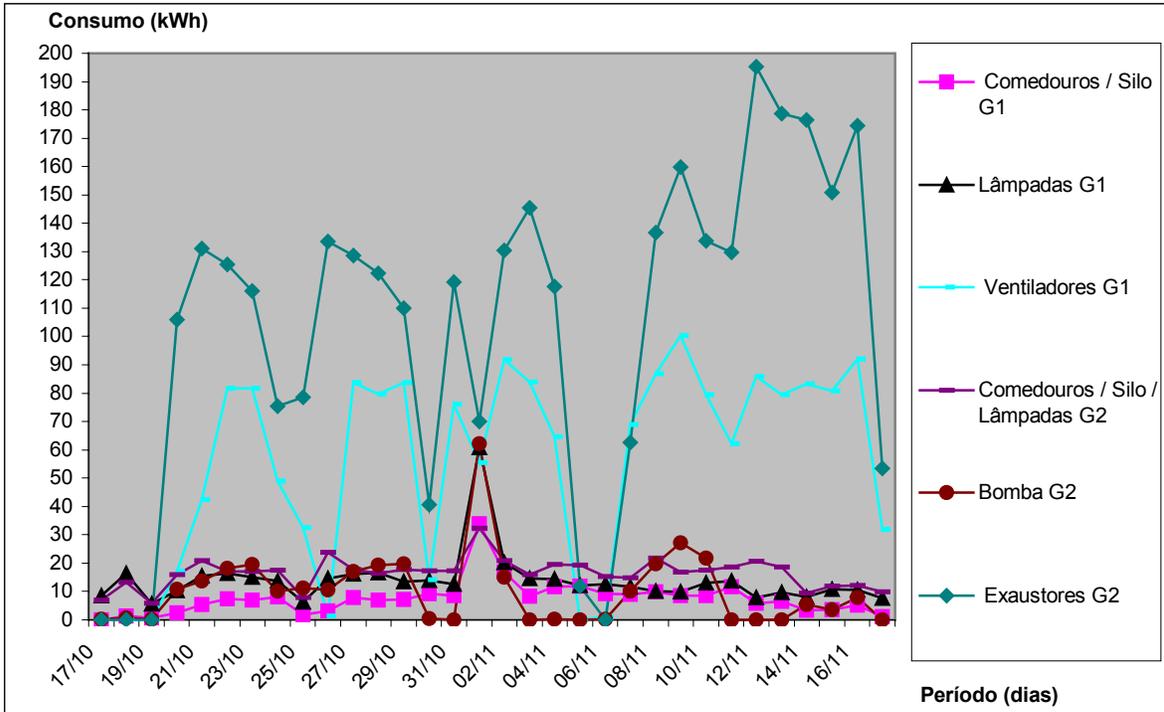


Figura 25 – Variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos no lote 1

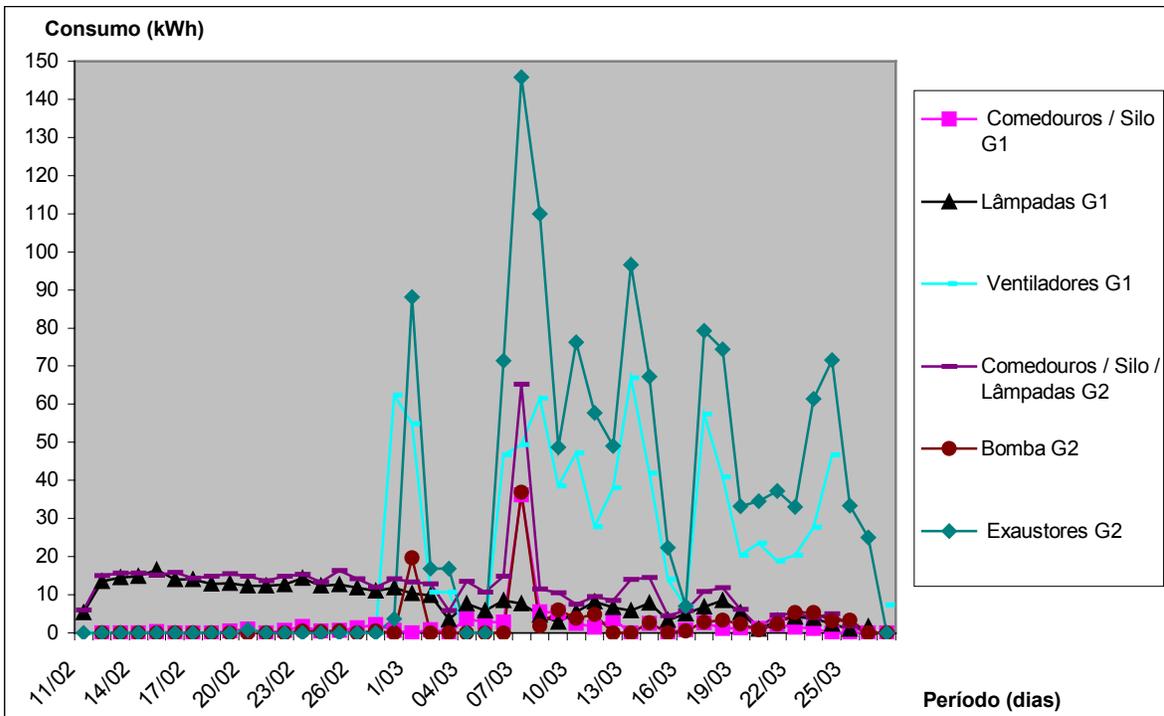


Figura 26 – Variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos no lote 2

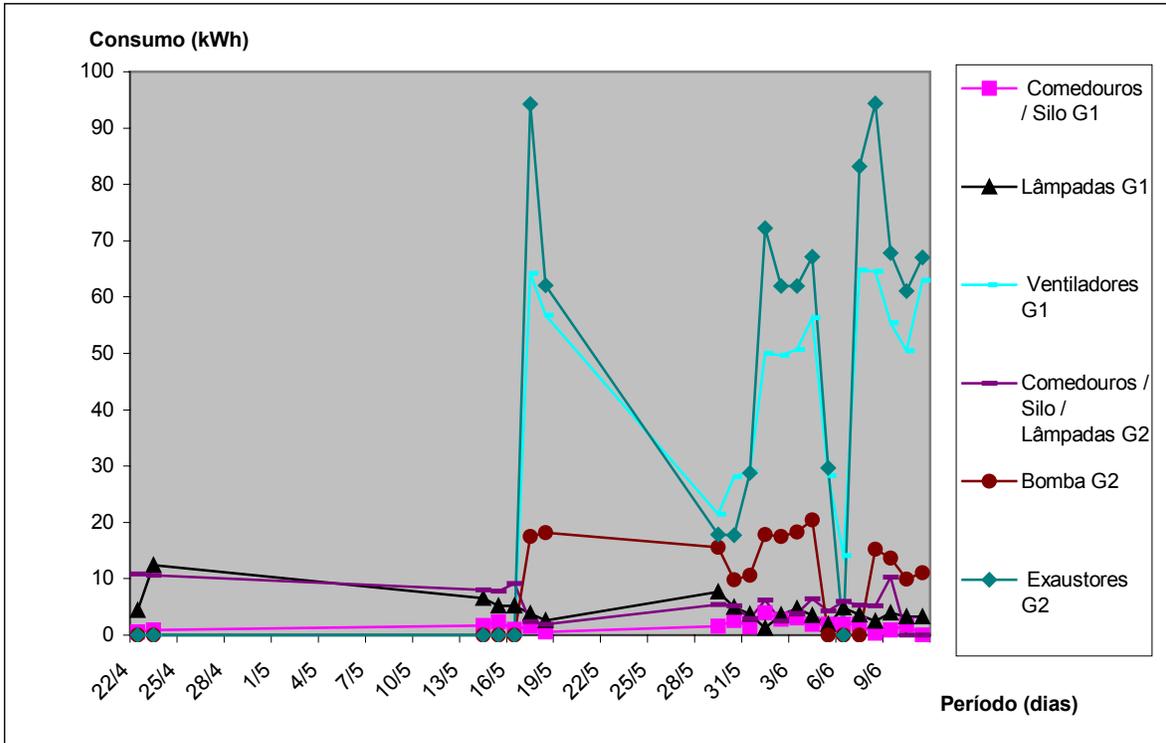


Figura 27 – Variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos no lote 3

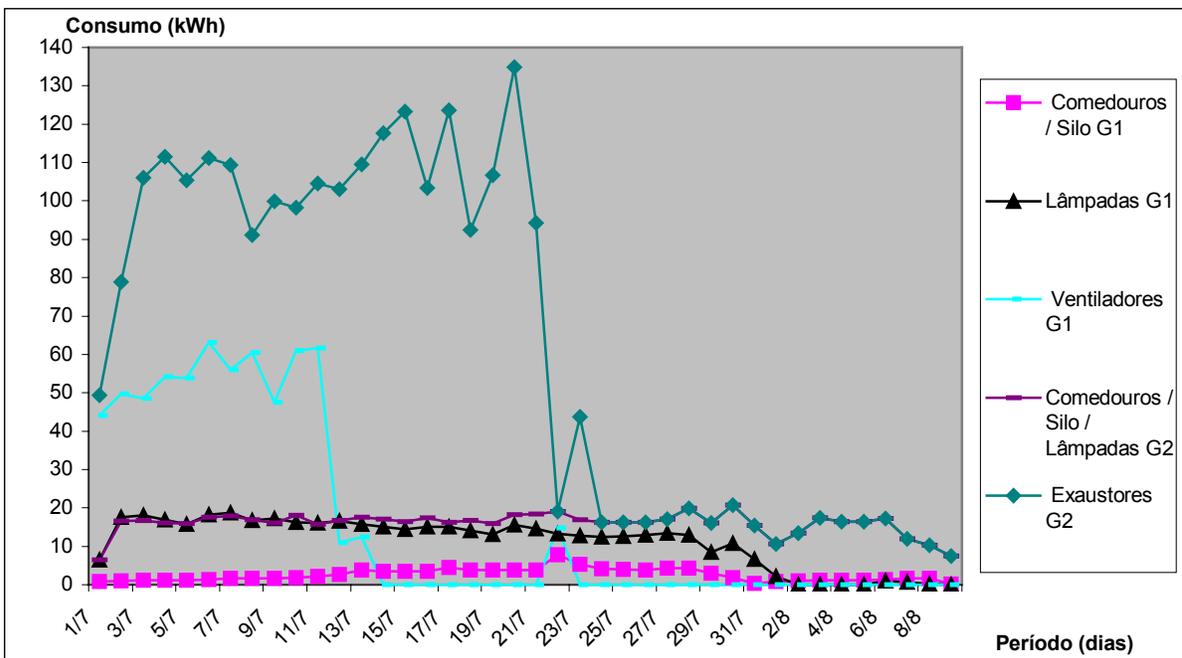


Figura 28 – Variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos no lote 4

