

**WALDIRENE BEZERRA BARCOS MORRILL**

**ILUMINAÇÃO POR DIODO EMISSOR DE LUZ E SUA INFLUÊNCIA NA  
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

**RECIFE**

**2014**

**WALDIRENE BEZERRA BARCOS MORRILL**

**ILUMINAÇÃO POR DIODO EMISSOR DE LUZ E SUA INFLUÊNCIA NA  
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.**

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Rural de Pernambuco,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola, para obtenção do  
título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Coorientador: Prof. Dr. **ARTUR DA SILVA GOUVEIA NETO**

**RECIFE**

**2014**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica

M874i Morrill, Waldirene Bezerra Barcos  
Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência  
na produção de frangos de corte / Waldirene Bezerra Barcos  
Morrill. – Recife, 2015.

82 f.

Orientador(s): Héilton Pandorfi.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Engenharia Agrícola, Recife, 2015.

Inclui apêndice(s) e referências.

1. Indústria avícola 2. Frango de corte 3. Ambiência  
I. Pandorfi, Héilton, orientadora II. Título

CDD 636.5

I. Morrill, Waldirene Bezerra Barcos.

II. Título



**WALDIRENE BEZERRA BARCOS MORRILL**

**ILUMINAÇÃO POR DIODO EMISSOR DE LUZ E SUA INFLUÊNCIA NA  
PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.**

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 31 de julho de 2014

**Orientador:**

---

Prof. Dr. Héilton Pandorfi  
Departamento de Engenharia Agrícola – UFRPE

**Examinadores:**

---

Profa. Dra. Silvia Helena Nogueira Turco  
Departamento de Engenharia Agrícola - UNIVASF

---

Prof. Dr. Artur da Silva Gouveia Neto  
Departamento de Física - UFRPE

---

**ea**

---

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello  
Departamento de Zootecnia - UFRPE

---

Prof. Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida  
Departamento de Engenharia Agrícola – UFRPE

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.*

*Charles Chaplin*

*Aos meus pais, Arnaldo (in memoriam) e Florentina, pelo amor, exemplo de força e perseverança, que muito contribui para meu crescimento intelectual e moral.*

*Aos meus irmãos, Pedro, João, Bonifácio e Rose, pelo incentivo constante, apesar da distância que nos separa.*

*Ofereço e dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu forças a cada momento dessa caminhada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo acolhimento em toda minha trajetória, fundamental para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Dr. Héilton Pandorfi pela orientação, ensinamentos, atenção, amizade, incentivo e confiança que sempre depositou em mim, durante o doutorado.

Ao Professor Dr. Artur da Silva Gouveia Neto pela colaboração e ensinamentos.

À Professora Dra. Cristiane Guiselini pela amizade, paciência, ensinamentos, críticas e sugestões.

Ao Professor Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabelo pelas sugestões.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Ao colega Professor Dr. Gledson Luiz Pontes de Almeida pela amizade e valiosas sugestões.

Ao colega Marcos José Batista dos Santos pela amizade e ajuda.

Aos colegas do Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola e do Grupo de Pesquisa em Ambiência (Gpesa) pelo convívio, apoio, amizade sincera e pelos momentos de descontração.

A Brian Morrill pela compreensão, amizade e principalmente por ser um grande companheiro e incentivador do meu crescimento pessoal e profissional.

Aos colegas: Janice Coelho, Tatiana Patrícia Nascimento, Luiz Antônio, Arthur Jacob, Alan Cezar, Nicolay Farias pela valiosa contribuição na execução da coleta de dados.

As amigas Nilvanir Duarte, Alexandra Macedo, Bianca Tavares e Fabiana Lopes pela amizade e apoio.

**Os meus sinceros agradecimentos**



## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	19
2.1 - Avicultura de corte no Brasil.....	19
2.2 - Instalações avícolas .....	20
2.3 - Ambiência e bem-estar animal .....	21
2.4 - Visão nas aves .....	23
2.4.1 - Sensibilidade espectral das aves .....	25
2.4.2 - Cones .....	26
2.4.3 - Bastonetes.....	27
2.5 - Importância da iluminação na avicultura .....	27
2.6 - Ação da luz nas aves.....	29
2.6.1 - Efeito da iluminância nas aves .....	30
2.6.2 - Efeito do comprimento de ondas sobre as aves.....	30
2.6.3 - Efeitos da luz no comportamento de frangos de corte .....	31
2.7 - Programas de luz .....	32
2.8 - Utilizações de lâmpadas LED na avicultura brasileira.....	33
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
3.1 – Manejo das aves.....	36
3.2 – Tratamentos .....	37
3.3 – Determinação da variabilidade espacial da iluminância.....	39
3.4 - Análise dos sistemas de iluminação e aspectos bioclimáticos .....	41
3.4.1 - Variáveis ambientais .....	41
3.4.2 - Parâmetros fisiológicos .....	43
3.5 - Variáveis comportamentais .....	44
3.5 – Análise do desempenho produtivo das aves .....	46
3.5.1 - Peso de carcaça e partes .....	46
3.6 - Delineamento experimental e análise estatística .....	46
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	48
4.1 – Análise térmica da instalação experimental.....	48

4.2 – Variabilidade espacial da iluminância .....	51
4.3 - Respostas fisiológicas das aves .....	57
4.4 – Avaliação do desempenho produtivo das aves .....	61
4.4.1 – Avaliação do rendimento de carcaça, partes, vísceras comestíveis e não comestíveis.....	65
4.5 – Análise do comportamento das aves.....	67
<b>5 - CONCLUSÕES.....</b>	<b>73</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>

## RESUMO

MORRILL, Waldirene Bezerra Barcos, Dra., Universidade Federal Rural de Pernambuco, julho de 2014. **Iluminação por diodo emissor de luz e sua influência na produção de frangos de corte.** Orientador: Héilton Pandorfi. Coorientador: Artur da Silva Gouveia Neto.

Esse estudo foi conduzido com o objetivo de analisar aspectos quantitativos e qualitativos dos efeitos da iluminação monocromática, dicromática e policromática por meio de diodo emissor de luz em diferentes comprimentos de onda, azul (470 nm), verde (525 nm), vermelho (660 nm), branco (400-760 nm) e azul e verde (470-525 nm) na produção de frangos de corte, ao longo do ciclo de produção (42 dias). Foram utilizados 720 pintos da linhagem Cobb 500, divididos em dois lotes (360 machos e 360 fêmeas). As aves foram distribuídas nos boxes de produção (18 aves box<sup>-1</sup>) conforme sistema de iluminação e sexagem (machos e fêmeas), com quatro repetições cada, sendo quatro boxes para cada sistema de iluminação proposto: T1 – machos x azul/verde (470 nm, 525 nm); T2 – fêmeas x azul/verde (470 nm, 525 nm); T3 – machos x verde (525 nm); T4 – fêmeas x verde (525 nm); T5 – machos x azul (470 nm); T6 – fêmeas x azul (470 nm); T7 – machos x vermelho (660 nm); T8 – fêmeas x vermelho (660 nm); T9 – machos x branco (400-760 nm) e T10 – fêmeas x branco (400-760 nm). Foram determinados os indicadores zootécnicos: ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), consumo de ração (CR) e peso vivo (PV). As análises comportamentais foram realizadas com base no etograma, determinando-se a frequência e a porcentagem do tempo de observação em cada comportamento em seus respectivos sistemas de iluminação. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2. As inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A frequência dos eventos comportamentais e sua probabilidade de ocorrência foram analisadas pelo teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). As aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do verde, azul e azul/verde foram as que apresentaram melhor desempenho produtivo, sendo que as respostas comportamentais convergem para a mesma recomendação, com ênfase no atendimento das recentes exigências feitas pelos padrões de bem-estar animal.

**Palavras-chave:** ambiência, avicultura de corte, suplementação de luz

MORRILL, Waldirene Bezerra Barcos, Dra., Universidade Federal Rural de Pernambuco, julho de 2014. **Effect of lighting using LED on the production of broiler chickens.** Adviser: Héilton Pandorfi. Co-Adviser: Artur da Silva Gouveia Neto.

This study was conducted aiming to analyze quantitative and qualitative aspects of the effects of monochromatic and polychromatic illumination by LED light at different wavelengths, blue (470 nm), green (525 nm), red (660 nm), white (400-760 nm) and blue and green (470-525 nm) on the performance and behavior of broilers during the production cycle (42 days). 720 Cobb 500 day-old chicks of a commercial hatchery, divided into two lots (360 males and 360 females) were acquired. The birds were distributed in production pens (18 birds per pen<sup>-1</sup>) according to the lighting and sexing system (only males or females in each pen) with four replications each, four pens for each lighting system proposed: T1 - blue and green (470 nm, 525 nm); T2 - green (525 nm); T3 - blue (470 nm); T4 - red (660 nm) and T5 - white (400-760 nm). Animal productivity indicators such as weight gain (WG), feed conversion (FC), feed intake (FI), and body weight (BW) were obtained from the relationship between feed intake and body weight. Behavioral analyzes were performed based on the ethogram determining the frequency and percentage of the observation time of each behavior in their respective illumination systems. Data analysis was adopted completely randomized in a 5x2 factorial design. The experimental treatments consisted of different combinations of factors, lighting and sex. The inferences obtained were evaluated by the Tukey test at 5% probability. The frequency of behavioral events and their probability of occurrence were analyzed by Chi-square ( $\chi^2$ ) test. Birds subjected to wavelengths in the range of green, blue and green/blue showed the best productivity, and their behavioral responses converge to the same recommendation, with an emphasis on meeting the latest demands made by the standards of animal welfare.

**Keywords:** ambience, poultry production, supplementary light

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 – Programas de iluminação para frangos de corte utilizados em estudos com efeito positivo do fotoperíodo no desempenho das aves.....	33
Tabela 2 – Composição centesimal das rações fornecidas para os frangos de corte, de acordo com a idade.....	37
Tabela 3 - Etograma comportamental para frangos de corte elaborado com base na literatura consultada. ....	45
Tabela 4 - Análise estatística descritiva da iluminância (lux) nos sistemas de iluminação estudados. ....	52
Tabela 5 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as médias de iluminância (lux).....	54
Tabela 6 – Variação comportamental das aves (machos) submetidas aos sistemas de iluminação monocromáticos e policromático, expressa pela frequência e porcentagem das observações. ....	68
Tabela 7 – Variação comportamental das aves (fêmeas) submetidas aos sistemas de iluminação monocromáticos e policromático por meio de diodo emissor de luz, expressa pela frequência e porcentagem das observações. ....	69

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Evolução da produção brasileira de carne de frango (milhões de ton.). Fonte: UBABEF (2014).....	19
Figura 2 - Mecanismo fotossensível das aves e hormônios reprodutores. (Adaptado de ARAUJO et al., 2011).....	25
Figura 3 – Espectro de sensibilidade de humanos e aves. (Adaptado de Prescott & Wathes, 2001) .....	26
Figura 4 – Células fotorreceptoras da retina. ....	26
Figura 5 – Vista externa transversal (A) e longitudinal (B) do galpão utilizado para o alojamento das aves. ....	36
Figura 6 – Representação esquemática da distribuição dos boxes de criação e seus respectivos sistemas de iluminação. ....	36
Figura 7 – Vista interior dos boxes de criação e seus respectivos tratamentos (iluminação x sexo).....	38
Figura 8 – Lâmpadas de LED tipo bastão, fixadas longitudinalmente no centro geométrico de cada box de produção.....	39
Figura 9 – Malha regular dos pontos de registro da iluminância nos boxes de produção.....	41
Figura 10 - Detalhe da instrumentação utilizada para o registro das variáveis ambientais e obtenção das imagens térmicas, Hobo e globo negro (A), abrigo meteorológico (B), câmera termográfica (C) e termo- anemômetro (D). ....	42
Figura 11 – Termômetro utilizado para o registro da temperatura cloacal (A) e imagem térmica das aves (B). ....	43
Figura 12 – Câmeras instaladas no interior do galpão para o monitoramento comportamental das aves (A) e software para gerenciamento das imagens (B). ....	44
Figura 13 – Análise funcional entre a temperatura (A) e a umidade relativa do ar (B) interna e externa a instalação experimental. ....	48
Figura 14 – Variação média horária semanal da temperatura do ar no interior e exterior da instalação experimental. ....	49

Figura 15 – Variação média horária semanal do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no interior e exterior da instalação experimental.....	50
Figura 16 – Variação média horária semanal da entalpia específica (H) no interior e exterior da instalação experimental.....	51
Figura 17 – Semivariogramas experimentais da variável iluminância nos comprimentos de onda na faixa do azul/verde (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E). .....	53
Figura 18 - Mapas de krigagem para variável iluminância (lx) para os sistemas de iluminação nos comprimentos de onda na faixa do verde/azul (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E). .....	56
Figura 19 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) nos valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e de superfície das aves (C). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ..	58
Figura 20 – Valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e temperatura de superfície das aves (C) submetidas aos sistemas de iluminação: azul e verde (470 nm, 525 nm); verde (525 nm); azul (470 nm); vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ....	60
Figura 21 – Relação funcional entre a frequência respiratória e a temperatura do ar nas aves submetidas aos respectivos sistemas de iluminação.....	61
Figura 22 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no peso vivo (A), ganho de peso (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar (D). Médias seguidas das mesmas letras na mesma semana não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .....	63
Figura 23 – Peso vivo (A), ganho de peso (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar (D) das aves submetidas aos sistemas de iluminação: azul e verde (470 nm, 525 nm); verde (525 nm); azul (470 nm); vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm). .....	64
Figura 24 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no rendimento pós-abate para frangos de corte aos 42 dias de idade. Médias seguidas das mesmas	

letras para a mesma parte não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .....	65
Figura 25 - Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte aos 42 dias submetidos aos sistemas de iluminação. Médias seguidas das mesmas letras para mesma parte não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey .....	66
Figura 26 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no rendimento de vísceras comestíveis e não comestíveis. ....	66
Figura 27 – Rendimento de vísceras comestíveis e não comestível de frangos de corte aos 42 dias submetidos aos sistemas de iluminação. ....	67
Figura 28 – Variação dos comportamentos das aves entre machos e fêmeas submetidas aos sistemas de iluminação azul/verde (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E).....	72



## 1 - INTRODUÇÃO

A produção de frango de corte é um dos seguimentos da agropecuária em franca expansão no mundo, por se tratar de uma importante fonte de proteína animal para o consumo humano. Nas últimas décadas, com a globalização e abertura dos mercados, tem-se observado uma série de mudanças macroeconômicas que impulsionaram positivamente o setor. De acordo como Flores (2013) a avicultura industrial é bem estruturada no Brasil, responde por 1,5% do PIB, gera quatro milhões de empregos diretos e indiretos e contribui de forma significativa à balança comercial, rendendo ao Brasil cerca de 3,5 bilhões de dólares em exportações.

Dados da UBABEF (2014) mostram que o Brasil se mantém em terceiro lugar na produção de carne de frango e o primeiro em volume de exportação. Em 2012 foram produzidos 12,645 (mil ton.), deste total, 69% foi destinado ao mercado interno e 31%, às exportações. Já em 2013, a produção foi equivalente a 12,30 (mil ton.), o que representou uma queda de 2,6% em relação à produção de 2012, reflexo do aumento dos preços do milho e da soja, que representam os principais custos do setor. O consumo interno também teve redução de 7%, motivada pela inflação dos alimentos e alto endividamento das famílias, o que também contribuiu para a queda na produção.

A melhoria nos parâmetros produtivos do setor avícola é decorrente de uma série de fatores, como melhoramento genético, manejo nutricional e sanitário, ambiência, bem-estar animal e iluminação artificial. Esse último tem sido amplamente utilizado para promover o desempenho produtivo das aves. Estudos apontam que o fotoperíodo, a intensidade da iluminação e o comprimento de onda de luz formam os três principais componentes que influenciam o crescimento e o bem-estar de frangos de corte (OLANREWAJU et al., 2006; DEEP et al., 2010).

MENDES et al. (2010) relatam que o posicionamento adequado das fontes de luz e sua distribuição estimulam as aves a procurar alimento, água e adequação térmica durante o ciclo produtivo. Durante a fase de crescimento, a iluminação pode ser útil para moderar o ganho de peso e aperfeiçoar a eficiência da produção e a saúde do lote.

Os gastos e desperdícios de energia elétrica associada à baixa eficiência da maioria das lâmpadas estimularam o desenvolvimento de sistemas de iluminação à base de diodo emissor de luz (LED). Para a produção avícola as lâmpadas LED apresentam a

versatilidade de emissão de luz monocromática, o que possibilita oferecer as aves comprimentos de ondas específicos de acordo com o manejo de produção adotado.

O espectro de luz afeta o crescimento das aves, alguns estudos demonstraram que frangos de corte criados sob iluminação monocromática azul ou verde, tornaram as aves significativamente mais pesadas do que àquelas criadas sob luz vermelha ou branca (ROZEMNBOIM et al., 1999, 2004a, CAO et al., 2008). Zhang et al. (2012), avaliaram a utilização de luz monocromática durante a embriogênese, os resultados encontrados sugerem que estímulos da luz verde aumentou o peso corporal pós-nascimento de frangos de corte machos, aumentou o crescimento do músculo do peito e melhorou a conversão alimentar.

Jiang et al. (2012), estudando o efeito da cor da luz no crescimento e emissão de resíduos em frangos de corte, avaliaram as cores (branco, verde, azul, vermelho, amarelo e roxo), os resultados encontrados apontam que a luz na cor amarelo pode melhorar o desempenho de crescimento e diminuir a produção de resíduos até 30 dias de idade. Firouziet al. (2014), avaliaram a iluminação verde, azul, vermelha e amarela no desempenho, resposta imunológica e índices hematológicos em frangos de corte, os resultados mostraram que a luz verde foi eficaz na redução da mortalidade total, enquanto que a luz amarela foi benéfica para o crescimento das aves.

Segundo Kristensen et al. (2007), aves expostas a luz com comprimentos de onda curtos (400 – 590 nm) apresentaram melhor ganho de peso e eficiência alimentar, durante os primeiros dias de criação, a luz de onda curta estimula o crescimento, enquanto que, a maturidade sexual é acelerada por onda longa (590 – 750 nm).

O comportamento das aves é influenciado pela iluminação, com a utilização de luz monocromática, tem-se a possibilidade de oferecer comprimentos de ondas que evitem à ocorrência de comportamentos que tragam prejuízos a criação de frangos de corte. Praytinoet al. (1997) relatam que frangos de corte expostos a luz vermelha são mais ativos, o que reduz o aparecimento de problemas locomotores no final da criação. Sultana et al. (2013) estudaram o efeito da mistura de cores no comportamento e resposta ao medo, os resultados mostraram que a luz vermelha e vermelho-amarelo ativaram os movimentos e a resposta de medo em frango de corte, enquanto o azul e o verde-azul diminuíram os movimentos e passaram mais tempo sentados.

Nesse contexto, a avicultura brasileira, impulsionada pela concorrência imposta pelo mercado internacional, demanda cada vez mais estudos voltados ao

aperfeiçoamento do atual modelo de exploração comercial de frangos de corte, no sentido de proporcionar ampliação da eficiência produtiva e manter o país em posição de destaque no setor. Diante disso, inúmeras questões ainda aguardam respostas frente ao ajuste fino do sistema de produção, com ênfase na ambiência animal, sendo que o sistema de iluminação adequado e adaptado à concepção construtiva dos galpões, merecem especial atenção, por apresentar inúmeros apontamentos na literatura internacional dos benefícios da iluminação monocromática no desempenho das aves (SENARATNA et al., 2011, 2012; ZHANG et al., 2012).

O presente estudo estabelece relação de associação entre a variável sexo e iluminação, em que se espera apontar os efeitos positivos de determinado comprimento de onda no desempenho zootécnico e no comportamento de frangos de corte, além da caracterização desses efeitos sobre machos e fêmeas.

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de analisar aspectos quantitativos e qualitativos dos efeitos da iluminação monocromática, dicromática e policromática, por meio de diodo emissor de luz em diferentes comprimentos de onda, azul/verde (470 e 525nm), azul (470 nm), verde (525 nm), vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm) no desempenho e comportamento de frangos de corte (machos e fêmeas) no decorrer do ciclo de produção.

Além disso, os objetivos específicos foram:

- Mapear a distribuição da iluminância no box de estudo e a temperatura de superfície das aves, por meio da termografia infravermelho, com ênfase na determinação das condições de conforto e estresse térmico;
- Analisar os efeitos do ambiente de produção sobre as aves, por meio de indicadores zootécnicos e parâmetros fisiológicos.

## 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 - Avicultura de corte no Brasil

Até 1960, a avicultura de corte era uma atividade realizada de forma artesanal. No entanto, com a introdução do modelo de integração entre os anos de 1960 e 1970, no sudoeste catarinense, a avicultura brasileira deu seu grande salto, expandindo o setor pela adoção de pacote tecnológico que envolveu o controle da indústria no ciclo produtivo das aves, o que proporcionou sucessivo crescimento da produtividade (LAZZARI, 2004).

Recentemente, a avicultura tornou-se uma das atividades econômicas que mais se desenvolveu no setor agropecuário, em virtude dos enormes avanços ocorridos na genética, nutrição, manejo, sanidade e ambiência, alcançando índices de produtividade equivalentes aos observados em países mais desenvolvidos (Figura 1).

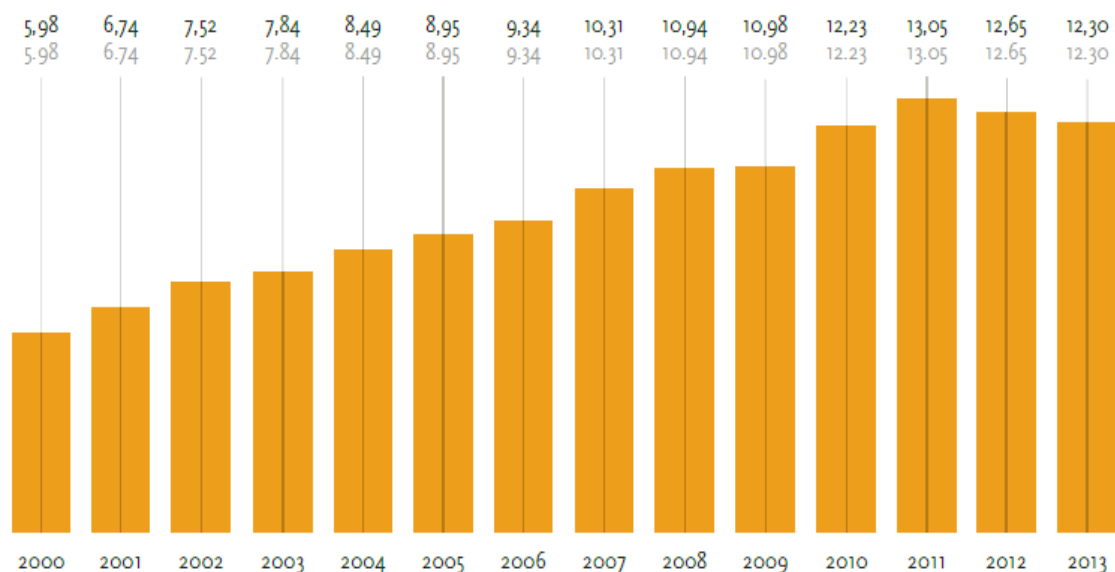


Figura 1 – Evolução da produção brasileira de carne de frango (milhões de ton.). Fonte: UBABEF (2014)

De acordo com Pereira et al. (2007) o bom desempenho da avicultura no Brasil se deve a vários fatores tais como queda nos preços dos insumos, ganhos internos de eficiência na cadeia produtiva, excelentes resultados obtidos na conversão alimentar. Além disso, esse resultado pode ser atribuído à obtenção, no mercado internacional, de matrizes geneticamente melhoradas e de alto rendimento, que foram adaptadas pelas empresas nacionais às condições climáticas do País, nas áreas de manejo, sanidade e alimentação.

## 2.2 - Instalações avícolas

O ambiente interno de galpões avícolas constitui um fator primordial para o sucesso da atividade, principalmente em regiões como o Nordeste do Brasil, onde predominam altas temperaturas durante o ano todo. Para Silva et al. (1990) mais de 50% do investimento na criação de frangos de corte estão concentrados nas instalações, por isso, elas devem ser economicamente viáveis e termicamente confortáveis para os animais, levando-se em consideração fatores como aptidão climática, materiais e técnicas de construção.