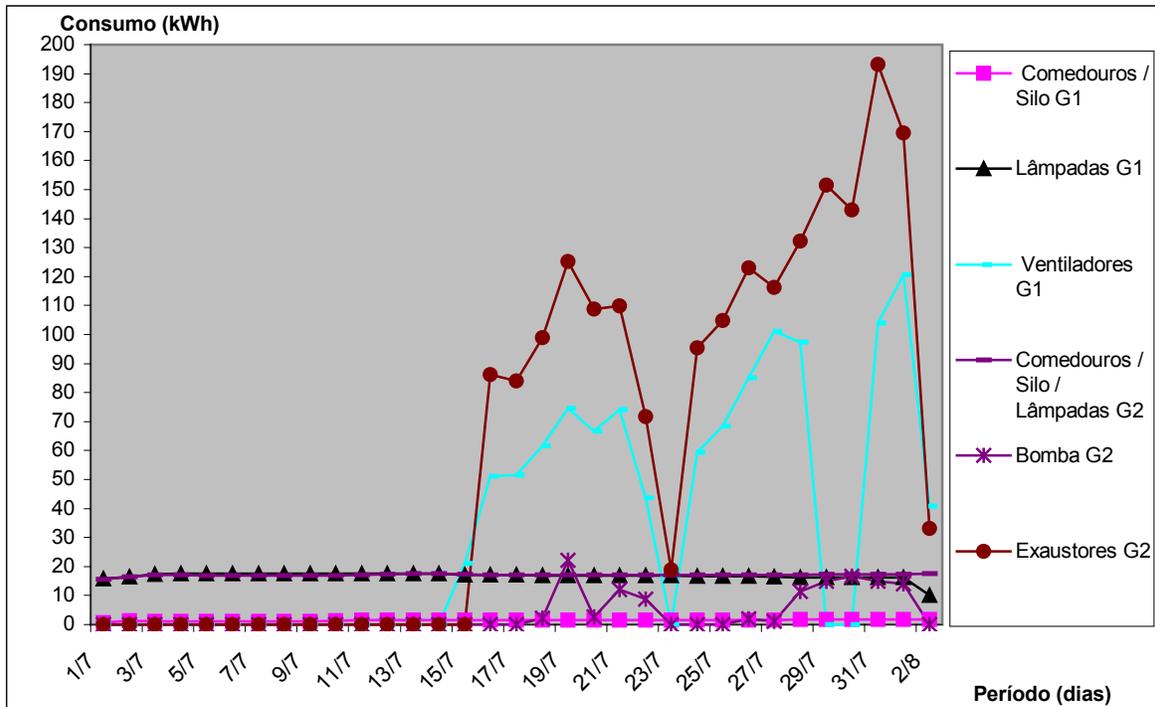


Figura 29 – Variação diária do consumo de eletricidade dos equipamentos no lote 5

Pode ser notado, através das figuras 25 a 29, que os equipamentos que mais consomem eletricidade são os responsáveis pela climatização de ambos os sistemas. Isto pode ser explicado pela maior potência instalada destes equipamentos, principalmente ventiladores (galpão G1) e exaustores (galpão G2).

A variação do comportamento também é maior nos motores dos ventiladores (galpão G1), exaustores (galpão G2) e bomba de nebulização (galpão G2). Pode-se explicar isto pelo acionamento automático dos exaustores e bomba de nebulização e o acionamento manual dos ventiladores. Estes equipamentos são acionados em relação aos valores de temperatura média do ar e umidade relativa do ar encontrados, que apresentam diversos valores no decorrer do dia.

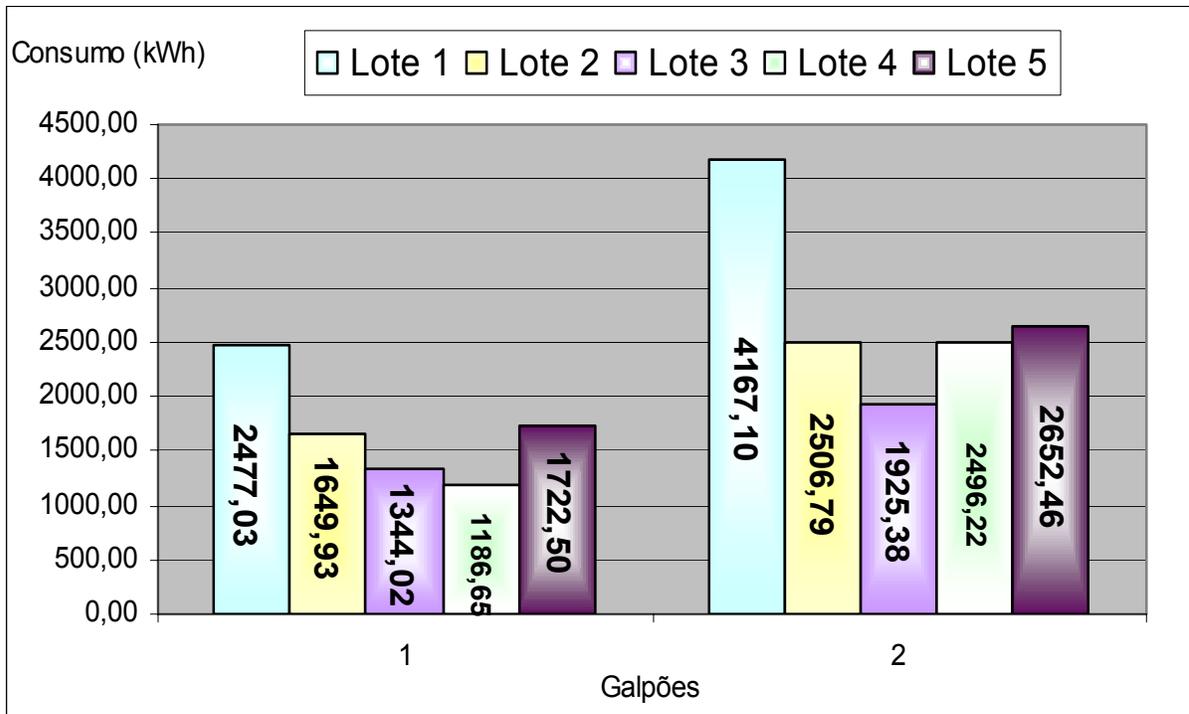


Figura 30 – Consumo total dos galpões G1 e G2

A figura 30 mostra que sempre o galpão G2 (alta densidade animal e sistema de climatização feito por túnel associado a nebulização), independente da estação do ano, consome maior quantidade de energia elétrica que o galpão G1 (densidade convencional e sistema de climatização feito por ventilação associado a nebulização). Isto já era esperado devido à maior potência instalada nos motores dos exaustores, os quais se encontram no galpão G2, e com maior densidade animal, que aumenta os valores de temperatura média do ar e, conseqüentemente, a frequência do acionamento de tais equipamentos. Porém, é importante ressaltar o maior valor agregado deste galpão no final de cada lote de produção.

Pode-se notar também que, nas estações do ano mais frias, o consumo de eletricidade em ambos os galpões foi menor do que nas estações do ano mais quentes. Isto intensifica o uso racional dos sistemas de climatização, pois é devido a eles que ocorre esta variação no consumo em diferentes estações climáticas, promovendo desta maneira o conforto térmico para os animais.

4.3.3. Demanda de energia elétrica (kW) nos Galpões G1 e G2

Nas figuras 31 a 35, são apresentadas as variações diárias da dos equipamentos de ambos os galpões para os lotes de 1 a 5, respectivamente.

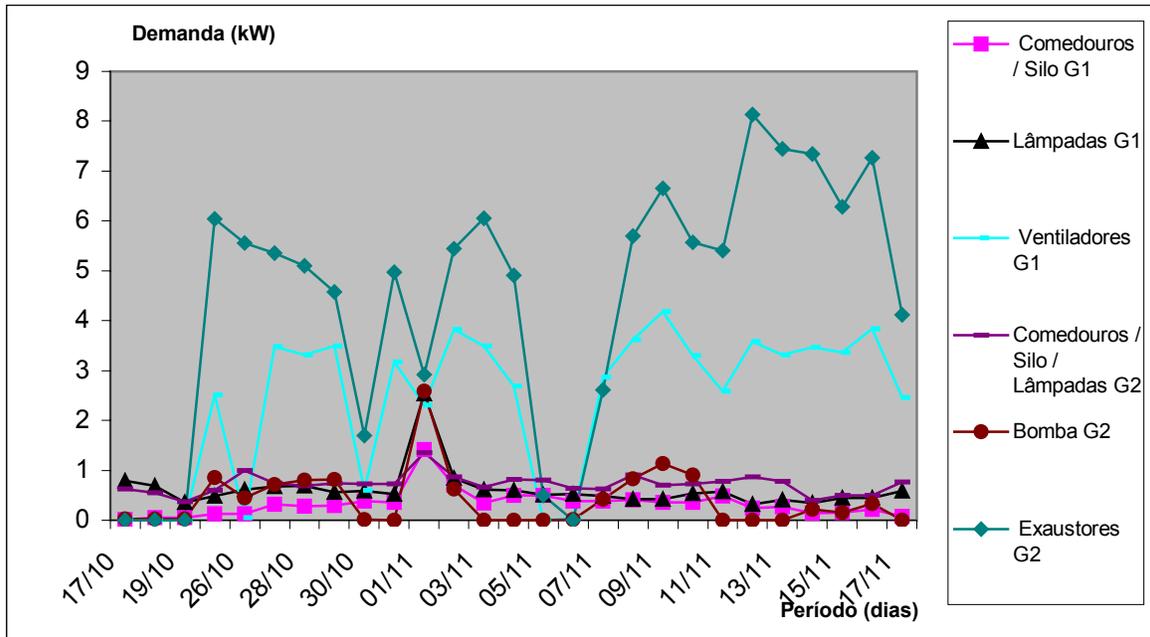


Figura 31 – Variação diária da demanda elétrica média dos equipamentos no lote 1

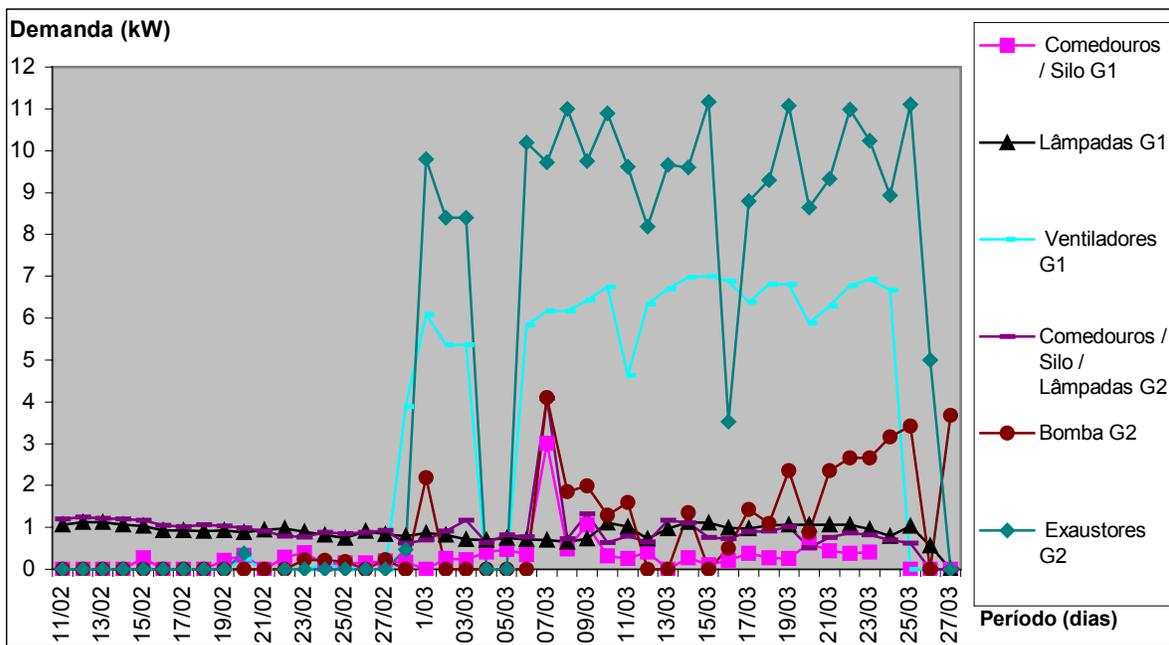


Figura 32 – Variação diária da demanda elétrica média dos equipamentos no lote 2

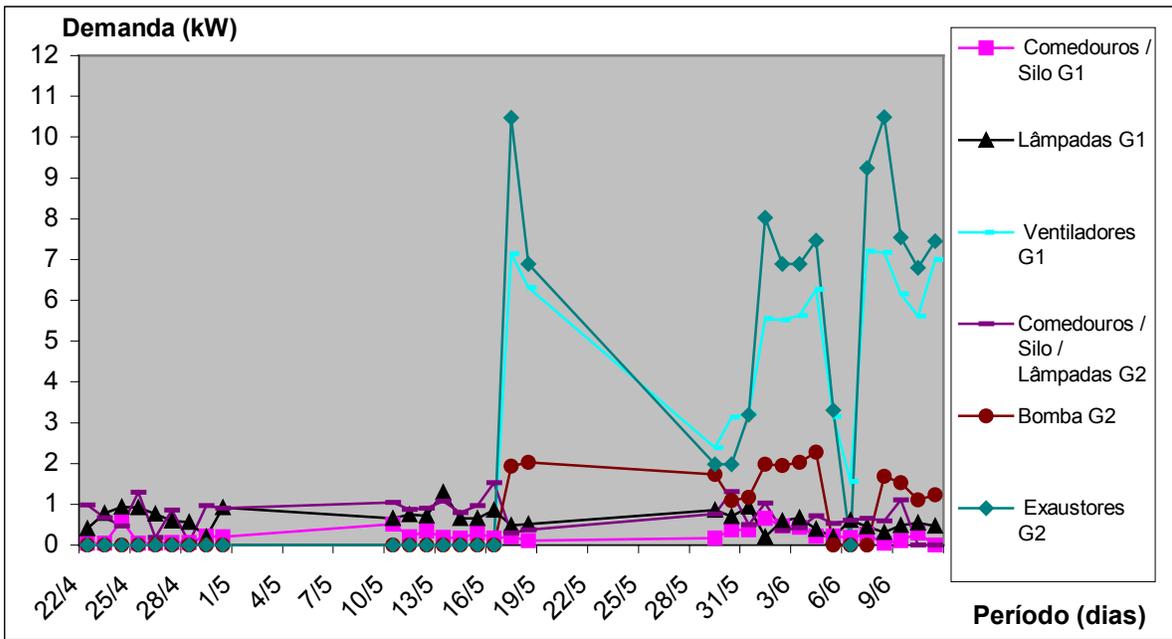


Figura 33 – Variação diária da demanda elétrica média dos equipamentos no lote 3

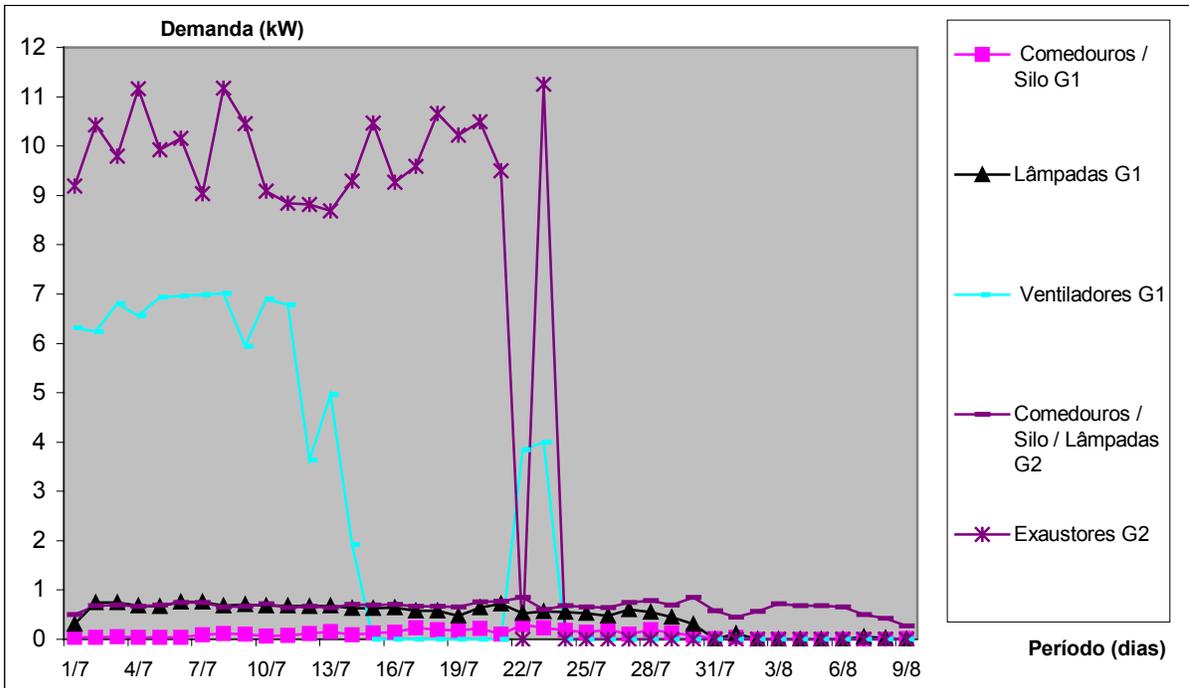


Figura 34 – Variação diária da demanda elétrica média dos equipamentos no lote 4

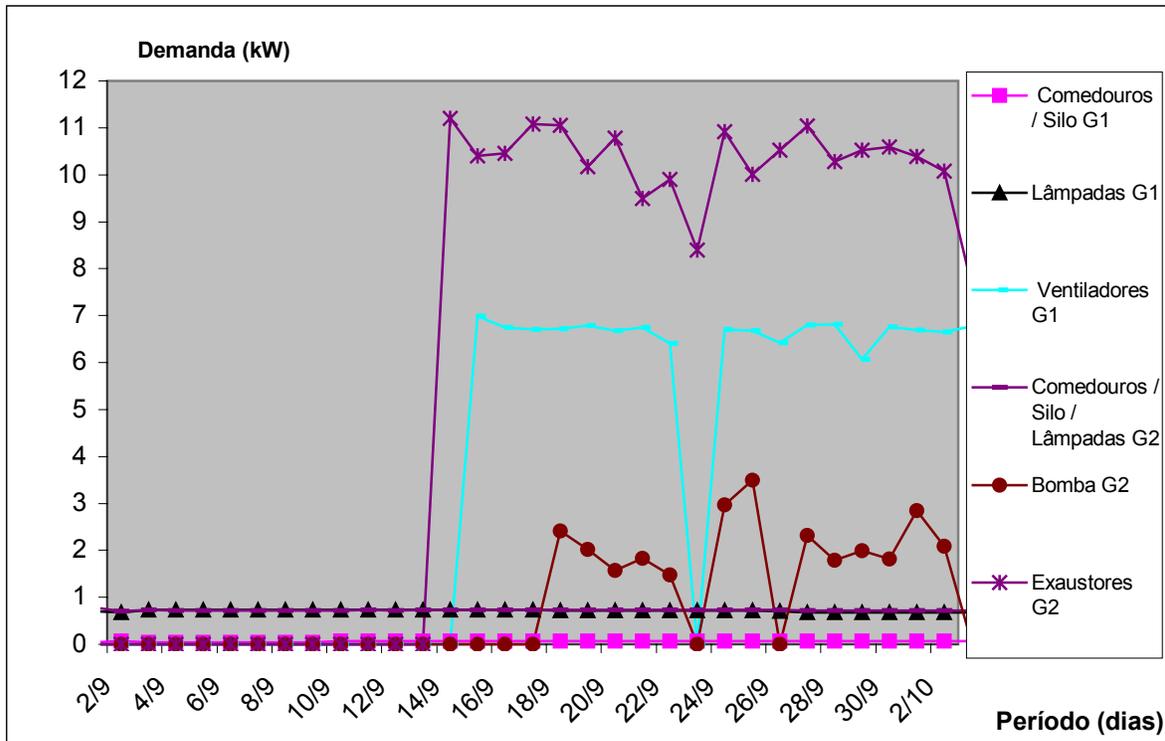


Figura 35 – Variação diária da demanda elétrica média dos equipamentos no lote 5

Nota-se nas figuras de 31 a 35 que a maior demanda ocorre nos equipamentos que promovem o conforto térmico dos galpões. Do mesmo modo, verifica-se que a demanda destes equipamentos variam mais em relação à dos outros motores instalados em cada um dos galpões. Os motivos destas observações são os mesmos apresentados para consumo de energia elétrica.

A figura 36 ilustra a demanda de energia elétrica média obtida em cada um dos galpões nos cinco lotes analisados.

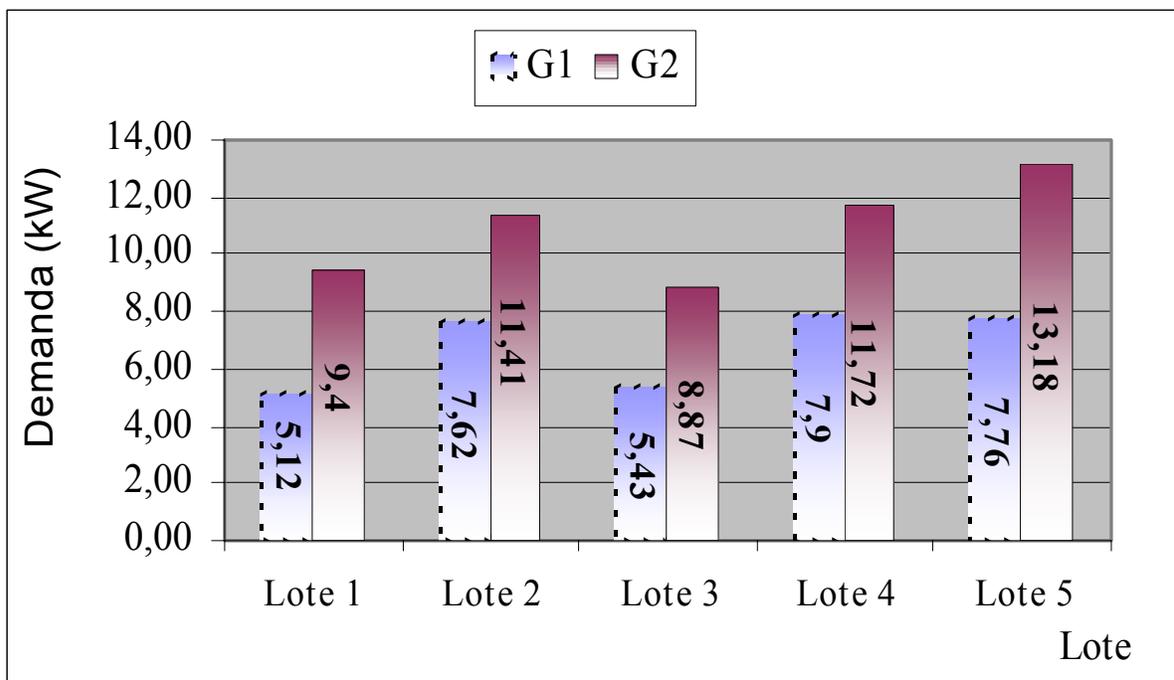


Figura 36 – Demanda média dos equipamentos dos galpões G1 e G2

Em relação à média total de cada um dos galpões, nota-se novamente que a maior demanda ocorre sempre no galpão G2, devido ao seu sistema de climatização. Há diferenças na demanda registrada nas estações climáticas analisadas. Isto também aconteceu com o consumo de energia elétrica do galpões nas análises feitas anteriormente.

4.3.4. Análise dos Índices de Eficiência Energética

A tabela 15 apresenta os valores para os principais índices de eficiência energética encontrados para os galpões G1 e G2, nos cinco lotes experimentais.

Tabela 15- Índices de eficiência energética

Lote	Galpão	Consumo Específico (kWh/Ave)	Consumo Específico (kWh/Kg)	Fator de Carga
<u>1</u>	1	0,143	0,086	0,420
<u>1</u>	2	0,176	0,111	0,385
2	1	0,094	0,054	0,180
2	2	0,104	0,064	0,183
<u>3</u>	1	0,075	0,042	0,191
<u>3</u>	2	0,078	0,043	0,162
4	1	0,069	0,054	0,179
4	2	0,106	0,090	0,197
<u>5</u>	1	0,102	0,058	0,220
<u>5</u>	2	0,112	0,064	0,200

Pode ser observado, através da tabela 15, que em todos os lotes analisados o galpão G1 apresentou valores de consumo específico por ave e por quilo de frango produzido menor que o galpão G2. Isto já era esperado, devido à maior potência dos motores responsáveis pelos equipamentos de climatização do galpão G2 e o maior tempo de funcionamento dos mesmos.