Os galpões devem ser projetados para favorecer o acondicionamento térmico natural, sem o uso de equipamentos, para isso têm-se como recursos a adequada locação do galpão, a orientação, a ventilação natural e o uso de materiais de grande capacidade calorífica, que resistam às mudanças bruscas de temperaturas. Para Lavor et al. (2008) dentro de uma instalação avícola, as maiores fontes de calor são provenientes da radiação solar, direta ou indireta, do calor que vem das próprias aves e do calor latente resultante dos processos fermentativos da cama do aviário e respiração das aves.

O ambiente de produção exerce papel fundamental na avicultura moderna, que busca alcançar alta produtividade, em espaço físico e tempo relativamente reduzido. Dentre outros fatores do ambiente, os térmicos, representados pela temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação são os que mais afetam os animais, pois comprometem a função vital mais importante das aves, que é a homeotermia (AMARAL et al., 2011).

A exposição das aves as altas temperaturas causam redução na ingestão de alimentos, o que prejudica a taxa de crescimento, o rendimento e a qualidade da carne, além de provocar dispêndio de energia de produção para promover a perda de calor (DOZIER et al., 2006, LU et al., 2007).

Os modelos de galpões recentemente utilizados para criação de frango de corte no Brasil, tais como darkhouse, blue house, greenhouse e brownhouse oferecem aos animais um ambiente que permite as aves exteriorizar o seu potencial genético de produção. Os galpões do tipo darkhouse, mostram-se automatizados, o que permite a produção de aves com otimização do custo, economia de energia elétrica, ganhos com o incremento da densidade de criação ( $\text{kg m}^{-2}$ ), maior ganho de peso, melhor conforto térmico nas instalações e redução na condenação de carcaça, devido ao menor estresse

no alojamento das aves. De acordo com Nowickiet al. (2011), as aves criadas em darkhouse apresentam melhor conversão alimentar, o que traz benefícios ao produtor, tendo em vista a redução nos custos de produção.

As instalações do tipo blue house e greenhouse, utilizam a teoria da cor proporcionando maior produtividade às aves, por meio do controle da intensidade de luz e cor da cortina. Os sistemas são os mesmos, exceto a cor da cortina e o forro. Nos sistemas blue e greenhouse, a cortina e o forro são azuis ou verdes de um lado e reflexivos do outro, respectivamente. O sistema Brown house assemelha-se ao darkhouse, no entanto, o controle de luz natural na entrada e saída do ar não é eficiente e pode ser realizado por meio de quebra luz, confeccionados com tijolos, telhas, madeira ou metal (ABREU & ABREUet al., 2011).

### **2.3 - Ambiência e bem-estar animal**

A ambiência aplicada à produção animal tem o objetivo de minimizar os efeitos adversos dos fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal, com ênfase na adequação das condições de conforto e do bem-estar animal.

Atualmente, a avicultura está diante de um desafio de manter e melhorar os índices de produtividade alcançados, em condições climáticas menos favoráveis, para aumentar a produção de carne de frango e atender o aumento da demanda interna e externa. Para a avicultura superar esse desafio, deve investir em monitoramento dos processos relacionados à ambiência, de modo a melhorar a qualidade da informação de suporte à decisão e poder atuar com precisão no controle da ambiência (PEREIRA, 2011).

O bem-estar se refere, então, ao estado de um indivíduo do ponto de vista de suas tentativas de adaptação ao ambiente. Ou seja, se refere a quanto tem de ser feito para o animal conseguir adaptar-se ao ambiente e ao grau de sucesso com que isto está acontecendo (HOTZEL & FILHO, 2004).

São consideradas as bases do bem-estar animal, assegurar-lhe as seguintes liberdades:

1. Liberdade de movimento e de expressar comportamento normal, inerente a sua espécie;

2. Liberdade de não passar fome ou sede ou ser mal nutrido;
3. Liberdade de não passar estresse térmico ou físico;
4. Liberdade de não estar exposto a doenças e mau trato;
5. Liberdade de não sentir medo.

Considerando-se que a temperatura interna das aves oscila entre 41 e 42 °C, a temperatura ambiente indicada para frango de corte, poedeiras e matrizes, segundo Ferreira (2005), poderá oscilar entre 15 e 28 °C, sendo que nos primeiros dias de vida a temperatura deve ficar entre 32 e 34 °C, dependendo da umidade relativa do ar, que pode variar de 40 a 80%.

Entre os fatores ambientais, os elementos meteorológicos representados, principalmente, pela temperatura e pela umidade relativa do ar são os que afetam diretamente as aves, pois comprometem a manutenção da homeotermia, por meio de processos sensível e latentes de transferência de energia (OLIVEIRA et al., 2006).

Em situações de estresse térmico, além do aumento da temperatura retal das aves, também ocorre o aumento da frequência respiratória (ofegação), com consequente efeito no metabolismo para estimular a perda evaporativa de energia e manter o equilíbrio térmico corporal (YAHAV et al., 2005).

Nos últimos anos, novas ferramentas têm sido utilizadas na avicultura a fim de se avaliar o ambiente de produção. Dentre elas, tem-se a termografia por infravermelho. A termografia é definida como uma técnica não-invasiva de sensoriamento remoto que possibilita a medição da temperatura de um corpo e a formação de imagens termográficas a partir de radiação de infravermelho.

Mapas termográficos, ou imagens termográficas são largamente explorados em alguns países para determinar a perda de energia em construções urbanas, prever problemas da construção, tais como regiões de maior umidade. Estas imagens permitem a observação direta da distribuição de temperatura em uma superfície (KNÍZKOVÁ, 2007; ZOTTI, 2010), além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças na temperatura superficial e o impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal (KOTRBA et al., 2007). A análise de imagens termográficas tem sido utilizada para identificar eventos fisiológicos em animais e humanos (MONTANHOLI et al., 2008; BOUZIDA et al., 2009).

A câmara termográfica registra a radiação do objeto em foco e, a temperatura é determinada por meio de interpolação da Lei de Stefan-Boltzmann (Eq. 1)  $\sigma = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ , que relaciona energia (E;  $\text{W m}^{-2}$ ) em trânsito (radiação infravermelho), emissividade do material alvo ( $\varepsilon$ ) e a quarta potência da temperatura ( $T^4$ ; K).

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

Neste caso, a termometria é uma medida de detecção da radiação de infravermelho, geralmente na região de comprimento de onda de 2-5,6 e 8-14  $\mu\text{m}$  (AVDELIDIS, 2003). Estas medidas têm como princípio a comparação entre as intensidades de radiação provenientes do corpo observado e de uma referência de temperatura (VELOSO, 2007).

Nääset al. (2010), ao utilizarem a termografia por infravermelho para mapear a distribuição da temperatura na superfície de frangos de corte concluíram que esta ferramenta forneceu uma descrição detalhada da temperatura radiante de frangos de corte sem a necessidade de captura da ave, o que teria sido difícil de conseguir com sensores convencionais. A relação entre a temperatura irradiada e a da plumagem foi significativo, a avaliação em tempo real da plumagem pode ser obtida a partir da temperatura média da imagem, subsidiando a tomada de decisão durante o manejo das aves no pré-abate.

#### **2.4 - Visão nas aves**

O desenvolvimento nas aves é fortemente influenciado pelas condições de iluminação a que estão expostas. A taxa global de crescimento é controlada pelo ritmo diário de liberação de melatonina a partir da glândula pineal via retina (LI & HOWLAND, 2006). A visão nas aves é diferente da visão humana em vários aspectos. Os humanos possuem visão colorida tricromática, que envolve três tipos de cone simples, fotorreceptores na retina com absorção máxima a 420, 530 e 560 nm. Estes são comumente referidos como cones sensíveis ao azul, verde e vermelho. Por outro lado, as aves possuem quatro tipos distintos de cones simples e um de cone duplo (BOWMAKER et al., 1997). O tipo de cone simples adicional na retina das aves faz com que as aves apresentem visão tetracromática, isto é, teoricamente são capazes de distinguir duas vezes mais cores comparadas aos seres humanos (OSÓRIO, et al.,



1999). Este quarto tipo de cone simples pode ser ultravioleta-sensível (UVS) (MAIER, 1992), ou violeta-sensível (VS) (HART, 2002). Em ambos os casos, a sensibilidade é estendida para comprimentos de onda mais curtos e permite que as aves tenham sensibilidade visual próximo ao ultravioleta (UV), ou seja, parte do espectro invisível aos seres humanos. As aves usam a visão UV para tomar decisões sobre a escolha do companheiro (BENNETT et al., 1996) e forragear (VIITALA et al. 1995). Além de diferenças na percepção das cores, as aves também têm mostrado resposta mais rápida aos estímulos visuais, devido à menor via neural para detecção desses comprimentos de onda (BARBUR et al. 2002).

A luz também é captada de forma eficiente pela via transcraniana, com influência direta no hipotálamo (MENDES et al., 2010). De acordo com Araújo et al. (2011) as aves respondem melhor ao estímulo luminoso via transcraniana quando a iluminação é produzida por raios do final do espectro, como o roxo e o laranja, produzindo mais hormônios reprodutivos. Araújo et al. (2011), relatam que a energia contida nos fótons é transformada em estímulo nervoso que regula o ritmo circadiano e coordena eventos bioquímicos e comportamentais, com influência no desempenho das aves.

Nesse caso, a luz é percebida pelas aves por fotorreceptores hipotalâmicos que converte o sinal eletromagnético em uma mensagem hormonal, através dos seus efeitos nos neurônios hipotalâmicos que secreta o hormônio liberador da gonadotrofina (GnRH) que atua na hipófise, produzindo o folículo estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH), que estimula a produção do androgênio e do estrogênio (Figura 2). Dias curtos não estimulam a secreção adequada de gonadotrofinas porque não iluminam toda a fase fotossensível. Dias mais longos, entretanto, fazem a estimulação e deste modo a produção de LH é iniciada.

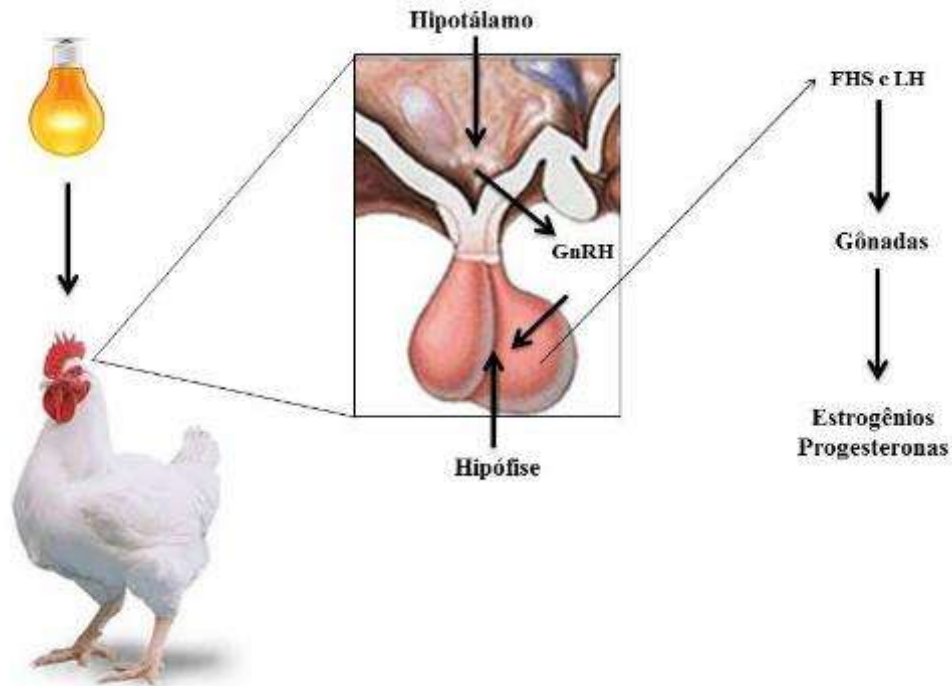


Figura 2 - Mecanismo fotossensível das aves e hormônios reprodutores. (Adaptado de ARAUJO et al., 2011)

#### 2.4.1 - Sensibilidade espectral das aves

Nos seres humanos os olhos são capazes de ver apenas uma parte específica do espectro de radiação eletromagnética, conhecida como radiação visível, no entanto, as aves têm um espectro mais alargado, devido à singularidade de seus olhos.

Prescott & Whates (1999b) traçaram as curvas da sensibilidade espectral das aves domésticas utilizando um teste comportamental (Figura 3). Quando se compara a curva de sensibilidade de humanos com a das aves, nota-se que para as aves a resposta é relativamente mais ampla. Isto confere maior abrangência de percepção visual das cores por estes animais (PRESCOTT & WATTES, 2001).

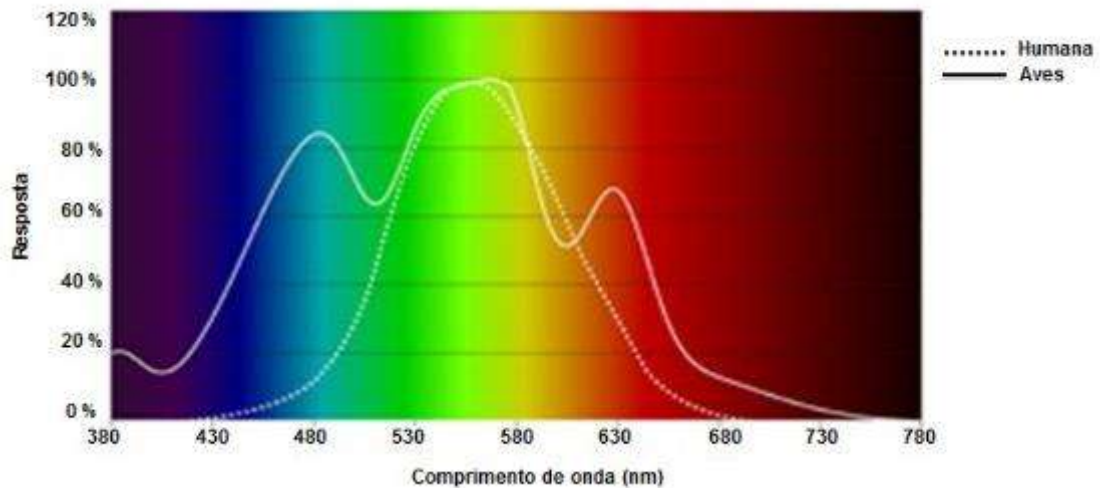
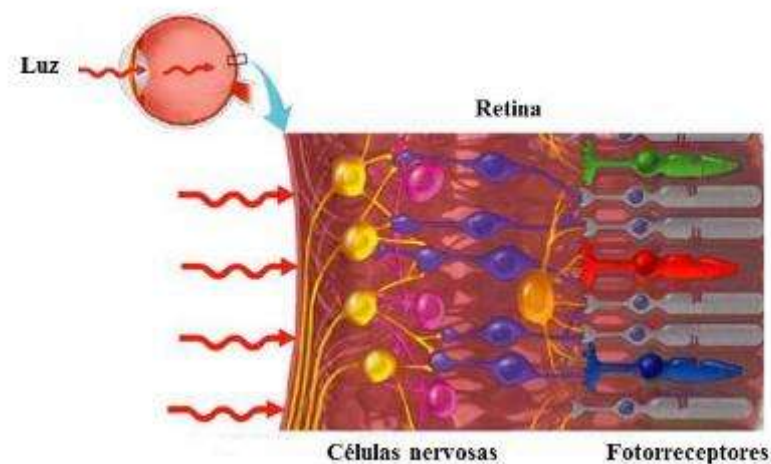


Figura 3 – Espectro de sensibilidade de humanos e aves. (Adaptado de Prescott & Wathes, 2001)

As células fotorreceptoras do olho estão localizadas na retina e são denominadas de cones e bastonetes (Figura 4).



Fonte: [www.museuescola.ibb.unesp.br](http://www.museuescola.ibb.unesp.br)

Figura 4 – Células fotorreceptoras da retina.

### 2.4.2 - Cones

Existem cones simples e duplos. Os cones são encontrados em menor número quando comparados aos bastonetes, cada um está ligado a uma única fibra nervosa, responsáveis por fornecer níveis muito mais significativos de intensidade luminosa, o que produz imagens em alta definição e permite a percepção das cores.

Os cones simples envolvem a visão de cores fotópicas (luz do dia). Eles são sensíveis a uma gama de comprimentos de onda do ultravioleta próximo até a cor

vermelha do espectro (BOWMAKER et al., 1997; HART, 2002). Existem quatro classes de cones simples: cones sensíveis a comprimento de onda longa (565 a 570 nm), onda média (500 a 510 nm) e onda curta (430 a 460 nm), que são semelhantes em diversas espécies de animais. O quarto cone apresenta absorvância de 409 a 418 nm (violeta-sensível), em pombos e galinhas (BOWMAKER et al. 1997).

Os cones duplos são os tipos mais comuns de fotorreceptores na retina das aves, que representa de 50 a 60% de todas as células receptoras (BOWMAKER et al., 1997). Um cone duplo é formado por dois membros: um membro principal e um acessório. Ambos os membros contêm pigmentos sensíveis de ondas longas.

Os segmentos exteriores e interiores da camada nuclear da retina contêm células fotorreceptoras, que iniciam o processamento da informação visual ao converter luz em potenciais de ação que, então, viajam através de vários inter-neurônios as células ganglionares, cujos axônios formam o nervo óptico e posteriormente para o córtex visual no cérebro. As duas principais classes de fotorreceptores, cones e bastonetes, diferem em estrutura anatômica, bem como na sua capacidade de absorver luz de diferentes comprimentos de onda e iluminâncias (OSÓRIO et al. 1999b).

### **2.4.3 - Bastonetes**

Os bastonetes possibilitam enxergar em ambientes com pouca luz, são mais numerosos e altamente sensíveis e, a imagem produzida por ele é pouco definida, devido à grande quantidade de imagens ligadas a uma única fibra nervosa. Entretanto, um somatório de estímulos fornece aos bastonetes uma alta sensibilidade, no máximo de 507 nm (luz azul-verde).

## **2.5 - Importância da iluminação na avicultura**

A iluminação apresenta-se como um dos fatores ambientais capazes de promover alterações nos processos fisiológicos e comportamentais das aves. É conhecido que a diferença na luminosidade, em função das estações do ano, coordena a migração e permite a reprodução de animais. Lewis et al. (2004), relatam que a iluminação é um dos fatores frequentemente utilizado para manipular o comportamento e a produção de aves de corte.

A importância da luz no aviário não está restrita apenas ao período de iluminação, mas também a fonte de luz, comprimento de onda, intensidade luminosa, frequência e a distribuição espacial das lâmpadas, o que pode afetar os resultados finais em termos de qualidade e quantidade da produção (LEWIS et al., 1998).

No decorrer dos anos muitos trabalhos foram realizados a fim de mostrar os efeitos da iluminação. Segundo Mendes (2010) é importante compreender como as aves percebem seu ambiente e quantificar os aspectos físicos da iluminação. As principais propriedades do ambiente visual são a iluminância e sua variação espacial, a temperatura das cores e a oscilação das lâmpadas, a percepção dessas propriedades depende da sensibilidade espectral das aves.

Charles et al., (1992) concluíram em seus estudos que as carcaças de frangos de corte apresentaram menor percentual de gordura e maior percentagem de proteína, quando submetidos a intensidade da luz alta, comparado as aves expostas a baixa intensidade de luz. Estudos realizados por Yahavet al., (2000) mostraram que a luz de baixa intensidade (10 lx) melhorou a conversão alimentar de perus e resultaram num aumento do peso corporal e diminuição da ingestão de alimentos. Lewis et al. (2004), concluíram que um melhor desempenho e bem-estar das aves poderia ser alcançado com período de iluminação moderado, com aumento das horas de sono, menor estresse e melhor resposta imunológica dos animais. Caoet al. (2008) relatam que o crescimento e o desempenho produtivo de frangos de corte foram aumentados quando as aves foram criadas sob luz monocromática verde, durante a fase inicial e, luz azul durante a fase posterior, a uma intensidade de 15 lx. A luz monocromática azul e verde promoveu o crescimento de células musculares devido à estimulação mais eficaz da secreção de testosterona em frangos de corte.

Senaratnaet al. (2011) ao avaliar o efeito de luz monocromática em frango de corte, concluíram que a cor da luz durante a criação afeta mais o comportamento do que o crescimento; porém, o fornecimento de luz vermelha até 21 dias de idade apresentou efeitos benéficos sobre o ganho de peso e outros parâmetros de carcaça. Zhang et al. (2012), apontam resultados do efeito da luz monocromática na embriogênese e crescimento muscular, composição química e na qualidade da carne do músculo do peito em frangos de corte machos. O estímulo da luz monocromática verde (15 lx) contínua durante a incubação e a criação sob luz branca (30 lx) após o nascimento, aumentou significativamente o ganho de peso, aumento do crescimento muscular do

peito e melhorou conversão alimentar de frangos de corte machos. Este efeito no crescimento não causou quaisquer alterações visíveis na composição química do músculo do peito ou nas características de qualidade da carne.

Estudo sobre a preferência dos frangos de corte por diferentes cores em relação à idade, período do dia e comportamento, indicou sensibilidade das aves por diferentes comprimentos de onda depois dos 21 dias e, que os comportamentos associados dependem da idade, período do dia em condições ambientais tropicais. As cores vermelho e branco foram mais apreciadas que azul e verde e, no período da noite, o vermelho foi a cor preferida (SENARATNA et al., 2012). Rierson (2011) relata que as aves tiveram preferência pelas cores branca e vermelha em comparação com azul e verde.

## **2.6 - Ação da luz nas aves**

Nas aves domésticas, a utilização eficiente de um período de iluminação visa maximizar o consumo de alimentos, ganho de peso e eficiência alimentar dos frangos de corte (MENDES et al., 2004).

Existe uma grande diferença na intensidade de luz natural e artificial. Segundo They (2001), em um dia de sol a iluminância pode atingir 100.000 lx, enquanto que a encontrada em aviários no nível da ave pode ser inferior a 5lx (PRESCOTT & WATHES, 1999), apesar do Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1992) citar como recomendação pelo menos 20 lx. Outro fator é que o espectro de luz natural contém comprimentos de onda entre 350 e 700 nm, enquanto que fontes de luz artificial apresentam uma variação marcada em seu espectro emitido em alguns comprimentos de ondas e, portanto, diferem na cor (PRESCOTT & WATHES, 1999).

Segundo Olanrewajuet al. (2006) a luz permite as aves estabelecer ritmicidade e sincronizar muitas funções essenciais, incluindo a temperatura do corpo e várias etapas metabólicas que facilitam a alimentação e digestão. De igual importância, a luz estimula padrões de secreção de vários hormônios que controlam, em grande parte, o crescimento, maturação e reprodução. Segundo Moraes et al. (2008) estudos vêm mostrando que os programas de luz podem influenciar no desempenho de frangos de corte, bem como trazer ganhos em termos de economia elétrica (MENDES et al., 2010; LIBONI et al., 2013).

### **2.6.1 - Efeito da iluminância nas aves**

A intensidade é um dos fatores do período de iluminação, baseia-se no brilho no nível dos olhos das aves, não tem relação com o comprimento de onda ou cor, porém exerce influência no desenvolvimento, na produtividade e no comportamento dos animais. De acordo com Prescott et al. (2004) o manejo da intensidade da luz é um dos aspectos que pode ter importante consequência no comportamento, performance e bem-estar dos frangos de corte. Para aves poedeiras e perus tradicionalmente é disponibilizada uma iluminação de baixa intensidade, visando controlar o alto nível de bicagem das penas e canibalismo associados aos animais (JONE et al., 2004).

A baixa intensidade também tem sido associada à redução na atividade das aves (NEWBERY et al., 1988), dificuldade de expressar comportamento social, como discriminação (KRISTENSEN et al., 2007), diminuição da sincronia comportamental em grupos e melhoria na produtividade (ALVINO et al., 2009). Estudos também mostram que a luz de baixa intensidade pode provocar efeitos adversos nos frangos de corte, devido a transtornos em sua visão e ritmos comportamentais (PRESCOTT et al., 2004; BLANCHFORD et al., 2009).