Em relação ao fator de carga, o galpão G1 apresentou na média, valores melhores que o G2, porém estes valores foram muito semelhantes, indicando que no galpão com alta densidade de animais (G2) há um melhor uso da energia, já que neste galpão é agregada uma produção maior no final de cada lote e quanto maior o fator de carga menor o custo de energia usada.

No entanto, o fator de carga para ambos os galpões em todos os lotes analisados ainda é baixo, indicando que há espaço para racionalização de uso da energia, pois este fator pode atingir valores melhores, desde que adotadas algumas soluções de operação de carga. Isto não é, de imediato, possível de se implantar, pois depende de ajustes que têm de ser feitos no manejo da produção.

4.4. Relação entre consumo de energia elétrica em kWh parâmetros ambientais

A relação entre os valores de consumo em kWh e as variáveis dados ambientais é apresentada e retrata o comportamento do consumo médio horário em kWh com relação à temperatura e à umidade relativa do ar dos equipamentos responsáveis pelo conforto térmico em cada um dos galpões. Este procedimento foi desenvolvido em todos os lotes de frangos de corte que foram produzidos.

Serão apresentados neste item como exemplo, apenas o primeiro lote analisado, pois foi o que apresentou maior consumo de eletricidade. Os gráficos relativos aos lotes restantes estão no apêndice e referem-se às figuras de A1 a A11.

4.4.1. Temperatura Média do Ar e Umidade Relativa do ar para os Galpões G1 e G2

Os gráficos das figuras 37 e 38 ilustram a variação do consumo dos ventiladores e exaustores em relação à temperatura média do ar nos galpões G1 e G2, respectivamente, e a figura 39 demonstra a variação do consumo da bomba em relação à umidade relativa do ar no galpão G2 para os dias em que estes equipamentos permaneceram ligados e não para todo de período de duração do experimento.

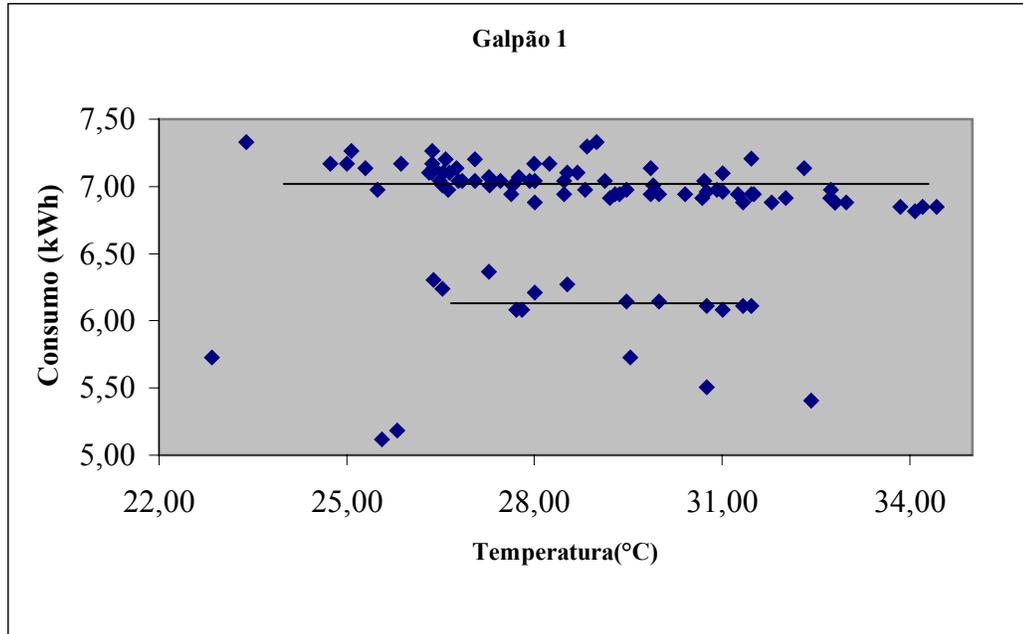


Figura 37 - Variação do consumo de eletricidade dos ventiladores em relação à temperatura

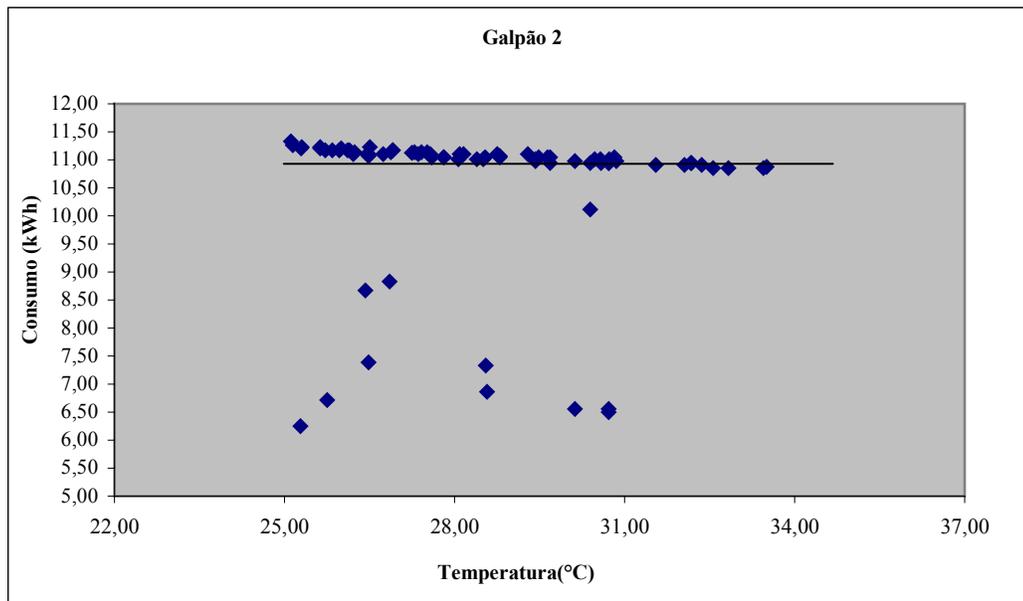


Figura 38- Variação do consumo de eletricidade dos exaustores em relação à temperatura.

Pode ser observado através das figuras 37 e 38 que, mesmo com o aumento da temperatura média do ar, o consumo de eletricidade dos ventiladores e exaustores continuam

os mesmos. Isto ocorre devido à ventilação proporcionada por estes equipamentos, resultando numa sensação térmica adequada aos animais.

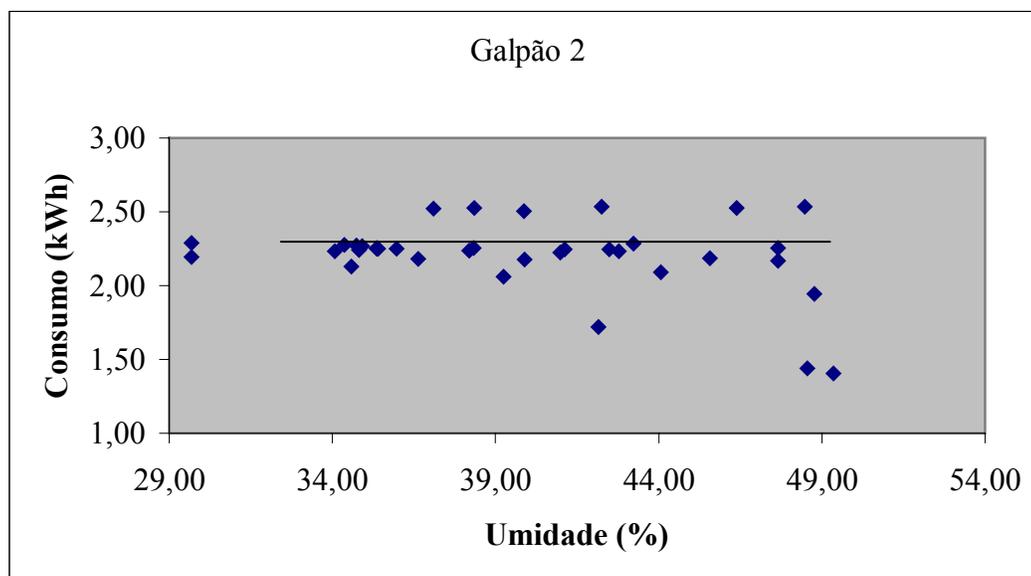


Figura 39 - Variação do consumo da bomba em relação à umidade no galpão 2

Como pode ser verificado através da figura 39, o valor de umidade relativa ficou abaixo do índice recomendado de 65%. Isto porque a regulagem do tempo de nebulização era de responsabilidade da empresa e não podia ser alterado. Na maior parte do período do lote, ele permaneceu em 2 minutos, quando poderia ser regulado para até 10 minutos.

Nota-se, também, que quanto mais diminui a umidade relativa do ar maior é o consumo de eletricidade da bomba de nebulização, como era de se esperar.

Foram usados como base para o gráfico da bomba, os dados de umidade do galpão 2, pois neste galpão se encontrava o sensor de bulbo úmido que ativa os nebulizadores, embora houvesse nebulização nos dois galpões. Esta análise serviu para mostrar como se comporta o consumo ao longo do dia, independente de qualquer restrição de funcionamento ou manejo.

Pode ser observado na figura 39 que houve funcionamento da bomba durante praticamente todo o tempo, sem que a umidade ultrapassasse o valor de 80%. Isto indica que podia estar ocorrendo alguma falha no manejo ou no sistema de controle, como já observado.

4.5. Análise Estatística

A método estatístico usado para estabelecer a comparação de médias e obter a diferença mínima significativa entre as médias dos dois galpões analisados (galpão G1 e galpão G2), para consumo médio (kWh), temperatura ambiente (°C) e umidade relativa do ar (%), foi o Teste T, precedido do teste F para verificação de equivalência de variância. O mesmo processo foi repetido para todos os lotes. No apêndice se encontram as tabelas A1 a A15, com a análise do teste T para consumo de energia elétrica, temperatura do ar e umidade relativa do ar entre os Galpões G1 e G2, para os 5 lotes analisados.

Os gráficos das figuras 40, 41 e 42 apresentam, para os dois galpão, as médias obtidas para o consumo eletricidade, a temperatura do ar e umidade relativa do ar, respectivamente.

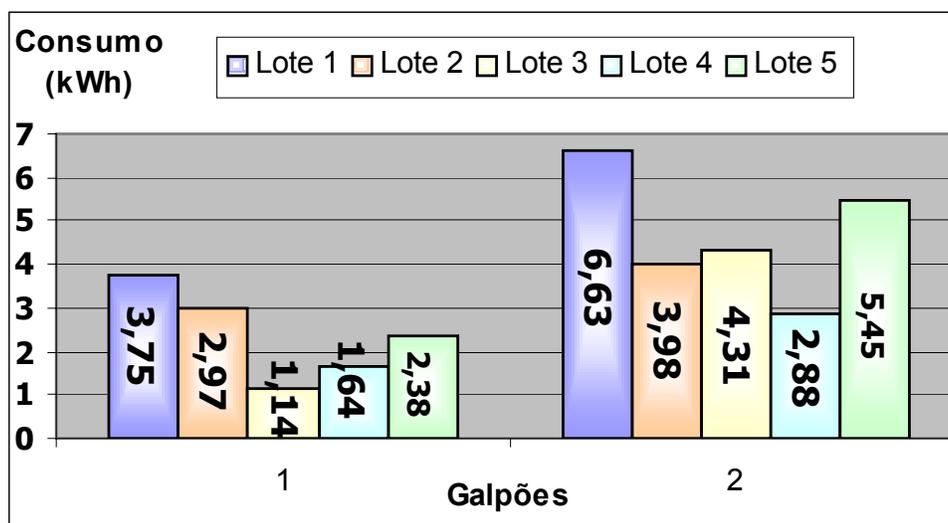


Figura 40 – Consumo médios registrados no G1 e G2

Através da figura 40, nota-se que existe diferença significativa, entre os consumos dos galpões G1 e G2 independentemente do lote analisado e a estação climática em que foi desenvolvido. O galpão G2 sempre apresenta estatisticamente maiores valores de consumo de energia elétrica que o G1. Isto era esperado, devido ao sistema de climatização deste galpão e sua maior potência instalada.