A manipulação da intensidade da luz é uma ferramenta de manejo amplamente adotada devido ao seu efeito sobre a produção, comportamento e bem-estar de frangos de corte. A recomendação mais adotada para intensidade da luz varia de 5 a 10 lx, durante o período de crescimento, no entanto, muitos produtores utilizam uma intensidade baixa de 1 a 2 lx (LEWIS & MORRIS, 2006).

### **2.6.2 - Efeito do comprimento de ondas sobre as aves**

É importante compreender que a luz é composta por comprimentos de onda do espectro eletromagnético. Comprimentos de onda diferentes indicam cores no espectro visível. Nos olhos humanos, os cones são responsáveis pela radiação eletromagnética, entre 400 e 730 nm, com sensibilidade máxima de 555 nm (MENDES et al., 2010). Os picos de sensibilidade destes três tipos de cones permitem aos humanos perceberem as cores primárias, violeta/azul (450 nm), verde (550 nm) e vermelho (700 nm). Quando todas são estimuladas simultaneamente o cérebro registra a luz branca.

Kristensen et al. (2007) afirmam que as aves expostas a comprimento de ondas curto apresentam melhor ganho de peso e eficiência alimentar. Mendes et al., (2010)

menciona que durante os primeiros dias da criação, a luz de onda curta estimula o crescimento enquanto que a luz de onda longa acelera a maturidade sexual. Os autores informam também que as aves exposta a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as exposta à luz branca ou vermelha (ondas longas). Os olhos das aves têm um tipo adicional de cone na retina com um pico de sensibilidade por volta de 415 nm (HART et al., 1999) e este cone permite a percepção de radiações abaixo de 400 nm (PRESCOTT & WATHES, 1999).

### **2.6.3 - Efeitos da luz no comportamento de frangos de corte**

O comportamento das aves é influenciado por diversos fatores inerentes ao ambiente de produção. Aves submetidas a condições ambientais desfavoráveis apresentam comportamento alimentar e físico, característicos (AMARAL et al., 2011). A análise comportamental das aves tem se mostrado eficiente para identificar condições de bem-estar. Duncan & Mench (1993) propuseram que o comportamento possa ser utilizado para identificar estados de sofrimento do animal e, em particular, os estados de febre, frustração e dor em vários sistemas de produção animal.

A atividade animal está intimamente relacionada com o programa de iluminação. Em termos da frequência da manifestação de determinados comportamentos pode ser influenciada pelas características e condições de alojamento, dentre estas, os estímulos luminosos, tais como a intensidade luminosa, cor e programa de luz (LEWIS et al., 2009).

Com relação à influência da iluminação no comportamento das aves, de acordo com Prescott et al. (2004), a intensidade é um aspecto do manejo da luz que pode ter importantes consequências para o comportamento de frangos de corte, desempenho e bem-estar. Estudos como os de Alvino et al. (2009) e Deep et al. (2012) relatam uma redução no comportamento exploratório e de conforto quando os frangos de corte foram expostos a uma baixa intensidade luminosa, 5 e 1 lx, respectivamente. Comportamento agressivo como canibalismo também podem ser reduzidos com a diminuição da intensidade de luz ou com a utilização de diferentes comprimentos de onda, iluminação monocromática (OLANREWAJU et al. 2006).

De acordo com Bessei (2006), o período de iluminação pode ajudar a garantir padrões de comportamento e ritmos circadianos normais e saudáveis. Kristensen et al.



(2007) em estudo com frangos de corte, constataram que as aves de 6 semanas de idade passaram 61% do tempo descansando sobre a cama, mas este comportamento não foi afetado significativamente pela fonte luminosa ou pela iluminância. Porém, os frangos demonstraram maior incidência do comportamento de investigar o ambiente em locais mais escuros em comparação a ambientes mais claros.

Os contrastes de intensidade influenciam os ritmos de atividade nas aves, pois de acordo com Blatchford et al. (2009), os frangos de corte são mais ativos quando criados com alta intensidade (180-200 lx), em vez de baixa intensidade (5-6 lx). Em outro estudo Blatchford et al. (2012), mencionam que houve pouco efeito do contraste de luz (L): escuro (E), (20L: 4E e 16L: 8E), sobre o comportamento e a saúde dos frangos de corte, porém houve um forte efeito de contrastes intensidade. A alta intensidade foi associada com fortes ritmos diários de comportamento, enquanto que baixa intensidade suprimia tais ritmos. A intensidade também teve um efeito sobre a saúde, luz mais brilhante foi associada com um pouco menos claudicação e luz fraca associada, com olhos maiores e mais pesados.

## **2.7 - Programas de luz**

Os programas de luz para frango de corte mudaram muito com o passar do tempo. Durante muitos anos, a indústria avícola utilizou programa de luz com duração de 23 a 24 h de luz diária, com o objetivo de maximizar o consumo de ração e ganho de peso dos frangos de corte. Com a evolução da avicultura, o melhoramento genético proporcionou ao mercado uma ave diferente, com maior produção de carne. Desta forma, surgiram muitos estudos relacionando os efeitos da iluminância com os problemas de pernas e redução do bem-estar das aves (DEEP et al. 2012; BLATCHFORD et al., 2009; MORAES et al., 2008).

Um programa de luz bem elaborado de restrição no início do crescimento, em geral melhora a conversão alimentar e a sobrevivência, diminuindo ao mesmo tempo, patologias como ascite e problemas de pernas. Estes benefícios são relevantes, principalmente, quando se considera frangos de corte machos que apresentam uma taxa de crescimento mais acelerada em relação às fêmeas (KAWAUCHI et al., 2008).

Segundo Rutz & Bermudez (2004), os programas de luz são classificados de acordo com a iluminância em: contínuo – utiliza-se iluminação de mesmo comprimento

durante todo o ciclo; intermitentes – apresentam ciclos repetidos luz e escuro dentro do período de 24 horas; crescente – fornecem uma série de fotoesquemas, nos quais a iluminação é aumentada conforme o frango avança a idade.

A Tabela 1 mostra um levantamento literário sobre a iluminância oferecida para as aves em alguns estudos.

Tabela 1 – Programas de iluminação para frangos de corte utilizados em estudos com efeito positivo do fotoperíodo no desempenho das aves.

Autores	Período de iluminação	
	Horas de luz	Horas de escuro
Prayitno et al. (1997)	23	1
Rozemboim et al. (2004)	23	1
Kristensen et al. (2007)	16	8
Xie et al. (2008)	23	1
Cao et al. (2008)	23	1
Alvino et al. (2009)	23	1
Blatchoford et al. (2009)	16	8
Deep et al. (2012)	17	7
Bayraktar et al. (2012)	23	1

## 2.8 - Utilizações de lâmpadas LED na avicultura brasileira

O diodo emissor de luz (LED) foi desenvolvido na década de 60 e devido sua alta eficiência luminosa e maior durabilidade, hoje é utilizada no mundo inteiro. Apesar de oferecer diversas vantagens, os LEDs ainda apresentam custo elevado, o que reduz o número de produtores avícolas dispostos a substituírem seus sistemas de iluminação.

Os estudos sobre o efeito da iluminação monocromática na avicultura ainda são poucos e a maioria é na avicultura de postura. Paixão et al. (2011), avaliando o desempenho produtivo de frangos de corte submetidos a dois tipos de iluminação (lâmpada fluorescente compacta e LED branca), observaram que a lâmpada de LED branca apresentou o mesmo efeito da lâmpada fluorescente no desempenho produtivo das aves (consumo de ração, peso vivo, conversão alimentar e mortalidade), concluindo que a substituição seria viável. Em outro estudo, os mesmos autores, testaram a preferência de frangos de corte entre os LEDs de cores branco e amarelo, observaram que, apesar de a distribuição das aves ser homogênea entre os dois ambientes, aos 21 dias de idade os frangos se alimentavam mais no ambiente iluminado por LED de cor branca.

Mendes et al. (2013) estudando o desempenho de frangos de ambos os sexos expostos a LED de cor branca e a lâmpadas fluorescente compactas (CFL) dos sete aos 40 dias de idade, observaram que as aves criadas sob exposição a CFL, do sexo masculino apresentavam significativamente pesos mais elevados do que os frangos vivos do sexo feminino aos 7 e 14 dias de idade. No entanto, o peso vivo não é significativamente diferente entre os sexos para o restante das idades e de aves criadas sob as lâmpadas LED de cor branca. Sendo que o LED branco resultou em melhor conversão alimentar dos 21 aos 28 dias de idade para as fêmeas em comparação com aquelas sob CFL.

Borilleet al. (2013) utilizando aves Isa Brown com idade de 56 semanas sob o efeito das cores de LED: azul, amarelo, verde, vermelho, branco e luz incandescente de 40W, constataram que a produção de ovos foi significativamente diferente entre os tratamentos, com os melhores resultados obtidos com LED vermelho, LED branco, e fontes de luz incandescentes. O peso do ovo, a ingestão alimentar, e a qualidade interna dos ovos (altura do albúmen, gravidade específica, e unidades Haugh) não foram influenciados pela fonte de luz.

Jácome et al. (2012) avaliando os efeitos do uso da tecnologia de LED na iluminação artificial de codornas japonesas, com 35 dias de idade, com quatro tratamentos (lâmpadas incandescentes 15W, leds: azuis, laranjas e brancos) e quatro repetições de 11 aves cada, mostrou que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para produção de ovos, para peso médio do ovo, consumo de ração, peso da casca, espessura de casca e Unidade Haugh.

Nunes et al. (2013) relatam que a utilização de LEDs para poedeiras podem apresentar uma redução em até 70 % no consumo de energia elétrica dos galpões, além disso, pode-se considerar que, esta tecnologia apresenta maior vida útil (aproximadamente 50.000 horas) quando comparadas com outras fontes de iluminação comumente utilizadas (aproximadamente 8.000 horas), os resultados financeiros na produção de ovos serão substancialmente melhorados. Pelo fato do diodo emissor de luz, apresentar características: reciclável, durável e menor gasto com energia elétrica. Dessa forma, a utilização de sistemas de iluminação a base de led na cadeia avícola seria um passo à frente quando se refere a sustentabilidade do setor produtivo.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a abril de 2013 na Estação Experimental de Pequenos Animais (EEPAC/UFRPE), localizada no município de Carpina, Estado de Pernambuco, latitude de 7,85° S, longitude de 35,24° O e altitude de 180 m. O clima da região é caracterizado como megatérmico (As') com precipitação de inverno e estação seca do verão até outono, segundo classificação de Köppen (PEREIRA et al., 2002).

O galpão experimental apresentava dimensões de 9,5 m de largura por 33,0 m de comprimento, pé-direito de 2,8 m, sem a presença de forro, mureta de alvenaria com 0,4 m de altura e fechamento com tela de polietileno (22 mm) em todo perímetro da instalação, associado à cortina de polipropileno na cor azul, que foram manejadas de acordo com a necessidade térmica das aves no decorrer do ciclo de produção. A forma elementar do telhado era duas águas, coberto com telhas de fibrocimento de 6 mm, beiral 1,5 m, com presença de lanternim e orientação Leste-Oeste (Figura 5 A e B).

As aves foram distribuídas em 40 boxes de produção, divididos por muretas de alvenaria com 20 cm de altura e tela de polietileno (22 mm), piso de concreto e cama de maravalha.





Figura 5 – Vista externa transversal (A) e longitudinal (B) do galpão utilizado para o alojamento das aves.

Todos os boxes apresentaram dimensões 1,35 m de largura por 2 m de comprimento (Figura 6), com 18 aves por box(7 aves m<sup>-2</sup>).



Figura 6 – Representação esquemática da distribuição dos boxes de criação e seus respectivos sistemas de iluminação.

### 3.1 – Manejo das aves

Foram utilizados 720 pintos da linhagem Cobb 500, provenientes de incubatório comercial, divididos em dois lotes (360 machos e 360 fêmeas). As aves foram submetidas a todas as recomendações de vacinação na fase inicial (Marek, Gumboro, Newcastle e Bronquite). Nos boxes de contenção as aves foram expostas a fonte de aquecimento por lâmpadas incandescentes de 100 W, instaladas a altura de 0,50 m do piso e manejadas conforme o perfil de distribuição das aves, nas duas primeiras semanas do ciclo de produção. As lâmpadas eram acionadas apenas a noite, nesta fase as cortinas permaneceram fechadas.

A alimentação e a água foram fornecidas a vontade em comedouros e bebedouros próprios para a fase de criação. O período de criação se estendeu até os 42 dias de idade, de acordo com o manual da linhagem estudada. Na fase de 1 a 7 dias de idade das aves foi fornecida ração comercial pré-inicial, de 8 a 28 dias ração inicial e de 29 a 42 dias foi fornecida ração de crescimento. A composição básica das rações foi farelo de soja, milho moído, sorgo moído, farelo de trigo, farinha de peixe, farinha de ossos, calcário, sal moído, premix vitamínico, premix minerais e aditivos. As composições centesimais das rações estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição centesimal das rações fornecidas para os frangos de corte, de acordo com a idade.

Componentes (%)	Pré-inicial	Inicial	Crescimento
Proteína Bruta	22,00	21,50	19,50
Extrato Etéreo	2,50	3,00	3,00
Matéria Fibrosa	6,00	6,00	6,00
Matéria Mineral	7,50	7,50	7,00
Cálcio (máx.)	1,30	1,30	1,30
Fósforo (min.)	0,45	0,45	0,45
Umidade (máx.)	12,50	12,50	12,50

### 3.2 – Tratamentos

Os tratamentos foram compostos pela interação dos fatores iluminação (azul/verde, verde, azul, vermelho e branco) e sexo (machos e fêmeas).

As aves foram distribuídas nos boxes de produção conforme sistema de iluminação e sexagem, com quatro repetições cada, sendo quatro boxes para cada sistema de iluminação proposto (Figura 7): T1 – machos x azul/verde (470 nm, 525 nm); T2 – fêmeas x azul/verde (470 nm, 525 nm); T3 – machos x verde (525 nm); T4 – fêmeas x verde (525 nm); T5 – machos x azul (470 nm); T6 – fêmeas x azul (470 nm); T7 – machos x vermelho (660 nm); T8 – fêmeas x vermelho (660 nm); T9 – machos x branco (400-760 nm) e T10 – fêmeas x branco (400-760 nm).



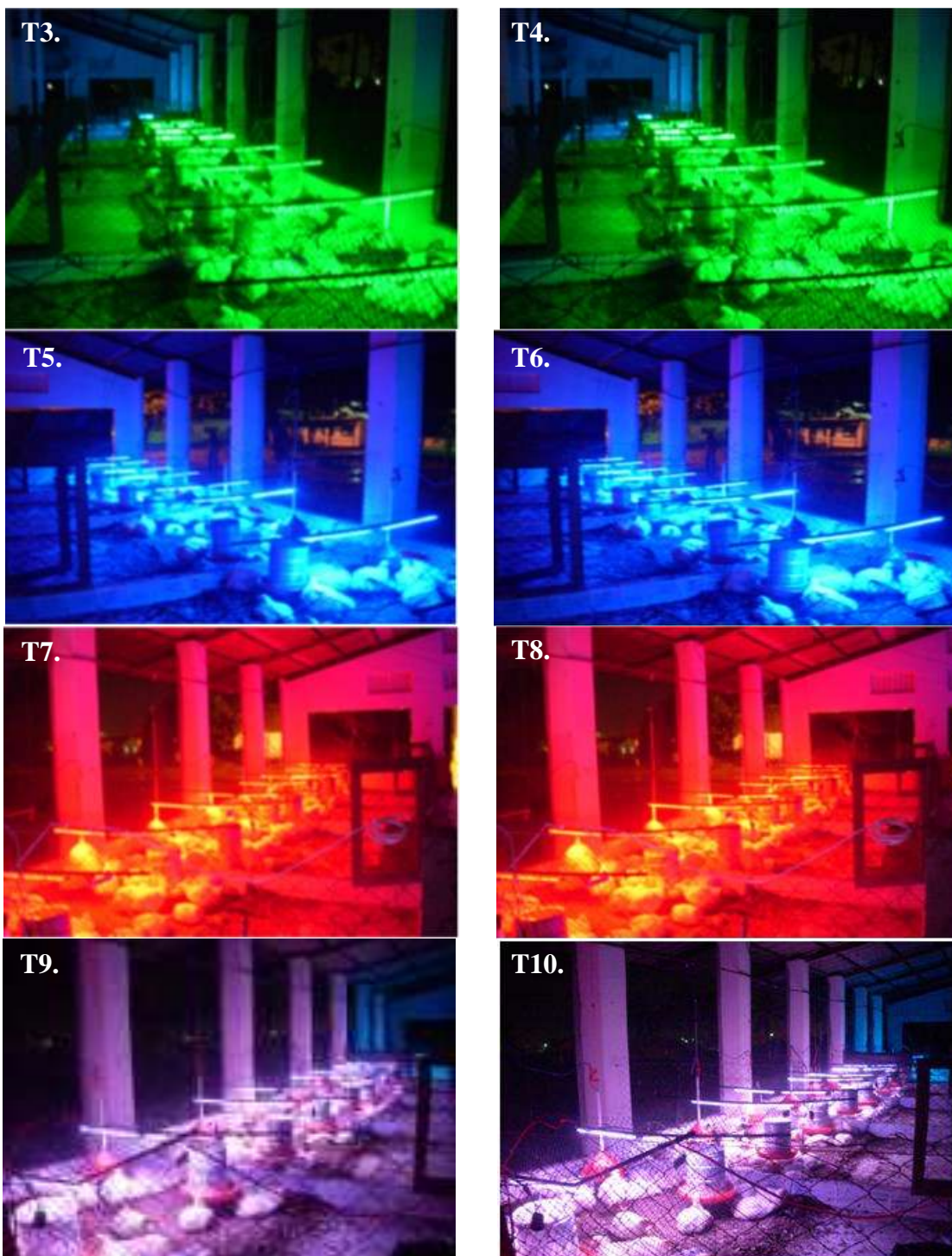


Figura 7– Vista interior dos boxes de criação e seus respectivos tratamentos (iluminação x sexo).

Foram instaladas lâmpadas de diodo emissor de luz (LED) tipo bastão, com 52 cm de comprimento em todos os boxes de criação. Cada lâmpada contava com 36 leds, com exceção daquelas que promoviam a iluminação na faixa do vermelho que foram equipadas com 45 Leds. A distância entre as lâmpadas foi de 6 cm. Estas lâmpadas

foram fixadas em tubo de PVC e colocadas a 70 cm do piso (Figura 8). A alimentação das lâmpadas foi ajustada por meio da mudança de tensão e corrente por um transformador, conforme metodologia estabelecida por (Eret al, 2007). Suas tensões foram de 12 V para azul/verde, verde, azul, branco e 24 V para vermelho. A iluminância foi registrada no nível das aves por meio de luxímetro e sua variabilidade espacial determinada pela geoestatística. As fontes de luz foram ajustadas para um programa de iluminação diária de 23 h de luz e 1 h de escuro (23L:1E). Para evitar a influência dos sistemas de iluminação entre tratamentos foram utilizadas lonas plásticas pretas junto à tela de polietileno (22 mm).



Figura 8 – Lâmpadas de LED tipo bastão, fixadas longitudinalmente no centro geométrico de cada box de produção.

### 3.3 – Determinação da variabilidade espacial da iluminância

Para determinação da variabilidade espacial da iluminância (lx) promovida pelo sistema de iluminação, os dados foram registrados por meio de luxímetro, compondo malha de 40 pontos, distribuídos uniformemente sob o piso dos boxes, em seus respectivos sistemas de iluminação, com espaçamento de 0,27 x 0,25 m entre cada ponto. Considerando-se o efeito da bordadura, a malha apresentou as seguintes dimensões: 1,08 m de largura e 1,75 m de comprimento (Figura 9).

As iluminâncias foram analisadas pela estatística descritiva, calculando-se a média, a mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 1% de probabilidade.



Foi verificado se a média e a covariância dos valores não apresentaram tendência, ou seja, se existe estacionaridade. O motivo desta análise se deve ao fato de que os dados devem satisfazer a condição de estacionaridade; no entanto não ocorreu essa condição, sendo necessária a filtragem da tendência dos dados e para isso, utilizou-se o método de regressão polinomial do programa computacional SURFER(demo).

A dependência espacial foi verificada por meio de ajustes de semivariogramas (VIEIRA, 2000), com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

em que, N (h) é o número de pares experimentais de observações Z(x<sub>i</sub>) e Z (x<sub>i</sub> + h) separados por uma distância h. O semivariograma é representado graficamente por  $\gamma(h)$  versus h. Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de  $\gamma(h)$  foram estimados os coeficientes do modelo teórico para o semivariograma (o efeito pepita, C<sub>0</sub>; patamar, C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>; e o alcance, a).

Para analisar o grau da dependência espacial da iluminância, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), em que foram considerados de dependência espacial forte os semivariogramas com relação efeito pepita (C<sub>0</sub>) / ( C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>) < 25% do patamar, moderada entre 25 e 75% e fraca > 75%.

Os modelos de semivariogramas considerados foram esférico e o exponencial, sendo ajustados por meio do programa GS+ e, posteriormente, utilizados no desenvolvimento de mapas de isolinhas (krigagem). Em caso de dúvida entre mais de um modelo para o mesmo semivariograma, considerou-se o maior valor do coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada pelo programa GEO-EAS, em que se observou a média próxima a “zero” e o desvio padrão próximo a “um”.

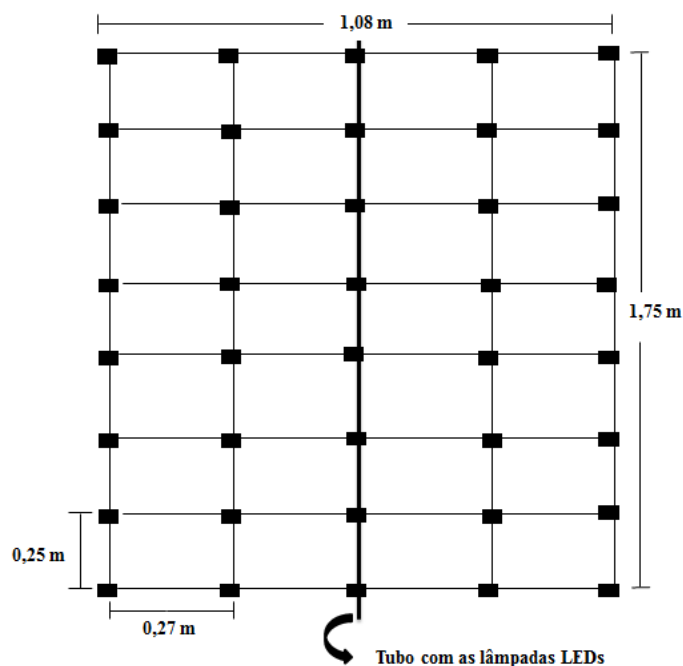


Figura 9 – Malha regular dos pontos de registro da iluminação nos boxes de produção.

### 3.4 - Análise dos sistemas de iluminação e aspectos bioclimáticos

#### 3.4.1 - Variáveis ambientais

As variáveis meteorológicas foram registradas no centro geométrico do box de produção, sendo um por tratamento, por meio de dataloggers, modelo HOBO U12-12 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) para registrar a temperatura do ar ( $T_a$ , °C), umidade relativa do ar (UR, %), temperatura de globo negro ( $T_g$ , °C), o que permitiu a caracterização da eficiência térmica no alojamento das aves (Figura 10A).

Na área externa a instalação o datalogger foi instalado a 1,5 m de altura da superfície do solo, no interior de um abrigo meteorológico (Figura 10B), representando o microclima do local.

Em toda a pesquisa foi utilizada uma câmera termográfica, FLIR<sup>®</sup>, modelo i60 (Figura 10C), para obtenção das imagens térmicas das aves em diversos pontos do corpo, nos horários das 6, 9, 12, 15 e 18 h, em duas avaliações semanais. Os parâmetros de ajuste prévio da câmera para cada animal em estudo foram: emissividade da superfície corporal das aves 0,95 (NÄÄS et al., 2010; BARACHO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2011), condição termo-higrométrica no instante do registro da imagem e a distância entre a câmera termográfica e o objeto alvo (1,5 m).

As imagens termográficas foram medidas discretas dentro do período de análise, em diferentes níveis de conforto e estresse térmico. As imagens foram convertidas em matrizes numéricas pelo software da câmera termográfica, sendo possível assim uma análise posterior dos dados. Correções de valores de temperaturas das superfícies, devido aos possíveis problemas gerados por radiações difusas foram realizadas pela técnica citada por Datcuet al. (2005), ou seja, a execução de medidas de energia radiante em espelhos e outros corpos de referência dispostos nas paredes das construções a serem medidas, o que elimina o efeito de radiação de reflexão e isotropia.

O registro da velocidade instantânea do ar (m/s) foi realizado no decorrer da pesquisa no galpão experimental e no ambiente externo, nos horários coincidentes ao registro das imagens termográficas, por meio de um termo-anemômetro, AZ Instrumentos<sup>®</sup>, modelo 8908 (Figura 10D).

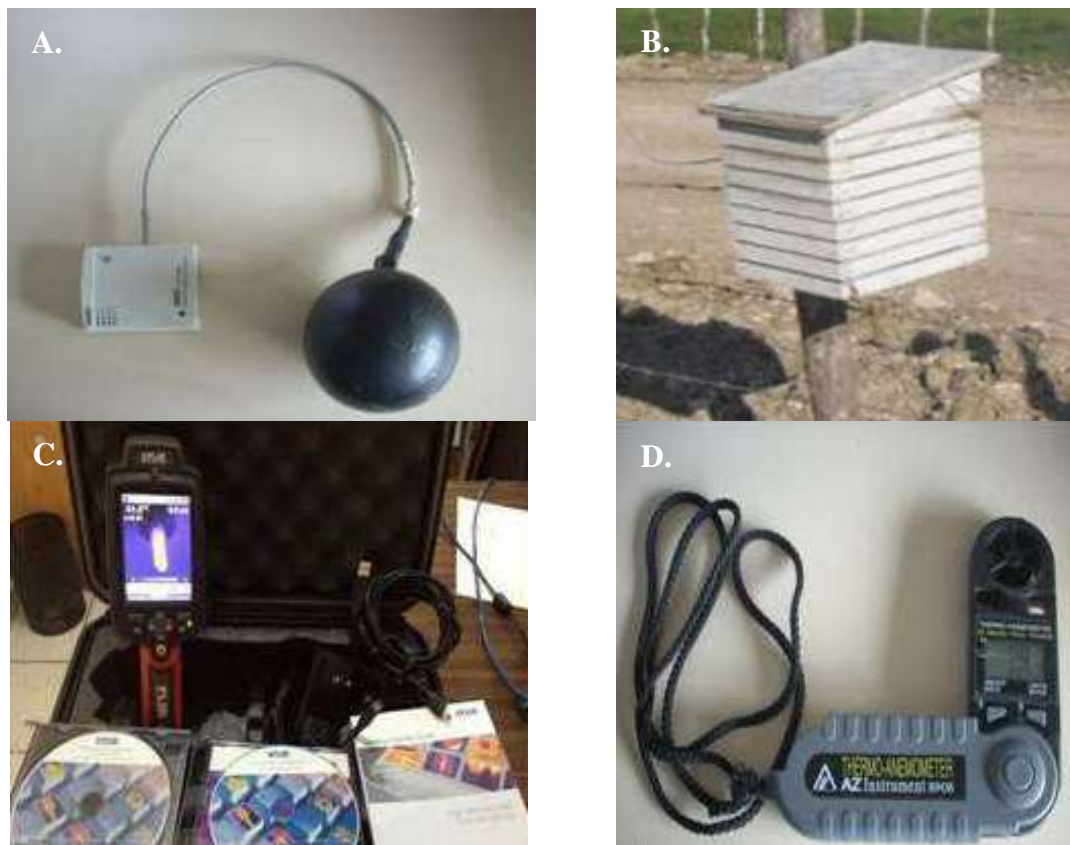


Figura 10 - Detalhe da instrumentação utilizada para o registro das variáveis ambientais e obtenção das imagens térmicas, Hobo e globo negro (A), abrigo meteorológico (B), câmera termográfica (C) e termo-anemômetro (D).

A determinação da eficiência térmica foi realizada por meio dos índices de temperatura de globo e umidade (ITGU) proposto por Buffington et al. (1981) e a

entalpia específica (H; kJ kg ar seco<sup>-1</sup>) proposta por Rodrigues et al. (2011), tendo as seguintes equações:

$$ITGU = T_g + 0,36T_{po} - 330,08 \quad (3)$$

em que:  $T_g$  = temperatura de globo negro (K);  $T_{po}$  = temperatura de ponto de orvalho (K).

$$H = 1,006 T_{bs} + \frac{UR}{P_{atm}} 10^{\frac{7,5 T_{bs}}{237,3 + T_{bs}}} (71,28 + 0,52 T_{bs}) \quad (4)$$

em que:  $T_{bs}$  - temperatura de bulbo seco (°C); UR - umidade relativa (%);  $P_{atm}$  - pressão atmosférica local (mmHg).

### 3.4.2 - Parâmetros fisiológicos

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos foram registradas a frequência respiratória (mov. min<sup>-1</sup>), por meio da contagem do número de movimentos abdominais realizados pela ave por 1 min, temperatura da superfície das aves (°C) e a temperatura cloacal (°C). Os dados de temperatura da superfície do animal foram obtidos por meio do termovisor, sendo que no momento da obtenção das imagens térmicas foi tomada a temperatura cloacal, por meio de termômetro clínico digital, escala de 32 a 44 °C, resolução 0,1 °C e erro máximo de ± 0,2 °C. A determinação destes parâmetros foi realizada em intervalos de 3 h, às 6, 9, 12, 15 e 18 h, em uma avaliação semanal. As aves foram escolhidas aleatoriamente, uma por repetição, em todos os boxes de produção, totalizando 40 aves, devidamente identificadas, de maneira a permanecerem fixas durante o dia selecionado para o acompanhamento (Figura 11 A e B).

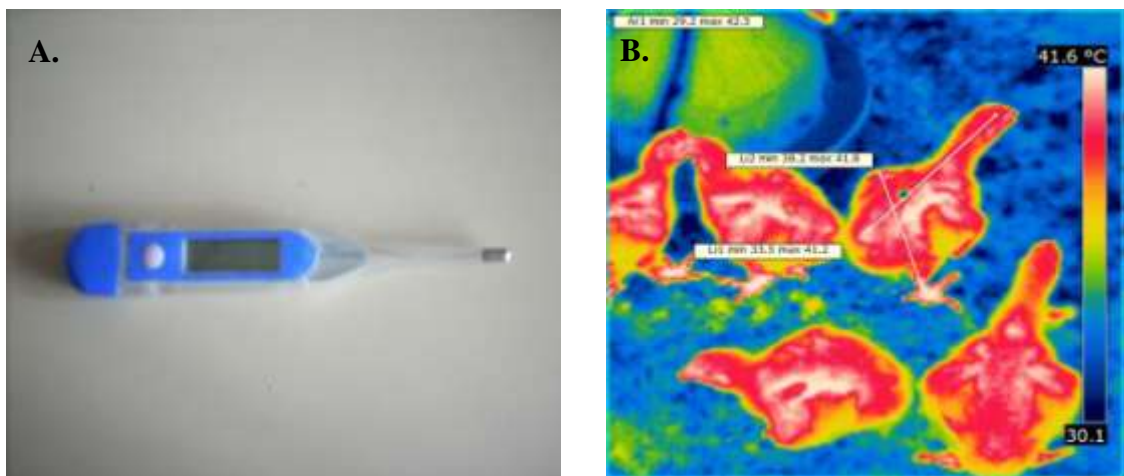


Figura 11 – Termômetro utilizado para o registro da temperatura cloacal (A) e imagem térmica das aves (B).

### 3.5 - Variáveis comportamentais

O registro das filmagens foi realizado por meio de 5 microcâmeras coloridas com lente de 3,6 mm, estrategicamente distribuídas no galpão, de forma que permitisse o monitoramento das aves (machos e fêmeas) em seus respectivos sistemas de iluminação (Figura 12A). As imagens foram registradas por 24 h, duas vezes por semana, no decorrer do ciclo de produção, sendo gerenciadas pelo software TOPWAY®, armazenando as informações num banco de dados para posterior análise, de acordo com metodologia proposta por Rudkin & Stuart (2003) (Figura 12B).

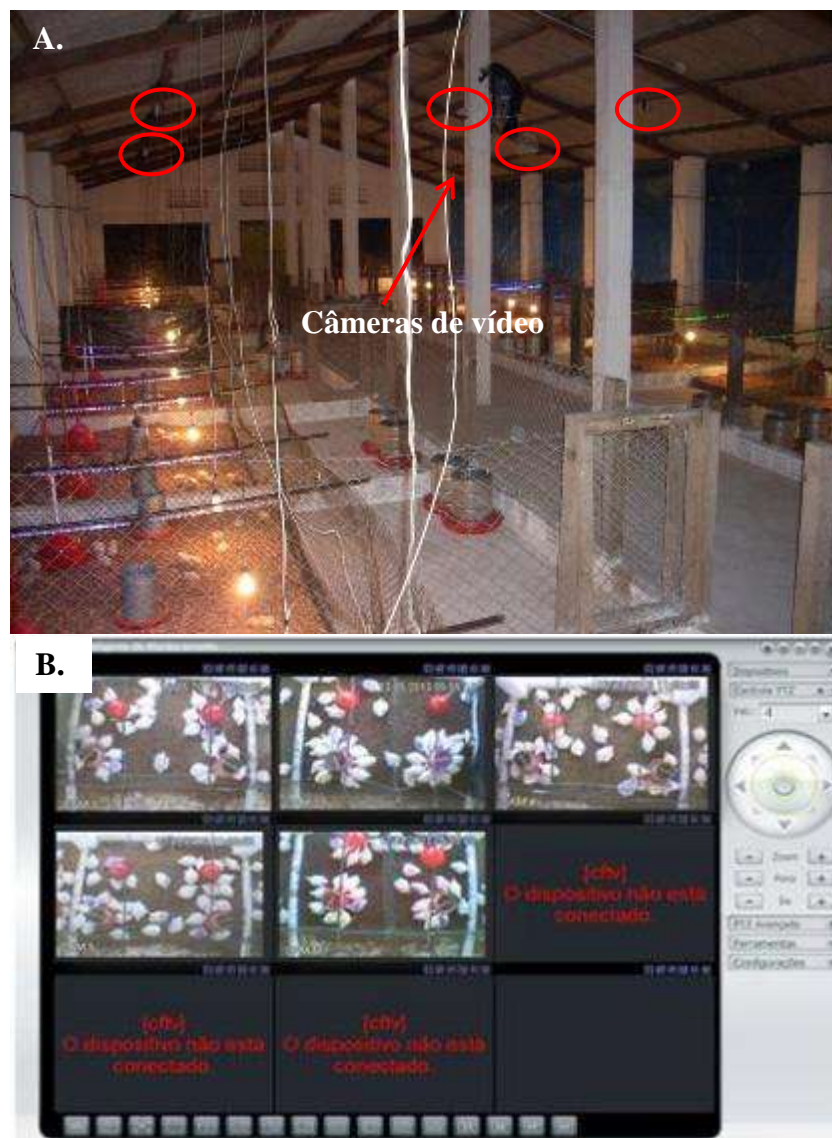


Figura 12 – Câmeras instaladas no interior do galpão para o monitoramento comportamental das aves (A) e software para gerenciamento das imagens (B).

As aves foram devidamente identificadas com violeta genciana, na cabeça, no dorso e nas asas, para facilitar a visualização do observador. Foram avaliadas três aves por tratamento, possibilitando o monitoramento de 30 aves no total.

As variáveis referentes às reações comportamentais observadas nos tratamentos estudados foram quantificadas com base no etograma comportamental descrito na Tabela 3, de acordo com estudos realizados por Nazareno et al. (2009); Mollenhorst et al. (2005); Barbosa Filho (2005); Alves et al. (2004); Rudkin & Stewart (2003); Jendral (2002) e Taylor et al. (2001). As análises comportamentais das aves foram realizadas determinando-se a frequência e a porcentagem do tempo de observação em cada comportamento listado no etograma em seus respectivos tratamentos.

Tabela 3 -Etograma comportamental para frangos de corte elaborado com base na literatura consultada.

Comportamentos	Descrição
Sentada	Comportamento caracterizado quando o corpo das aves está em contato com o solo, piso ou cama.
Comendo	Consumindo ou bicando alimento do comedouro.
Bebendo	Consumindo água do bebedouro.
Explorando penas	Explorando o empenamento com o bico, tanto para manutenção, quanto para investigação.
Bicagem não agressiva	Bicando levemente outras aves, geralmente na região inferior ventral do pescoço, dorso, base e ponta da cauda ou abdômen.
Bicagem agressiva	Bicagem forte de outra ave provocando reação agressiva ou defensiva, geralmente direcionada à região superior da cabeça e crista ou na região inferior dorsal do pescoço.
Bicagem de objetos	Bicagem direcionada a objetos ou partes do box, com exceção ao comedouro e bebedouro.
Movimentos de conforto	Movimentos de esticar as asas e pernas do mesmo lado do corpo simultaneamente, sacudir e ruflar as penas, levantar parte de ambas as asas próximo ao corpo ou estender as pontas das asas e/ou bater asas.
Ciscando	Quando a ave explora seu território com seus pés e bico, direcionados ao piso.
Banho de “areia”	Revolvendo-se no substrato de cama ou no solo na área do piquete, espalhando-o pelo corpo.
Parada	Comportamento caracterizado quando a ave não apresenta nenhum movimento, ou aparentemente não se enquadra em nenhum dos comportamentos anteriores.
Empé	Comportamento caracterizado quando a ave está em repouso sobre os pés.

### **3.5 – Análise do desempenho produtivo das aves**

O levantamento dos indicadores zootécnicos para posterior análise de desempenho das aves foram: ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), consumo de ração (CR), peso vivo (PV), característica de carcaça e cortes (pós-abate).

O consumo de ração foi determinado pela pesagem diária do alimento fornecido e das sobras de cada comedouro, indicando a quantidade de ração consumida. Para o cálculo do ganho de peso, todos os animais foram pesados semanalmente, o que permitiu determinar o ganho de peso médio das aves para o período avaliado.

#### **3.5.1 - Peso de carcaça e partes**

Aos 42 dias de idade foram feitas às pesagens das aves dentro de cada repetição, obtendo-se a média de peso vivo, selecionando-se 1 ave para abate em cada repetição, para avaliação do peso da carcaça e dos cortes, perfazendo amostra de 40 animais. As aves foram abatidas, depenadas, evisceradas e realizados os devidos cortes. Com isso, foram obtidos o peso das partes, cortes e vísceras no Abatedouro da Estação Experimental de Pequenos Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), seguindo-se padrões convencionais de abate estabelecidos pela legislação do MAPA (INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 3, de 17 de janeiro de 2000).

Após o abate das aves foram obtidas as seguintes características: peso da carcaça eviscerada (sem víscera, cabeça, pescoço, pé e gordura abdominal), peso das vísceras comestíveis (fígado, moela e coração), peso das vísceras de graxaria (intestinos e gordura) e peso dos cortes, peito, asas, coxas, sobrecoxas e dorso.

### **3.6 - Delineamento experimental e análise estatística**

Para análise dos dados foi adotado delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5x2. Os dados foram analisados por meio do seguinte modelo estatístico (Eq. 5):

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + I_i + S_j + (I \times S)_{ij} + e_{ijk} \quad (5)$$

em que:  $\hat{Y}_{ijk}$  - é a i-ésima observação de uma das variáveis;  $\mu$  - é a média geral;  $I_i$  - é o efeito fixo da iluminação;  $S_j$  - é o efeito fixo do sexo;  $(A \times S)_{ij}$  - é o efeito da interação entre iluminação e sexo;  $e_{ijk}$  - é o erro aleatório.

A análise estatística foi realizada pelo programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1997) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As variáveis comportamentais das aves foram determinadas pela frequência dos eventos e sua probabilidade de ocorrência pelo teste Qui-quadrado ( $X^2$ ).



## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Análise térmica da instalação experimental

Na Figura 13 A, observa-se a partir da equação gerada, que a temperatura do ar no interior da instalação sofreu acréscimo de aproximadamente 5% em relação à temperatura do ar no ambiente externo, mostrando a necessidade de um manejo mais adequado dos equipamentos de controle, assim como o melhor aproveitamento da climatização natural; para que o microclima no interior da instalação se mantivesse dentro de limites de conforto aceitáveis ao longo do ciclo de produção e permitisse as aves condições de expressar sua capacidade produtiva (BAÊTA & SOUZA, 2010). Nota-se coeficiente de determinação de 0,9359, que indica boa associação linear entre os valores de temperaturas internas e externas à instalação.

Os valores de umidade relativa do ar (Figura 13 B) apontou acréscimo de aproximadamente 2% no interior da instalação em relação ao ambiente externo, devido à contribuição das aves para o aumento da concentração de vapor d'água, proveniente do processo de respiração, água de bebida e dejetos. Essa situação pode ser desfavorável ao conforto térmico dos animais, pois a capacidade da ave em suportar o calor é inversamente proporcional a umidade relativa do ar (SILVA, 2008). O coeficiente de determinação foi de 0,8907, também indicando boa associação linear da umidade relativa do ar interna e externa à instalação.

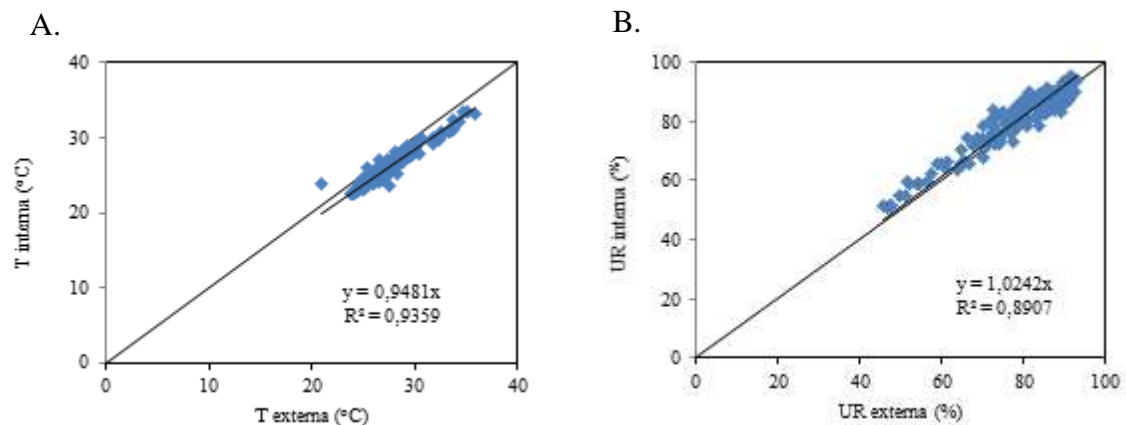


Figura 13 – Análise funcional entre a temperatura (A) e a umidade relativa do ar (B) interna e externa a instalação experimental.

Na primeira semana do ciclo de produção das aves, a temperatura do ar apresentou variação de 12°C, temperatura mínima de 24°C e máxima de 36°C, ou seja, fora do limite de tolerância das aves (30 a 33°C). Os valores de temperatura do ar, no intervalo horário das 17:00 às 6:00 h, ficaram abaixo da temperatura crítica inferior

(30°C), com pico de temperatura às 11:00 h, acima de 35°C (Figura 14). É fato conhecido que a temperatura termoneutra para pintainhos na primeira semana de vida encontra-se entre 30 e 33°C. Neste sentido, temperaturas acima deste valor podem induzir hipertermia com desidratação, levando a redução no consumo de ração e atraso no crescimento (ABREU & ABREU, 2011); temperaturas muito abaixo da zona de conforto podem desencadear quadros hipotérmicos, podendo induzir a síndrome da hipertensão pulmonar (ascite) nos frangos de corte (MAXWELL & ROBERTSON, 1998).

Na segunda semana a variação no interior da instalação foi de 11°C, com mínima de 25°C e máxima de 34°C, apresentando valores superiores da temperatura proposta por MACARI & FURLAN (2001), para condição de conforto térmico na produção de frangos de corte, que, segundo os autores, nessa etapa do ciclo de produção, a temperatura ideal é de 30°C.

Com o desenvolvimento das aves, com conseqüente maturação do sistema termorregulador e aumento da reserva energética, a zona de conforto térmico é reduzida de 32°C para 24 °C, com 4 semanas de idade. E para 21-22°C com 6 semanas de idade (SANTOS et al., 2014). Neste sentido, a preocupação com o estresse térmico de frangos de corte se dá a partir da quarta semana, em que se verifica temperatura acima do limite crítico superior entre às 10:00 e 16:00 h (4ª semana), 8:00 e 17:00 h (5ª e 6ª semanas). A inadequação do microclima a necessidade térmica das aves ocorreu devido à ausência de sistema de climatização artificial (Figura 14).

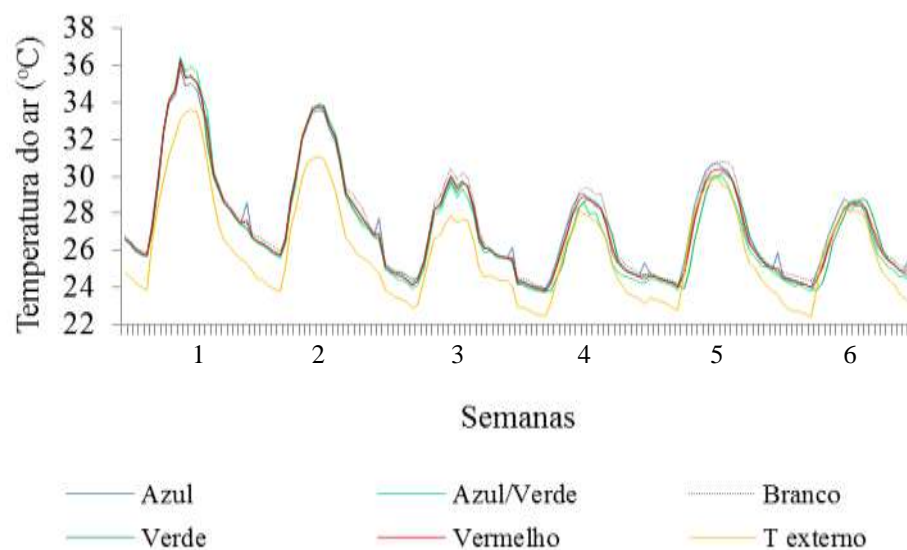


Figura 14 – Variação média horária semanal da temperatura do ar no interior e exterior da instalação experimental.

Nota-se na Figura 15 que nas duas primeiras semanas do ciclo de produção o sistema de aquecimento proporcionou ITGU próximo aos limites de conforto, com valores médios da ordem de 82 e 79, respectivamente, admitindo-se ITGU entre  $81,3 \pm 0,31$  (1ª semana) e 77 (2ª semana), que corresponde a faixa de conforto térmico recomendado por Oliveira et al. (2006).

A semana de criação que mais se aproximou da faixa de ITGU recomendado e, conseqüentemente, mais próximo da condição ideal foi a 3ª semana, com valor médio semanal de 77,2, que de acordo com Barbosa Filho (2004) os valores limite inferior e superior de ITGU encontram-se entre 74 e 80, faixa considerada de conforto para as aves.

O condicionamento térmico no interior da instalação esteve acima das condições ideais, na quarta, quinta e sexta semana. Os valores médios semanais encontrados foram de 77,9; 77,5 e 77,6, respectivamente. No entanto, o limite de ITGU entre 69 e 77 não afetam o desempenho de frangos de corte (FURTADO et al., 2003).

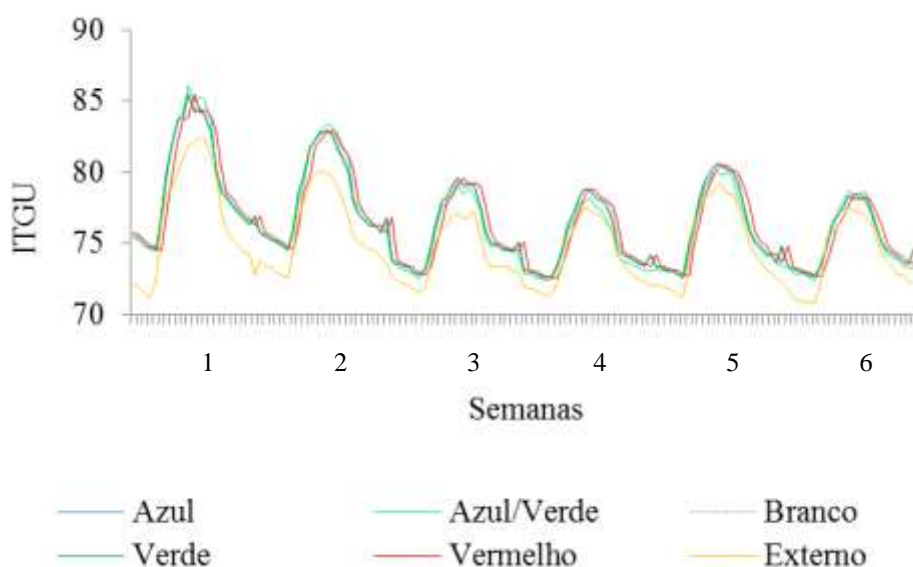


Figura 15 – Variação média horária semanal do índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) no interior e exterior da instalação experimental.