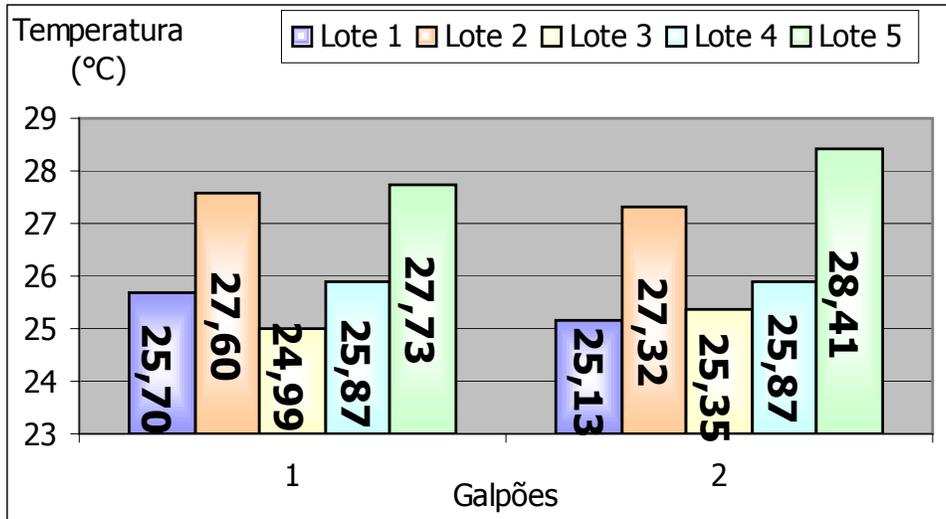


Figura 41 - Comparação de médias entre os galpões 1 e 2 para temperatura do ar (°C)

Pode ser observado pela figura 41 que não existem diferenças significativas nas temperaturas do ar entre o galpão G1 e galpão G2. Isto demonstra a eficiência do galpão G2 em relação ao seu sistema de climatização, pois mesmo com uma densidade animal maior, manteve os mesmos índices de temperatura em relação ao galpão G1 em todo o experimento.

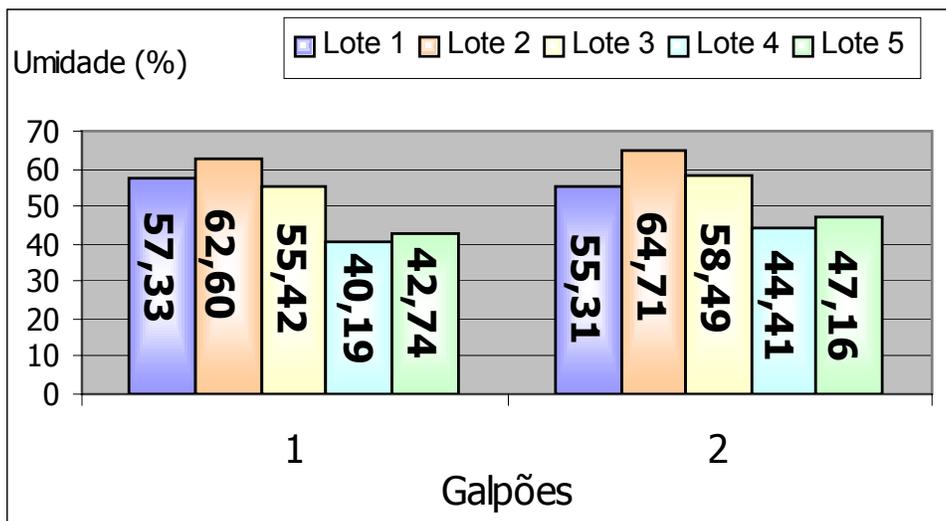


Figura 42 - Comparação de médias entre os galpões 1 e 2 para umidade relativa do ar (%)

Observa-se na figura 42 que se o sistema de nebulização estiver funcionando adequadamente não há diferenças significativas entre os galpões no que se refere à umidade

relativa do ar. Porém, no lote 4, a bomba de nebulização não funcionou e no lote 5 começou aos poucos a funcionar, porém não totalmente. Deste modo, houve diferenças para as médias da umidade relativa do ar nestes dois últimos lotes analisados. Isto demonstra mais uma vez a eficiência do sistema de climatização do G2, mantendo os mesmos índices que o G1.

5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados, foi possível concluir que:

☑ em relação ao conforto térmico, em todos os lotes analisados, o galpão G2 (alta densidade) proporciona os mesmos índices de temperatura do ar e umidade relativa do ar que o galpão G1 (densidade convencional), evidenciando, deste modo, a melhor eficiência do galpão G2 que agrega um maior valor no final de cada lote de produção, em razão de sua maior densidade.

☑ na análise das principais variáveis produtivas de cada galpão, o galpão G2 apresentou, na média, melhores resultados quando comparado ao galpão G1, demonstrando possuir uma melhor estrutura de produção, relativamente ao manejo e aos equipamentos.

☑ em se tratando das variáveis de energia elétrica, os índices de eficiência energética estão baixos em ambos os galpões, demonstrando ser urgente e necessário à implementação nestes sistemas avícolas de técnicas de utilização racional e de conservação de energia elétrica. Dentre estas citam-se:

a) instalação de bancos capacitores para correção do fator de potência, redimensionamento de vários cabos alimentadores, já que os que lá estão encontram-se sobrecarregados, substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, estabelecimento e implantação de um programa de manutenção preventiva e treinamento de pessoal para operar adequadamente as cargas elétricas lá existentes.

O consumo de energia elétrica nos sistemas de produção analisado é elevado, mas imprescindível, quando comparado a alguns outros sistemas de produção animal ou vegetal. Isto confirma e dá consistência à tendência de implantação de melhores tecnologias, dependentes de energia elétrica, no setor de avicultura.

Logo, torna-se de suma importância a elaboração adequada de projetos de instalações elétricas para estes tipos de instalações produtivas, a operação e manutenção bem realizadas e o acompanhamento, através de diagnósticos periódicos, de comportamento das principais variáveis que refletem o bom e eficiente uso de energia elétrica.

☑ em relação ao consumo de energia elétrica, em ambos os galpões, há uma diferença significativa. Ou seja, no galpão com alta densidade (G2), há maior consumo de energia elétrica do que no galpão com baixa densidade animal (G1). Entretanto, a quantidade de aves produzidas pelo galpão G2 é 38% maior que o galpão G1.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, V.M.A. & ABREU, P.G.. **Diagnóstico Bioclimático para Produção de Aves na Mesorregião Centro Sul Baiano**. EMBRAPA SUÍNOS E AVES, DEZEMBRO DE 2003

ABREU, V.M.N., ABREU, P.G. Diagnóstico Bioclimático: qual sua importância na produção de aves. **Avicultura Industrial**, nº 1093, p. 16-20, 2001.

AVICULTURA INDUSTRIAL. As Regiões da Avicultura Brasileira, nº 09, p. 20-45, 2002.

AGROCERES ROSS. Manual de Manejo de Frangos. **Manual de Manejo de Frangos**. Campinas: Agrocere, Set. 2000. 104 p.

BARNWELL, R.; ROSSI, A. Maximização da Performance em Períodos Quentes. **Avicultura Industrial**, n. 11, ano 94, ed. 1107, p. 72-80, 2003.

BOTTCHER, R.W.; CZARICK, M. Evaporative efficiency on a fogging fan for. **Poultry Applied Engineering in Agriculture**, v.8, n.6, p.855-860, 1992.

CAMPOS, E.J. **Programa de alimentação e nutrição para aves de acordo com o clima-Reprodutoras**. In: Simpósio Internacional sobre Ambiente e Instalação na Agricultura Industrial, Anais, Campinas, **Facta**, p. 251-257, 1995.

CEMIG/PROCEL **Estudo de otimização energética: Setor avícola**, Belo Horizonte, 21p, 1996.

CONY, A.V. Instalações e equipamentos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS. 2001, Campinas, São Paulo. **Anais**. Campinas: FACTA, 2001. Vol.2, p. 33 – 50.

CURTIS, S.E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 409p, 1983.

FERREIRA, L.F.S.A.& TURCO, J.E.P. **Avaliação do consumo e custo de energia elétrica em galpão para criação de frangos de corte em dois ciclos de criação.** In: AGREENER. III Encontro de Energia no Meio Rural, UNICAMP, Campinas-SP, 12 a 15 de setembro de 2000, CD-ROM.

FIGUEIREDO, E.A.P.; PAIVA, D.P.; ROSA, P.S.; ÁVILA, V.S.; TALAMINI, D.J.D. Diferentes denominações e classificação brasileira de produção alternativa de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS. 2001, Campinas, São Paulo. **Anais.** Campinas: FACTA, 2001. Vol.2, p. 209 – 222.

MACARI, M. O frango adensado. **Globo Rural**, v.13, n.150, p.48-54, 1998.

MCNEILL, S.G.; FEHR, R.L.; WALKER, J.N.; PARKER, G.R. Performance of evaporative coolers for mid-south gestation housing. **Transactions of the ASAE**, v.26, p.219-222, 1983.

MICHELAN FILHO, T.; SOUZA, E.M. Formação e características das linhagens atuais de frango. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS. 2001, Campinas, São Paulo. **Anais.** Campinas: FACTA, 2001. Vol.2, p. 23 – 31.

MIRAGLIOTTA, M.Y. **Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidades diferenciados.** Campinas, 2000. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. 122p.

MITCHELL M.A. Effects of air velocity on convective and radiant heat transfer from domestic fowls at environmental temperatures of 20 °C and 30 °C. **British Poultry Science** 1985; 26:413-423.

MOURA, D. J. Ambiência na Produção de Aves de Corte. In: SBEA. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical.** 1 ed. Piracicaba-SP, Iran José Oliveira da Silva-NUPEA-ESALQ/USP, 2001, v. 2, p. 75-148.

MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre, Sulina, 158p, 1982.

NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. Instalações Zootécnicas, p.129.

NÄÄS, I.A.; MIRAGLIOTTA, M.Y.; ARADAS, M,E.C.; SILVA, I. J.O.; BARACHO, M.S. Controle e Sistematização em Ambientes de Produção. In: SBEA. **Ambiência na Produção de Aves em Clima Tropical**. 1 ed. Piracicaba-SP, Iran José Oliveira da Silva- NUPEA-ESALQ/USP, 2001, v. 1, p. 165-200.

POGI, R.C.& PIEDADE JR, C. Energia elétrica em atividades ligadas à avicultura; **Energia na Agricultura**, Botucatu; v. 6, n. 2, 1991.

REECE, F. N. & LOTT, B. D. **Poultry Sci.**, 61 (1):25-32,1982.

ROSSI, P.R. **Sistemas de climatização de instalações avícolas**; Simpósio Internacional sobre Ambiência e Sistemas de Produção Avícola, 28 a 29 de outubro de 1998, Concórdia-SC, p. 1-6, **Anais**.

SARTOR, V.; BAÊTA, F.C.; FERREIRA, A.S.; CECON, P.R.; TINÔCO, I.F.F. Efeito de sistema de resfriamento evaporativo nas respostas fisiológicas de matrizes lactantes e de suas leitegadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v.18, n.4, p. 1-13, jun. 1999.

SARTOR, V.; BAÊTA, F.C.; LUZ, M.L.; ORLANDO, R.C. Sistema de resfriamento evaporativo e o desempenho de frangos de corte. **Scientia Agrícola.**, v.58, n.1, p.17-20, jan/mar., 2001.

SILVA, A.; NÄÄS I. A. Equipamentos para aquecimento e refrigeração. In: Produção de frangos de corte, Anais, Campinas, **Facta**, p. 85-94, 2004.

SOUZA, P. Desempenho de bezerros holandeses até 150 dias de idade, criados em diferentes tipos de instalações, no inverno e verão, 1998, 113 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Lavras.