Observa-se na Figura 16, para a primeira semana do ciclo de produção, que o galpão atendeu a exigência térmica das aves. O valor médio de entalpia foi de  $74,14 \text{ kJ kg}^{-1}$ , portanto dentro do limite crítico inferior de  $73,21 \text{ kJ kg}^{-1}$ , admitindo-se temperatura de  $28^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de 60% (SANTOS et al., 2012).

Nota-se que os valores médios semanais de entalpia (H) nas semanas subsequentes (2ª a 6ª semana) estiveram acima daqueles recomendados, assumindo valores da ordem de 73,21; 71,64; 70,67; 70,96 e 70,54  $\text{kJ kg}^{-1}$ , respectivamente; quando se considera valores de conforto de 64,68; 58,13 (2ª e 3ª semanas) e 52,53  $\text{kJ kg}^{-1}$ , da 4ª a 6ª semanas.

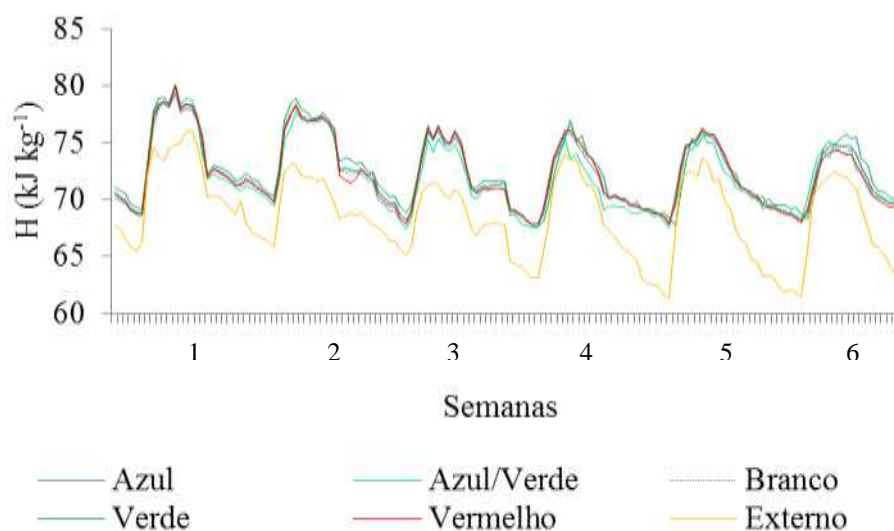


Figura 16 – Variação média horária semanal da entalpia específica (H) no interior e exterior da instalação experimental.

Sendo assim, os índices de conforto térmico ITGU e H, apontam que o microclima no interior da instalação permaneceu por mais tempo fora da zona considerada de conforto para as aves, apresentando situações de estresse térmico. Essas condições de desconforto podem resultar em inibição do desenvolvimento produtivo, entretanto, as limitações climáticas podem ser amenizadas pelo manejo racional do microclima no interior das instalações, bem como pelo uso de técnicas de modificações térmicas ambientais (LIMA, et al., 2007).

#### 4.2 – Variabilidade espacial da iluminância

A análise conjunta dos valores das médias e medianas, coeficientes de assimetria e curtose e o uso do teste Kolmogorov- Smirnov, evidenciaram a normalidade dos dados analisados (Tabela 4). Os valores para média e mediana ficaram próximos, Segundo Little & Hills (1978), quando esse fato ocorre é porque, os dados apresentam ou se aproximam da distribuição normal, indicando de que as medidas de tendência

central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994)

Os elevados valores de coeficiente de variação (CV) podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade. Ao serem considerados os critérios de classificação de Warrick& Nielsen (1980), de baixa variabilidade para  $CV < 12\%$ , média variabilidade para  $12\% < CV < 62\%$  e alta variabilidade para  $CV > 62\%$ ; portanto, a variável iluminância apresentou média variabilidade (Tabela 4) nos sistemas de iluminação (verde/azul, verde, azul, vermelho e branco).

Tabela 4- Análise estatística descritiva da iluminância (lux) nos sistemas de iluminação estudados.

Estatística	Iluminância (lux)				
	Azul/verde	Verde	Azul	Vermelho	Branco
Média	38,73	30,13	30,15	30,03	39,93
Mediana	31,50	19,00	25,50	22,50	31,50
Mínimo	8,00	10,00	5,00	7,00	5,00
Máximo	85,00	74,00	68,00	67,00	75,00
Assimetria	0,56	0,87	0,78	0,81	0,20
Curtose	-1,07	-0,69	-0,45	-0,64	-1,42
C.V (%)	23,09	19,71	16,79	17,31	22,70
Desv. Pad.	59,62	65,43	55,69	57,64	56,85
KS	*	*	*	*	*

Coefficiente de Variação (%), KS = teste Kolmogorov-Smirnov, (\*) Distribuição normal com nível de 1% de significância

Segundo Isaaks&Srivastava (1989) mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência do efeito proporcional em que a média e a variância dos dados não sejam constantes na área de estudo. Este efeito não ocorreu, visto que os semivariogramas apresentaram patamares bem definidos (Figura 17). Os semivariogramas indicaram ainda, que o valor limite da distância no qual não haveria mais dependência espacial para a variável iluminância foi de 0,46; 0,85; 0,48; 0,99 e 1,39 m para os sistemas de iluminação na faixa do azul/verde, verde, azul, vermelho e branco, respectivamente.

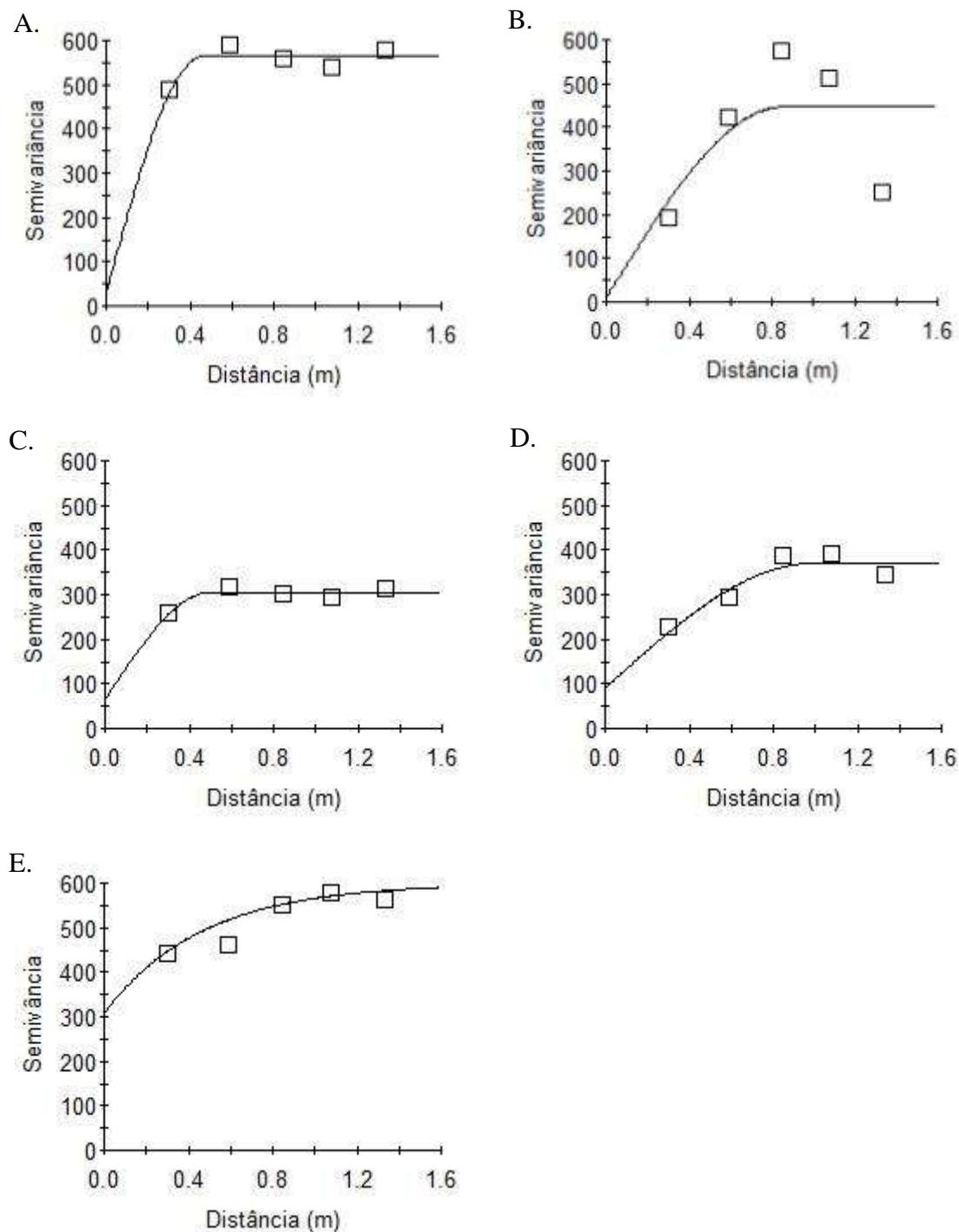


Figura 17 – Semivariogramas experimentais da variável iluminância nos comprimentos de onda na faixa do azul/verde (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E).

Os resultados da análise geostatística mostraram que a variável iluminância (lx) apresentou forte dependência espacial nos sistemas de iluminação (Tabela 5), apresentando a razão do efeito pepita em relação ao patamar ( $C_0 / (C_0 + C_1)$ ) de 5,20; 2,20; 17,60; 19,70 e 33,70% para azul/verde, verde, azul, vermelho e dependência espacial moderada para o branco, respectivamente. A análise dos semivariogramas para

iluminância não indicou nenhuma direção preferencial, ou seja, como afirma Vieira (2000), nesse caso, os dados não possuem anisotropia, a variabilidade espacial dos dados ocorre da mesma maneira em todas as direções.

Tabela 5- Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para as médias de iluminância (lux).

Iluminância	Modelo	Parâmetros dos semivariogramas			$C_0 / (C_0 + C_1)$ (%)	Validação Cruzada		$r^2$
		Efeito pepita	Patamar	Alcance (m)		Média	Desvio Padrão	
Azul/Verde	Esférico	31,00	564,00	0,46	5,20	0,07	0,92	0,76
Verde	Esférico	10,00	446,60	0,85	2,20	-0,01	1,10	0,45
Azul	Esférico	65,10	305,00	0,48	17,60	0,02	1,33	0,84
Vermelho	Esférico	90,70	370,00	0,99	19,70	0,01	1,05	0,90
Branco	Exponencial	308,10	600,00	1,39	33,90	0,03	0,69	0,85

$C_0$  = Efeito pepita,  $(C_0 + C_1)$  = patamar,  $C_0 / (C_0 + C_1)$  = efeito pepita em relação ao patamar.  $Co / Co + C \leq 25\%$  = forte dependência espacial;  $25\% < Co / Co + C \leq 75\%$  = moderada dependência espacial;  $75\% < Co / Co + C < 100\%$  = fraca dependência espacial;  $Co / Co + C = 100\%$  = variável independente espacialmente (efeito pepita puro)

Os semivariogramas para os sistemas de iluminação ajustaram-se ao modelo esférico e exponencial (Tabela 5). Estes modelos são considerados transitivos (Isaaks&Srivastava, 1989), pois possuem patamar, ou seja, a partir de um determinado valor da distância entre amostras, não existe mais dependência espacial, sendo que resultados semelhantes foram observados por Miles et al. (2008).

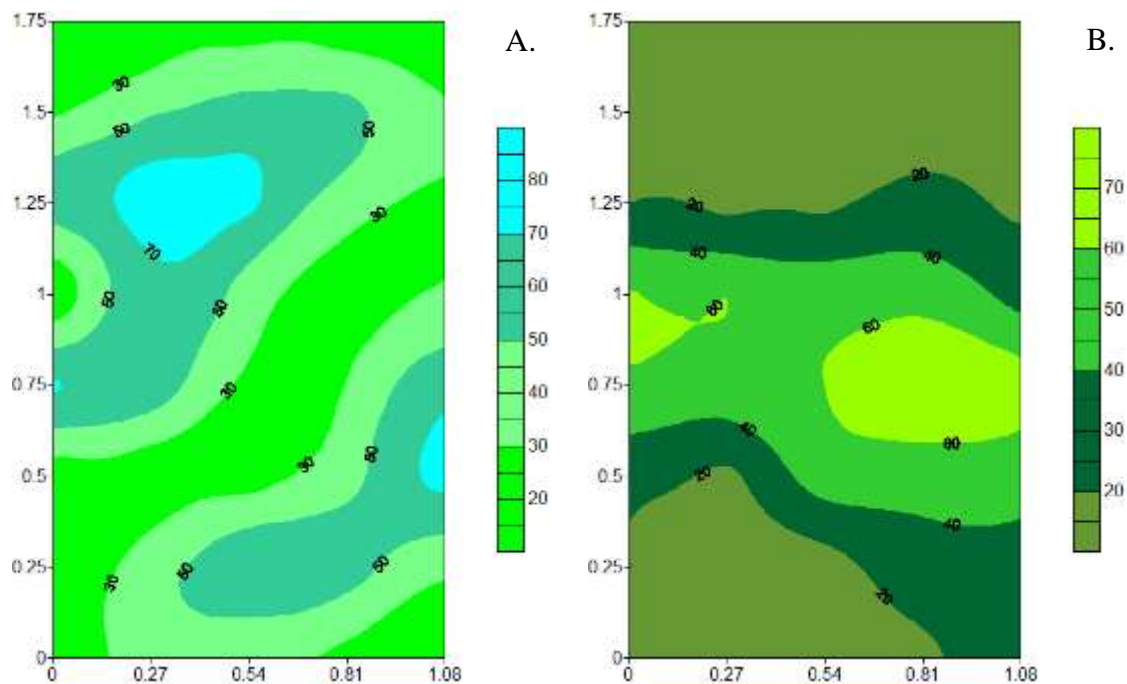
O efeito pepita reflete a variabilidade não explicada em função da distância da amostragem utilizada, como variações locais, erros de análise, erros de amostragem e outros. Como é impossível quantificar a contribuição individual desses erros, o efeito pepita pode ser expresso como porcentagem do patamar, facilitando assim, a comparação do grau de dependência espacial da variável em estudo (Trangmaret al., 1985).

Para compreender a variação da iluminância nos boxes de produção com seus respectivos sistemas de iluminação, utilizaram-se os dados registrados a partir dos 40 pontos pré-estabelecidos para composição da malha, após análise da geoestística para determinação dos parâmetros do semivariograma feita no programa GS<sup>+</sup> e posteriormente a validação cruzada feita no GEO-EAS.

A Figura 18 ilustra a espacialização da iluminância registrada nos boxes de produção equipados com seus respectivos sistemas de iluminação. Observa-se que a iluminância variou de 20 a 80 lx, para iluminação na faixa do azul/verde, amplitude de

60 lx (Figura 18A); 20 a 70 lx, na faixa do verde, amplitude de 50 lx (Figura 18B); 20 a 60 lx, na faixa do azul, amplitude de 40 lux (Figura 18C); 10 a 50 lx, na faixa do vermelho, amplitude de 40 lx (Figura 18D) e 20 a 50 lx, na faixa do branco, amplitude de 30 lx (Figura 18E).

Embora tenha sido observado que os valores médios de intensidade luminosa ficaram acima da recomendação de 20 lux na primeira semana e posteriormente 5 lux até o final de criação do lote (BRITO, 2009), estes resultados provavelmente não causaram prejuízos ao desenvolvimento das aves. Ahmad et al. (2011) avaliou o efeito de intensidade variando de 5 a 40 lux, os resultados indicaram não haver efeito sobre o peso dos frangos de corte. Outros estudos mostram que intensidades de luz variando entre 1 a 150 lx, não interferem no peso corporal, consumo de ração e conversão alimentar (KRISTENSEN et al, 2006; LIEN et al., 2007; BLATCHFORD et al., 2009).





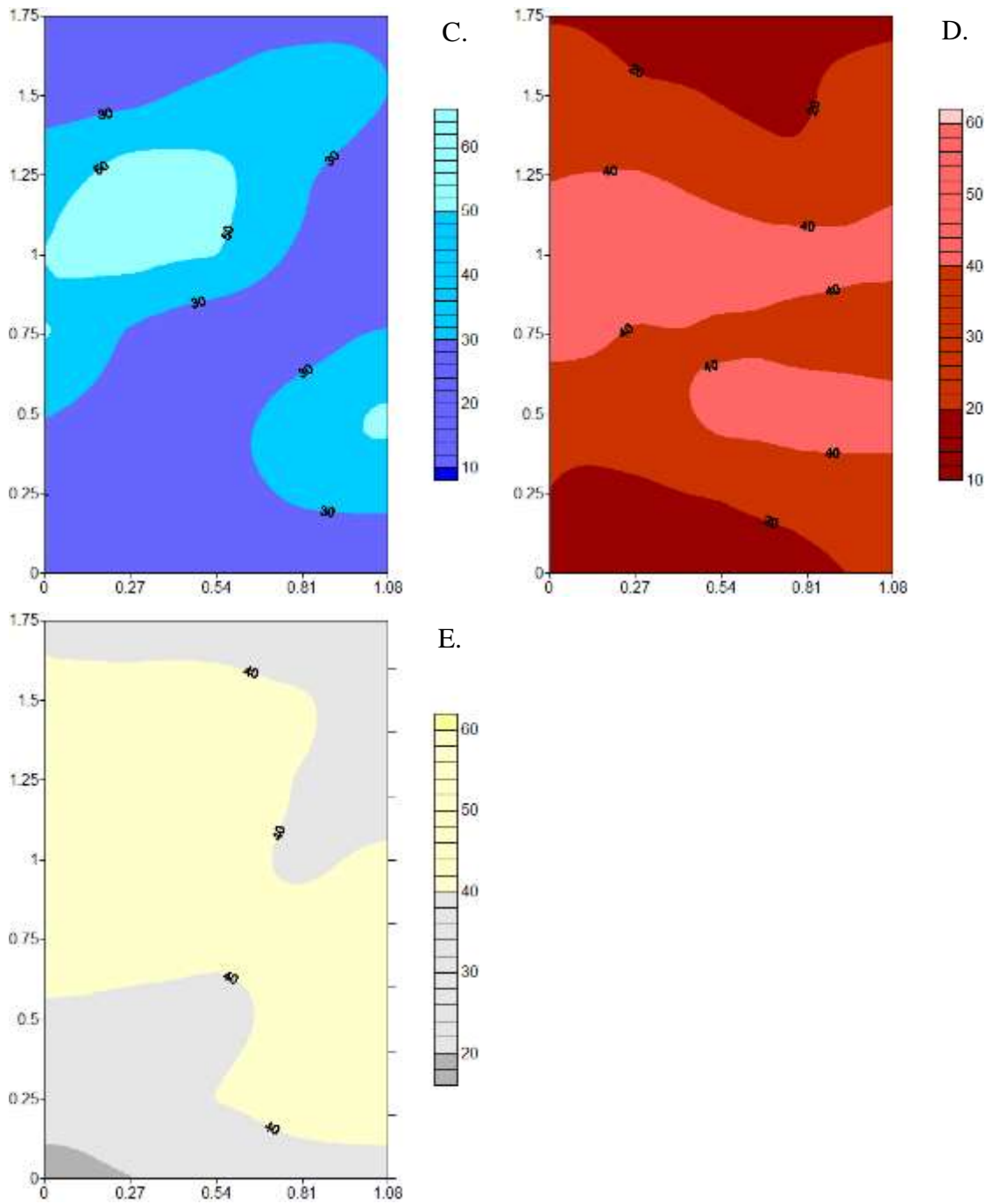


Figura 18 - Mapas de krigagem para variável iluminância (lx) para os sistemas de iluminação nos comprimentos de onda na faixa do verde/azul (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E).

### 4.3 - Respostas fisiológicas das aves

Analisando os parâmetros fisiológicos frequência respiratória (FR), temperatura cloacal (TC) e temperatura da superfície (TS) em relação ao sexo (Figura 19), nota-se que aFRdiferiu significativamente ( $P \leq 0,05$ ) nos horários das 9, 12 e 15:00 h (Figura 19A). A diferença na TC foi significativa apenas pela manhã nos horários das 9 e 12:00 h (Figura 19B). Apesar dos resultados não terem indicado condição de desconforto, uma vez que a TC não ultrapassou 42,2 °C (TAO & XIN, 2003). A FR indicou desconforto para as aves, pois apresentou valores superiores a 60 mov. min<sup>-1</sup> (NASCIMENTO et al. 2011).

Quanto a TS, pela manhã, apenas às 9 h ocorreu efeito ( $P \leq 0,05$ ), já no período da tarde foi verificada as 15 e 18:00 h ( $P < 0,05$ ). Os machos apresentaram TS mais elevada, resultado semelhante foi encontrado por Amaral et al. (2011).

Sabe-se que a influência do ambiente térmico nas aves varia conforme a espécie, idade e sexo. De acordo com Amaral et al. (2011), os machos são mais afetados pelas condições ambientais, fato observado nesse estudo em relação a TC e TS, embora os resultados para FR indicaram que as fêmeas foram mais sensíveis mostrando os maiores valores.

A frequência respiratória (FR) diferiu significativamente ( $P \leq 0,05$ ) entre as aves expostas aos sistemas de iluminação para os horários das 9, 12, 15 e 18:00 h (Tabela 7). O menor valor de FR (9 h) foi para as aves submetidas à luz verde, com média de 87 mov min<sup>-1</sup> e, maior para as aves expostas ao comprimento de onda na faixa do vermelho, com média de 96 mov min<sup>-1</sup>, valores superiores ao considerado normal para frangos de corte em condição de conforto térmico, que é de 60 mov min<sup>-1</sup> (AMARAL et al., 2011).

Nos demais horários de registro de dados, nota-se que a iluminação na faixa do vermelho foi a que promoveu maior frequência respiratória nas aves. Estudos relatam que aves de 7 a 28 dias de idade foram mais ativas sob luz vermelha, aumentaram a movimentação, demonstraram mais os comportamentos de ciscar, espreguiçar e bicar outras aves, em comparação à luz verde e azul (PRAYITNO et al., 1997), o que pode ter elevado a frequência respiratória nas aves submetidas a esse comprimento de onda.