TEETER R. G.; BELAY, T. Broiler water balance and thermoneutral and high ambient temperature exposure. **Poultry Sci.**, 72: 116-124, 1993.

TEIXEIRA, V.H. Estudo dos índices de conforto em duas instalações de frango de corte para as regiões de Viçosa e Visconde do Rio Branco-MG. Viçosa, 1983. 62p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa.

TINÔCO, I. F.F. Ambiência e instalações para avicultura industrial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, e Encontro Nacional de Técnicos, Pesquisadores e Educadores de Construções Rurais, 3, 1998, Poços de caldas, MG. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998, p. 1-86.

TURCO, J.E.P.; MILANI, A.P.; FURLAN, R.L.; MACARI, M. Análise do consumo de energia elétrica e eficiência de conjuntos motor-ventilador utilizados na avicultura brasileira, Engenharia Agrícola, Jaboticabal-SP, v.18, n.1, p.1-12, set., 1998.

TURCO, J. E. P. Consumo e conservação de energia elétrica em instalações para frangos de corte **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.19, n.1, p.1-7, set. 1999.

7. APÊNDICE

7.1. Figuras dos Esquemas Elétricos

Apresentam-se, nas Figuras de A até E, os esquemas elétricos instalados em cada galpão.

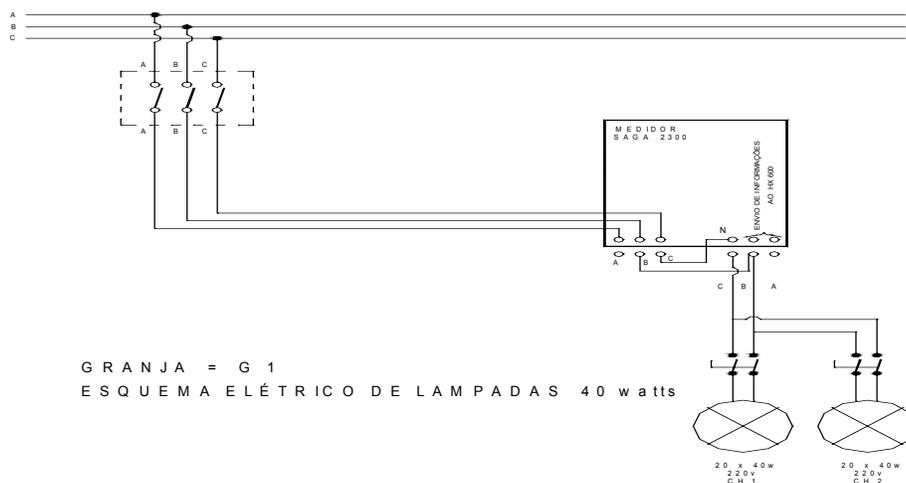


Figura A-Esquema elétrico das lâmpadas do galpão 1

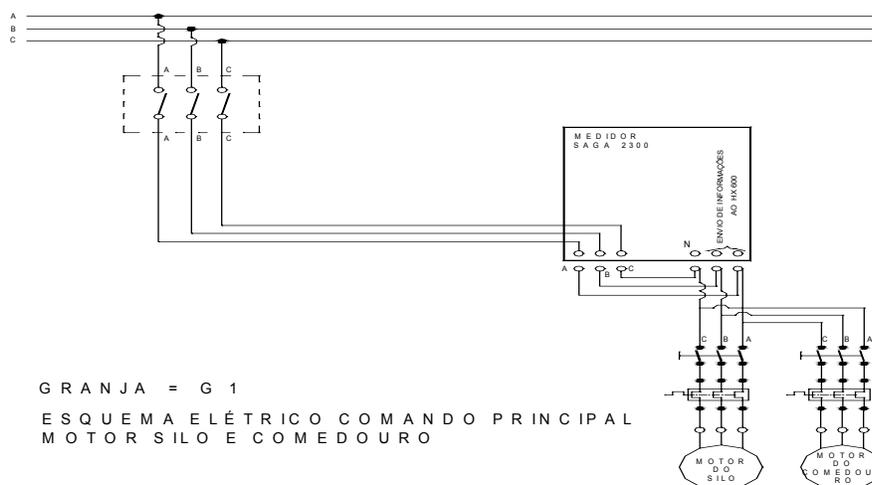


Figura B – Esquema elétrico dos motores do comedouro e do silo do galpão 1

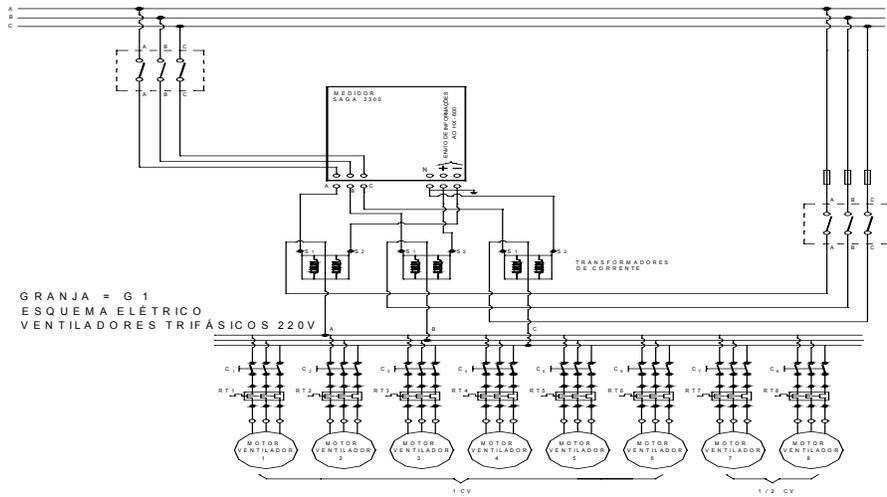


Figura C – Esquema elétrico dos motores dos ventiladores do galpão 1

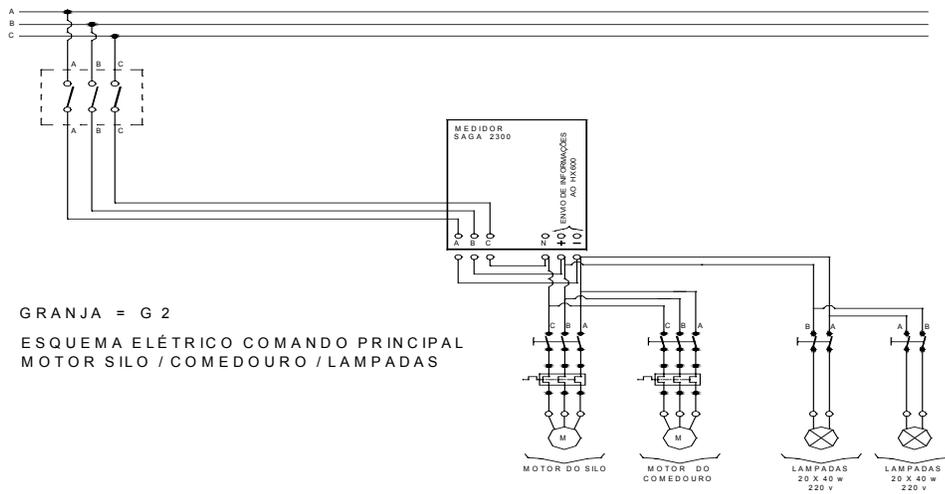


Figura D - Esquema elétrico dos motores do silo, comedouro e lâmpadas do galpão 2

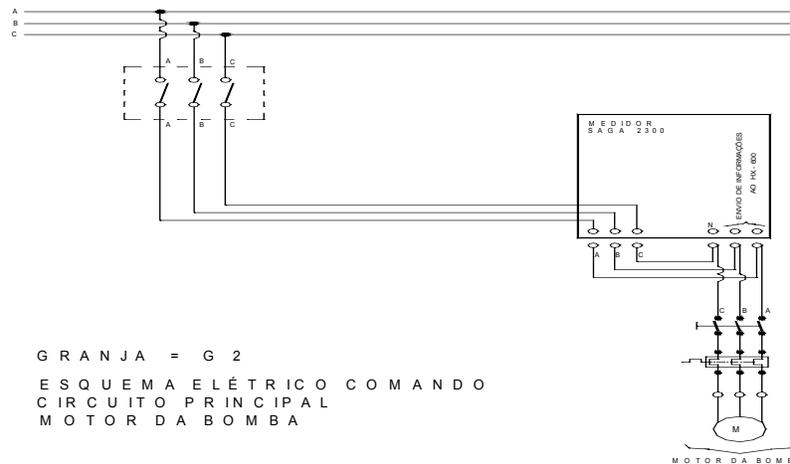


Figura E - Esquema elétrico da bomba

7.2. Relação dos valores de consumo em kWh com dados ambientais

Nos quatro lotes restantes produzidos, notou-se o mesmo comportamento ocorrido no primeiro lote apresentado como exemplo no capítulo de resultados e discussão, ficando desta forma as mesmas observações anteriores.

As Figuras A1 e A2 mostram a variação do consumo dos ventiladores e exaustores respectivamente, em relação à temperatura nos galpões 1 e 2, e a figura A3 ilustra a variação do consumo da bomba de nebulização em relação a umidade relativa do ar, para os dias em que estes equipamentos permaneceram ligados e não para todo de período de duração do lote 2.

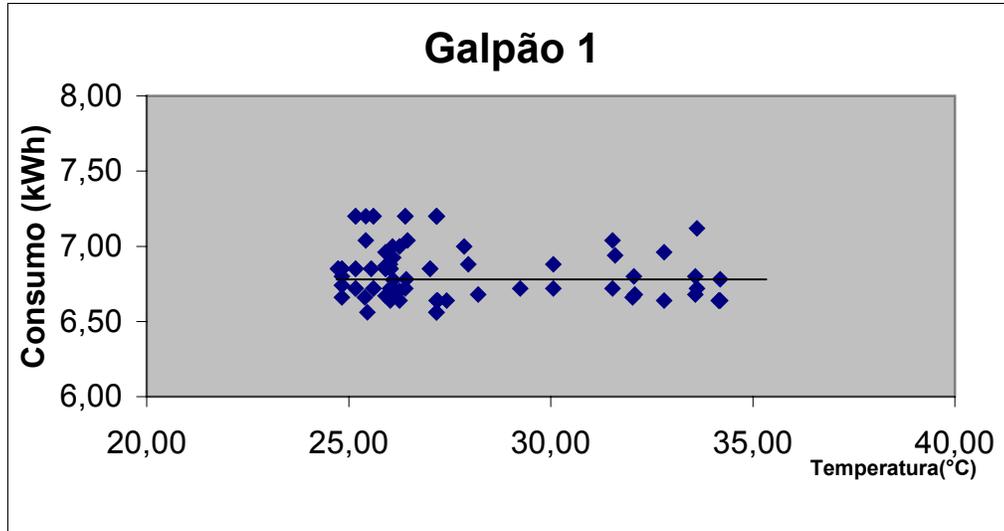


Figura A1 - Variação do consumo dos ventiladores em relação à temperatura

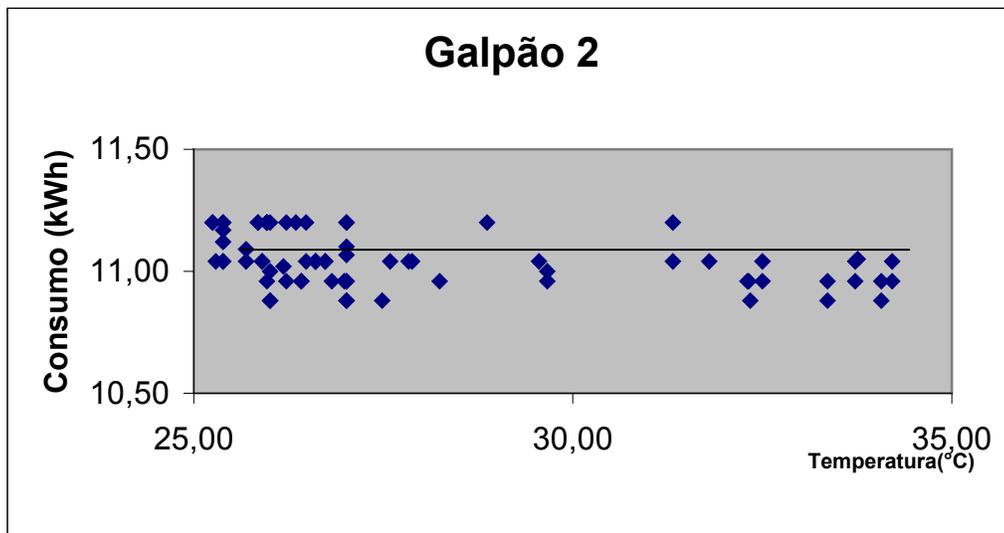


Figura A2- Variação do consumo dos exaustores em relação à temperatura

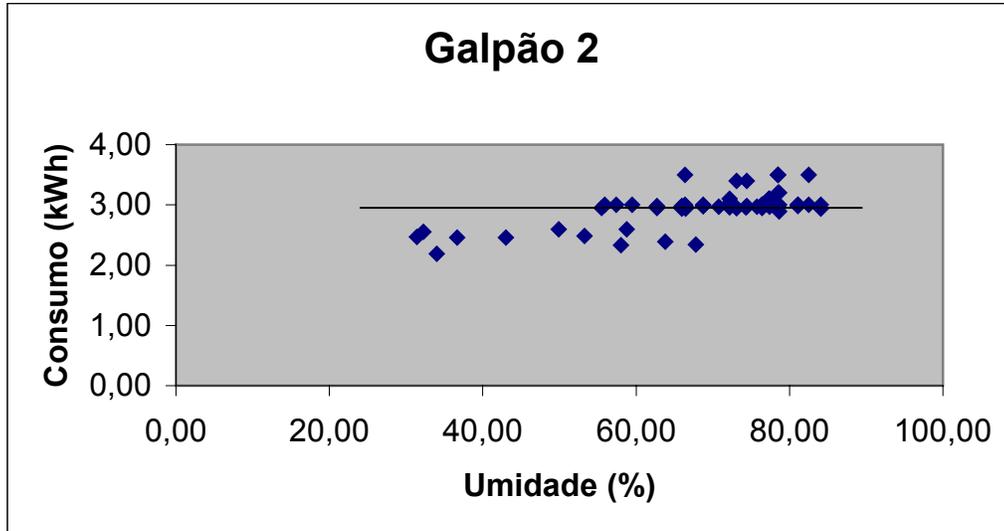


Figura A3 - Variação do consumo da bomba em relação à umidade relativa do ar

As Figuras A4, A5 e A6 seguem a mesma seqüência do lote 1 e 2 apresentados e são respectivas ao terceiro lote analisado.

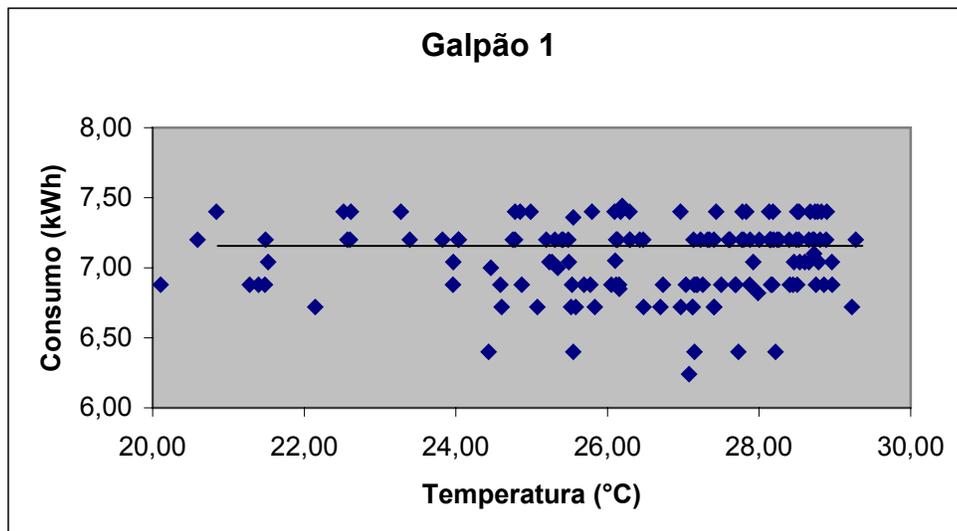


Figura A4 - Variação do consumo dos ventiladores em relação à temperatura média do ar

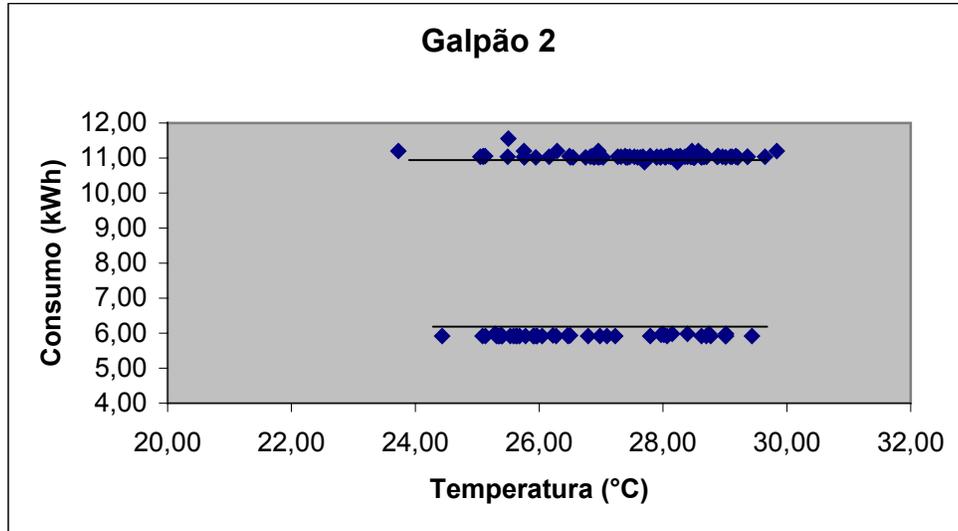


Figura A5- Variação do consumo dos exaustores em relação à temperatura média do ar

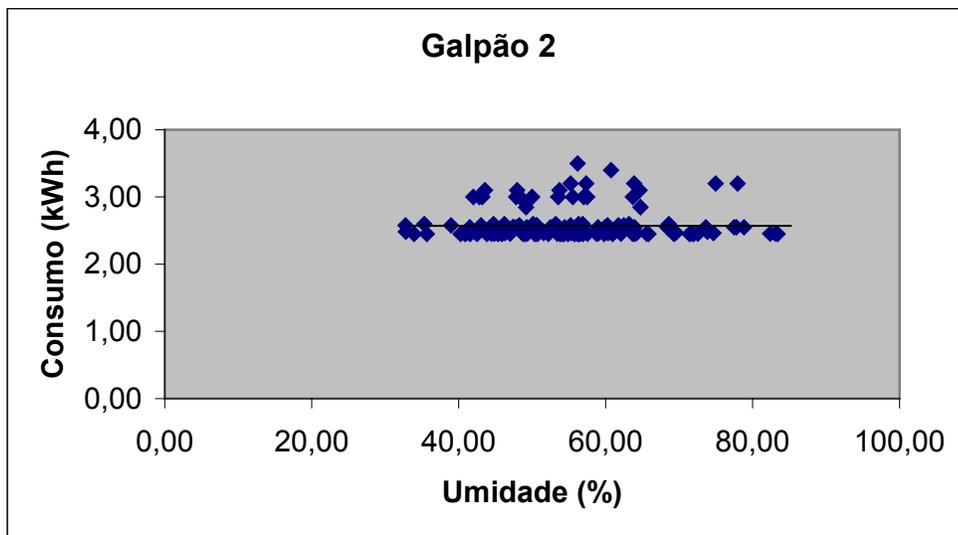


Figura A6- Variação do consumo da bomba em relação à umidade relativa do ar

As Figuras A7 e A8 são referentes ao lote 4 e seguem a mesma seqüência dos lotes apresentados.

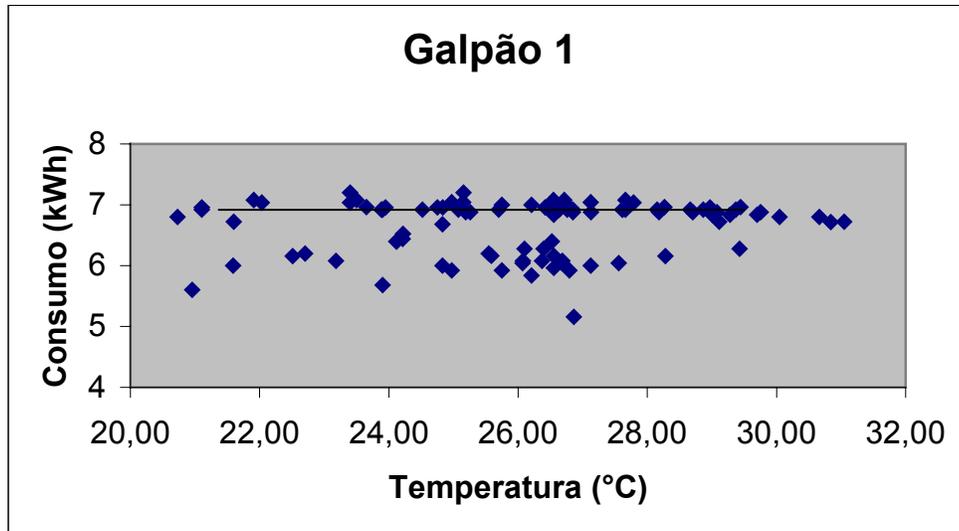


Figura A7 - Variação do consumo dos ventiladores em relação à temperatura média do ar

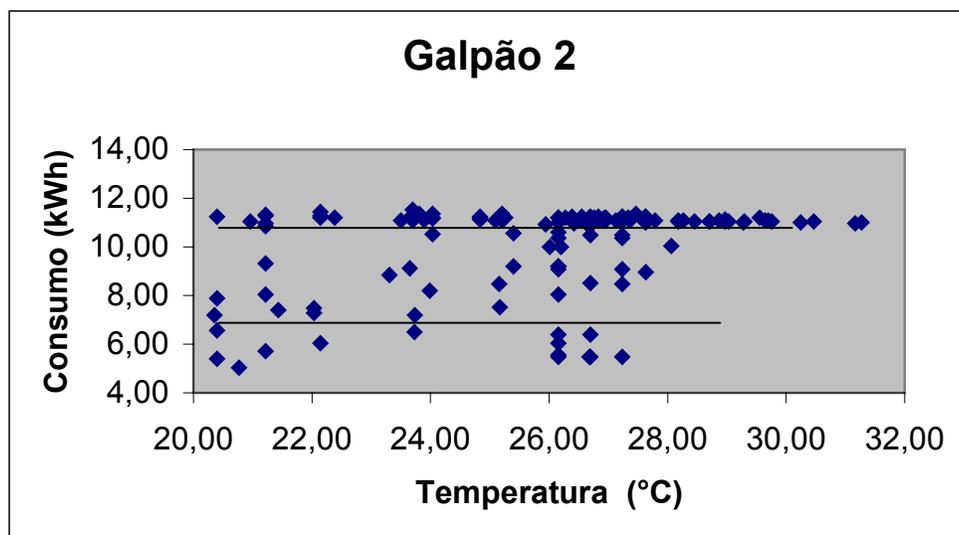


Figura A8 - Variação do consumo dos exaustores em relação à temperatura média do ar

Neste lote não houve acionamento da bomba de nebulização, ficando impossibilitado desta maneira a análise do consumo da mesma com valores de umidade relativa do ar.

Seguem a mesma seqüência dos outros lotes as figuras A9, A10 e A11 e são referentes ao lote 5.