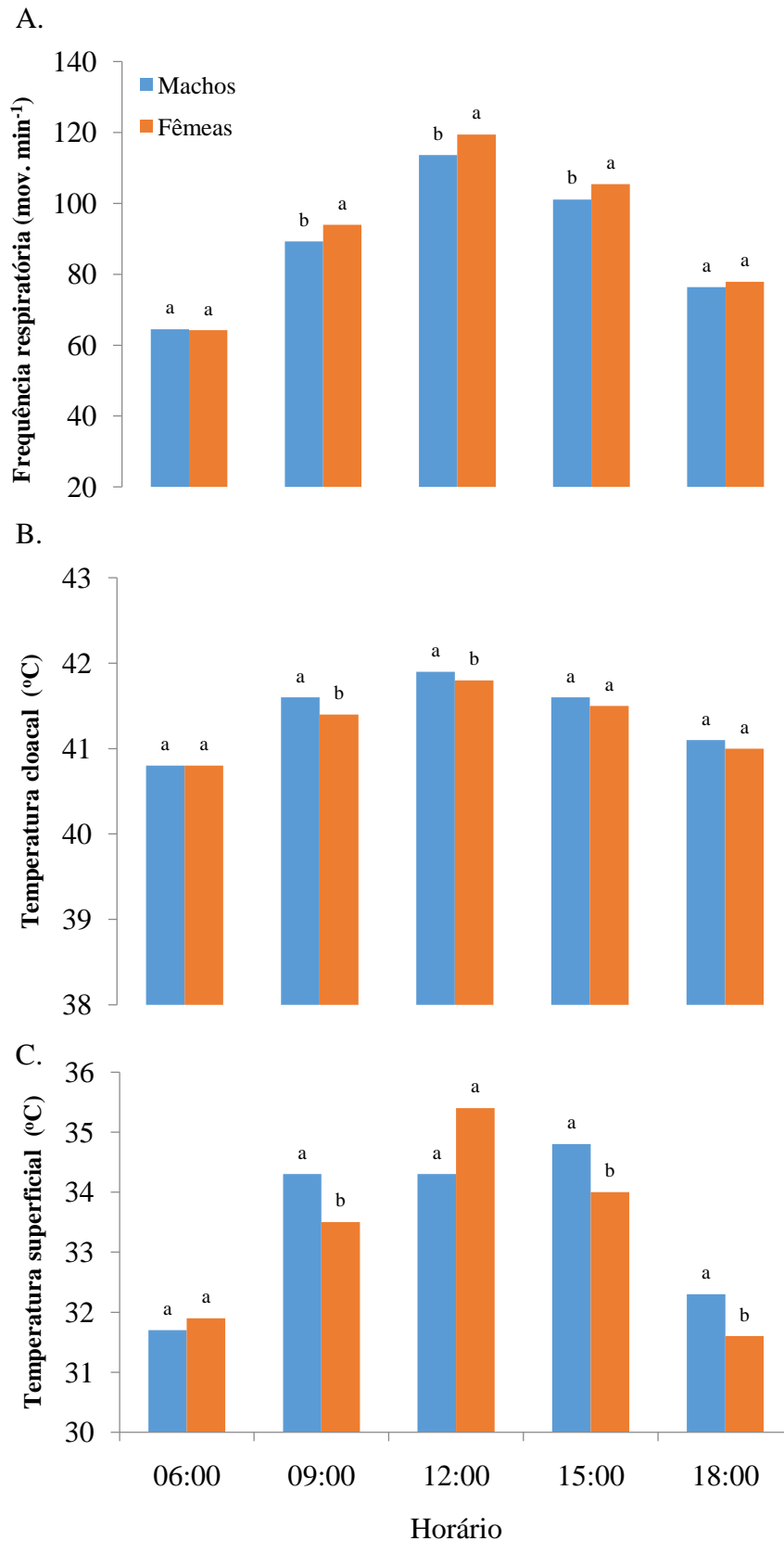


Figura 19 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) nos valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e de superfície das aves (C). Médias seguidas das mesmas letras no mesmo horário não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a temperatura cloacal (TC), verifica-se efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) entre as aves expostas aos diferentes comprimentos de onda, ou seja, os valores se mostraram acima do limite de conforto, que segundo Marchini et al. (2007), é de  $41,4^{\circ}\text{C}$  para ambientes termoneutros, entre os horários das 9 às 15:00 h. Deve-se ressaltar que a TC varia bruscamente apenas quando a temperatura ambiente atinge rapidamente  $30^{\circ}\text{C}$ . Se a temperatura ambiente eleva-se gradativamente, a TC mantém-se constante até a temperatura do ar atingir  $33^{\circ}\text{C}$  (BOONE & HUGHES, 1971).

Os maiores valores de TC foram encontrados nas aves submetidas à luz vermelha e branca, alguns comprimentos de onda específicos têm um forte impacto sobre certos parâmetros fisiológicos. Isto decorre do fato de que as aves expostas à luz azul e verde mantêm-se mais calmas do que aquelas expostas à luz branca ou vermelha (KRISTENSEN et al. 2007), apresentando alteração significativa na TC (Tabela 7).

Quanto a TS, observa-se na Tabela 6, que houve diferença estatística em relação aos horários analisados, sendo os maiores valores registrados às 12:00 h. Abreu et al. (2012) encontram para área do dorso temperaturas em torno de  $33^{\circ}\text{C}$ . Sabe-se que a TS depende da qualidade do empenamento e da velocidade do ar, devido às trocas de calor que ocorrem por convecção, portanto esta variável não é a mais adequada para avaliação do estado de conforto térmico de aves (AMARAL et al., 2012).

Independente dos valores de TC e FR apresentarem efeito significativo aos diferentes comprimentos de onda testados, as aves já expressavam desconforto térmico, principalmente no período diurno, pelo fato de não disporem de mecanismos para adequação do microclima no interior da instalação (Figura 14).

Não houve interação entre os fatores sexo e iluminação ( $P > 0,05$ ) para as variáveis fisiológicas frequência respiratória, temperatura cloacal e temperatura de superfície das aves.

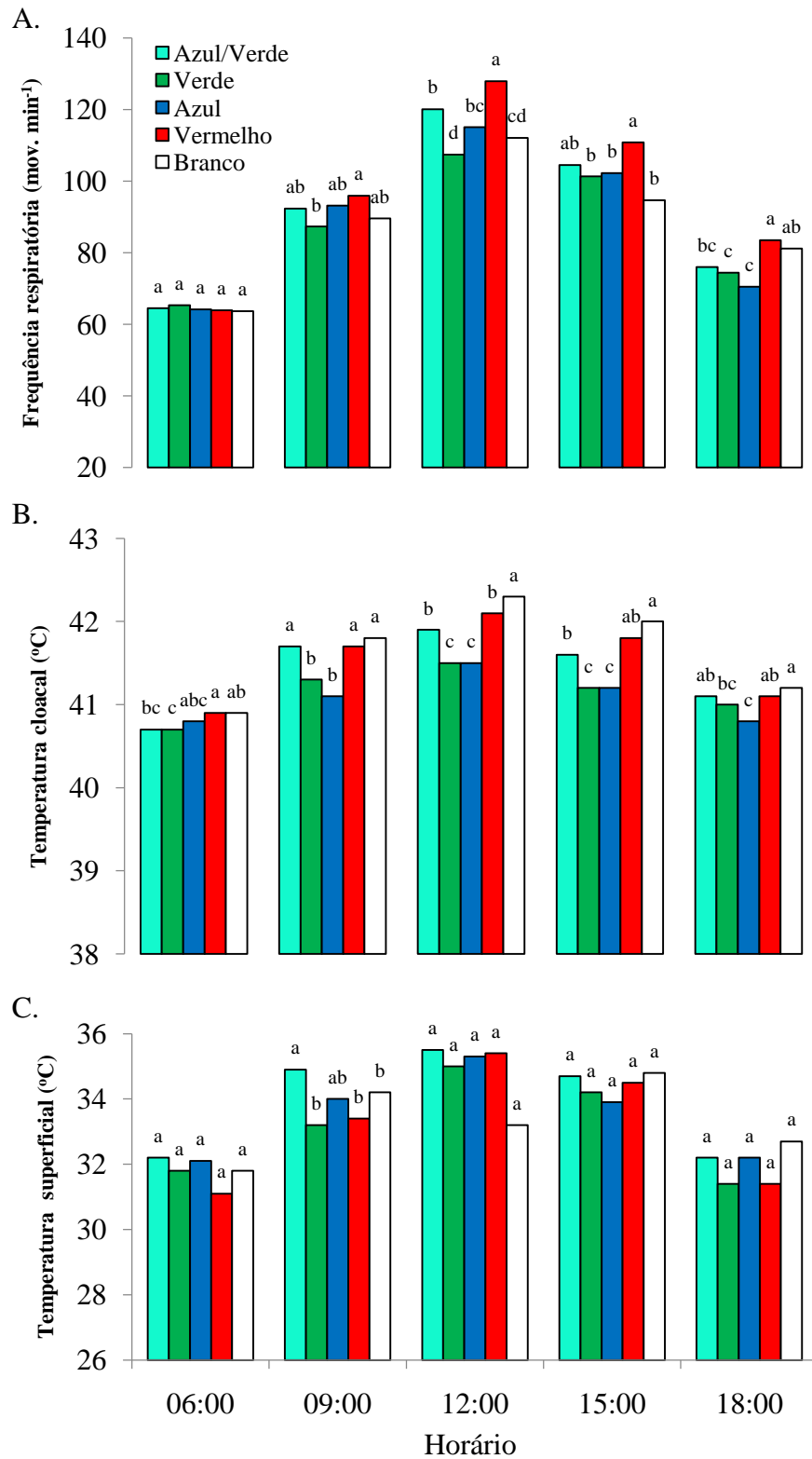


Figura 20– Valores médios da frequência respiratória (A), temperatura cloacal (B) e temperatura de superfície das aves (C) submetidas aos sistemas de iluminação: azul e verde (470 nm, 525 nm); verde (525 nm); azul (470 nm); vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm). Médias seguidas das mesmas letras no mesmohorário não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Um dos maiores problemas no alojamento de frangos de corte é a elevada temperatura ambiente que, associada com as características físicas e fisiológicas das aves limita a máxima produtividade. A relação funcional entre frequência respiratória e temperatura do ar aponta elevação linear na FR dos frangos com o aumento na temperatura do ar (Figura 21). Analisando o efeito da temperatura ambiente, nota-se que até a temperatura de 26°C as aves foram capazes de manter a homeostase (FR = 60 mov min<sup>-1</sup>), de acordo com Amaral et al. (2011), para as aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do azul (R<sup>2</sup> = 0,84), verde (R<sup>2</sup> = 0,82) e azul/verde (R<sup>2</sup> = 0,80); no entanto, as aves que foram expostas a luz vermelha (R<sup>2</sup> = 0,64) e branca (R<sup>2</sup> = 0,65) não mantiveram a FR (60 mov min<sup>-1</sup>), entrando em estado de estresse térmico, a partir de 24 °C.

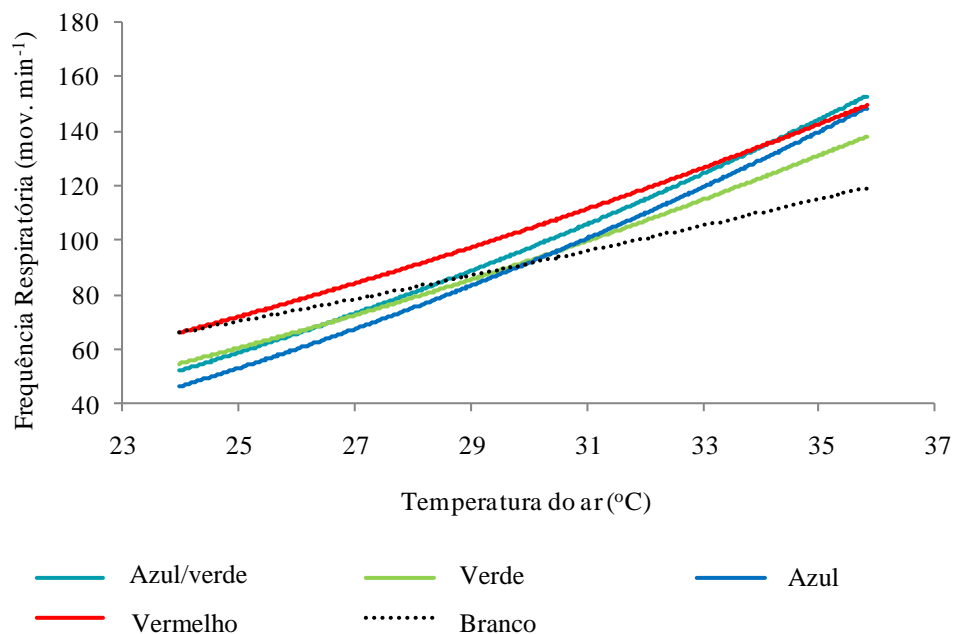


Figura 21 – Relação funcional entre a frequência respiratória e a temperatura do ar nas aves submetidas aos respectivos sistemas de iluminação.

#### 4.4 – Avaliação do desempenho produtivo das aves

A influência do ambiente de produção nas aves varia com a espécie, idade, peso corporal, sexo, atividade física e consumo alimentar. Nota-se na Figura 22, que os parâmetros de desempenho avaliados, peso vivo, ganho de peso e consumo de ração, foram superiores (P<0,05) para os machos, o que corrobora estudo de Stringhini et al. (2003), ao avaliarem o efeito do sexo no desempenho de linhagens comerciais de frangos de corte e, verificaram melhor desempenho e maior peso de carcaça nos

machos. Amaral et al. (2011), verificaram desempenho produtivo superior dos machos às fêmeas, quando submetidos a sistemas de ventilação convencional e nebulização.

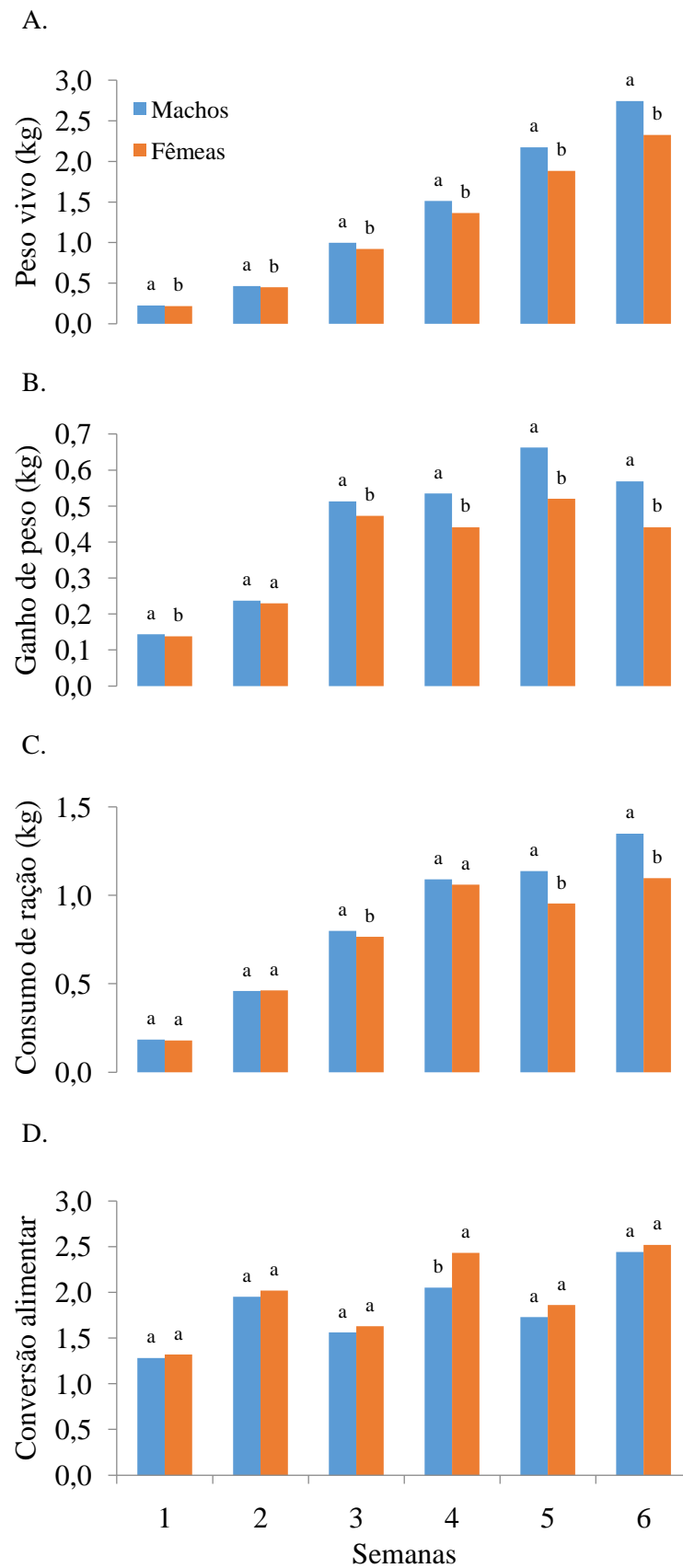


Figura 22 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no peso vivo (A), ganho de peso (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar (D). Médias seguidas das mesmas letras na mesma semana não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A Figura 23 apresenta o efeito dos comprimentos de onda nos parâmetros de desempenho das aves, verifica-se que a iluminação diferenciada mostrou benefícios na terceira e quarta semanas do ciclo de produção, que se manifestaram positivamente no peso vivo das aves submetidas à luz verde, quando comparado ao branco. Na quinta semana do ciclo de produção, nota-se maior peso vivo nas aves expostas a luz azul e a pior resposta para as aves que foram submetidas à luz branca e vermelha. Efeito similar foi observado para o ganho de peso e consumo de ração para as aves expostas a luz vermelha, que apresentaram os piores resultados, o que também se verificou na última semana do ciclo produtivo.

As aves mantidas sob luz azul apresentaram incremento de 6,3 e 8,9% no peso vivo final, quando comparadas às aves submetidas à luz branca e vermelha, respectivamente. Este efeito pode ser explicado pelo estímulo da atividade da ave pela luz de comprimento de onda longo (faixa do vermelho), a qual penetra na cavidade craniana e não pelo efeito da luz sobre a produção de gonadotrofinas. Se a atividade é aumentada em aves expostas a longos comprimentos de onda e a eficiência alimentar é piorada o ganho de peso pode ficar comprometido (KRISTENSEN et al. 2007).

Durante os primeiros dias da criação de frangos de corte, a luz de onda curta estimula o crescimento, verde (0 a 26 dias) e azul (27 aos 42 dias), além de estimular a secreção de testosterona em machos (CAO et al., 2008), o que reforça as respostas obtidas nesta pesquisa.



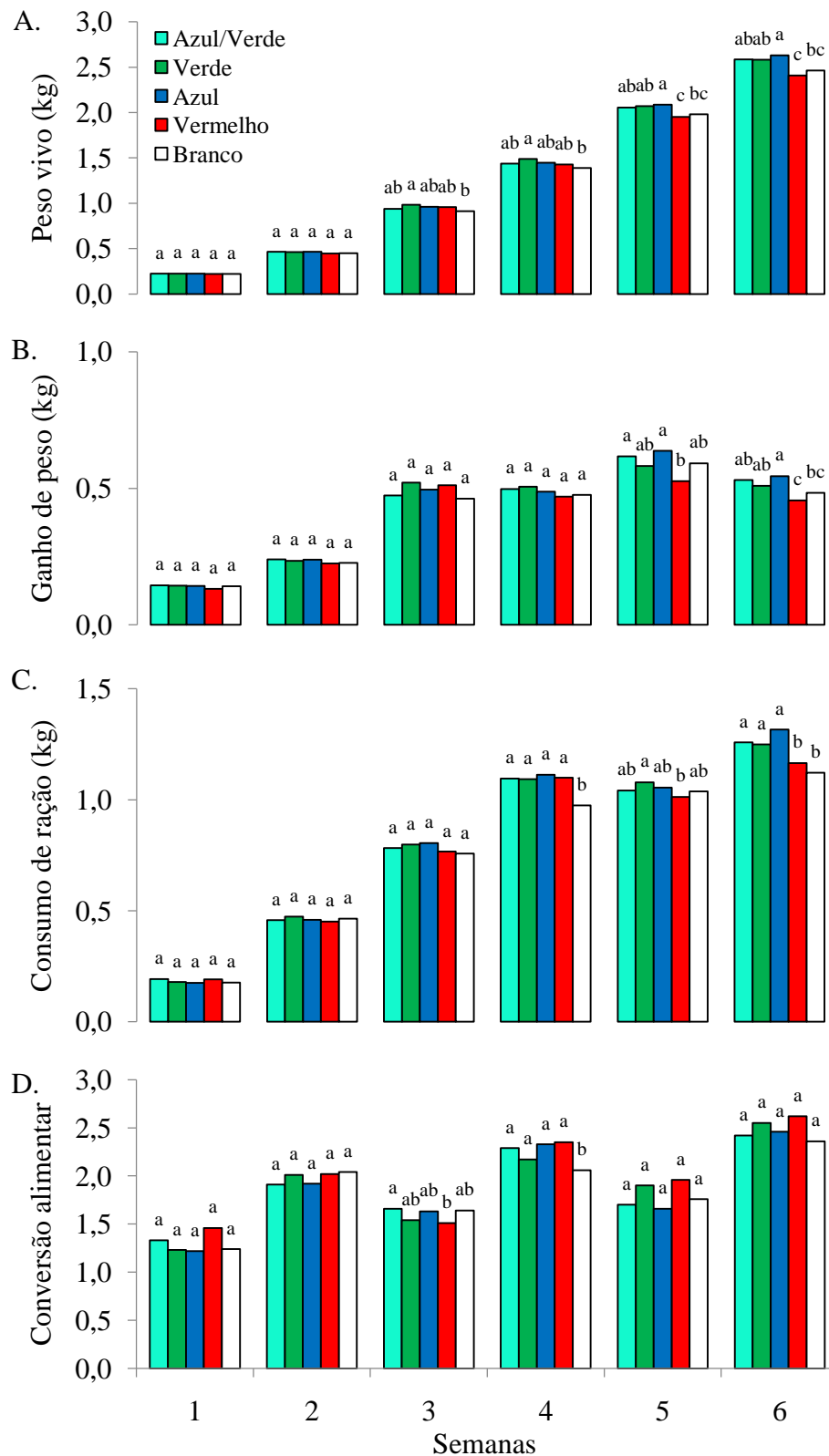


Figura 23 – Peso vivo (A), ganho de peso (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar (D) das aves submetidas aos sistemas de iluminação: azul e verde (470 nm, 525 nm); verde (525 nm); azul (470 nm); vermelho (660 nm) e branco (400-760 nm).

Médias seguidas das mesmas letras na mesma semana não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Não houve interação entre os fatores sexo e iluminação ( $P > 0,05$ ) para os índices de desempenho zootécnico: peso vivo, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

#### 4.4.1 – Avaliação do rendimento de carcaça, partes, vísceras comestíveis e não comestíveis

Os valores médios encontrados para o rendimento de carcaça e os principais cortes (peito, dorso, coxa, sobrecoxa e asa) mostraram efeito significativo, influenciados pelo sexo. Dados de produção apresentados por Mendes et al. (2004) são semelhantes entre os sexos; porém, nesse estudo, os machos obtiveram peso superior ao das fêmeas para os parâmetros analisados, em decorrência aos índices zootécnicos de desempenho, que também se mostraram superiores para os machos (Figura 24).

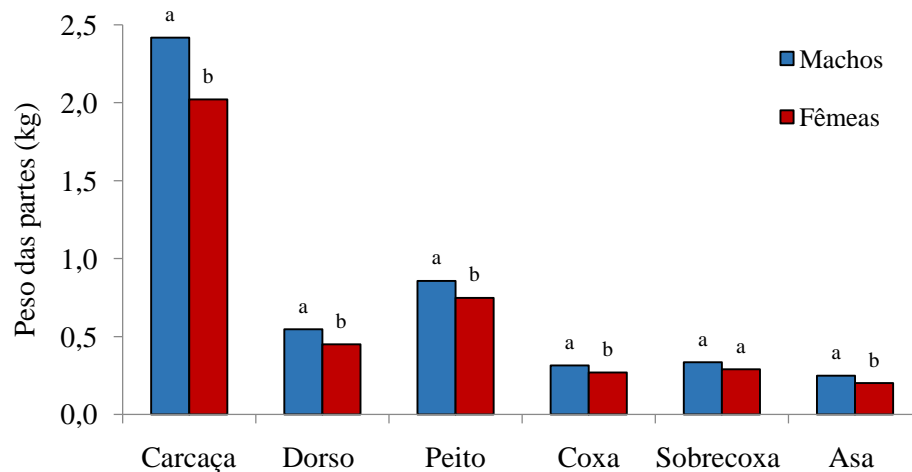


Figura 24 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no rendimento pós-abate para frangos de corte aos 42 dias de idade. Médias seguidas das mesmas letras para a mesma parte não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os valores médios de rendimento aos 42 dias em função dos sistemas de iluminação (Figura 25) demonstram que não houve diferença de peso ( $P > 0,05$ ) para a carcaça e o peito, embora em valores absolutos, tanto a carcaça quanto o peito foram mais pesados nas aves sob iluminação azul/verde. Para o dorso houve diferença, as aves sob luz verde/azul tiveram dorsos mais pesados. Quanto à coxa e sobrecoxa ( $P < 0,05$ ), as aves criadas com iluminação verde/azul obtiveram maior peso para as partes avaliadas. Observou-se que o comprimento de onda na faixa do azul/verde o peso da asa foi o

maior, enquanto que na luz branca foi o menor. Resultados semelhantes foram encontrados por Caoet al. (2008, 2012).