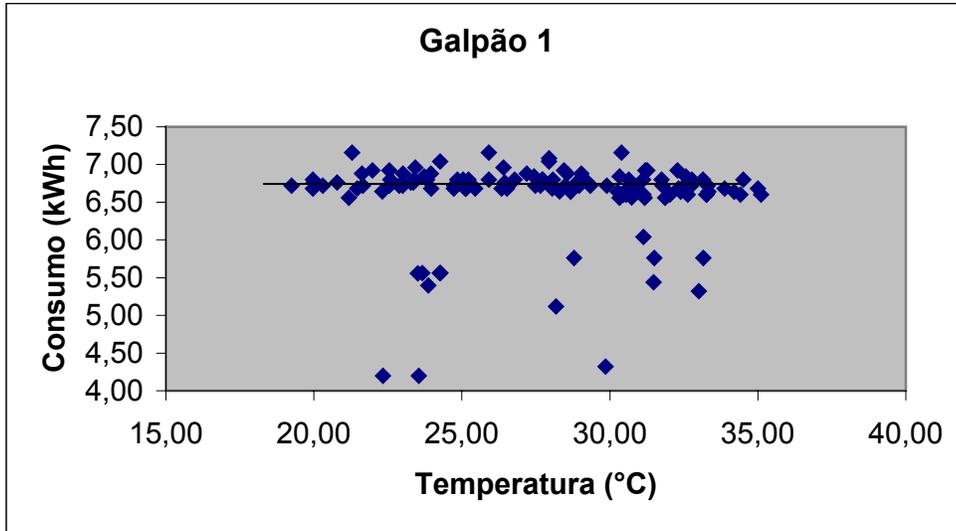


Figura A9- Variação do consumo dos ventiladores em relação a temperatura média do ar

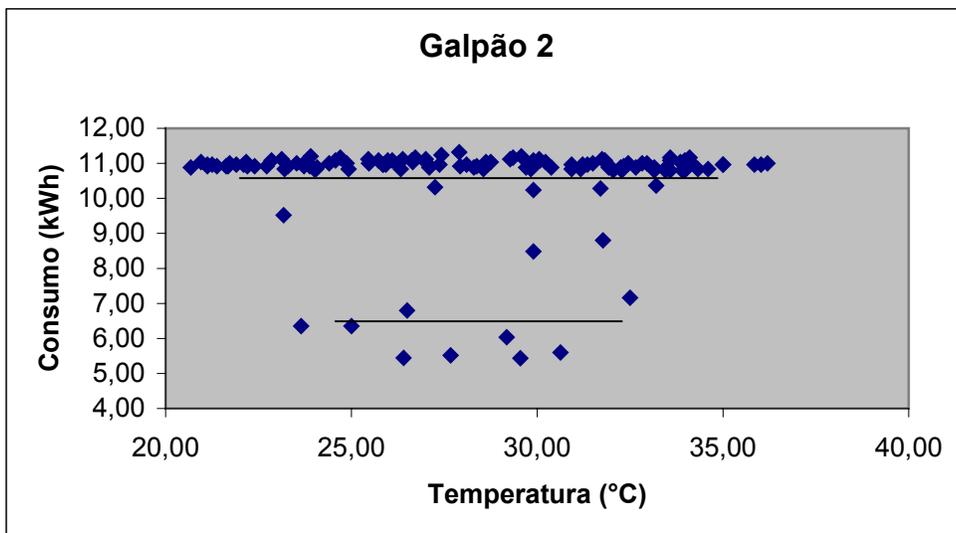


Figura A10- Variação do consumo dos exaustores em relação à temperatura média do ar

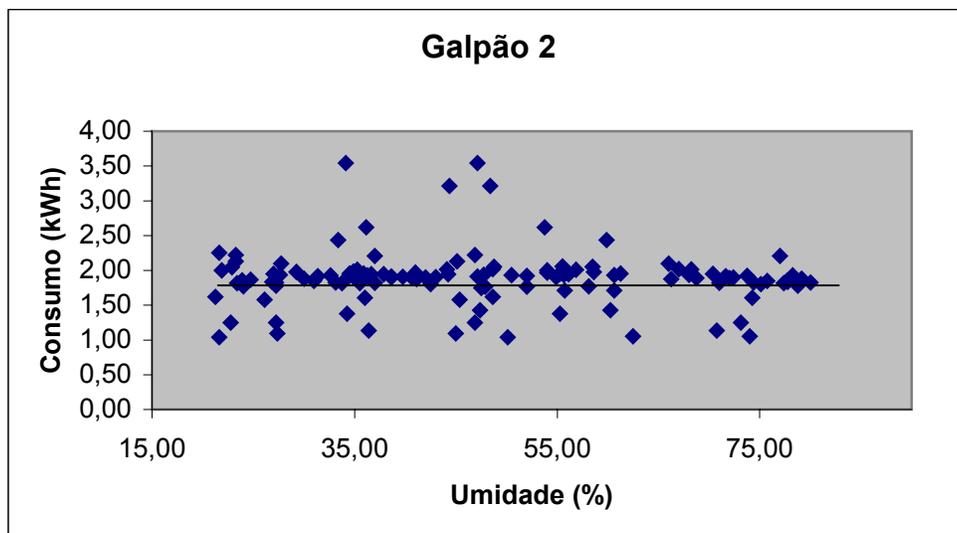


Figura A11- Variação do consumo da bomba em relação à umidade relativa do ar

7.3. Análise Estatística

Apresentam-se, nas Tabelas de A.1. até A.15. a análise realizada da comparação de médias pelo Teste T para Consumo, Temperatura e Umidade de ambos os galpões.

Tabela A.1. Teste T realizado para Consumo de eletricidade entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão2</i>
Média	3,754717813	6,626791516
Variância	9,003447403	27,21855771
Observações	567	554
Variância agrupada	18,00519539	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	1119	
Stat t	-11,3302702	Valor altamente significativo
P(T<=t) uni-caudal	1,5029E-28	
t crítico uni-caudal	1,646217243	
P(T<=t) bi-caudal	3,0058E-28	
t crítico bi-caudal	1,962084752	

Tabela A.2. Teste T realizado para Temperatura entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	25,6972193	25,13329944
Variância	14,11994384	13,21431369
Observações	261	261
Variância agrupada	13,66712877	
Hipótese da diferença de m	0	
gl	520	
Stat t	1,742544998	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,041002137	
t crítico uni-caudal	1,647790668	
P(T<=t) bi-caudal	0,082004275	
t crítico bi-caudal	1,964535841	

Tabela A.3. Teste T realizado para umidade entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalente

	<i>galpão1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	57,33219902	55,31111172
Variância	154,0547635	137,3678228
Observações	261	261
Variância agrupada	145,7112932	
Hipótese da diferen	0	
gl	520	
Stat t	1,912686198	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,028168624	
t crítico uni-caudal	1,647790668	
P(T<=t) bi-caudal	0,056337247	
t crítico bi-caudal	1,964535841	

Tabela A.4. Teste T realizado para Consumo de eletricidade entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão2</i>
Média	2,971266761	3,978026335
Variância	9,302277696	23,77427947
Observações	1059	1186
Variância agrupada	16,94798527	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	2243	
Stat t	-5,78427432	altamente significativo
P(T<=t) uni-caudal	4,15036E-09	
t crítico uni-caudal	1,645532848	
P(T<=t) bi-caudal	8,30073E-09	
t crítico bi-caudal	1,961020644	

Tabela A.5. - Comparação de médias de temperatura do ar dos galpões 1 e 2.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	27,59674	27,31775
Variância	8,598091	9,972767
Observações	80	81
Hipótese da diferença de média	0	
gl	158	
Stat t	0,580986	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,281039	
t crítico uni-caudal	1,654555	
P(T<=t) bi-caudal	0,562078	
t crítico bi-caudal	1,975091	

Tabela A. 6.- Comparação de médias de umidade relativa do ar dos galpões 1 e 2.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	62,596307	64,71133
Variância	203,53885	221,4741
Observações	81	81
Hipótese da diferença	0	
gl	160	
Stat t	-0,923328	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,1786134	
t crítico uni-caudal	1,6544323	
P(T<=t) bi-caudal	0,3572268	
t crítico bi-caudal	1,9749041	

Tabela A.7 –Comparação de médias de consumo de energia elétrica dos galpões 1 e 2.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão2</i>
Média	1,137618826	4,311452
Variância	1,015454988	19,65996
Observações	1081	1152
Variância agrupada	10,63438111	
Hipótese da diferença	0	
gl	2231	
Stat t	-22,98384509	altamente significativo
P(T<=t) uni-caudal	2,1496E-105	
t crítico uni-caudal	1,645537395	
P(T<=t) bi-caudal	4,2993E-105	
t crítico bi-caudal	1,961029739	

Tabela A.8 –Comparação de médias de temperatura do ar dos galpões 1 e 2.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	24,9944	25,3476
Variância	8,961258	8,620219
Observações	225	225
Variância agrupada	8,790738	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	448	
Stat t	-1,26353	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,103528	
t crítico uni-caudal	1,648261	
P(T<=t) bi-caudal	0,207055	
t crítico bi-caudal	1,965273	

Tabela A.9. –Comparação de médias de umidade relativa do ar do ar dos galpões 1 e 2.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	55,42061	58,49025
Variância	141,1313	149,6512
Observações	225	225
Hipótese da diferença de média	0	
gl	448	
Stat t	-2,70019	significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,003596	
t crítico uni-caudal	1,648261	
P(T<=t) bi-caudal	0,007192	
t crítico bi-caudal	1,965273	

Tabela A.10. Teste T realizado para Consumo de eletricidade entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão2</i>
Média	1,639372	2,876968
Variância	4,390592	15,53175
Observações	723	909
Variância agrupada	10,59683	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	1630	
Stat t	-7,62925	significativo
P(T<=t) uni-caudal	2E-14	
t crítico uni-caudal	1,64579	
P(T<=t) bi-caudal	3,99E-14	
t crítico bi-caudal	1,961421	

Tabela A.11. Teste T realizado para temperaturas entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	25,86903	25,86998
Variância	6,957563	5,383388
Observações	99	189
Variância agrupada	5,922791	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	286	
Stat t	-0,00314	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,498749	
t crítico uni-caudal	1,650199	
P(T<=t) bi-caudal	0,997499	
t crítico bi-caudal	1,968292	

Tabela A.12. Teste T realizado para umidades entre os galpões 1 e 2

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	40,19365	44,40583
Variância	94,40428	112,9641
Observações	99	189
Hipótese da diferença de média	0	
gl	215	
Stat t	-3,38192	significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,000428	
t crítico uni-caudal	1,651972	
P(T<=t) bi-caudal	0,000855	
t crítico bi-caudal	1,971057	

Tabela A.13. Teste T realizado para Consumo de energia elétrica em ambos os galpões

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão2</i>
Média	2,378977	5,448544
Variância	7,137513	26,9288
Observações	787	474
Variância agrupada	14,573	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	1259	
Stat t	-13,83	altamente significativo
P(T<=t) uni-caudal	6,65E-41	
t crítico uni-caudal	1,646065	
P(T<=t) bi-caudal	1,33E-40	
t crítico bi-caudal	1,961848	

Tabela A.14. Teste T realizado para temperaturas em ambos os galpões

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão 1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	27,73145	28,41106
Variância	15,13873	16,4841
Observações	153	153
Hipótese da diferença de média	0	
gl	303	
Stat t	-1,49486	não significativo
P(T<=t) uni-caudal	0,067996	
t crítico uni-caudal	1,649898	
P(T<=t) bi-caudal	0,135992	
t crítico bi-caudal	1,967824	

Tabela A.15. Teste T realizado para umidades em ambos os galpões

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes

	<i>galpão1</i>	<i>galpão 2</i>
Média	42,74428105	47,15931373
Variância	228,9634745	266,4034201
Observações	153	153
Hipótese da difer	0	
gl	302	
Stat t	-2,453669974	significativo
P(T<=t) uni-caud	0,007352691	
t crítico uni-caud	1,649914338	
P(T<=t) bi-cauda	0,014705382	
t crítico bi-cauda	1,967850949	