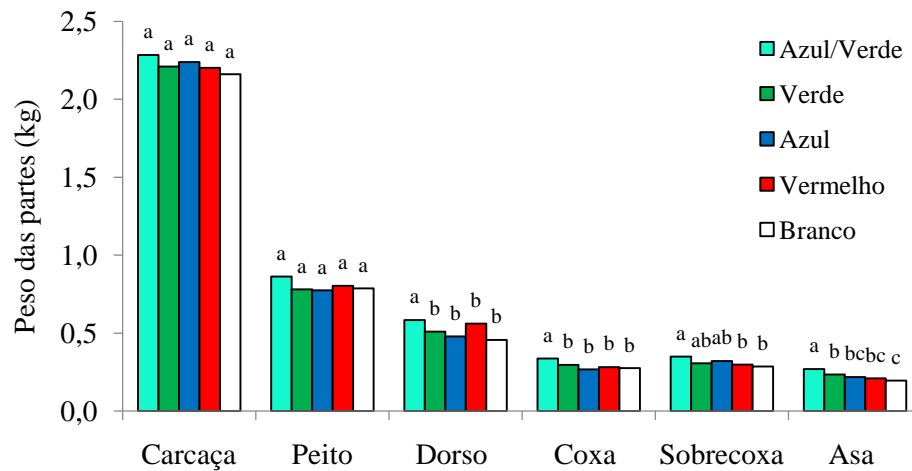


Figura 25 - Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte aos 42 dias submetidos aos sistemas de iluminação. Médias seguidas das mesmas letras para mesma parte não diferem entre si no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Em relação ao rendimento de vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) e não comestíveis (intestino e gordura abdominal), observou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre os sexos. Nota-se que os machos obtiveram maior peso para todas as vísceras (Figura 26).

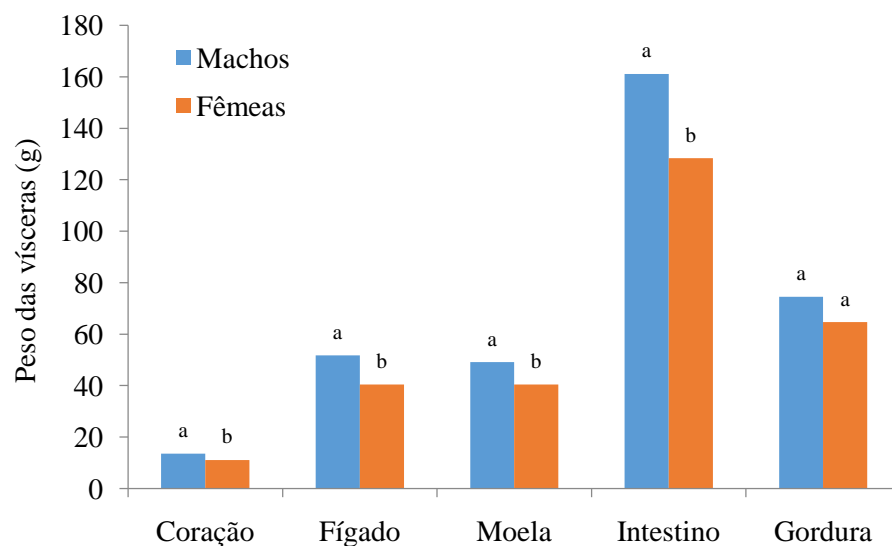


Figura 26 - Efeito do fator sexo (machos e fêmeas) no rendimento de vísceras comestíveis e não comestíveis.

Para rendimento de todas as vísceras foi observado diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os sistemas de iluminação. Observa-se na Figura 27, que os maiores valores registrados para coração, fígado e moela, foram para as aves submetidas à iluminação azul/verde. Este resultado é contrário aos encontrados por Senaratna et al. (2011), que não verificaram diferença significativa quando avaliaram o efeito da iluminação de cor verde, azul, vermelha e branca no desempenho de frangos de corte.

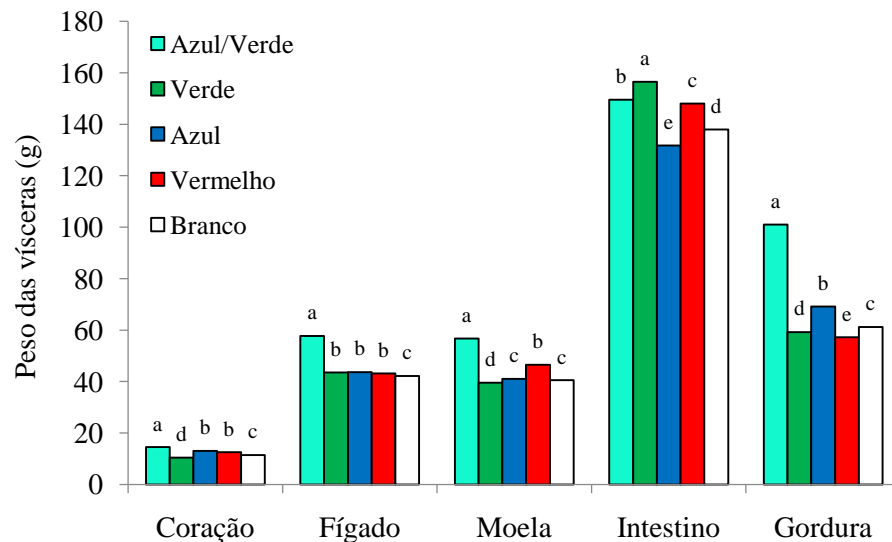


Figura 27– Rendimento de vísceras comestíveis e não comestível de frangos de corte aos 42 dias submetidos aos sistemas de iluminação.

#### 4.5 – Análise do comportamento das aves

Nas Tabelas 6 e 7, estão dispostos os resultados para a frequência dos principais comportamentos analisados nesse estudo para frangos de corte machos e fêmeas em relação ao sistema de iluminação.

Observou-se que para ambos os sexos as aves expostas à luz vermelha se mantiveram em pé com maior frequência, quando submetidas à luz vermelha, seguido pela luz branca; embora as aves submetidas a esses dois comprimentos de onda tenham apresentado menor ingestão de alimento, quando comparado àquelas expostas a luz azul, o que mostra que mesmo estando por mais tempo em pé, ativas, não obtiveram o estímulo necessário para o aumento da procura pelo comedouro e consequente ingestão de alimento. Estas observações estão de acordo com Caoet al. (2008) que afirmam que frangos de corte criados sob luz verde ou azul apresentam maior ganho de peso do que

os criados sob luz vermelha ou branca, possivelmente pelo maior estímulo pela busca por alimento.

Tabela 6– Variação comportamental das aves (machos) submetidas aos sistemas de iluminação monocromáticos e policromático, expressa pela frequência e porcentagem das observações.

Comportamentos		Azul/Verde	Verde	Azul	Vermelho	Branco	Total
Empé	Frequência	140	155	136	189	185	805
	Percentage (%)	19,72	21,83	19,15	26,62	26,06	113,38
Sentada	Frequencia	198	195	211	171	183	958
	Percentage (%)	27,89	27,46	29,72	24,08	25,77	134,93
Comendo	Frequencia	146	142	162	121	134	705
	Percentage (%)	20,56	20,00	22,82	17,04	18,87	99,30
Bebendo	Frequencia	83	87	73	82	86	411
	Percentage (%)	11,69	12,25	10,28	11,55	12,11	57,89
Bicagem de objetos	Frequencia	29	27	39	21	12	128
	Percentage (%)	4,08	3,80	5,49	2,96	1,68	18,03
Bicagem não agressiva	Frequencia	1	0	2	0	0	3
	Percentage (%)	0,14	0,00	0,28	0,00	0,00	0,42
Explorandopenas	Frequencia	17	24	23	9	12	85
	Percentage (%)	2,39	3,38	3,24	1,27	1,69	11,97
Ciscando	Frequencia	20	12	15	5	12	64
	Percentage (%)	2,82	1,69	2,11	0,70	1,69	9,01
Banho de areia	Frequencia	1	0	3	0	0	4
	Percentage (%)	0,14	0,00	0,42	0,00	0,00	0,56
Bicagem agressiva	Frequencia	0	1	0	15	7	23
	Percentage (%)	0,00	0,14	0,00	2,11	0,99	3,24
Movimento de desconforto	Frequencia	41	43	29	82	52	247
	Percentage (%)	5,77	6,06	4,08	11,55	7,32	34,79
Parada	Frequencia	34	24	17	15	27	117
	Percentage (%)	4,79	3,38	2,39	2,11	3,80	16,48
Total		710	710	710	710	710	3550
		100	100	100	100	100	500
$\chi^2$		G.L.					Prob.
87,96		40					<0,001

Nota-se que a luz vermelha promoveu baixa ou inexistente frequência para os comportamentos considerados de conforto, em que as aves apresentam quando estão em estado de termoneutralidade, sendo esses, bicagem não agressiva, de objetos, ciscar, explorar penas, banho de areia. Os resultados indicaram maior frequência dos movimentos de desconforto e bicagem agressiva, além de manter as aves mais ativas (Tabela 6), resultado semelhante foram mostrados por Prayitino et al. (1997). Senaratna et al. (2008), comparando comportamento de aves criadas sob luz branca e vermelha, observaram nas aves que receberam luz vermelha durante a noite, apresentaram maior

frequência de comportamentos de andar, bicagem das penas, bicagem agressiva, banho de areia e de interação entre aves.

Tabela 7– Variação comportamental das aves (fêmeas) submetidas aos sistemas de iluminação monocromáticos e policromático por meio de diodo emissor de luz, expressa pela frequência e porcentagem das observações.

Comportamentos		Iluminação					Total
		Azul/Verde	Verde	Azul	Vermelho	Branco	
Empé	Frequencia	144	166	132	203	175	816
	Percentage (%)	20,28	22,82	18,59	28,59	24,65	114,93
Sentada	Frequencia	204	188	210	178	185	965
	Percentage (%)	28,73	26,48	29,58	25,07	26,06	135,92
Comendo	Frequencia	141	139	148	137	152	717
	Percentage (%)	19,86	19,58	20,85	19,30	21,41	100,99
Bebendo	Frequencia	69	67	67	69	82	354
	Percentage (%)	9,72	9,44	9,44	9,72	11,55	49,86
Bicagem de objetos	Frequencia	25	25	35	18	13	116
	Percentage (%)	3,52	3,52	4,93	2,54	1,83	16,34
Bicagem não agressiva	Frequencia	0	1	0	0	0	1
	Percentage (%)	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14
Explorando penas	Frequencia	40	38	34	22	21	155
	Percentage (%)	5,63	5,35	4,79	3,10	2,96	21,83
Ciscando	Frequencia	11	10	15	2	2	40
	Percentage (%)	1,55	1,41	2,11	0,28	0,28	5,63
Banho de areia	Frequencia	1	0	3	0	0	4
	Percentage (%)	0,14	0,00	0,42	0,00	0,00	0,56
Bicagem agressiva	Frequencia	0	0	0	0	2	2
	Percentage (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28
Movimento de desconforto	Frequencia	49	50	42	56	53	250
	Percentage (%)	6,90	7,04	5,92	7,89	7,46	35,21
Parada	Frequencia	26	30	24	25	25	130
	Percentage (%)	3,66	4,23	3,38	3,52	3,52	18,31
Total		710	710	710	710	710	3550
		100	100	100	100	100	500
$\chi^2$		G.L.					Prob.
87,96		40					<0,001

As aves expostas à luz verde/azul, verde e azul foram as que apresentaram as menores frequências de movimento de desconforto e de bicagem agressiva, e as maiores frequências dos comportamentos de conforto, assim como a procura por alimento (Tabelas 6 e 7). Estudos realizados por Hughes & Duncan (1988) e por Jensen & Toates (1993) mostram que o ambiente de alojamento das aves que impossibilita a expressão

de seus comportamentos naturais leva os animais à frustração e apresentação de comportamentos anômalos; com base nisso, observa-se que a iluminação monocromática na faixa do azul e verde as aves conseguiram apresentar movimentos naturais, mesmo sob efeito de estresse ambiental, verificados pelo aumento da frequência respiratória (Figura 19).

As aves expostas à luz verde apresentaram maior frequência do comportamento de explorar penas, que segundo Barbosa Filho (2004) pode ser considerado como comportamento de conforto. Este resultado corrobora com os encontrados por Eicheret al. (2013), ao avaliarem o efeito da luz, branca, verde e vermelha no comportamento de frangos de corte (Tabelas 6 e 7).

As aves submetidas à luz azul apresentaram maior frequência de expressão do comportamento banho de areia, que segundo Appleby & Hughes (1991) o banho de areia tem efeito comportamental e físico, além de regular o total de camada lipídica das penas e manter a plumagem interna mais solta. Os autores afirmam que o ato de arrumar penas, tomar banho de areia e outros comportamentos de conforto, tais como bater asas, rufar penas, e esticar-se são importantes em ambientes de confinamento, por manterem a plumagem das aves em boas condições. Mendes et al. (2010) menciona que as aves exposta a luz azul e verde (ondas curtas) mantêm-se mais calmas do que as exposta à luz branca ou vermelha (ondas longas), resultado observado no presente estudo.

O comportamento de bicar objeto está associado à expressão de conforto, pois, de acordo com a descrição de Mollenhorst et al. (2005) a atitude de bicar telas ou qualquer objeto pode ser um redirecionamento de comportamento devido à falta de substrato de cama para forragear ou tomar banho de areia. De acordo com as Tabelas 6 e 7 esse comportamento apresentou maior frequência de observação nas aves submetidas à luz azul, resultado consistente com os encontrados por Kim et al. (2014).

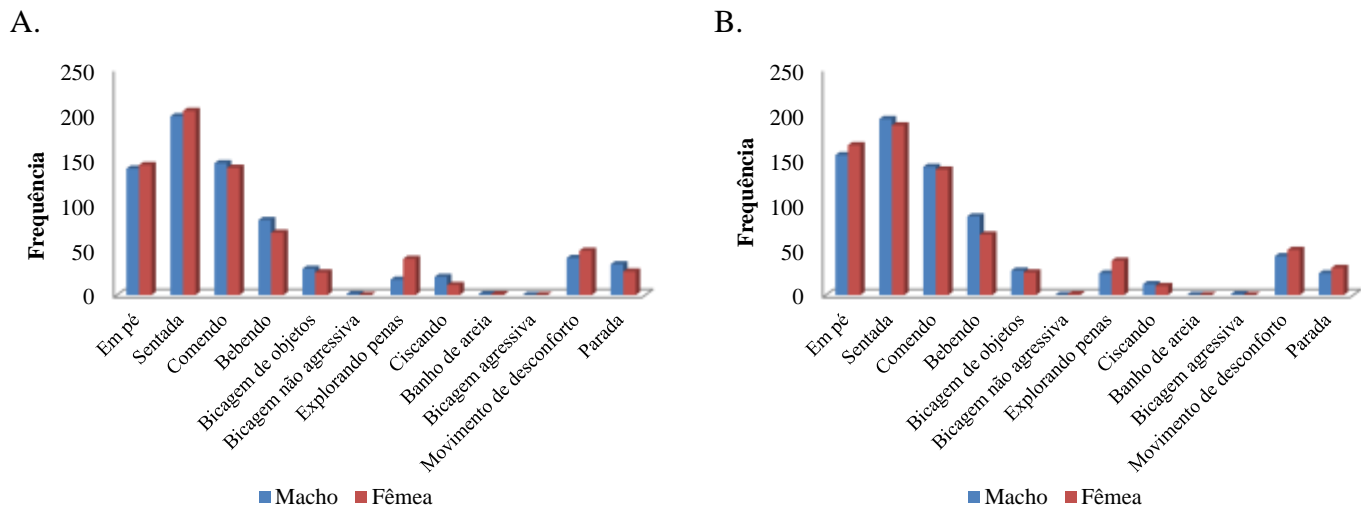
Quanto ao comportamento de ficar sentadas, foi verificado que as aves expostas à luz azul apresentaram maior frequência em comparação àquelas submetidas aos demais sistemas de iluminação.

O comportamento caracterizado quando as aves não apresentaram nenhum movimento, paradas. Nota-se que os machos (Tabela 6) submetidos à luz verde/azul, seguido de luz branca, apresentam as duas maiores frequências, respectivamente. Para

as fêmeas, os comprimentos de onda em que as aves expressaram maior frequência parada foram as faixas do verde e do azul/verde.

Considerando-se o comportamento de postura combinado a uma ação, tem-se que tanto os machos, quanto as fêmeas expostas à luz azul/verde, verde e azul foram mais expressivos os comportamentos sentado e comendo. As aves submetidas à luz vermelha se mantiveram com mais frequência em pé e comendo, para os dois sexos (Tabelas 6 e 7). Para as aves submetidas à luz branca, os machos (Tabela 6) apresentaram predominância da combinação em pé e comendo, no caso das fêmeas (Tabela 7), o comportamento de postura se inverte, sendo predominante o par sentado e comendo.

Na Figura 20, nota-se o efeito do sexo (macho e fêmea) das aves submetidas aos sistemas de iluminação, não se evidenciando efeito significativo ( $P < 0,05$ ) na variação comportamental. Estudo sobre a preferência dos frangos de corte por diferentes cores em relação à idade, período do dia e comportamento, indicou sensibilidade das aves por diferentes comprimentos de onda depois dos 21 dias e que os comportamentos associados dependem da idade, período do dia em condições ambientais tropicais (SENARATNA et al., 2012). O efeito entre sexo poderia ser mais evidente a idade mais avançada, com efeito direto na produção hormonal e reprodução, com se verifica para aves poedeiras (BORILLE et al., 2013).





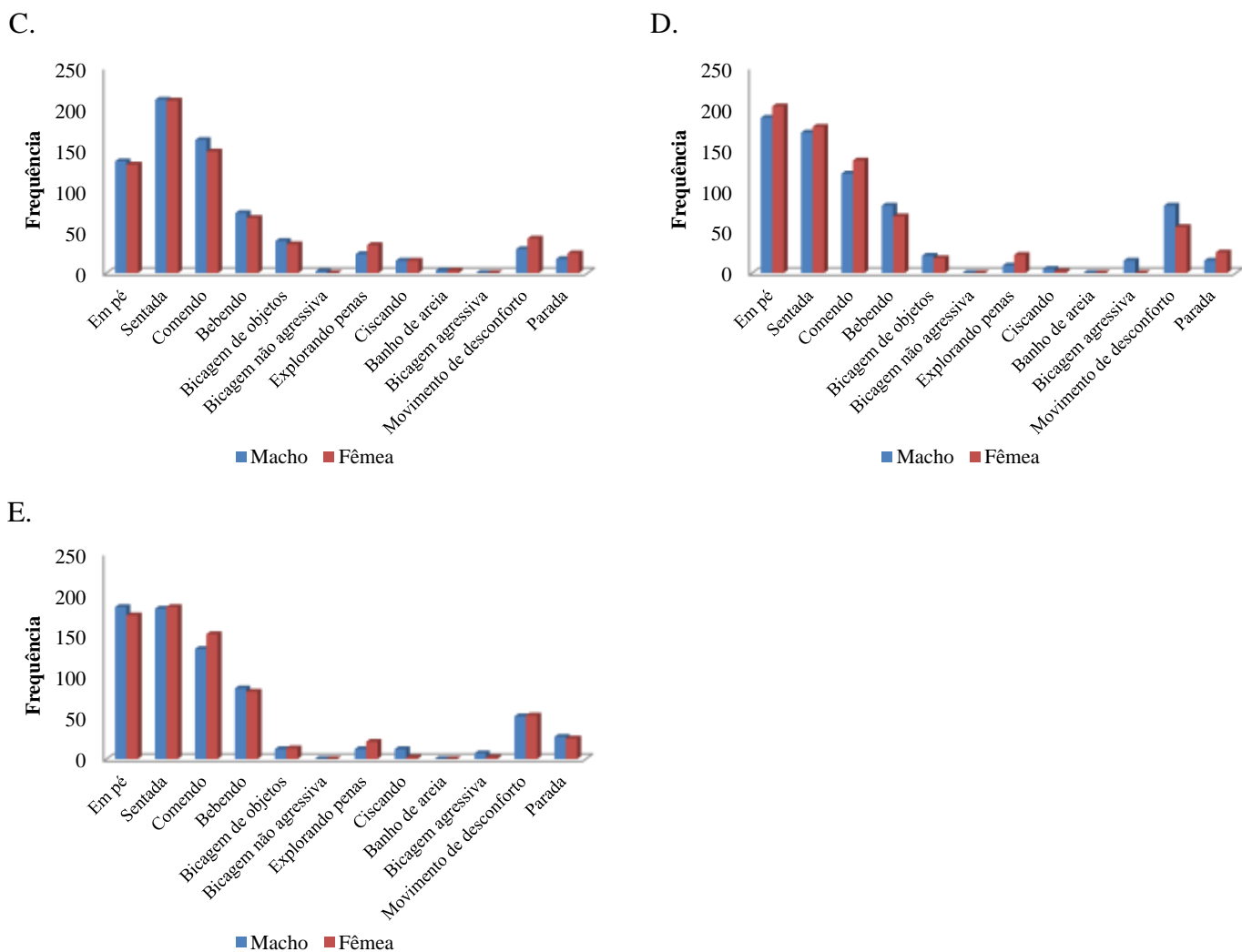


Figura 28– Variação dos comportamentos das aves entre machos e fêmeas submetidas aos sistemas de iluminação azul/verde (A), verde (B), azul (C), vermelho (D) e branco (E).

Com base nos resultados obtidos e respaldado em estudos bibliográficos, é sabido que a incidência das luzes de diferentes comprimentos de onda e o manejo delas durante a criação de aves apresenta significativa diferença no resultado de produção. Sendo claramente eficiente, então, o uso da luz azul, verde e sua combinação verde/azul por ter apresentado, de acordo com a análise comportamental, a maior frequência de busca por ração e diminuição do estresse ocasionado pela redução do desconforto, apresentado pela maior frequência dos comportamentos que seriam expressos naturalmente, em condições de conforto, como: bicagem de objetos, bicagem não agressiva, explorar penas, ciscar e banho de areia.

## **5 - CONCLUSÕES**

As aves submetidas aos comprimentos de onda na faixa do verde, azul e verde/azul foram as que apresentaram melhor desempenho produtivo a partir da 5ª semana, sendo que as respostas comportamentais convergiram para a mesma recomendação, com menor incidência de comportamentos agressivos e de desconforto.

Os parâmetros fisiológicos, frequência respiratória e temperatura cloacal foram superiores nas aves expostas a luz vermelha e branca.

A iluminação azul exerceu maior influência no desempenho das aves aos 42 dias de idade, mostrando maior ganho de peso e peso vivo.

O melhor rendimento pós-abate (carcaça e cortes), vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) foi obtido para as aves criadas sob iluminação azul/verde.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G.; COLDEBELLA, A.; JAENISCH, F. R. F.; FILHO, J. I. S.; PAIVA, D. P. Curtain color and lighting program in broiler production: I – general performance. *R. Bras. Zootec.*, v.40, n.9, p.2026-2034, 2011.
- ALVES, S. P. BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O.; BERNARDI, J. Comparações entre comportamentos de aves poedeiras criadas no sistema de gaiolas e em cama. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 6, p. 140, 2004.
- ALVINO, G. M., ARCHER, G. S., MENCH, J. A. Behavior time budget of broiler chickens reared in varying light intensities. *Applied Animal Behavior Science*, v. 118, p. 54-61, 2009.
- AHMAD, F.; ASHRAF, A. M.; ABBAS, G.; SIDDIQUI, M. Z. Effect of Different Light Intensities on the Production Performance of Broiler Chickens. *Pakistan Veterinary Journal*, v.31, n.3, p. 203-206, 2011.
- AMARAL, A. G., YANAGI JUNIOR, T., LIMA, R. R., TEIXEIRA, V.M.H., SCHIASSI L. Efeito do ambiente de produção sobre frangos de corte sexados criados em galpão comercial. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, n.3, p.649-658, 2011.
- APPLEBY, M.C.; HUGHES, B.O. Welfare of laying hens in cages and alternative systems: environmental, physical and behavioral aspects. *World's Poultry Science Journal*, Ithaca, v. 2, n. 47, p. 109-128, 1991.
- ARAÚJO, W. A. G., ALBINO, L. F. T., TAVERNARI, F. C., GODOY, M. J. S. Programa de luz na avicultura de postura. *Revista CFMV*, v. 17, n. 52. p. 58-65, 2011.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. *Ambiência em edificações rurais – conforto animal*. 2ª Ed. UFV, Viçosa, MG. 2010, 269p.
- BARBOSA FILHO, J. A. D. Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.140, 2004.
- BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. J. O.; COELHO, A. A. D. Egg quality in layers housed in different production systems and submitted to two environmental conditions. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.8, n.1, p.23-28, 2005.
- BARBUR, J. L., PRESCOTT, N. B., DOUGLAS, R. H., JARVIS, J. R., WATHES, C. M. A comparative study of stimulus-specific pupil responses in the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*) and the human. *Vision Research*, v. 42, p. 249-255, 2002.
- BARACHO, M. S., NAAS, I. A., NASCIMENTO, G. R., CASSIANO, J. A., OLIVEIRA, K. R. Surface Temperature Distribution in Broiler Houses. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.13, n.3, p. 177-182, 2011.
- BAYRAKTAR, H., ALTAN, A., SEREMT, C. The effect of spot lighting on broiler performance and welfare. *Jornal of Animal and Veterinary Advances*. V. 11, n. 8, p. 1139-1144, 2012.
- BENNET, A.T.D., CUTHILL, I.C., PARTRIDGE, J.C., MAIER, E.J. Ultraviolet vision and mate choice in zebra finches. *Nature* 380: 433-435, 1996.

- BESSEI, W. Welfare of broilers: a review. *World's Poult.Sci. J.* v.62, p. 455-466, 2006.
- BLATCHFORD, R. A.; ARCHER, G. S.; MENCH, J. A. Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. *Poultry Science*, v.91 p.1768–1774, 2012.
- BLATCHFORD, R. A., KLASING, K. C., SHIVAPRASAD, H. L., WAKENELL. P. S., ARCHER, G. S., MENCH, J. A. The effect of light intensity on behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poultry Science*, v. 88, p.20–28, 2009.
- BOONE, M.A.; HUGHES, B.L. Wind velocity as it affects body temperature, water consumption during heat stress of roosters. *Poult.Sci.*, v.50, p.1535-1537, 1971.
- BORILLE, R.; GARCIA, R.G.; ROYER, A.F.; SANTANA, M.R.; COLET, S.; NAAS, I.A.; CALDARA, F.R.; ALMEIDA PAZ, I.C.L.; ROSA, E.S.; CASTILHO, V.A.R. The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Revista Brasileira de Ciência Avícola, Campinas – SP*, v. 15, n. 2, p. 135-140, 2013.
- BOUZIDA, N., BENDADA, A., ALDAGUE, X.P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. *Journal of Thermal Biology*, in press, 2009.
- BOWMAKER, J. K., HEATH, L. A., WILKIE, S. E., HUNT, D. M. 1997. Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of birds. *Vision Research*, v. 37, p. 2183-2194.
- BOWMAKER, J.K. & KNOWLES, A. The visual pigments and oil droplets of the chicken
- BRITO, G.A.J. Aspectos práticos de um programa de luz para frangos de corte, Jul. 2009. Disponível em < <http://pt.engormix.com> >. Acesso em: 20 de junho de 2014.
- BUENO, L. G. F., Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frango. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente)) - Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE, St. Joseph*, v.24, n.3, p. 711-714. 1981.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURVO, R. F.; KONOPA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.1501-1511, 1994.
- CANGAR, O., AERTS, J. M., BUYSE, J., BERCKMANS, D. Quantification of the Spatial Distribution of Surface Temperatures of Broilers. *Poultry Science* v.87, p.2493–2499, 2008.
- CAO, J., LIU, W., WANG, Z., XIE, D., JIA, L., CHEN, Y. Effect of combinations of monochromatic lights on growth and productive performance of broilers. *Poultry Science*, v. 91, p.3013–3018, 2012.
- CAO, J., LIU, W., WANG, Z., XIE, D., JIA, L., CHEN, Y. Green and blue monochromatic lights promote growth and development of broilers via stimulating testosterone secretion and myofiber growth. *Poultry Science*, v. 17, p.211–218, 2008.

- CHARLES, R. G., ROBINSON, F. E., HARDIN, R. T., YU, M.W., FEDDES, J., CLASSEN, H. L. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poultry Science*, v.71, p.1595–1605, 1992.
- conforto térmico de abrigos. *Engenharia Rural*, v.1. n.2, p.43-55, 1990.
- DATCU, M., SEIDEL, K. Human-centered concepts for exploration and understanding of earth observation images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.43, n.3, p.601-609, 2005.
- DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T. G., FANCHER, B., CLASSEN, H. L. Effect of light intensity on broiler behaviour and diurnal rhythms. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 136, p. 50-56, 2012.
- DEEP, A., SCHWEAN-LARDNER, K., CROWE, T.G., FANCHER, B.I., CLASSEN, H.L. Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics and welfare. *Poultry Science*, v. 89, 2326–2333, 2010.
- DOZIER III, W.A.; PURSWELL, J.L.; BRANTON, S.L. Growth responses of male broilers subjected to high air velocity for either twelve or twenty-four hours from thirty-seven to fifty-one days of age. *J. Appl. Poult. Res.*, v.15, p.362-366, 2006.
- DUNCAN, I.J.H., MENCH, J.A. Behaviour as an indicator of welfare in various systems. In: Savory, C.J., Hughes, B.O. (Eds.), *Fourth European Symposium on Poultry Welfare*. Universities Federation for Animal Welfare, Potters Bar, pp. 69–80, 1993.
- DUNCAN, I.J.H., Wood-Gush, D.G.M., 1972. An analysis of displacement preening in the domestic fowl. *Anim. Behav.* 20, 68-71.
- EMBRAPA. Produção de frango de corte, 2003. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/SP/aves/Instalacoes.html>. Acesso em: fevereiro, 2007.
- ER, D.; WANG, Z.; CAO, J.; CHEN, Y. Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* v.16, p.605–612, 2007.
- ESMAY, M. L. Principles of animal environment. Westport: Avi, 1982. 325p.
- FARIA, F. F.; MOURA, D. J.; SOUZA, Z. M.; MATARAZZO, S. V. Variabilidade espacial do microclima de um galpão utilizado para confinamento de bovinos de leite. *Ciência Rural*, v.38, p.2498-2505, 2008.
- FERREIRA, R. A. Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.
- FIROUZI, S. NAZARPAK. H. H., HABIBI, H., JALALI, S. S., NABIZADEH, Y., REZAEI, F., ARDALI, R., MARZBAN, M. Effects of Color Lights on Performance, Immune Response and Hematological Indices of Broilers. *J. World's Poult. Res.* 4(2): 52-55, 2014.
- FLORES, F. Variação térmica durante a incubação de ovos e avaliação dos componentes imunológicos do embrião após eclosão. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2013.

- FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P.V.de; TINÔCO, I.de F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.559-564, 2003.
- HART, N.S. Vision in the peafowl (*Aves: Pavocristatus*). *Journal of Experimental Biology* v. 205, p. 3925-3935, 2002.
- HÖTZEL, M. J., FILHO, L. C. P. M. Bem-estar Animal na Agricultura do Século XXI. *Revista de Etologia*, v.6, n.1, p.03-15, 2004.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University, 1989. 561p.
- JENDRAL, M.; CHURCH, J.S.; FEDDES, J. Redesign battery cages to improve laying hen welfare: final report. 2002. Disponível em: <<http://www.afac.ab.ca/research/projects/environment.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2011.
- JIANG, J., Pan, J., Wang, Y., Ye, Z., Ying, Y. Effect of Light Color on Growth and Waste Emission of Broilers. In: *International Livestock Environment Symposium*. Valencia, Spain July 8 - 12, 2012.
- JÁCOME, I.M.D.T.; BORILLE, R.; ROSSI, L.A.; RIZZOTTO, D.W.; BECKER, J.A.; SAMPAIO, C. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. *Archivos de zootecnia*, v. 61, n. 235, p.449-456, 2012.
- JONES, R.B., BLOKHUIS, H J., DE JONG, I.C., KEELING, L.J., MCADIE, T.M., PREISINGER, R. Featherpecking in poultry: the application of science in a search for practical solutions. *Anim. Welf.* 13, p. 215-219, 2004.
- KAWAUCHI, I. M., SAKOMURA, N. K., BARBOSA, N. A. A., AGUILAR C. A. L., MARCATO, S. M., BONATO, M. A., FERNANDES, J. B. K. Efeito de programas de luz sobre o desempenho e rendimento de carcaça, cortes comerciais e vísceras comestíveis de frangos de corte. *ARS Veterinária*, v. 24, n.1, p. 059-065, 2008.
- KIM, C. N.; LEE, S.R.; LEE, S.J. Effects of Light Color on Energy Expenditure and Behavior in Broiler. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* v.27, n.7, 2014.
- KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G.A.K.; PINAR, Y.; SELVÍ, K.Ç. Applications of infrared thermography in animal production. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu*, v.22, n.3, p.329-336, 2007.
- KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, v.32, p.355-359, 2007.
- KRISTENSE, H. H.; PRESCOTT, N.B.; PERRY, G.C. et al. The behavior of broiler chickens in different light sources and illuminances. *Applied Animal Behaviour Science*, v.103, p.75-89, 2007.
- LAVOR, C. T. B.; FERNANDES, A. A. O.; Sousa, F. M. Efeito de materiais isolantes térmicos em aviários no desempenho de frango de corte. *Revista Ciência Agrônômica*. v. 39, n. 02, p. 308-316, 2008.
- LAZZARI, M. R. Avicultura de corte no Brasil: uma comparação entre as Regiões Sul e Centro-Oeste. *Indic. Econ. FEE*, v. 31, n. 4, p. 259-290, 2004.

- LEWIS, P.D.; DANISMAN, R.; GOUS, R.M. Photoperiodic responses of broilers. 1. Growth, feeding behaviour, breast meat yield and testicular growth. *Brit. Poult. Sci.*, n.50, p. 657-666, 2009.
- LEWIS, P., MORRIS, T. Lighting for broilers. In *Poultry Lighting: The Theory and Practice*, p. 145–148, 2006.
- LEWIS, P.D.; BACKHOUSE, D.; GOUS, R.M. Photoperiod and oviposition time in broiler breeders. *British Poultry Science*, v.45, p.561-564, 2004.
- LEWIS, P. D; PERRY, G. C; SHERWIN, C. M. Effect of photoperiod and light intensity on the performance of intact male turkeys. *Animal Science*, Vol. 66, n.10, p. 759 – 767, 1998.
- LI, T., HOWLAND, H.C. Role of the pineal gland in ocular development of the chick in normal and constant light conditions. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, v. 47, p. 5132–5136, 2006.
- LIBONI, B. S.; YOSHIDA, S. H.; PACHECO, A. M.; MONTANHA, F. P.; SOUZA, L. F. A.; ASTOLPHI, J. L.; ASTOLPHI, M. Z. Diferentes programas de luz na criação de frangos de corte. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, Ano XI – n. 20, 2013.
- LIEN, R. J., J. B. HESS, S. R. MCKEE, S. F. BILGILI, AND J. C. TOWNSEND. Impact of light intensity and photoperiod on live performance, heterophil to lymphocyte ratio, and processing yields of broilers. *Poult. Sci.* v.86, p.1287–1293, 2007.
- LIEN, R. J., HESS, J. B., MCKEE, S. R., BILGILI, S. F. Effect of light intensity on live performance and processing characteristics of broilers. *Poult. Sci.* 87:853–857, 2008.
- LIMA, K.A.O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTTO, M. Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, Campinas, v. 1, p. 63-73, 2007.
- LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. *Agricultural experimentation*. New York: John Wiley & Sons, p.350, 1978.
- LU, Q.; WEN, J.; ZHANG, H. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poult. Sci.* v.86, p.1059–1064, 2007.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L. *Ambiência na produção de aves em clima tropical/ editado por Iran José de Oliveira da Silva; Série engenharia Agrícola, Construções Rurais, Volume 1 ; Piracicaba, SP. 200p. 2001.*
- MAIER, E.J. Spectral sensitivities including the ultraviolet of the passeriform bird *Leiothrix lutea*. *Journal of Comparative Physiology A.*, v. 170, p. 709-714, 1992.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BRASIL. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal/ divisão de operações industriais. INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 3, de 17 de janeiro de 2000.
- MARCHINI, C.F.P.; SILVA, P.L.; NASCIMENTO, M.R.B.M. et al. Frequência respiratória e temperatura cloacal em frangos de corte submetidos à temperatura ambiente cíclica elevada. *Arch. Vet. Sci.*, v.12, p.41- 46, 2007.
- MAXWELL, M.H., ROBERTSON, G.W. UK survey of broiler ascites and sudden death syndromes in 1993. *British Poultry Science*, 39:203-215, 1998.

- MENDES, A. S.; PAIXÃO, S.J.; RESTELATTO, R. MORELLO, G.M.; de MOURA, D.J.; POSSENTI, J.C. Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *The Journal of Applied Poultry Research*. Gainesville, v.22, n. 1, p. 62-70, 2013.
- MENDES, A. S., REFFATI, R., RESTELATTO, R., PAIXÃO, S. J. Visão e iluminação na avicultura moderna. *Revista Brasileira Agrociência*, v.16, n.1-4, p.05-13, 2010.
- MILES, D. M.; ROWE, D. E.; OWENS, P. R. Winter broiler litter gases and nitrogen compounds: Temporal and spatial trends. *Atmospheric Environment*, v.42, p.3351-3363, 2008.
- MOLLENHORST, H. et al. On-farm assessment of laying hen welfare: a comparison of one environment - based and two animal-based methods. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 90, n. 3/4, p. 277-291, 2005.
- MONTANHOLI, Y.R., ODONGO, N.E., WANSON, K.C., SCHENKEL, F.S., MCBRIDE, B.W. MILLER, S.P. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bostaurus*). *Journal of Thermal Biology*, v. 33, p. 468-475, 2008.
- MORAES, D. T., LARA, L. J. C., BAIÃO, N. C., CANÇADO, S. V., GONZALEZ, M.L., AGUILAR, C. A. L. LANA, A. M. Q. Efeitos dos programas de luz sobre desempenho, rendimento de carcaça e resposta imunológica em frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.60, n.1, p.201-208, 2008.
- MOURA, D. J. Ambiência na avicultura de corte. In: SILVA, I. J. O. Ambiência na produção de aves em clima tropical. Jaboticabal: SBEA, p.75-149, 2001.
- NÄÄS, I. A., ROMANINI, C. E. B., NEVES, D. P., NASCIMENTO, G. R.; VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. *Sci. Agric.*, v.67, n.5, p.497-502, 2010.
- NASCIMENTO, S. T.; SILVA, I. J. O.; MOURÃO, G. B.; CASTRO, A. C. Bands of respiratory rate and cloacal temperature for different broiler chicken strains. *R. Bras. Zootec.*, v.41, n.5, p.1318-1324, 2012.
- NASCIMENTO, G. R., NÄÄS, I. A., PEREIRA, D. F., BARACHO, M. S., GARCIA, R. Assessment of Broiler surface temperature variation when exposed to different air temperatures. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 13, n.4, p.259-263, 2011.
- NAZARENO, A. C., PANDORFI, H., ALMEIDA, G. L. P., GIONGO, P. R., PEDROSA, E. M. R., GUISELINI, C. Avaliação do conforto térmico e desempenho de frangos de corte sob regime de criação diferenciado. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* v.13 n.6, 2009.
- NEWBERRY R. C., HUNT, J. R., GARDINER, E. E. Influence of light-intensity on behavior and performance of broiler-chickens. *Poultry Science*, v. 67, p. 1020-1025, 1988.
- NOWICKI, R.; BUTZGE, E.; OTUTUMI, L. K.; PIAU-JÚNIOR, R.; ALBERTON, L. R.; ERLINI, L. S.; MENDES, T. C.; DALBERTO, J. L.; GERÔNIMO, E.; CAETANO, I. C. S. Desempenho de frangos de corte criados em aviários convencionais e escuros. *Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR*, v. 14, n. 1, p. 25-28, 2011.



- NUNES, K. C.; GARCIA, R. G.; BORILLE, R.; NÄÄS, I. A.; SANTANA, M. R. Led como fonte de luz na avicultura de postura. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v.9, n.17; p. 1765, 2013.
- OLANREWAJU, H. A., J. P. THAXTON, W. A. DOZIER III, J. PURSWELL, W. B. ROUSH, S. L. BRANTON. A review of lighting programs for broiler production. *Int. J. Poult. Sci.* 5:301–308, 2006.
- OLIVEIRA, R. F. M., DONZELE, J. L., ABREU, M. L. T., FERREIRA, R. A., VAZ, R. G. M. V., CELLA, P. S. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.3, p.797-803, 2006.
- OSORIO, D., VOROBYEV, M., JONES, C.D. Colour vision of domestic chicks. *Journal of Experimental Biology* 202: 2951-2959, 1999.
- PAIXÃO, S. J.; MENDES, A. S.; RESTELATTO, R.; MAROSTEGA, J.; SOUZA, C. de.; POSSSENTI, J. C. Desempenho produtivo de frangos de corte criados com dois tipos de lâmpadas. IN: Anais: I SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E BIOLÓGICAS, V SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 17 CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR – CÂMPUS DOIS VIZINHOS, 17 e 18 de Outubro de 2011. p. 339, 2011.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, p. 478, 2002.
- PEREIRA, C. M. M.; MELO, M.R.; SANTOS, M. H. O agronegócio do frango de corte: um estudo de caso sob a ótica da economia dos custos de transação. *Informações Econômicas*, v.37, n.1, 2007.
- PEREIRA, D. F. Ambiência em frango de corte. Publicado em 29-09- 2011. Disponível em: <http://www.aveworld.com.br/artigos/post/ambiencia-em-frango-de-corte>. Acessado em 31-08-2011.
- PRAYITNO, D. S., PHILLIPS, C. J. C., STOKES, D. K. The effects of color and intensity of light on behavior and leg disorders in broiler chickens. *Poultry Science*, v. 76, p.1674–1681, 1997.
- PRESCOTT, N. B., H. H. KRISTENSEN, AND C. M. WATHES. Light. In *Measuring and Auditing Broiler Welfare*. C. Weeks and A. Butterworth, ed. CAB Int., Wallingford, UK. p. 101–116, 2004.
- PRESCOTT, N.B., WATHES, C. M. Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *British Poultry Science*, v. 40, p. 332-339, 1999b.
- RIERSON R.D. Broiler preference for light color and feed form, and the effect of light on growth and performance of broiler chicks. Master of Science Thesis, Kansas State University, 2011.
- RODRIGUES, V.V.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, Lisse, v.1, n.55, p.455-459, 2011.
- ROZENBOIM I, BIRAN I, UNI Z, ROBINZON, B E HALEVY O. O efeito da luz monocromática em crescimento e desenvolvimento de frangos. *Poult Sci.* 78.:135 - 138, 1999.

- ROZENBOIM I., BIRAN I. CHAISEHA, Y., YAHAV, S., ROSENSTRAUCH, A., SKLAN, D., HALEVY, O. The Effect of a Green and Blue Monochromatic Light Combination on Broiler Growth and Development. *Poultry Science*, v. 83, p.842–845, 2004.
- RUDKIN, C.; STEWART, G.D. Behaviour of hens in cages – a pilot study using video tapes. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, *Australian*, v. 40, n.477, p.102, 2003.
- RUTZ, F., BERMUDEZ, V. L. Fundamentos de um programa de luz para frangos de corte. In: MENDES, A. A.; NÄÄS, I. A., MACARI, M. (Ed.). *Produção de frangos de corte*. Campinas: FACTA, p.157- 168, 2004.
- SANTOS, M.J.B.; PANDORFI, H; RABELLO, C.B.V.; SILVA, E.P.; TORRES, T.R.; SANTOS, P.A.; MORRIL, W.B.; DUARTE, N.M. Performance of free-range chickens reared in production modules enriched with shade net and perches. *Revista Brasileira de Ciência Avícola/Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 16, p. 19-27, 2014.
- SANTOS, M.B.; RABELLO, C.B.; PANDORFI, H.; TORRES, T.R.; SANTOS, P.A.; CAMELO, L.C.L. Fatores que interferem no estresse térmico de frangos de corte. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 9, p. 1779-1786, 2012.
- SAS INSTITUTE, *Statistical analysis system: release 6.08*, (software). Cary, 1997. 620p.
- SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T.S. Effect of the color of light on growth performance, behavior and bone parameters of broilers. *Tropical Agricultural Research* v.20, p. 185 – 192, 2008.
- SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T.S.; MADUSANKA, A.A.P.; Gunawardane, W.W.D.A. Performance, behaviour and welfare aspects of broilers as affected by different colours of artificial light. *Tropical Agricultural Research* v.14, n.2: p. 38 – 44, 2011.
- SENARATNA, D.; SAMARAKONE, T.S.; MADUSANKA, A.A.P.; GUNAWARDANE, W.W.D.A. Preference of Broiler Chicken for Different Light Colors in Relation to Age, Session of the Day and Behavior. *Tropical Agricultural Research* v. 23, n.3, p. 193 – 203, 2012.
- SILVA, I.J.O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente – climatização. In: SILVA, I.J.O. *Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos*. Piracicaba: FEALQ, p.81-111, 1999.
- SILVA, I.J.O. Avicultura de precisão. In: Silva, I. J. O. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, p. 1-28, 2001.
- SILVA, I.J.O.; GUELFILHO, H.; CONSIGLIERO, F.R. Influência dos materiais de cobertura no
- SILVA, I.J.O.; SEVEGNANI, K.B. Ambiência na produção de aves de postura. In: Silva, I. J. O. *Ambiência na produção de aves em clima tropical*. Piracicaba: FUNEP, p.150-214, 2001.
- SILVA, R. G. *Biofísica ambiental. Os animais e seu ambiente*. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 393p.
- SILVA, R. G. *Introdução à bioclimatologia animal*. São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

- SULTANA, S.; HASSAN, MD.R.; CHOE, H. S.; RYU, K. S. The effect of monochromatic and mixed LED light colour on the behaviour and fear responses of broiler chicken. *Avian Biology Research*, v. 6, n. 3, p. 207-214, 2013.
- TAYLOR, P.E; NANCY, C.A.; COERSE, M.H. The effects of operant control over food and light on the behaviour of domestic hens. *Applied Animal Behaviour Science*, Amsterdam, v. 71, p. 319-333, 2001.
- THERY, M., Forest light and its influence on habitat selection. *Plant Ecol.*, v. 153, p. 251–261, 2001.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in Agronomy*, v.38, p.45-94, 1985.
- UBABEF – União Brasileira de Avicultura - Disponível em: <http://www.brazilianchicken.com.br/home/publicacoes>. Asseçado em 10 - 06-2014
- USDA - United States Department of Agriculture – Disponível em: <http://www.brazilianchicken.com.br/industria-avicola/o-frango-pelo-mundo.php>. Asseçado em 10 - 07- 2012.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V.; Schaefer, C. E. G. R. (ed.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-53, 2000.
- VIITALA, J., KORPIMÄKI, E., PALOKANGAS, P., KOIVULA, M. Attraction of kestrels to vole scent marks visible in ultraviolet light. *Nature*, v. 373, p. 425-427, 1995.
- XIE, D., WANG, Z. X., DONG, Y. L., CAO, J., WANG, J. F., CHEN, J. L., CHEN, Y. X. Effects of Monochromatic Light on Immune Response of Broilers. *Poultry Science*, v. 87, p.1535–1539, 2008.
- YAHAV, S., HURWITZ, S., ROZENBOIM, I. The effect of light intensity on growth and development of turkey toms. *Poultry Science*, v. 41, p.101–106, 2000.
- YAHAV, S.; SHINDER, D.; TANNY, J. et al. Sensible heat loss: the broiler's paradox. *World's Poultry Science Journal*, v.61, n.3, p.419-434, 2005.
- ZHANG, L., ZHANG, H. J., QIAO, X., YEU, H. Y., WU, S. G., YAO, J.H. e QI, G. H. Effect of monochromatic light stimuli during embryogenesis on muscular growth, chemical composition, and meat quality of breast muscle in male broilers. *Poultry Science* 91 :1026–1031, 2012.
- ZOTTI, C. A. Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada. 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia - APTA/SAA, 2010.